

Н.Н. Иванова ✉
А.Д. Капсамун
Е.Н. Павлючик
Д.А. Вагунин

Федеральный исследовательский центр
«Почвенный институт им. В.В. Докучаева»,
Москва, Россия

✉ 2016vniimz-noo@list.ru

Поступила в редакцию:
27.02.2024
Одобрена после рецензирования:
30.05.2024
Принята к публикации:
15.06.2024

Research article
DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-130-135

Nadezhda N. Ivanova ✉
Andrey D. Kapsamun
Ekaterina N. Pavlyuchik
Dmitry A. Vagunin

Federal Research Centre V.V. Dokuchaev Soil
Science Institute, Moscow, Russia

✉ 2016vniimz-noo@list.ru

Received by the editorial office:
27.02.2024
Accepted in revised:
30.05.2024
Accepted for publication:
15.06.2024

Роль злаковых низовых трав в формировании пастбищных травостоев на осушаемых землях Верхневолжья

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В 2018–2022 годах в Тверской области на осушаемых землях изучены самовозобновляющиеся бобово-злаковые агрофитоценозы с участием низовых злаковых трав — полевицы гигантской (*Agrostis gigantea* Roth.), мятлика лугового (*Poa pratensis* L.) и овсяницы красной (*Festuca rubra* L.) для выявления их адаптивных реакций и перспективности использования на осушаемых землях.

Методы. Изучение продукционного процесса бобово-злаковых травостоев проводилось в различных агрометеорологических условиях на двух уровнях минерального питания — без удобрений и на фоне удобрений ($N_{45}P_{45}K_{45}$), на 12 бобово-злаковых травосмесях. Использование травостоев осуществлялось в 3 цикла скашивания за сезон.

Результаты. Установлено, что температура воздуха и увлажнение, близкие к среднемулетним, благоприятствовали оптимальному росту, развитию и формированию наибольшей продуктивности травостоев: 2,6–3,4 тыс. шт/га по естественному и 3,14–4,80 тыс. шт/га корм. ед. по удобряемому фону. Выявлено, что уменьшение влажности почвы на 6–8% в течение длительного периода понижает продуктивность травостоев. Оптимальным соотношением многолетних бобовых (51,2%) и злаковых трав (47,5%) отличались мятликовые травостои на естественном фоне, на фоне удобрений они дали наивысшую прибавку сухой массы — 0,7–2,2 т/га. По зеленой массе на естественном фоне более урожайными были травостои с полевицей — 17,1 т/га. Определено, что под пятилетними посевами трав накапливается более 12,3–20,1 т/га сухой массы корней, содержащей 214,0–349,7 ГДж/га валовой энергии. Установлена высокая эффективность травостоев с полевицей и мятликовых травостоев по продуктивности надземной и подземной биомассы.

Ключевые слова: осушаемые почвы, бобово-злаковые травосмеси, полевица гигантская, мятлик луговой, овсяница красная, ботанический состав, продуктивность

Для цитирования: Иванова Н.Н., Капсамун А.Д., Павлючик Е.Н., Вагунин Д.А. Роль злаковых низовых трав в формировании пастбищных травостоев на осушаемых землях Верхневолжья. *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 130–135.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-130-135>

© Иванова Н.Н., Капсамун А.Д., Павлючик Е.Н., Вагунин Д.А.

The role of cereal grasses in the formation of pasture grass stands on drained lands of the Upper Volga region

ABSTRACT

Relevance. In 2018–2022 In the Tver region, on drained lands, self-renewing legume-grass agrophytocenoses with the participation of grass grass grasses — giant bentgrass (*Agrostis gigantea* Roth.), meadow bluegrass (*Poa pratensis* L.) and red fescue (*Festuca rubra* L.) were studied to identify their adaptive reactions and prospects for use on drained lands.

Methods. The study of the production process of legume-cereal grass stands was carried out in various agrometeorological conditions at two levels of mineral nutrition - without fertilizers and with fertilizers ($N_{45}P_{45}K_{45}$), on twelve legume-cereal grass mixtures. The grass stands were used in 3 mowing cycles per season.

Results. It was established that air temperature and humidity, close to the long-term average, favored optimal growth, development and formation of the greatest productivity of grass stands: 2.6–3.4 natural and 3.14–4.80 thousand pieces/ha of food units. according to the fertilized background. It was revealed that a decrease in soil moisture by 6–8% over a long period reduces the productivity of grass stands. Poa grass stands on a natural background had an optimal ratio of perennial legumes (51.2%) and cereal grasses (47.5%); against the background of fertilizers, they gave the highest increase in dry mass — 0.7–2.2 t/ha. In terms of green mass against a natural background, grass stands with bentgrass were more productive — 17.1 t/ha. It has been determined that under five-year grass crops more than 12.3–20.1 t/ha of dry root mass accumulates, containing 214.0–349.7 GJ/ha of gross energy. The high efficiency of grass stands with bentgrass and bluegrass grass stands in terms of productivity of above-ground and underground biomass has been established.

