

Л.П. Евстратова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е.В. Николаева, кандидат сельскохозяйственных наук

Г. В. Евсеева

Лаборатория агротехнологий «Вилга» отдела комплексных научных исследований

Карельского научного центра Российской академии наук

РФ, 185506, Республика Карелия, Прионежский р-н, п. Новая Вилга, ул. Центральная, 12

E-mail: levstratova@yandex.ru

УДК 633.31:631.524.85 (470.22)

DOI: 10.30850/vrsn/2020/6/40-44

ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ КОРМОВОЙ МАССЫ И АДАПТИВНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВСТОЕВ С УЧАСТИЕМ *MEDICAGO VARIA* MART*

Приведены результаты изучения особенностей формирования урожая надземной массы и биологической адаптивности многолетних трехкомпонентных травостоев с участием сортов тимофеевки луговой (ВИК 9), костреца безостого (Факельный) и люцерны изменчивой (Селена, Пастбищная 88, Агния). Методом главных компонент для комплексного анализа показателей длины, числа побегов изученных видов трав, а также урожайности сухого вещества травостоев выявлено по две главные компоненты, которые объясняют изменчивость признаков каждого из двух укосов на 78,3 %. Установлено, что урожайность сухого вещества агроценозов в большей степени определялась длиной побегов, чем их количеством. По укосам определено наличие конкурентных отношений в побегообразовании у тимофеевки луговой и костреца безостого, а также тимофеевки и люцерны изменчивой. На основании сходного характера формирования побегов костреца безостого и люцерны изменчивой предположили, что эти культуры наиболее подходят для составления травосмеси. В различающихся по погодным условиям шести полевых сезонах ростовые процессы и накопление урожая сухого вещества трав в вариантах опыта имели свои особенности: в экстремальных условиях травостой наиболее сильно отличались между собой по комплексу показателей, в относительно благоприятных — были более однородны. По результатам двухфакторного дисперсионного анализа в основном установлено существенное влияние метеорологических факторов на показатели урожайности по укосам. Достоверное влияние состава агроценоза на урожай кормовой массы выявлено лишь на первую дату уборки трав. Включение люцерны изменчивой сорта Селена обеспечило существенное превышение по урожайности другие травостои. Агроценозы с участием сортов люцерны Селена и Агния обладали повышенными значениями общей и специфической адаптивной способности и оказались наиболее отзывчивыми на улучшение факторов среды. **Ключевые слова:** многолетние бобово-злаковые травостои, люцерна изменчивая, сорт, урожайность, адаптивность, Карелия.

* Работа выполнена в рамках Государственного задания № 075-01266-20-01 по Программе ФНИ государственных академий наук на 2020–2022 гг., Рег. № НИОКТР АААА-А19-119082690051-2 / The work was carried out under the State target № 075-01266-20-01 with Grant funds to perform a State task under the programme of Basic Scientific Research of the State Science Academies for 2020–2022 period № R&D АААА-А19-119082690051-2.

L.P. Evstratova, *Grand PhD in Agricultural sciences, Professor*
 E.V. Nikolaeva, *PhD in Agricultural sciences*
 G. V. Evseeva

Laboratory of agricultural technologies «Vilga», Department of Multidisciplinary Scientific Research
 of the Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences
 RF, 185506, Respublika Kareliya, Prionezhskij r-n, p. Novaya Vilga, ul. Central'naya, 12
 E-mail: levstratova@yandex.ru

FORMATION A FORAGE MASS YIELD AND ADAPTABILITY OF PERENNIAL LEGUME-CEREAL HERBAGE INVOLVING THE *MEDICAGO VARIA* MART

The article presents the results of studying the peculiarities of formation of aboveground mass and the biological adaptability of three-component legume-cereal grass mixtures with the participation of varieties of timothy grass (VIK 9), awnless brome (Fakelny) and changeable alfalfa (Selena, Pastbishchnaya 88, Agnia). Using the method of main components for a comprehensive analysis of the length, number of shoots of the studied grass species, as well as the yield of dry matter of grass stands, two main components were identified, which explain the variability of characteristics for each of the two mowing by 78,3 %. It was found that the yield of dry matter of agrocenoses was more determined by the length of shoots than by their number. In each mowing, the presence of competitive relationships in shoot formation in timothy grass and awnless brome, as well as timothy grass and alfalfa changeable. Based on the similar nature in the formation of shoots of awnless brome and changeable alfalfa, it was assumed that these cultures are most suitable for composing a grass mixture. In varying weather conditions six field seasons of growth processes and accumulation of crop dry matter of grasses in variants of the experiment had its own peculiarities: in extreme conditions the herbage is most strongly differed among themselves on a range of indicators and, on the contrary, in a relatively favourable – was more homogeneous. Based on the results of two-factor analysis of variance, a significant influence of meteorological factors on the productivity indicators for mowing was mainly established. The reliable influence of the composition of agrocenosis on the yield of feed mass was revealed only on the first date of grass harvesting. The inclusion of changeable alfalfa variety of Selena has resulted in a substantial increase of productivity of herbage. Agrocenoses with the participation of alfalfa Selena and Agnia varieties had increased values of general and specific adaptive capacity and were the most responsive to the improvement of environmental factors.

Key words: legume-grasses, alfalfa changeable, variety, yield, adaptability, Karelia.

