Научная статья
УДК 633.2.038:631.445.20
DOI: 10.26897/0021-342X-2026-1-99-115

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

Продуктивность бинарных бобово-злаковых травосмесей с лядвенцем рогатым (*Lotus corniculatus* L.) и клевером ползучим (*Trifolium repens* L.) на кислых дерново-подзолистых почвах

Андрей Романович Тяжкороб, Александра Васильевна Шитикова, Николай Николаевич Лазарев✉

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

✉**Автор, ответственный за переписку:** nlazarev@rgau-msha.ru

Аннотация

Полевые исследования по изучению продуктивности бинарных пастбищных травостоев выполнены в 2023–2025 гг. на полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Целью исследований является определение урожайности и устойчивости лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) и клевера ползучего (*Trifolium repens* L.) в двухкомпонентных травосмесях с фестулолиумом (× Festulolium Aschers. et Graebn.), райграсом пастбищным (*Lolium perenne* L.) и овсяницей луговой (*Festuca pratensis* Huds.) при трех- и четырехкратном использовании на слабоокультуренной дерново-подзолистой почве. Установлено, что на третий год жизни клевер ползучий и лядвенец рогатый стали преобладающими компонентами агрофитоценозов. На их долю приходилось 46,6–61,0% урожая. В одновидовые травостои злаков уже на третий год внедрялось разнотравье в количестве 28,7–35,0%. Применение азотных удобрений на злаковых травостоях в дозе N_{120} снижало засоренность разнотравьем до 10,7–17,8%, но наименьшая доля разнотравья (3,7–8,0%) отмечалась в бобово-злаковых травостоях. На второй год жизни трав урожайность бобово-злаковых травостоев составляла 5,08–7,46 т/га сухого вещества, на третий год она возросла до 6,67–8,49 т/га. В среднем за 3 года увеличение количества укосов с трех до четырех сопровождалось снижением сбора корма на 10,4%. Лядвенце-злаковые травостои превзошли клеверо-злаковые по урожайности на 10,9%, одновидовые травостои злаков, удобряемых азотом, – на 15,7%, неудобряемые злаковые травы – в 2,2 раза.

Ключевые слова

клевер ползучий, лядвенец рогатый, злаковые травы, травосмеси, урожайность, ботанический состав, плотность травостоев, кратность скашивания

Для цитирования

Тяжкороб А.Р., Шитикова А.В., Лазарев Н.Н. Продуктивность бинарных бобово-злаковых травосмесей с лядвенцем рогатым (*Lotus corniculatus* L.) и клевером ползучим (*Trifolium repens* L.) на кислых дерново-подзолистых почвах // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии.* 2026. № 1. С. 99–115.

Productivity of binary legume-grass mixtures with birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.) on acidic sod-podzolic soils

Andrey R. Tyazhkorob, Aleksandra V. Shitikova, Nikolay N. Lazarev✉

Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy

✉**Corresponding author:** nlazarev@rgau-msha.ru

Abstract

Field studies investigating the productivity of binary pasture grass swards were conducted in 2023–2025 at the experimental field station of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. The study aimed to determine the yield and persistence of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.) in two-component mixtures with festulolium (× *Festulolium* Aschers. et Graebn.), perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), and meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.) under three- and four-cutting regimes on poorly improved sod-podzolic soil. It was established that by the third year of life, white clover and birdsfoot trefoil became the dominant components of the agrophytocenoses, accounting for 46.6–61.0% of the yield. In single-species grass swards, the proportion of forbs increased to 28.7–35.0% by the third year. While nitrogen fertilization of grass swards at a dose of N_{120} reduced forb infestation to 10.7–17.8%, the lowest proportion of forbs (3.7–8.0%) was observed in legume-grass swards. In the second year, the dry matter yield of legume-grass swards ranged from 5.08 to 7.46 t/ha, increasing to 6.67–8.49 t/ha in the third year. On average over the three-year period, increasing the cutting frequency from three to four resulted in a 10.4% decrease in total forage yield. Birdsfoot trefoil-grass swards outperformed white clover-grass swards by 10.9%, nitrogen-fertilized single-species grass swards by 15.7%, and non-fertilized grass swards by 2.2 times.

Keywords

white clover, birdsfoot trefoil, grass mixture, yield, botanical composition, sward density, cutting frequency

For citation

Tyazhkorob A.R., Shitikova A.V., Lazarev N.N. Productivity of binary legume-grass mixtures with birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatu*s L.) and white clover (*Trifolium repen*s L.) on acidic sod-podzolic soils. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy.* 2026;(1):99–115.

Введение
Introduction

При пастбищном использовании травы подвергаются частому стравливанию, что отрицательно сказывается на их продуктивном долголетии. При создании сеяных пастбищ основными компонентами травосмесей являются низовые травы, которые способны выдерживать многократное стравливание и давать корма с преобладанием укороченных побегов, характеризующихся высокой питательностью и поедаемостью. Из бобовых трав в пастбищные травосмеси наиболее часто включают клевер ползучий [1–5]. Он превосходит другие травы по питательности [5], может интенсивно размножаться с помощью наземных ползучих побегов [2, 3], обладает высокой отавностью [6, 7], но очень чувствителен к дефициту влаги [8, 9] и характеризуется средней

зимостойкостью [10, 11]. Широкое распространение клевера ползучего в различных регионах мира обусловлено его способностью расти на различных почвах [12]. Однако на пастбищах, где необходимо получать 4–5 стравливаний за сезон, даже кратковременные засушливые условия не позволяют гарантированно получать устойчивые урожаи без орошения [8]. Более стрессоустойчивым видом бобовых трав является лядвенец рогатый. Он превосходит клевер ползучий по засухоустойчивости [13–15] и зимостойкости [16, 17], менее требователен к почвенному плодородию и способен расти на кислых почвах [18–20], толерантен к повышенному содержанию алюминия и марганца [21]. Лядвенец может произрастать без перезалужения 6–10 лет и более [17, 22], выдерживать затопление продолжительностью до двух недель [23–25], устойчив к болезням и вредителям, которые нередко поражают бобовые травы [20]. Благодаря содержанию в своем составе конденсированных танинов лядвенец не вызывает тимпании у жвачных животных. Кроме того, при использовании лядвенца рогатого в кормлении проявляется его антигельминтное действие, уменьшается поступление метана и аммиака в атмосферу, что имеет неоспоримое преимущество перед другими бобовыми травами [26, 27].