Key words: drained soils, legume-cereal grass mixtures, giant bentgrass, meadow grass, red fescue, botanical composition, productivity

For citation: Ivanova N.N., Kapsamun A.D., Pavlyuchik E.N., Vagunin D.A. The role of cereal grasses in the formation of pasture grass stands on drained lands of the Upper Volga region. *Agrarian science*. 2024; 384(7): 130–135 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-130-135>

© Ivanova N.N., Kapsamun A.D., Pavlyuchik E.N., Vagunin D.A.

Введение/Introduction

В современных условиях во всем мире (и, в частности, в России) остается актуальным расширение сырьевой базы производства кормов для животноводства и продуктов питания для населения.

В общем балансе кормов около 95% по питательности приходится на растительные корма, получаемые на сельскохозяйственных угодьях. Растительные корма в 2–5 раз дешевле кормов микробиологического и другого происхождения [1]. Многие ученые-луговоды проведенными в разные годы исследованиями и в разных регионах страны установили, что смешанные посевы многолетних злаковых и бобовых трав сильно отличаются от одновидовых посевов [2, 3].

Установлено, что бобово-злаковые травостои формируют высокие урожаи с более высокими качественными характеристиками [4].

Наиболее комплементарными видами злаковых трав в пастбищных травосмесях с клевером ползучим являются райграс пастбищный, овсяница луговая, мятлик луговой [5, 6].

К одной из главных задач луговодства относится получение биомассы равномерно в течение сезона. Улучшить процессы функционирования и продуцирования луговых трав невозможно без оптимизации режима питания. Применение удобрений помогает решать данную задачу в большинстве случаев [7, 8].

Важным фактором повышения эффективности лугопастбищного хозяйства и, соответственно, молочного скотоводства (тем более при нехватке удобрений) является увеличение площадей лугов с бобово-злаковыми травостоями [9, 10].

С учетом изменения климатических условий в регионах с развитым животноводством требуются корректировка и расширение видового состава многолетних трав и технологий их возделывания для стабилизации продуктивности травосеяния, создания бесперебойного зеленого и сырьевого конвейеров. Повышение видового и сортового разнообразия, введение эффективных смешанных посевов позволят повысить устойчивость кормопроизводства, улучшить качество кормов, а также создаст условия для рационального природопользования [11, 12].

Продление продуктивного долголетия травостоев может достигаться за счет подбора компонентов травосмесей с учетом экологических условий местообитания включаемых видов. При создании краткосрочных сеяных лугов затрачиваются дополнительные средства на перезалужение, при этом биологический потенциал долголетия многолетних трав (и в первую очередь корневищных злаков) реализуется не полностью [13].

Цели исследований — изучить роль злаковых низовых трав в формировании пастбищных бобово-злаковых травостоев на осушаемых землях Верхневолжья и выявить оптимальные самовозобновляющиеся злаковые компоненты.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились в 2018–2022 гг. на агрополигоне Губино ВНИИМЗ (Тверская обл.) на бобово-злаковых травосмесях с участием злаковых низовых трав: полевицы гигантской (*Agrostis gigantea* Roth.) сорта ВИК 2, мятлика лугового (*Poa pratensis* L.) сорта Балин и овсяницы красной (*Festuca rubra* L.) сорта Максима. Опыт включал 12 бобово-злаковых травосмесей (табл. 1).

Травостои располагались на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, осушаемой закрытым гончарным дренажем. Глубина залегания дрен 0,8–1,0 м, расстояние между дренами 38 м.

Учетная площадь делянки 80 м², повторение опыта четырехкратное, расположение вариантов двухъярусное. Изучение продукционного процесса самовозобновляющихся злаковых трав в составе бобово-злаковых травостоев проводилось на двух уровнях минерального питания — без удобрений (контроль) и на фоне удобрений (N₄₅P₄₅K₄₅).

Использование травостоев осуществлялось в пастбищную спелость трав, в фазу кущения — начала выхода в трубку злаковых трав и в фазу ветвления бобовых. За сезон проводилось 3 цикла скашивания.

Все учеты, наблюдения и измерения проводились согласно методическим пособиям, принятым в луговодстве¹ и кормопроизводстве², а математическая обработка результатов исследований — методом дисперсионного анализа³.

Анализ почвенных и растительных образцов выполнялись в лаборатории массовых анализов ВНИИМЗ.

Таблица 1. Видовой и сортовой состав травосмесей
Table 1. Species and varietal composition of grass mixtures

№ варианта	Травосмеси	Норма высева семян, кг/га
1	Полевица гигантская ВИК 2 + клевер ползучий ВИК 70 + райграс пастбищный ВИК 66 + тимopheвка луговая Ленинградская 204 + люцерна изменчивая Bera 87	3 + 3 + 8 + 4 + 6
2	Полевица гигантская ВИК 2 + клевер ползучий ВИК 70 + райграс пастбищный ВИК 66 + тимopheвка луговая Ленинградская 204 + люцерна изменчивая Bera 87	3 + 3 + 8 + 4 + 6
3	Полевица гигантская ВИК 2 + клевер ползучий ВИК 70 + овсяница тростниковая Лосинка + тимopheвка луговая Ленинградская 204 + люцерна изменчивая Bera 87	3 + 3 + 8 + 4 + 6
4	Полевица гигантская ВИК 2 + клевер ползучий ВИК 70 + овсяница тростниковая Лосинка + тимopheвка луговая Ленинградская 204 + люцерна изменчивая Bera 87	3 + 3 + 8 + 4 + 6
5	Мятлик луговой Балин + клевер ползучий ВИК 70 + райграс пастбищный ВИК 66 + тимopheвка луговая Ленинградская 204 + люцерна изменчивая Bera 87	3 + 3 + 8 + 4 + 6
6	Мятлик луговой Балин + клевер ползучий ВИК 70 + райграс пастбищный ВИК 66 + тимopheвка луговая Ленинградская 204 + люцерна изменчивая Bera 87	3 + 3 + 8 + 4 + 6
7	Мятлик луговой Балин + клевер ползучий ВИК 70 + овсяница тростниковая Лосинка + тимopheвка луговая Ленинградская 204 + люцерна изменчивая Bera 87	3 + 3 + 8 + 4 + 6
8	Мятлик луговой Балин + клевер ползучий ВИК 70 + овсяница тростниковая Лосинка + тимopheвка луговая Ленинградская 204 + люцерна изменчивая Bera 87	3 + 3 + 8 + 4 + 6
9	Овсяница красная Максима + клевер ползучий ВИК 70 + райграс пастбищный ВИК 66 + тимopheвка луговая Ленинградская 204 + люцерна изменчивая Bera 87	3 + 3 + 8 + 4 + 6
10	Овсяница красная Максима + клевер ползучий ВИК 70 + райграс пастбищный ВИК 66 + тимopheвка луговая Ленинградская 204 + люцерна изменчивая Bera 87	3 + 3 + 8 + 4 + 6
11	Овсяница красная Максима + клевер ползучий ВИК 70 + овсяница тростниковая Лосинка + тимopheвка луговая Ленинградская 204 + люцерна изменчивая Bera 87	3 + 3 + 8 + 4 + 6
12	Овсяница красная Максима + клевер ползучий ВИК 70 + овсяница тростниковая Лосинка + тимopheвка луговая Ленинградская 204 + люцерна изменчивая Bera 87	3 + 3 + 8 + 4 + 6

¹ Методика опытов на сенокосах и пастбищах. ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. М.: ВНИИ. 1971; 176.

² Методика опытов на сенокосах и пастбищах. ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. М.: ВНИИ. 1971; 176.

³ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., стер. М.: Альянс. 2011; 350.

Определение содержания в слое 0–20 см подвижных соединений фосфора и калия проводили по ГОСТ Р 54650⁴, содержание гумуса определяли по ГОСТ 26213⁵, pH солевой вытяжки — потенциометрически по ГОСТ 26483⁶, ГОСТ 26490⁷, содержание легкогидролизуемого азота — по Методическим указаниям⁸. В подземной массе трав содержание общего азота определяли фотометрическим методом (ГОСТ 32044.1⁹), калия — пламенно-фотометрическим (ГОСТ 30504¹⁰), фосфора — фотометрическим (ГОСТ 26657¹¹).

Система обработки почвы под изучаемые многолетние травы заключалась в комплексной зяблевой подготовке почвы, предпосевной обработке почвы, посеве и уходе за посевами.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Изучение поведения самовозобновляющихся бобово-злаковых травостоев с участием злаковых низовых трав позволило получить информацию об уровне функционирования и продуцирования травостоя.

Осушаемая дерново-подзолистая легкосуглинистая почва опытного участка хорошо обеспечена подвижным фосфором, содержание P_2O_5 — 75,4–115,6 мг/кг почвы, содержание обменного калия K_2O — 87,0–182,9 мг/кг почвы. По степени кислотности почва средне- и слабокислая — pH 4,72–5,29, содержание гумуса — 1,50–3,04%.

Агрометеорологические условия в годы проведения исследований (2018–2022 гг.) были разнообразными и различались по температурному режиму и условиям увлажнения. Отдельные отрезки вегетационных периодов были как избыточного, так и недостаточного увлажнения, а по температурному режиму — как холодные, так и жаркие.