В качестве злакового компонента травосмесей наиболее часто используют райграс пастбищный [4, 6]. Он обеспечивает получение кормов с благоприятным сахаро-протеиновым отношением за счет высокого содержания сахаров, формирует плотную дернину, устойчивую к вытаптыванию животными, однако уступает другим видам злаковых пастбищных трав по зимостойкости и устойчивости к снежной плесени [28] и является довольно требовательным к обеспеченности влагой [29]. Альтернативным злаковым компонентом пастбищных травосмесей может стать фестулолиум – новый межродовой гибрид, созданный с использованием овсяницы (луговой или тростниковой) и райграса (многоукосного или однолетнего). В гибриде совмещена хорошая зимостойкость овсяницы с высоким содержанием сахаров от райграса [30–32].

В настоящее время возникает необходимость в подборе пастбищных травосмесей, способных давать стабильные урожаи в изменяющихся климатических условиях. Кроме того, более широкое возделывание в травосеянии бобовых трав потребует использования для этих целей сельскохозяйственных угодий с менее плодородными почвами. Лядвенец рогатый и фестулолиум еще не получили всесторонней агроэкологической оценки, особенно при выращивании на сильнокислых почвах.

Цель исследований: сравнительная оценка по урожайности и устойчивости пастбищных травосмесей, созданных на основе лядвенца рогатого и клевера ползучего, на кислых дерново-подзолистых почвах.

Методика исследований

Research method

Исследования выполнены в 2023–2025 гг. на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва) в двухфакторном полевом опыте. Фактором А являлись два режима скашивания травостоев: трехкратный и четырехкратный, а фактором В – злаковые и бобово-злаковые травостои, которые были представлены одновидовыми посевами фестулолиума (*F.*F. Asch. et Graebn) сорта ВИК 90, райграса пастбищного сорта ВИК 66 (*Lolium perenne* L.), овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds.) сорта Свердловская 37 и двухкомпонентными травосмесями этих сортов с лядвенцем рогатым (*Lotus corniculatus* L.) сорта Солнышко и клевером ползучим сорта ВИК 70 (*Trifolium repens* L.). Одновидовые посевы злаковых трав исследовали как при применении азотных удобрений в дозе N_{120}, так и без внесения азота. Для имитации пастбищного использования травостои скашивали по 3 и 4 раза за сезон.

Травы были высеяны беспокровно 13 мая 2023 г. Нормы высева злаковых трав в одновидовых посевах составили: фестулолиум – 16 кг/га; райграс пастбищный – 14 кг/га; овсяница луговая – 16 кг/га; в травосмесях – 8, 7 и 8 кг/га всхожих семян соответственно. Лядвенец рогатый высевали в норме 9 кг/га, клевер ползучий – 7 кг/га. В год посева при трехкратном скашивании провели один укос, при четырехкратном – два укоса.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая среднесуглинистая, в пахотном слое содержит 2,1% гумуса, подвижных форм фосфора – 320 мг/кг, калия – 54 мг/кг, молибдена – 0,12 мг/кг, степень насыщенности основаниями – 40,4%, pH_{KCl} – 4,35. По агрохимическим показателям почва является слабоокультуренной. Ежегодно в сентябре вносили гранулированный хлористый калий в дозе K_{120}. Азотные удобрения применяли в виде аммиачной селитры равными долями под все укосы: при трехкратном скашивании – по 40 кг/га, при четырехкратном – по 30 кг/га д.в. азота.

Гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова за период с апреля по сентябрь по годам исследований (2023, 2024, 2025 гг.) составил 1,26; 1,25; 2,1 соответственно. Опыт заложен в четырехкратной повторности методом рандомизированных повторений. Площадь опытной делянки в опыте составляла 12,6 м^2, учетная – 10,0 м^2.

Учеты и наблюдения выполнялись по «Методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами» (1997). Для определения ботанического состава отбирали средние образцы массой по 1 кг с двух несмежных повторностей, которые разбирали по видам и хозяйственно-ботаническим группам трав и взвешивали; плотность травостоев определяли подсчетом количества побегов на каждой повторности опыта на постоянно закрепленных площадках размером 0,5 × 0,5 м; урожайность – путем скашивания на высоте 6–7 см и взвешивания зеленой массы трав с учетных площадей делянок (при трехкратном использовании – в фазу полной бутонизации, при четырехкратном – в начале бутонизации бобовых компонентов травостоев). Содержание сухого вещества устанавливали высушиванием навески трав при температуре 105°С до постоянной массы (ГОСТ 31640–2012). Агрохимические свойства почвы определяли следующими методами: подвижный фосфор и калий – по Кирсанову (ГОСТ Р 54650–2011), кислотность (pH_{KCl}) – по ГОСТ 26483–85, содержание гумуса – по методу Тюрина (ГОСТ 26213–91), молибден – по методу Григга (ГОСТ Р 50689–94). Статистическую обработку данных производили методом дисперсионного анализа.

Результаты и их обсуждение
Results and discussion

Ботанический состав травостоев. Ботанический состав является важным показателем, от которого зависят урожайность и качество получаемых кормов. По соотношению видов трав в растительном сообществе можно оценить конкурентоспособность растений, их долголетие. Режимы использования травостоев являются одними из решающих факторов, оказывающих влияние на устойчивость видов трав в агрофитоценозах. Злаковые травы в составе опытных травосмесей являются довольно устойчивыми к многократному использованию. Райграс пастбищный – низовое растение, овсяница луговая – полуверховое. У этих трав в урожае преобладают вегетативные укороченные побеги, что обеспечивает их высокую устойчивость к интенсивному скашиванию и выпасу. Фестулолиум ВИК 90 является гибридом овсяницы луговой и райграса многоукосного. Благодаря высокой способности к кущению он ближе к полуверховым растениям.

В одновидовых посевах устойчивость злаков в травосмесях зависит от обеспеченности азотом. В вариантах без азотных удобрений при трехукосном использовании уже на второй год в агрофитоценозы внедрились травы из хозяйственно-ботанической группы разнотравья в количестве 11,7–14,2% (табл. 1). Увеличение количества

укосов до четырех сопровождалось повышением доли разнотравья до 12,4–21,4%. Применение азотных удобрений стимулировало кущение, что снижало засоренность травостоев разнотравьем до 8,0–17,5%.

Несмотря на высокую кислотность и низкую обеспеченность почвы калием и молибденом, бобовые травы проявили довольно высокую устойчивость и являлись доминантами в составе бобово-злаковых травостоев. На их долю приходилось от 33,6 до 56,7%.