Исследования показали, что распределение температур воздуха и степени увлажнения было близким к среднепогодным показателям, благоприятствовало оптимальному росту и развитию растений и формированию наибольшей продуктивности травостоев.

В проведенных наблюдениях влажность почвы в отдельные периоды была близка к критической и составляла 6,6–9,8% от сухой почвы, что отражалось на продуктивности травостоев, так как из-за сухой и жаркой погоды иссушался верхний слой почвы. Уменьшение влажности почвы на 6–8% в течение длительного

периода способствовало понижению продуктивности пастбищных травостоев.

Процесс побегообразования был недостаточно интенсивным, травы выглядели слабыми, злаки плохо кустились, были вытянуты, а бобовые почти не ветвились. Динамика влажности почвы в исследованном периоде приведена в таблице 2 и была обусловлена количеством выпавших осадков и работой дренажа.

Влажность почвы под изучаемыми травостоями в отдельные периоды формирования урожая находилась в пределах 5,5–11,5% от веса сухой почвы, или 35% ППВ и ниже, временами даже ниже 50% ППВ. Это повлияло на снижение запасов продуктивной влаги в почве и замедление роста бобово-злаковых травостоев.

Важной характеристикой развития многолетних трав является их способность формировать дернину. Виды трав, входящие в состав изучаемых травосмесей, обладают повышенной побегообразовательной способностью и образуют плотную дернину (табл. 3).

Более устойчивую к нагрузкам дернину при мощности 8,6–8,8 см и средней связности образовали самовозобновляющиеся травостои с овсяницей красной. Закономерности показателей мощности и связности дернины от внесения удобрений не выявлено, полученные данные по показателям близки между собой. На 5-й год жизни изучаемые травосмеси образовали дернину средней мощности, что указывает на развитие в травостоях дерново-образовательного процесса.

Результаты изучения ботанического состава, который является важным показателем сохранности смешанного травостоя, приведены в таблице 4.

Изучение влияния внесения удобрений в проведенных опытах показало, что доля участия в урожае

Таблица 3. Дернинообразование под самовозобновляющимися пастбищными травостоями
Table 3. Sod formation under self-regenerating pasture grass stands

Травостой	Режим питания	Мощность дернины, см	Связность дернины
С полевицей гигантской	без удобрений	8,3	слабосвязная
	$N_{45}P_{45}K_{45}$	8,4	слабосвязная
С мятликом луговым	без удобрений	8,3	слабосвязная
	$N_{45}P_{45}K_{45}$	8,5	среднесвязная
С овсяницей красной	без удобрений	8,6	среднесвязная
	$N_{45}P_{45}K_{45}$	8,8	среднесвязная

Таблица 2. Динамика влажности почвы, % от веса сухой почвы
Table 2. Dynamics of soil moisture, % of dry soil weight

Травостой	Слой почвы, см	Значения влажности почвы (средние за 5 лет)							
		Первая половина мая	Вторая половина мая	Первая половина июня	Вторая половина июня	Первая половина июля	Вторая половина июля	Первая половина августа	Вторая половина августа
с полевицей гигантской	0–20	17,1	19,5	24,4	19,8	11,5	7,9	11,5	8,7
	20–40	14,1	13,8	20,8	15,8	10,2	6,3	7,8	6,2
с мятликом луговым	0–20	17,7	19,3	23,1	21,8	13,4	7,6	14,6	8,6
	20–40	13,4	13,3	21,0	18,4	12,8	8,6	9,0	8,9
с овсяницей красной	0–20	17,3	18,4	23,1	20,4	9,7	6,5	11,6	7,1
	20–40	11,3	13,4	19,4	17,4	9,7	7,1	8,4	7,3

⁴ ГОСТ Р 54650-2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО.

⁵ ГОСТ 26213-2021 Почвы. Методы определения органического вещества.

⁶ ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО.

⁷ ГОСТ 26483-85–ГОСТ 26490-85 Почвы. Определение pH солевой вытяжки, обменной кислотности, обменных катионов, содержания нитратов, обменного аммония и подвижной серы методами ЦИНАО.

⁸ Методические указания по определению щелочно-гидролизуемого азота в почве по методу Корнфильда. М.: ЦИНАО. 1985; 9.

⁹ ГОСТ 32044.1-2012 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина.

¹⁰ ГОСТ 30504-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Пламенно-фотометрический метод определения содержания калия.

¹¹ ГОСТ 26657-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания фосфора.