На третий год жизни участие разнотравья в одновидовых посевах злаковых трав в вариантах без азота возросло до 28,7–35,0% (табл. 2). При внесении минерального азота в дозе N_{120} засоренность травостоев снижалась до 10,7–17,8%. В бобово-злаковых травостоях разнотравье было представлено в небольшом количестве: от 3,7 до 8,0%. Основными засорителями являлись одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* (L.) Webb ex F.H. Wigg), подорожник ланцетный (*Plantago lanceolata L.*), щавель малый (*Rumex acetosella* L.). В год посева отмечалось сильное засорение ежовником обыкновенным (*Echinochloa crus*-galli (L.) Beauv.), в целях борьбы с которым было проведено подкашивание травостоя на высоте 12–14 см. Несмотря на то, что некоторого обсеменения ежовника избежать не удалось, в последующие годы он отсутствовал в составе травостоев.

Таблица 1

Ботанический состав травостоев в 2024 гг., %

Table 1

Botanical composition of swads in 2024, %

Виды трав и травосмеси	Сеяные злаки	Сеяные бобовые	Несеяные злаки и бобовые	Разно-травье
1. Фестулолиум	*85,6/84,9	0,0/0,0	2,7/2,7	11,7/12,4
2. Райграс пастбищный	82,2/76,1	0,0/0,0	2,6/2,5	15,2/21,4
3. Овсяница луговая	83,8/83,3	0,0/0,0	2,4/2,4	13,8/14,3
4. Фестулолиум + N_{120}	89,0/89,8	0,0/0,0	2,3/2,2	8,7/8,0
5. Райграс пастбищный + N_{120}	80,3/79,3	0,0/0,0	2,2/3,4	17,5/17,3
6. Овсяница луговая + N_{120}	86,3/88,7	0,0/0,0	2,5/2,8	11,2/8,5
7. Фестулолиум + клевер ползучий	36,2/36,9	55,7/53,3	2,2/2,9	5,9/6,9
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	33,6/40,1	56,3/46,6	3,5/4,0	6,6/9,3
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	37,2/45,9	53,7/42,0	3,3/3,7	5,8/8,4
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	42,9/40,6	51,8/50,5	2,3/3,0	3,0/5,9
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	35,8/37,5	56,7/53,2	4,2/3,7	3,4/5,6
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	39,4/37,4	52,9/50,4	3,8/5,1	3,9/7,1

*Числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

На пастбищах многие виды разнотравья неплохо поедаются и включаются в состав кормовых травосмесей. Так, исследования в Ирландии показали, что включение подорожника ланцетного в состав смеси из клевера ползучего и райграса пастбищного способствовало увеличению потребления сухого вещества, снижению концентрации азота в моче и повышению молочной продуктивности коров [33].

В условиях недостаточного атмосферного увлажнения 2024 г. четырехукосный режим скашивания уступал трехукосному по доле бобовых компонентов в ботаническом составе агрофитоценозов, причем в наибольшей степени отрицательно реагировал на интенсивный режим использования клевер ползучий: его доля уменьшилась с 53,7–56,3 до 42,0–53,3%. При более благоприятных условиях обеспечения влагой в 2025 г. четырехкратное отчуждение надземной массы сопровождалось повышением количества бобовых трав в урожае. Клевер ползучий является более отавным видом, но в условиях повышенной кислотности преимущество имел лядвенец рогатый. Его участие возросло с 49,2–51,3 до 58,7–61,0% при увеличении числа укосов с трех до четырех. На более плодородных почвах, наоборот, лучшие условия могут сложиться для клевера ползучего, что отмечалось в исследованиях, выполненных в Московской области, где на четвертый год жизни доля клевера в ботаническом составе агрофитоценозов составляла 30–42%, а лядвенца рогатого – только 17–31% [10].

Таблица 2

Ботанический состав травостоев в 2025 г., %

Table 2

Botanical composition of swards in 2025, %

Вариант	Сеяные злаки	Сеяные бобовые	Несеяные злаки и бобовые	Разнотравье
1. Фестулолиум	*65,1/65,7	0,0/0,0	1,8/1,0	33,1/33,2
2. Райграс пастбищный	63,3/64,0	0,0/0,0	2,6/1,0	34,0/35,0
3. Овсяница луговая	69,0/65,4	0,0/0,0	2,3/1,1	28,7/33,5
4. Фестулолиум + N_{120}	88,3/84,0	0,0/0,0	1,0/1,3	10,7/14,7
5. Райграс пастбищный + N_{120}	80,4/81,3	0,0/0,0	1,8/1,8	17,8/16,9
6. Овсяница луговая + N_{120}	86,1/81,8	0,0/0,0	1,7/1,3	12,2/17,0
7. Фестулолиум + клевер ползучий	48,7/40,3	46,6/54,2	1,0/1,1	3,7/4,5
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	42,8/43,5	49,9/47,6	1,7/1,0	5,6/8,0
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	47,9/40,4	45,4/51,6	1,2/1,0	5,5/7,0
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	43,0/32,2	50,2/61,0	1,6/0,8	5,3/6,0
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	39,2/31,9	51,3/58,7	2,1/2,0	7,4/7,4
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	42,2/31,5	49,2/60,1	1,1/2,2	7,6/6,3

*Числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

При оптимальном количестве в составе травостоев бобовых и злаковых компонентов обеспечиваются благоприятное сахаро-протеиновое отношение и хорошая поедаемость трав животными. Высокая доля лядвенца рогатого не является ограничивающим фактором для использования травостоев в качестве пастбищного корма, поскольку он не вызывает тимпании у жвачных животных [34], в то время как использование клевера ползучего связано с определенными рисками по возникновению этого заболевания ввиду высокого содержания сырого протеина и воды в зеленой массе этого растения [3].

Во всех травостоях доля райграса пастбищного была меньше, чем фестулолиума и овсяницы луговой.

Плотность травостоев. Плотность травостоя является показателем, от которого зависит не только урожайность, но потребление корма на пастбище. Для удовлетворения суточной потребности в пастбищном корме животные быстрее потребляют необходимо количество травы на невысоких, но густых травостоях.

При трехкратном скашивании злаковые травы формировали более плотные травостои, насчитывающие в разные годы в вариантах без азота от 1080 до 1642 шт. побега. Азотные удобрения стимулировали кущение, и густота возрастала до1404–1913 побегов на1 м^2 (табл. 3). Райграс пастбищный уступал фестулолиуму и овсянице

Таблица 3

Плотность злаковых и бобово-злаковых травостоев при трех- и четырехкратном скашивании, шт. побегов на 1 м^2

Table 3

Density of grass and legume-grass swards under three- and four-cutting regimes, number of shoots per 1 m^2

№	Виды трав и травосмеси	Трехкратное скашивание		Четырехкратное скашивание	
		2024 г.	2025 г.	2024 г.	2025 г.
1	Фестулолиум	1284	1642	1316	1533
2	Райграс пастбищный	1080	1487	1172	1462
3	Овсяница луговая	1264	1550	1295	1561
4	Фестулолиум + N_{120}	1687	2006	1603	1573
5	Райграс пастбищный + N_{120}	1404	1652	1465	1542
6	Овсяница луговая + N_{120}	1592	1913	1617	1676
7	Фестулолиум + клевер ползучий	2880	2114	2559	2084
8	Райграс пастбищный + клевер ползучий	2561	1977	2062	1952
9	Овсяница луговая + клевер ползучий	2728	2238	2369	2064
10	Фестулолиум + лядвенец рогатый	2206	1709	2144	1599
11	Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	1849	1624	1747	1759
12	Овсяница луговая + лядвенец рогатый	2091	1597	1981	1670
$НСР_{05}$		149	120	137	115

луговой по интенсивности побегообразования, что связано скорее всего с его меньшей устойчивостью к неблагоприятным почвенным и климатическим факторам. Если овсяница луговая на природных лугах в Центральном Нечерноземье является обычным видом, то райграс пастбищный лишь изредка встречается на различных местообитаниях.

Наиболее густые травостои формировали смеси из клевера ползучего и злаковых трав (от 1952 до 2880 побегов на 1 м^2), но при этом следует отметить, что у клевера ползучего учитывались листья и цветоносы. Агрофитоценозы с лядвенцем рогатым имели густоту от 1597 до 2206 побегов. Они превосходили по этому показателю удобряемые азотом злаки, но уступали клеверо-злаковым травостоям.

Урожайность травостоев. В год посева все многолетние травы развиваются медленно и дают низкие урожаи. В вариантах с трехкратным режимом использования в год посева получен только один укос, при четырехкратном – два укоса с урожайностью, соответственно, 1,09–1,75 т/га и 1,17 до 2,13 т/га сухой массы (табл. 4).

Таблица 4

Урожайность злаковых и бобово-злаковых травостоев, т/га сухого вещества

Table 4

Dry matter yield of grass and legume-grass swards, t/ha

№	Виды трав и травосмеси	2023 г.	2024 г.	2025 г.	Среднее
1	Фестулолиум	*1,25/1,31	2,93/2,55	3,59/3,56	2,59/2,47
2	Райграс пастбищный	1,09/1,17	2,54/2,34	3,44/3,12	2,36/2,21
3	Овсяница луговая	1,09/1,53	2,45/2,26	3,35/3,53	2,30/2,44
4	Фестулолиум + N_{120}	1,31/1,75	5,74/5,62	7,01/6,91	4,69/4,76
5	Райграс пастбищный + N_{120}	1,21/1,68	5,26/5,19	7,03/6,94	4,50/4,60
6	Овсяница луговая + N_{120}	1,45/2,00	5,04/5,29	7,33/7,10	4,61/4,80
7	Фестулолиум + клевер ползучий	1,75/2,12	6,50/5,50	7,43/6,88	5,22/4,83
8	Райграс пастбищный + клевер ползучий	1,60/1,98	5,47/5,08	7,25/6,91	4,77/4,66
9	Овсяница луговая + клевер ползучий	1,66/2,05	5,56/5,39	7,80/6,67	5,01/4,70
10	Фестулолиум + лядвенец рогатый	1,52/1,88	7,46/6,43	8,00/7,50	5,66/5,27
11	Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	1,35/1,93	6,40/5,69	8,18/7,67	5,31/5,10
12	Овсяница луговая + лядвенец рогатый	1,55/2,13	6,73/6,02	8,49/8,13	5,59/5,43
$НСР_{05}$ частных различий		0,20	0,34	0,32	0,17
$НСР_{05}$ режимов скашивания		0,14	0,24	0,22	0,12
$НСР_{05}$ травостоев		0,06	0,10	0,09	0,05

*Числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Бобовые травы развиваются быстрее, чем злаки, поэтому бобово-злаковые травосмеси были на 11,6–18,9% более продуктивными, чем одновидовые злаковые травостои. Большинство видов бобовых и злаковых трав формируют максимальные урожаи на второй-третий годы жизни, за исключением корневищных видов, у которых наибольший сбор корма отмечается обычно на третий-четвертый годы. На второй год жизни урожайность злаковых трав возросла в вариантах без азота до 2,26–2,94 т/га. При внесении N_{120} она повысилась в среднем в 2,1 раза до 5,04–5,74 т/га сухого вещества, но злаки уступили по урожайности бобово-злаковым травостоям, под которые азот не вносили, на 12,3%. Наиболее продуктивными были травостои с фестулолиумом как в одновидовом посеве, так и в смеси с бобовыми компонентами. Лядвенцефестулолиумовая травосмесь как при трех- так и при четырехкратном скашивании давала существенную прибавку урожая по сравнению с другими травосмесями, обеспечивая получение, соответственно, 7,46 и 6,43 т сухой массы. Для дерново-подзолистой почвы с pH_{KCl} 4,35 этот уровень урожайности является достаточно высоким, поскольку при такой кислотности должно было проявиться токсичное действие ионов алюминия на растения. Однако при очень высокой обеспеченности почвы опытного участка подвижным фосфором (320 мг/кг) в значительной степени происходит связывание трехвалентного Al^{3+} в нерастворимые фосфаты [35].

Благоприятные условия атмосферного увлажнения на третий год жизни трав способствовали повышению урожайности всех трав и травосмесей. Как и в предыдущий год, лядвенце-злаковые травосмеси характеризовались наибольшей урожайностью (7,50–8,49 т/га), причем преимущество перешло к травосмеси с участием овсяницы луговой, являющейся аборигенным видом лугов в Нечерноземье. По-прежнему более высокий урожай получен при трех укосах, но различия между режимами использования сократились до 7,7%.

При многократном скашивании возрастает потребность трав в обеспечении влагой, поскольку увеличивается испарение воды с поверхности почвы, а у скошенных растений интенсивность потребления почвенной влаги значительно снижается. По этим причинам увеличение количества укосов сопровождается возрастанием расхода воды, и очень важным является равномерное распределение атмосферных осадков или оросительной воды в течение вегетационного периода.

В среднем за 3 года увеличение количества укосов с трех до четырех сопровождалось снижением сбора корма на 10,4%. Лядвенце-злаковые травостои превзошли клеверо-злаковые по урожайности на 10,9%, одновидовые травостои злаков, удобряемых азотом, – на 15,7%, неудобряемые злаковые травы – в 2,2 раза.