Таблица 4. Ботанический состав самовозобновляющихся бобово-злаковых травостоев, % от урожая

Table 4. Botanical composition of self-renewing legume-cereal grass stands, % of yield

Травостои	Ботаническая группа трав					
	Злаки		Бобовые		Разнотравье	
	Без удобрений	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	Без удобрений	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	Без удобрений	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅
С полевицей гигантской	44,6	90,4	51,6	6,1	3,8	3,5
С мятликом луговым	47,5	77,9	51,2	18,2	1,2	3,9
С овсяницей красной	42,1	78,2	56,4	19,2	3,3	2,4

злаковых трав и бобовых видов существенно различалась в зависимости от фона произрастания. При внесении удобрений участие бобовых трав в сложении травостоев было минимальным и составляло: 6,1% — в травостоях с полевицей, 18,2% — с мятликом, 19,2% — с овсяницей красной. В целом все злаковые травы, входившие в травосмеси, при внесении удобрений увеличивали долю своего участия до 77,9–90,4%, значительно уменьшая долю бобовых видов в общем урожае соответственно.

По естественному фону произрастания (без удобрений) злаковые и бобовые травы практически имели одинаковую долю своего участия в сложении урожая — 42,1–47,5% и 51,2–56,4% соответственно. Наиболее оптимальным соотношением ценных в кормовом отношении многолетних бобовых и злаковых трав отличались травостои с мятликом луговым.

Важным показателем, характеризующим бобово-злаковые травостои, является равномерность распределения суммарного урожая в течение вегетационного периода, что должно учитываться в технологии их создания.

Результаты проведенных исследований показали, что распределение урожая травостоев по укосам было различным. Максимальный сбор корма при обоих условиях произрастания давал 1-й укос — 40,9–47,8%,

минимальный — 2-й укос (25,1–32,7%). Урожайность при третьем отчуждении занимала в среднем по травостоям 30% от общего сбора биомассы за сезон.

В среднем наибольшая урожайность зеленой и сухой массы сформирована травостоями по фону удобрений: 17,4–21,3 т — зеленой массы на 1 га, 3,94–6,05 т — сухой. При этом травосмеси с мятликом луговым обеспечивали максимальное получение зеленой (21,3 т/га) и сухой (0,7–2,2 т/га) массы.

Более урожайными по зеленой массе на естественном фоне обитания (без удобрений) показали себя травостои с полевицей гигантской при средней урожайности 17,1 т/га, что на 0,9 т/га больше травостоев с мятликом, на 1,4 т/га — с овсяницей красной.

Средние показатели урожайности по сухой массе без удобрений были более выравненными и составили: 3,90 т/га — в полевицевых травостоях, 3,74 т/га — в мятликовых, 3,60 т/га — в травостоях с овсяницей красной (табл. 5). На внесение удобрений слабее реагировали смеси с овсяницей красной, обеспечив получение прибавки всего лишь 0,2–0,7 т/га сухой массы.

В агрометеорологических и погодных условиях 2018–2022 гг. на осушаемых землях изучаемые травостои формировали 2,60–3,48 кормовых единиц по естественному фону, 3,14–4,80 кормовых единиц — по минеральному фону произрастания (табл. 5).

Таблица 5. Урожайность сухой массы и сбор кормовых единиц самовозобновляющихся бобово-злаковых травостоев в зависимости от фона произрастания (средние), т/га

Table 5. Dry mass yield and collection of feed units of self-renewing legume-cereal grass stands depending on the background of growth (average), t/ha

Вариант опыта (травосмеси)	Урожайность сухой массы		Прибавка сухой массы от удобрений, ± т/га	Сбор кормовых единиц, тыс. шт/га	
	без удоб.	с удоб.		без удоб.	с удоб.
1. Полевица гигантская + клевер ползучий + райграс пастбищный + тимфеевка луговая + люцерна изменчивая	4,35	4,36	0,01	3,48	3,54
2. Полевица гигантская + клевер ползучий + райграс пастбищный + тимфеевка луговая + лядвенец рогатый	3,97	4,17	0,2	3,17	3,37
3. Полевица гигантская + клевер ползучий + овсяница тростниковая + тимфеевка луговая + люцерна изменчивая	3,71	4,51	0,8	2,96	3,65
4. Полевица гигантская + клевер ползучий + овсяница тростниковая + тимфеевка луговая + лядвенец рогатый	3,58	5,35	1,8	2,86	4,33
5. Мятлик луговой + клевер ползучий + райграс пастбищный + тимфеевка луговая + люцерна изменчивая	3,47	4,67	1,2	2,77	3,78
6. Мятлик луговой + клевер ползучий + райграс пастбищный + тимфеевка луговая + лядвенец рогатый	3,74	4,44	0,7	3,00	3,55
7. Мятлик луговой + клевер ползучий + овсяница тростниковая + тимфеевка луговая + люцерна изменчивая	3,81	6,05	2,2	3,04	4,80
8. Мятлик луговой + клевер ползучий + овсяница тростниковая + тимфеевка луговая + лядвенец рогатый	3,97	4,99	1,0	3,17	3,99
9. Овсяница красная + клевер ползучий + райграс пастбищный + тимфеевка луговая + люцерна изменчивая	3,57	3,92	0,4	2,85	3,14
10. Овсяница красная + клевер ползучий + райграс пастбищный + тимфеевка луговая + лядвенец рогатый	3,26	3,97	0,7	2,60	3,17
11. Овсяница красная + клевер ползучий + овсяница тростниковая + тимфеевка луговая + люцерна изменчивая	3,98	4,16	0,2	3,18	3,33
12. Овсяница красная + клевер ползучий + овсяница тростниковая + тимфеевка луговая + лядвенец рогатый	3,61	3,94	0,3	2,88	3,15
НСР ₀₀₅	0,72	0,85		0,52	0,61