В системе зеленого конвейера и при пастбищном содержании животных весьма важным является равномерное поступление зеленых кормов в течение вегетационного периода. Весной отмечается феномен интенсивного роста трав, поэтому урожай первого укоса обычно бывает наибольшим. В условиях опыта менее равномерное поступление зеленого корма по укосам имели одновидовые посевы злаковых трав. Так, в вариантах без азота при трехкратном скашивании на первый укос приходилось 48–52%, а на третий – только 12–14% (табл. 5). Применение азотных удобрений способствовало увеличению доли третьего укоса до 15–27%. Наиболее равномерное поступление корма по укосам отмечалось при возделывании бобово-злаковых агрофитоценозов. Первый и второй укосы давали примерно одинаковые урожаи – по 30–45%.

При четырехкратном использовании травостоев за первые три укоса обеспечивалось довольно равномерное поступление кормов, а урожайность четвертого укоса была наименьшей и составляла от 5 до 21%.

Таблица 5

Распределение урожая по укосам в 2024 и 2025 гг., %

Table 5

Yield distribution by cuts in 2024 and 2025, %

№	Виды трав и травосмеси	1-й укос	2-й укос	3-й укос	4-й укос
Трехкратное использование					
1	Фестулолиум	*50/52	36/37	14/11	-/-
2	Райграс пастбищный	48/51	39/35	13/14	-/-
3	Овсяница луговая	51/51	37/37	12/12	-/-
4	Фестулолиум + N_{120}	44/43	38/34	18/23	-/-
5	Райграс пастбищный + N_{120}	47/42	38/31	15/27	-/-
6	Овсяница луговая + N_{120}	41/42	38/32	21/26	-/-
7	Фестулолиум + клевер ползучий	38/42	42/35	20/23	-/-
8	Райграс пастбищный + клевер ползучий	38/45	42/32	20/23	-/-
9	Овсяница луговая + клевер ползучий	42/45	38/30	20/25	-/-
10	Фестулолиум + лядвенец рогатый	38/42	37/30	25/28	-/-
11	Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	41/40	38/32	21/28	-/-
12	Овсяница луговая + лядвенец рогатый	36/40	38/33	26/27	-/-
Четырехкратное использование					
1	Фестулолиум	32/38	38/30	24/22	6/10
2	Райграс пастбищный	30/36	40/30	25/22	5/12
3	Овсяница луговая	30/35	38/29	24/23	8/13
4	Фестулолиум + N_{120}	35/28	30/32	26/22	9/18
5	Райграс пастбищный + N_{120}	36/26	30/28	25/25	9/21
6	Овсяница луговая + N_{120}	28/27	31/26	28/27	11/20
7	Фестулолиум + клевер ползучий	36/32	31/30	28/22	5/16
8	Райграс пастбищный + клевер ползучий	33/28	33/31	29/26	5/15
9	Овсяница луговая + клевер ползучий	30/27	39/30	26/25	5/18
10	Фестулолиум + лядвенец рогатый	36/28	31/30	27/25	6/17
11	Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	36/27	33/28	25/27	6/18
12	Овсяница луговая + лядвенец рогатый	36/28	33/30	26/26	5/16

*Числитель соответствует 2024 г., знаменатель – 2025 г.

Более устойчивое распределение зеленой массы достигалось в условиях 2025 г., когда наблюдалось более равномерное выпадение атмосферных осадков при тепловом режиме, близком к среднемноголетним показателям. В 2024 г., при дефиците осадков в августе, когда в основном формировался четвертый укос, его доля не превышала 5–11% от годового урожая.

Ухудшение условий увлажнения в конце вегетационных периодов особенно четко проявляется в последние годы. Так, количество атмосферных осадков в 2022, 2023 и 2024 гг. в августе составило, соответственно, 4, 40 и 45% от нормы при превышении среднесуточной температуры воздуха на 4,2; 2,0; 1,2°С. Неблагоприятным водным и тепловым режимами характеризовались условия сентября 2023–2025 гг., когда за весь месяц выпадало всего от 10,4 до 12,1 мм осадков при норме 66 мм, а температура составляла 14–17,9°С при норме 12,1°С. Такие условия ограничивали рост трав и их подготовку к зимним условиям. В то же время в эти годы температура воздуха в апреле на 1,8–3,8°С превысила норму, что способствовало более раннему возобновлению весенней вегетации многолетних трав. Это позволило проводить первый укос уже во второй декаде мая и гарантированно получать 3–4 укоса за сезон в более ранние сроки, избегая отрицательного влияния дефицита влаги на формирование урожая в конце вегетационного периода.

Наблюдения показывают, что климатические изменения являются уже вполне реальными. Они могут отрицательно сказаться на условиях перезимовки многолетних трав, когда в отдельные периоды зимой не будет устойчивого снежного покрова. В настоящее время существует необходимость продвижения в северные регионы страны альтернативных видов кормовых растений. К таким видам многолетних трав, кроме лядвенца рогатого и фестулолиума, относятся также люцерна желтая и синяя, эспарцет песчаный и виколистный, поэтому агроэкологическая оценка этих видов трав в изменяющихся климатических условиях является актуальной задачей научного луговодства.

Выводы
Conclusions

1. На сильнокислой дерново-подзолистой почве лядвенец рогатый и клевер ползучий являлись доминирующими компонентами в составе бинарных бобово-злаковых травостоев. На второй-третий годы жизни при трехкратном скашивании их доля в ботаническом составе агрофитоценозов составляла 45,4–57,3%, при четырехкратном – 44,2,0–61,0%.

2. Клеверо- и лядвенце-злаковые травостои в меньшей степени засорялись дикорастущими травами, чем одновидовые посевы фестулолиума, райграса пастбищного и овсяницы луговой.

3. На второй-третий годы жизни трав урожайность двухкомпонентных бобово-злаковых травостоев с участием клевера ползучего и лядвенца рогатого составляла 5,08–8,49 т/га сухого вещества. В среднем за 3 года увеличение количества укосов с трех до четырех сопровождалось снижением сбора корма на 10,4%. Лядвенце-злаковые травостои превзошли клеверо-злаковые по урожайности на 10,9%, одновидовые травостои злаков, удобряемых азотом, – на 15,7%, неудобряемые злаковые травы – в 2,2 раза.