Таблица 6. Количество растительных остатков, оставляемых бобово-злаковыми пастбищными травостоями в 0–20 см слое почвы в конце 5-летнего периода

Table 6. The amount of plant residues left by legume-cereal pasture grass stands in the 0–20 cm soil layer at the end of a 5-year period

Травостои	Удобрение	Кол-во растительных остатков корневой биомассы, т/га	Урожайность надземной биомассы травостоев, сухая масса, т/га	Коэффициент продуктивности корневой системы
С полевицей гигантской	без удобрений	20,1	3,90	0,19
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	17,4	4,58	0,26
С мятликом луговым	Без удобрений	17,7	3,94	0,20
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	16,3	5,03	0,31
С овсяницей красной	Без удобрений	12,3	3,60	0,29
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	12,8	4,00	0,31
НСР ₀₀₅		0,84	0,85	

Таблица 7. Влияние видового состава и минеральной подкормки на накопление валовой энергии в подземной массе бобово-злаковых травостоев (5 лет жизни травостоя, 0–20 см слой почвы)

Table 7. The influence of species composition and mineral fertilizing on the accumulation of gross energy in the underground mass of legume-grass stands (5 years of grass stand life, 0–20 cm soil layer)

Травостои	Удобрения	Масса корней, т/га	Содержание ВЭ, МДж/кг СВ		Соотношение ВЭ пм ВЭ нм	Закрепление ВЭ в корнях, ГДж/га
			подземная масса, пм	надземная масса, нм		
С полевицей гигантской	без удобрений	20,1	17,4	18,9	0,92	349,7
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	17,4	17,3	19,2	0,90	301,0
С мятликом луговым	Без удобрений	17,7	17,3	19,1	0,91	306,2
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	16,3	17,4	18,8	0,90	283,6
С овсяницей красной	без удобрений	12,3	17,3	18,8	0,92	214,0
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	12,8	17,4	19,1	0,91	222,7

Результаты исследований накопления корневой массы и пожнивных остатков бобово-злаковых травостоев представлены в таблице 6.

Пастбищные травостои в конце 5-го года жизни в 0–20 см слое почвы в зависимости от видового состава оставляют в почве от 12,3 до 20,1 т/га воздушно-сухих корней. Наибольшее накопление корневой массы отмечено в травостоях с полевицей гигантской — 20,1 т/га по естественному фону, 17,4 т/га — по фону удобрений.

Наименее продуктивно на 5-м году жизни функционировали травостои с овсяницей красной, накопившие 12,3–12,8 т/га корневой массы, что меньше на 4,6–7,8 т/га травостоев полевицей и на 3,5–5,4 т/га мятликовых травостоев.

Просматривается тенденция большего накопления корневой массы почти всеми травостоями по фону без удобрений, то есть по естественному фону произрастания.

Одним из объективных показателей, характеризующих взаимосвязь между подземной и надземной частями растений, считается коэффициент продуктивности корневой системы [14]. Чем выше коэффициент продуктивности корневой системы, тем более активно использует она питательные вещества для формирования надземной массы.

Эффективность продуктивного действия корней определяется соотношением урожайности надземной и подземной массы. К концу 5-го года жизни трав коэффициент продуктивности корневой массы травостоев по вариантам в целом составил 0,19–0,31. Причем между вариантами отмечались заметные различия в зависимости от фона произрастания. При внесении минеральной подкормки коэффициент продуктивности корневой системы был выше и составил 0,26–0,31.

Возможность проводить сравнение распределения потоков валовой энергии (ВЭ) в надземной массе, в подземной массе и изменении плодородия почв дает

метод оценки производства валовой энергии в луговых агроэкосистемах. Влияние видового состава и минеральной подкормки на накопление валовой энергии в подземной массе бобово-злаковых травостоев приведено в таблице 7.

Определение накопления валовой энергии в подземной массе фитоценозов показало, что ее содержание в корневой массе в зависимости от видового состава различалось незначительно и варьировало от 17,3–17,4 МДж/кг сухого вещества (СВ). Между вариантами не отмечалось каких-либо заметных различий.