Список источников

1. Проворная Е.Е., Седова Е.Г. Перспективные травосмеси на основе отечественных сортов клевера ползучего, райграса пастбищного и фестулолиума // *Кормопроизводство*. 2010. № 2. С. 9–11. EDN: LPDDGK

2. Трухан О.В. Клевер ползучий (*Trifolium repens* L.): биологические особенности, хозяйственное значение, сорта и приемы семеноводства при выращивании в травосмесях со злаковым компонентом // *Адаптивное кормопроизводство*. 2021. № 3. С. 71–87. https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2021-3-71-87

3. Писковацкая Р.Г., Макаева А.М. Селекция клевера ползучего (*Trifolium repens* L.) на продуктивность и устойчивость в пастбищных травостоях // *Адаптивное кормопроизводство.* 2017. № 4. С. 76–81. EDN: ZWKNTZ

4. Лазарев Н.Н., Кухаренкова О.В., Тяжкороб А.Р., Авдеев С.М. Клевер ползучий (*Trifolium repens* L.) в пастбищных экосистемах // *Кормопроизводство.* 2020. № 8. С. 20–26. EDN: HQVFKZ

5. Vásquez H.V., Valqui L., Valqui-Valqui L., Bobadilla L.G. et al. Influence of Nitrogen Fertilization and Cutting Dynamics on the Yield and Nutritional Composition of White Clover (*Trifolium repens* L.). *Plants.* 2025;14(17):2765. https://doi.org/10.3390/plants14172765

6. Лазарев Н.Н., Костикова Т.В. Урожайность и ботанический состав бинарных и многокомпонентных травосмесей с клевером ползучим (*Trifolium repens* L.) при интенсивном использовании // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии.* 2013. № 4. С. 85–94. EDN: RCLYUP

7. Springer T.L., Aiken G.E. Harvest Frequency Effects on White Clover Forage Biomass, Quality, and Theoretical Ethanol Yield. *Biomass and Bioenergy*. 2015;78:1-5. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.04.003

8. Афанасьев Р.А. *Удобрение орошаемых пастбищ в Нечерноземной зоне России.* М.: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2021. 320 с. https://doi.org/10.25680/VNIIA.2019.72.96.102

9. Deng X., Wang X., Yang Y., Li J. et al. Global Research Trends and Hotspots in White Clover (*Trifolium repens* L.) Responses to Drought Stress (1990-2024). *Sustainability.* 2025;17(5):1883. https://doi.org/10.3390/su17051883

10. Лазарев Н.Н., Костикова Т.В., Беленков А.И. Влияние азотных удобрений на урожайность пастбищных травостоев на основе райграса пастбищного, ежи сборной и клевера ползучего // *Плодородие*. 2016. № 3. С. 24–27. EDN: WBFERF

11. Rhodes I., Collins R.P., Evans D.R. Breeding White Clover for Tolerance to Low Temperature and Grazing Stress. *Euphytica.* 1994;77:239-242. https://doi.org/10.1007/BF02262636

12. Laidlaw A.S., Teuber N. Temperate Forage Grass-Legume Mixtures: Advances and Perspectives. *IGC Proceedings.* 2001;13:85-92

13. Образцов В.Н., Щедрина Д.И. *Лядвенец рогатый в черноземной лесостепи*: Монография / Под ред. В.А. Федотова. Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2012. 233 с. EDN: UMFVZV

14. Ayres J.F., Kelman W.M., Lane L.A., McCorkell B.E. Regeneration Characteristics of Birdsfoot Trefoil (*Lotus corniculatus* L.) in Low Latitude Environments in Eastern Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 2007;47:833-843. https://doi:10.1071/EA06147

15. Komainda M., Küchenmeister K., Isselstein J. Forage Legumes for Future Dry Climates: Lower Relative Biomass Losses of Minor Forage Legumes Compared to Trifolium Repens under Conditions of Periodic Drought Stress. *Journal of Agronomy and Crop Science.* 2019;205(5):460-469. https://doi.org/10.1111/jac.12337

16. Косолапов В.М., Шамсутдинов З.Ш., Ившин Г.И., Кулешов Г.Ф. и др. *Основные виды и сорта кормовых культур.* М.: Наука, 2015. 545 с. EDN: TRJMXJ

17. Шпаков А.С. *Системы кормопроизводства Центральной России*: *молочно-мясное животноводство*. М.: РАН, 2018. 272 с. EDN: XRQJFB

18. Ramírez-Restrepo C.A., Kemp P.D., Barry T.N., López-Villalobos N. Production of *Lotus corniculatus* L. under Grazing in a Dryland Farming Environment. *New Zealand Journal of Agricultural Research.* 2006;49(1):89-100. https://doi.org/10.1080/00288233.2006.9513698

19. Ayres J.F. Birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) and Greater Lotus (*Lotus uliginosus*) in Perennial Pastures in Eastern Australia 2. Adaptation and Applications of Lotus-based Pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 2006;46(4):521-534. https://doi.org/10.1071/EA04242

20. Avdović M., Stajković-Srbinović O., Rasulić N., Sikirić B. et. al. Presence of Rhizobia Nodulating Common Birdsfoot Trefoil (*Lotus corniculatus* L.) in Soils of Serbia. *Acta Agriculturae Serbica.* 2023;28(56):137-143. https://doi:10.5937/AASer2356137A

21. Santos A.M., Pedrazza G.P.R., Zuanazzi J.A.S., Dall'Agnol M. et al. Root Exudation of Oxalic Acid in Lotus corniculatus in Response to Aluminum Toxicity. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 2022;51: e20210105. https://doi.org/10.37496/rbz5120210105

22. Завалин А.А., Соколов О.А., Шмырева Н.Я. *Экология азотфиксации*. Саратов: Амирит, 2019. 252 с. EDN: NFFWSG

23. Buraschi F.B., Mollard F.P.O., Cordon G., Grimoldi A.A. et al. Submergence of Forage Legumes: Lotus Species Show Better Tolerance than Trifolium and Melilotus Species due to their Superior Recovery after Stress. *Funct. Plant Biol.* 2024;51(12): FP24206. https://doi.org/10.1071/FP24206

24. Новоселов М.Ю., Зятчина Г.П., Дробышева Л.В., Толмачева Е.В. Оценка и отбор эффективных штаммов клубеньковых бактерий лядвенца рогатого // *Сборник научных трудов*: *многофункциональное адаптивное кормопроизводство.* М.: ООО «Угрешская Типография», 2016. Вып. 10 (58). С. 91–96. EDN: XGLQJJ

25. Striker G.G., Colmer T.D. Flooding Tolerance of Forage Legumes. *Journal of Experimental Botany*. 2017;68(8):1851-1872. https://doi.org/10.1093/jxb/erw239

26. Mueller-Harvey I., Bee G., Dohme-Meier F., Hoste H. et al. Benefits of Condensed Tannins in Forage Legumes Fed to Ruminants: Importance of Structure, Concentration, and Diet Composition. *Crop Science.* 2019;59(3):861-885. https://doi.org/0.2135/cropsci2017.06.0369

27. MacAdam J.W., Villalba J.J. Beneficial Effects of Temperate Forage Legumes that Contain Condensed Tannins. *Agriculture.* 2015;5(3):475-491. https://doi.org/10.3390/agriculture5030475

28. Shimoda S. Impact of Snow Manipulation on Overwintering Disease and Frost Damage across Pasture Grass Species. *Scientific reports.* 2025;15:38038. https://doi.org/10.1038/s41598-025-21885-8

29. Caradus J.R. Epichloë Fungal Endophytes – a Vital Component for Perennial Ryegrass Survival in New Zealand. *New Z. Journal of Agricultural Research.* 2023;67(4):451-468. https://doi.org/10.1080/00288233.2023.2170426

30. Переправо Н.И., Косолапов В.М., Рябова В.Э., Золотарев В.Н. и др. *Возделывание и использование новой кормовой культуры – фестулолиума – на корм и семена.* Москва: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. 28 с. EDN: PWRAHD

31. Пищулин Д.Н., Образцов В.Н. Качественные показатели кормов на основе фестулолиума различных сортов, возделываемых в условиях лесостепи Центрального Черноземья // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета.* 2025. Т. 18, № 2 (85). С. 20–27. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_2_20-27

32. Жданова И.Л., Кашеваров Н.И. Рост и развитие растений фестулолиума в зависимости от агротехнологических приемов и условий возделывания в лесостепи

Западной Сибири // *Вестник НГАУ* (Новосибирский государственный аграрный университет). 2025. № 2. С. 20–27. https://doi.org/10.31677/2072-6724-2025-75-2-20-27

33. Minogue C.T., Boland T.M., Vigors S., Walsh N.A. et al. The Effect of Including Plantain in a Perennial Ryegrass-white Clover Forage on Dry Matter Intake, Milk Production, and Urine Nitrogen Concentration of Dairy Cows. *Animal Feed Science and Technology.* 2025;330:116536. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2025.116536

34. Christensen R.G., Eun J.S., Yang S.Y., Min B.R. et al. In Vitro effects of Birdsfoot Trefoil (*Lotus corniculatus* L.) Pasture on Ruminal Fermentation, Microbial Population, and Methane Production. *Prof. Anim. Sci.* 2017;33:451-460. https://doi.org/.15232/PAS.2016-01558

35. Кидин В.В. *Система удобрения*. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. 534 с. EDN: QLCYYH

36. Šidlauskaitė G., Žaltauskaitė J., Kemešytė V., Jaškūnė K. et al. Impact of Varying Legume Proportions on Productivity in Organic Farming Systems. *Grassland Science in Europe*. 2025;30:143-146. https://doi.org/10.1163/9789004751163_033

References

1. Provornaja E.E., Sedova E.G. Promising grass mixtures on the basis of domestic grades of creeping trefoil, perennial ryegrass and festulolium. *Kormoproizvodstvo*. 2010;(2):9-11. (In Russ.)

2. Trukhan O.V. Creeping clover (*Trifolium repens* L.): biological features, economic significance, varieties and methods of seed production when grown in grass mixtures with a cereal component. *Adaptive Fodder Production.* 2021;(3):71-87. (In Russ.) https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2021-3-71-87

3. Piskovatskaya R.G., Makaeva A.M. Selection of white clover (*Trifolium repens* L.) for productivity and resistance in pasture grass mixtures. *Adaptive Fodder Production.* 2017;(4):76-81. (In Russ.)

4. Lazarev N.N., Kukharenkova O.V., Tyazhkorob A.R., Avdeev S.M. White clover (*Trifolium repens* L.) as a component of pasture ecosystems. *Kormoproizvodstvo.* 2020;(8):20-26. (In Russ.)

5. Vásquez H.V., Valqui L., Valqui-Valqui L., Bobadilla L.G. et al. Influence of Nitrogen Fertilization and Cutting Dynamics on the Yield and Nutritional Composition of White Clover (*Trifolium repens* L.). *Plants.* 2025;14(17):2765. https://doi.org/10.3390/plants14172765

6. Lazarev N.N., Kostikova T.V. Yield and botanical composition of binary and multicomponent grass mixtures including white clover (*Trifolium repens* L.) under intensive use. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy.* 2013;(4):85-94. (In Russ.)

7. Springer T.L., Aiken G.E. Harvest Frequency Effects on White Clover Forage Biomass, Quality, and Theoretical Ethanol Yield. *Biomass and Bioenergy*. 2015;78:1-5. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.04.003

8. Afanasyev R.A. *Fertilization of irrigated pastures in the Non-Chernozem zone of Russia.* Moscow, Russia: All-Russian Scientific and Research Institute of Agrochemistry named by D.N. Pryanishnikov, 2021:320. (In Russ.) https://doi.org/10.25680/VNIIA.2019.72.96.102

9. Deng X., Wang X., Yang Y., Li J. et al. Global Research Trends and Hotspots in White Clover (*Trifolium repens* L.) Responses to Drought Stress (1990-2024). *Sustainability.* 2025;17(5):1883. https://doi.org/10.3390/su17051883

10. Lazarev N.N., Kostikova T.V., Belenkov A.I. Effect of nitrogen fertilizers on productivity of pasture grass mixtures composed of perennial ryegrass, cocksfoot, and white clover. *Plodorodie*. 2016;(3):24-27. (In Russ.)

11. Rhodes I., Collins R.P., Evans D.R. Breeding White Clover for Tolerance to Low Temperature and Grazing Stress. *Euphytica.* 1994;77:239-242. https://doi.org/10.1007/BF02262636

12. Laidlaw A.S., Teuber N. Temperate Forage Grass-Legume Mixtures: Advances and Perspectives. *IGC Proceedings.* 2001;13:85-92.

13. Obraztsov V.N., Shchedrina D.I. *Birdsfoot trefoil in the chernozem forest-steppe*: a monograph. V.A. Fedotov (Ed.). Voronezh, Russia: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, 2012:233. (In Russ.)

14. Ayres J.F., Kelman W.M., Lane L.A., McCorkell B.E. Regeneration Characteristics of Birdsfoot Trefoil (*Lotus corniculatus* L.) in Low Latitude Environments in Eastern Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 2007;47:833-843. https://doi:10.1071/EA06147

15. Komainda M., Küchenmeister K., Isselstein J. Forage Legumes for Future Dry Climates: Lower Relative Biomass Losses of Minor Forage Legumes Compared to Trifolium Repens under Conditions of Periodic Drought Stress. *Journal of Agronomy and Crop Science.* 2019;205(5):460-469. https://doi.org/10.1111/jac.12337

16. Kosolapov V.M., Shamsutdinov Z.Sh., Ivshin G.I., Kuleshov G.F. et al. *The main species sorts of fodder crops.* Moscow, Russia: Nauka, 2015:545. (In Russ.)

17. Shpakov A.S. *System of fodder production in Central Russia*: *dairy and beef cattle*. Moscow, Russia: Russian Academy of Sciences, 2018:272. (In Russ.)