Под посевами изучаемых трав при пастбищной технологии их использования накапливается 12,3–20,1 т/га сухой массы корней, содержащей 214,0–349,7 ГДж/га валовой энергии, что говорит о высоком уровне функционирования самовозобновляющихся бобово-злаковых травостоев и отражает их положительное влияние на плодородие почвы.

Выводы/Conclusion

Изучение роли злаковых низовых трав в формировании и функционировании бобово-злаковых пастбищных травостоев на дерново-подзолистой осушаемой почве Верхневолжья показало значительную эффективность мятлика лугового и полевицы гигантской.

Травосмеси с мятликом луговым обеспечили максимальное получение зеленой массы (21,3 т/га) и наивысшую прибавку сухой массы от внесения удобрений (0,7–2,2 т/га).

На естественном фоне обитания (без удобрений) максимальную урожайность зеленой массы обеспечили травостои с полевицей гигантской — 17,1 т/га, что на 0,9 т/га больше травостоев с мятликом луговым, на 1,4 т/га — с овсяницей красной.

Наибольшее накопление корневой массы отмечено в травостоях с полевицей гигантской — 20,1 т/га по естественному фону, 17,4 т/га — по фону удобрений.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа подготовлена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ) (тема № 043920210001).

FUNDING

The work was prepared with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the state assignment of the Federal State Budgetary Institution FITZ "V.V. Dokuchaev Soil Institute" (VNIIMZ) (topic No. 043920210001).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кутузова А.А. и др. Экономическая эффективность систем и усовершенствованных технологий производства объемистых кормов на сенокосах. *Достижения науки и техники АПК*. 2019; 33(6): 44–50. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10611>
2. Bélanger G. et al. Yield and nutritive value of binary legume–grass mixtures under grazing or frequent cutting. *Canadian Journal of Plant Science*. 2018; 98(2): 395–407. <https://doi.org/https://doi.org/10.1139/cjps-2017-0183>
3. Косолапов В.М., Чернышких В.И., Костенко С.И. Новые сорта кормовых культур и технологии для сельского хозяйства России. *Кормопроизводство*. 2021; 6: 22–26. <https://www.elibrary.ru/qrydms>
4. Kutuzova A.A., Provornaya E.E., Sedova E.G., Tsybenko N.S. Agro-energy efficiency of using new zoned varieties to create cultivated pastures in the forest zone of the European part of Russia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 663: 012031. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/663/1/012031>
5. Тимохин А.Ю., Бойко В.С., Михайлов В.В. Продуктивность и качество одноклетных бобово-мятликовых трав в южной лесостепи Западной Сибири. *Кормопроизводство*. 2023; 3: 3–6. <https://doi.org/10.25685/krm.2023.52.97.001>
6. Анищенко Л.Н., Поцепай С.Н., Справцев А.А., Васкина Т.И., Семышев М.В., Сычев С.М. Организация устойчивого управления лугами в Нечерноземной зоне Российской Федерации. *Аграрная наука*. 2022; 9: 120–125. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-120-125>
7. Кирушин В.И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования. *Достижения науки и техники АПК*. 2016; 30(3): 19–25. <https://www.elibrary.ru/vuzzpn>
8. Измestев В.М., Свечников А.К., Соколова Е.А. Влияние минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистых почв в кормовых севооборотах. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2016; 6: 37–41. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2016.55.6.37-41>
9. Кирушин В.И. Концепция развития земледелия в Нечерноземье. СПб.: Квадро. 2020; 276. ISBN 978-5-906371-47-8 <https://www.elibrary.ru/rzgopo>
10. Кутузова А.А., Проворная Е.Е., Цыбенко Н.С. Эффективность усовершенствованных технологий создания пастбищных травостоев с использованием новых сортов бобовых видов и агротехнических приемов. *Кормопроизводство*. 2019; 1: 7–11. <https://www.elibrary.ru/yusbzr>
11. Гасиев В.И. Оценка селекционных образцов сложногогибридных популяций клевера по хозяйственно ценным признакам с целью формирования новых сортов лугопастбищного направления. *Аграрная наука*. 2021; 3: 74–78. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-346-3-74-78>
12. Косолапов В.М., Чернышких В.И., Костенко С.И. Современное состояние и вызовы для отрасли кормопроизводства в России. *Кормопроизводство*. 2022; 10: 3–8. <https://doi.org/10.25685/KRM.2022.10.2022.010>
13. Бурлуцкий В.А., Мазуров В.Н., Семешкина П.С., Косолапов В.М. Продукционный потенциал и освоение растительных сообществ залежных земель Мещовского ополья в Калужской области. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2021; 1: 45–52. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/1/45-52>
14. Свечников А.К. Накопление пожнивно-корневых остатков и питательных элементов в кормовых севооборотах. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2019; 20(6): 613–622. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.6.613-622>

ОБ АВТОРАХ

Надежда Николаевна Иванова

старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук 2016vniimz-noo@list.ru <http://orcid.org/0000-0001-6923-5180>

Андрей Дмитриевич Капсамун

заведующий лабораторией луговых агроценозов отдела мелиоративного земледелия, доктор сельскохозяйственных наук <http://orcid.org/0000-0002-3639-8490>

Екатерина Николаевна Павлючик

старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук <http://orcid.org/0000-0001-5989-6065>

Дмитрий Александрович Вагунин

старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук <https://orcid.org/0000-0003-4211-9264>

Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Пыжевский пер., 7, стр. 2, Москва, 119017, Россия

REFERENCES

1. Kutuzova A.A. et al. Cost-Effectiveness of Systems and Advanced Technologies for the Production of Bulky Feeds on Hayfields. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2019; 33(6): 44–50 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10611>
2. Bélanger G. et al. Yield and nutritive value of binary legume–grass mixtures under grazing or frequent cutting. *Canadian Journal of Plant Science*. 2018; 98(2): 395–407. <https://doi.org/https://doi.org/10.1139/cjps-2017-0183>
3. Kosolapov V.M., Chernyavskikh V.I., Kostenko S.I. New varieties of forage crops and technologies for Russian agriculture. *Fudder journal*. 2021; 6: 22–26 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/qrydms>
4. Kutuzova A.A., Provornaya E.E., Sedova E.G., Tsybenko N.S. Agro-energy efficiency of using new zoned varieties to create cultivated pastures in the forest zone of the European part of Russia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 663: 012031. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/663/1/012031>
5. Timokhin A.Yu., Boyko V.S., Mikhaylov V.V. The productivity and quality of annual legumes and graminaceous in the southern forest-steppe of Western Siberia. *Fudder journal*. 2023; 3: 3–6 (in Russian). <https://doi.org/10.25685/krm.2023.52.97.001>
6. Anishchenko L.N., Potsepai S.N., Spravtsev A.A., Vaskina T.I., Semyshev M.V., Sychev S.M. Organization of sustainable management of meadows in the Nonchernozem belt of the Russian Federation. *Agrarian science*. 2022; 9: 120–125 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-120-125>
7. Kiryushin V.I. Mineral fertilizers as the key factor of agriculture development and optimization of nature management. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2016; 30(3): 19–25 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vuzzpn>
8. Izmetsev V.M., Svechnikov A.K., Sokolova E.A. Influence of mineral fertilizers on fertility of sod-podzolic soils in fodder crop rotations. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2016; 6: 37–41 (in Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2016.55.6.37-41>
9. Kiryushin V.I. Concept for the development of agriculture in the Non-Black Earth Region. St. Petersburg: *Kvadro*. 2020; 276 (in Russian). ISBN 978-5-906371-47-8 <https://www.elibrary.ru/rzgopo>
10. Kutuzova A.A., Provornaya E.E., Tsybenko N.S. Pasture ecosystems of new legume varieties as affected by improved cultivation methods. *Fudder journal*. 2019; 1: 7–11 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/yusbzr>
11. Gasiev V.I. Evaluation of breeding samples of complex hybrid clover populations based on economically valuable characteristics in order to form new varieties of grassland direction. *Agrarian science*. 2021; 3: 74–78 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-346-3-74-78>
12. Kosolapov V.M., Chernyavskikh V.I., Kostenko S.I. Current state and challenges of forage production in Russia. *Fudder journal*. 2022; 10: 3–8 (in Russian). <https://doi.org/10.25685/KRM.2022.10.2022.010>
13. Burlutsky V.A., Mazurov V.N., Semeshkina P.S., Kosolapov V.M. Pproduction capabilities and exploitation of fallow lands plant communities of Meshchovsky Polyne in the kaluga region. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2021; 1: 45–52 (in Russian). <https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/1/45-52>
14. Svechnikov A.K. Accumulation of root-stubble residues and nutrients in feed crop rotations. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2019; 20(6): 613–622 (in Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.6.613-622>

ABOUT THE AUTHORS

Nadezhda Nikolaevna Ivanova

Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences 2016vniimz-noo@list.ru <http://orcid.org/0000-0001-6923-5180>

Andrey Dmitrievich Kapsamun

Head of the Laboratory of Meadow Agroecosystems of the Department of Ameliorative Agriculture, Doctor of Agricultural Sciences <http://orcid.org/0000-0002-3639-8490>

Ekaterina Nikolaevna Pavlyuchik

Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences <http://orcid.org/0000-0001-5989-6065>

Dmitry Alexandrovich Vagunin

Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences <https://orcid.org/0000-0003-4211-9264>

Federal Research Center "V.V. Dokuchaev Soil Institute", 7 Pyzhevsky Lane, 2 building, Moscow, 119017, Russia