18. Ramírez-Restrepo C.A., Kemp P.D., Barry T.N., López-Villalobos N. Production of *Lotus corniculatus* L. under Grazing in a Dryland Farming Environment. *New Zealand Journal of Agricultural Research.* 2006;49(1):89-100. https://doi.org/10.1080/00288233.2006.9513698

19. Ayres J.F. Birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) and Greater Lotus (*Lotus uliginosus*) in Perennial Pastures in Eastern Australia 2. Adaptation and Applications of Lotus-based Pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 2006;46(4):521-534. https://doi.org/10.1071/EA04242

20. Avdović M., Stajković-Srbinović O., Rasulić N., Sikirić B. et. al. Presence of Rhizobia Nodulating Common Birdsfoot Trefoil (*Lotus corniculatus* L.) in Soils of Serbia. *Acta Agriculturae Serbica.* 2023;28(56):137-143. https://doi:10.5937/AASer2356137A

21. Santos A.M., Pedrazza G.P.R., Zuanazzi J.A.S., Dall'Agnol M. et al. Root Exudation of Oxalic Acid in Lotus corniculatus in Response to Aluminum Toxicity. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 2022;51: e20210105. https://doi.org/10.37496/rbz5120210105

22. Zavalin A.A., Sokolov O.A., Shmyreva N.Ya. *Ecology nitrogen fixation*: a monograph. Saratov, Russia: Limited Liability Company «Amirit», 2019:252. (In Russ.)

23. Buraschi F.B., Mollard F.P.O., Cordon G., Grimoldi A.A. et al. Submergence of Forage Legumes: Lotus Species Show Better Tolerance than Trifolium and Melilotus Species due to their Superior Recovery after Stress. *Funct. Plant Biol.* 2024;51(12): FP24206. https://doi.org/10.1071/FP24206

24. Novoselov M.Yu., Zyatchina G.P., Drobysheva L.V., Tolmacheva E.V. Assessment and selection of effective strains of nodule bacteria of birdsfoot trefoil. *In*: *Sbornik nauchnyh trudov*: *Mnogofunktsionalnoe adaptivnoe kormoproizvodstvo*. Moscow, Russia: Ugreshskaya tipografiya, 2016;10(58):91-96. (In Russ.)

25. Striker G.G., Colmer T.D. Flooding Tolerance of Forage Legumes. *Journal of Experimental Botany*. 2017;68(8):1851-1872. https://doi.org/10.1093/jxb/erw239

26. Mueller-Harvey I., Bee G., Dohme-Meier F., Hoste H. et al. Benefits of Condensed Tannins in Forage Legumes Fed to Ruminants: Importance of Structure, Concentration, and Diet Composition. *Crop Science.* 2019;59(3):861-885. https://doi.org/0.2135/cropsci2017.06.0369

27. MacAdam J.W., Villalba J.J. Beneficial Effects of Temperate Forage Legumes that Contain Condensed Tannins. *Agriculture.* 2015;5(3):475-491. https://doi.org/10.3390/agriculture5030475

28. Shimoda S. Impact of Snow Manipulation on Overwintering Disease and Frost Damage across Pasture Grass Species. *Scientific reports.* 2025;15:38038. https://doi.org/10.1038/s41598-025-21885-8

29. Caradus J.R. Epichloë Fungal Endophytes – a Vital Component for Perennial Ryegrass Survival in New Zealand. *New Z. Journal of Agricultural Research.* 2023;67(4):451-468. https://doi.org/10.1080/00288233.2023.2170426

30. Perepravo N.I., Kosolapov V.M., Ryabova V.E., Zolotarev V.N. et al. *Cultivation and use of a new fodder crop – festulolium for fodder and seeds.* Moscow, Russia: Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2012:28. (In Russ.)

31. Pishchulin D.N., Obraztsov V.N. Qualitative indicators of foodstuff based on *festulolium* of different varieties cultivated in the conditions of the forest-steppe of the Central Chernozem Region. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University.* 2025;18 (2(85)):20-27. (In Russ.) https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2025_2_20-27

32. Zhdanova I.L., Kashevarov N.I. Growth and development of festulolium plants depending on agrotechnological methods and cultivation conditions in the forest-steppe of Western Siberia. *Vestnik NGAU* (*Novosibirsk State Agrarian University*). 2025;(2(75)):20-27. (In Russ.) https://doi.org/10.31677/2072-6724-2025-75-2-20-27

33. Minogue C.T., Boland T.M., Vigors S., Walsh N.A. et al. The Effect of Including Plantain in a Perennial Ryegrass-white Clover Forage on Dry Matter Intake, Milk Production, and Urine Nitrogen Concentration of Dairy Cows. *Animal Feed Science and Technology.* 2025;330:116536. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2025.116536

34. Christensen R.G., Eun J.S., Yang S.Y., Min B.R. et al. In Vitro effects of Birdsfoot Trefoil (*Lotus corniculatus* L.) Pasture on Ruminal Fermentation, Microbial Population, and Methane Production. *Prof. Anim. Sci.* 2017;33:451-460. https://doi.org/.15232/PAS.2016-01558

35. Kidin V.V. *Fertilizer system*: a textbook. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2012:534. (In Russ.)

36. Šidlauskaitė G., Žaltauskaitė J., Kemešytė V., Jaškūnė K. et al. Impact of Varying Legume Proportions on Productivity in Organic Farming Systems. *Grassland Science in Europe*. 2025;30:143-146. https://doi.org/10.1163/9789004751163_033

Сведения об авторах

Андрей Романович Тяжкороб, ассистент кафедры растениеводства и луговых экосистем, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: tyazhkorob@rgau-msha.ru; https://orcid.org/0009-0006-3934-921X

Александра Васильевна Шитикова, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры растениеводства и луговых экосистем, Федеральное государственное

бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: plant@rgau-msha.ru; https://orcid.org/0000-0002-5943-0430

Николай Николаевич Лазарев, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры растениеводства и луговых экосистем, Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: nlazarev@rgau-msha.ru; https://orcid.org/0000-0002-3099-2077

Information about the authors

Andrey R. Tyazhkorob, Assistance Lecturer at the Department of Crop Production and Meadow Ecosystems, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: tyazhkorob@rgau-msha.ru; https://orcid.org/0009-0006-3934-921X

Aleksandra V. Shitikova, DSc (Ag), Professor, Professor at the Department of Crop Production and Meadow Ecosystems, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: plant@rgau-msha.ru; https://orcid.org/0000-0002-5943-0430

Nikolay N. Lazarev, DSc (Ag), Professor, Professor at the Department of Crop Production and Meadow Ecosystems, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: nlazarev@rgau-msha.ru; https://orcid.org/0000-0002-3099-2077