В настоящее время ведущее направление в развитии сельского хозяйства Карелии – животноводство. Создание прочной кормовой базы невозможно без многолетних бобовых и злаковых трав. По республике в структуре укосных площадей бобово-злаковые агроценозы составляют немногим более 10 %. В состав травостоев чаще всего включают бобовый компонент – клевер луговой с непродолжительным периодом хозяйственного использования. Ввиду того, что обеспеченность кормов растительным белком остается актуальной проблемой, необходимо расширять ассортимент многолетних бобовых трав. Представляет интерес возделывание теплолюбивой культуры – люцерны изменчивой, некоторые сорта которой формируют высокую продуктивность надземной массы в условиях северного земледелия. [3, 5] Преимущества использования *M. varia* определяются не только ее кормовыми достоинствами, но и способностью повышать плодородие и улучшать санитарное состояние почв. [1] Для эффективного выращивания люцерны изменчивой в составе многолетних бобово-злаковых травостоев необходим подбор ее сортов с комплексом хозяйственно ценных показателей, а также адаптивных и конкурентоспособных. К сожалению, в большинстве случаев высокая экологическая устойчивость видов сочетается с низкой их продуктивностью. В условиях флуктуации факторов внешней среды целесообразно использовать сорта со слабой отзывчивостью на изменение свето-, тепло- и влагообеспеченности растений для однородного проявления у них хозяйственно полезных признаков, при возможности контролировать некоторые параметры среды. Предпочтение отдают генотипам, хорошо

реагирующим на заданные условия для роста и развития кормовых культур. [2]

Цель работы – оценить урожайность и биологическую адаптивность многолетних бобово-злаковых агроценозов с участием сортов люцерны изменчивой в условиях Карелии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования (2012–2017) проведены на опытном поле лаборатории агро-технологий «Вилга» отдела комплексных научных исследований ФИЦ КарНЦ РАН. Материал для изучения – трехкомпонентные травостои (объекты) с участием сортов тимopheевки луговой *Phleum pratense* L. (ВИК 9), костреца безостого *Bromopsis inermis* Leyss. (Факельный) и люцерны изменчивой *M. varia* (Селена, Пастбищная 88, Агния).

Перед посевом в почву вносили минеральные удобрения в дозе $N_{40}P_{60}K_{90}$, семена люцерны изменчивой подвергали обработке ризоторфином, содержащим специфический штамм А-4 *Rhizobium meliloti*.

Площадь учетной делянки – 20 м². Схема опыта включала три варианта в четырехкратной повторности, каждый из которых представлен травосмесью с участием тимopheевки луговой (8 кг/га), костреца безостого (12 кг/га) и одного из трех вышеуказанных сортов люцерны изменчивой (12 кг/га). Варианты размещали рендомизированным способом. Длину побегов, их число на 1 м², урожайность сухого вещества многолетних трав определяли во время укосов в межфазный период развития люцерны: бутонизация – начало цветения.

Экспериментальная работа выполнена согласно методикам ВНИИМЗ, ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса и полевого опыта.

В годы исследований погодные условия различались по тепло- и влагообеспеченности. Вегетационные периоды 2012–2014 годов характеризовались повышенной среднемесячной температурой воздуха и недостаточным количеством осадков по сравнению со среднемноголетними значениями. Условия полевого сезона 2015 года и второй половины 2016-го были менее благоприятны для роста и развития многолетних трав. Сочетание дефицита тепла и избыточного увлажнения на протяжении всего периода вегетации – особенность 2017 года.

Полевой опыт с многолетними бобово-злаковыми травостоями проводили на осушенной минеральной дерново-среднеподзолистой супесчаной хорошо окультуренной почве с реакцией почвенного раствора близкой к нейтральной ($pH_{\text{сол.}}$ 6,4), с высоким содержанием подвижного фосфора (P_2O_5 – 68,4 мг/100 г) и средним – обменного калия (K_2O – 9,6 мг/100 г).

Анализ изученных агроценозов по целому комплексу показателей представляет определенную сложность, поэтому для выделения основных переменных применяли метод главных компонент (principal component analysis, PCA), впервые предложенный Карлом Пирсоном в 1901 году. [6] Этот метод позволяет построить биplot-график, на котором объекты отображены точками, а переменные – векторами. Экспериментальные данные урожайности сухой массы травостоев обрабатывали с помощью двухфакторного дисперсионного анализа (фактор А – вариант травостоя, фактор В – год, условия полевого сезона). Изученные травостои оценивали также по показателям общей и специфической адаптивной способности, стабильности и пластичности урожая по методике, разработанной А.В. Кильчевским и Л.В. Хотылевой. [4]

Статистическая обработка проведена с использованием компьютерных программ Microsoft Excel, Statgraphics Plus.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Метод главных компонент, выполненный по показателям длины, числа побегов на 1 м² трав, а также урожайности сухого вещества травостоев на период первого и второго укосов, выявил по две главные компоненты, которые объясняют изменчивость признаков каждого укоса на 78,3 % (табл. 1). По первой установлено, что урожайность сухого вещества каждого из двух укосов в большей степени определялась длиной побегов, чем их количеством у всех видов трав. Выявлено, что первый укос в основном формировался за счет доминирования побегов тимофеевки луговой, а второй – костреца безостого и люцерны изменчивой.

Вторая компонента интерпретирована как биологическая особенность образования вегетативных и генеративных побегов у бобового и злаковых представителей травостоев. По более высоким нагрузкам при переменных в первом и втором укосах допустили наличие конкурентных отношений в побегообразовании у тимофеевки луговой и костреца безостого, а также тимофеевки и люцерны измен-

чивой. С учетом однонаправленного характера формирования побегов костреца безостого и люцерны изменчивой предположили, что эти культуры наиболее подходят для составления травосмеси.

По расположению объектов в пространстве двух компонент (см. рисунок) установлено, что в первый год пользования (2012) в травостое преобладала тимофеевка луговая. Наибольшее количество побегов костреца безостого зарегистрировано во втором укосе третьего года пользования (2014), а люцерны изменчивой – четвертого и пятого (2015 и 2016).

Максимальные показатели длины побегов всех видов трав отмечены во втором укосе второго года пользования травостоев (2013).

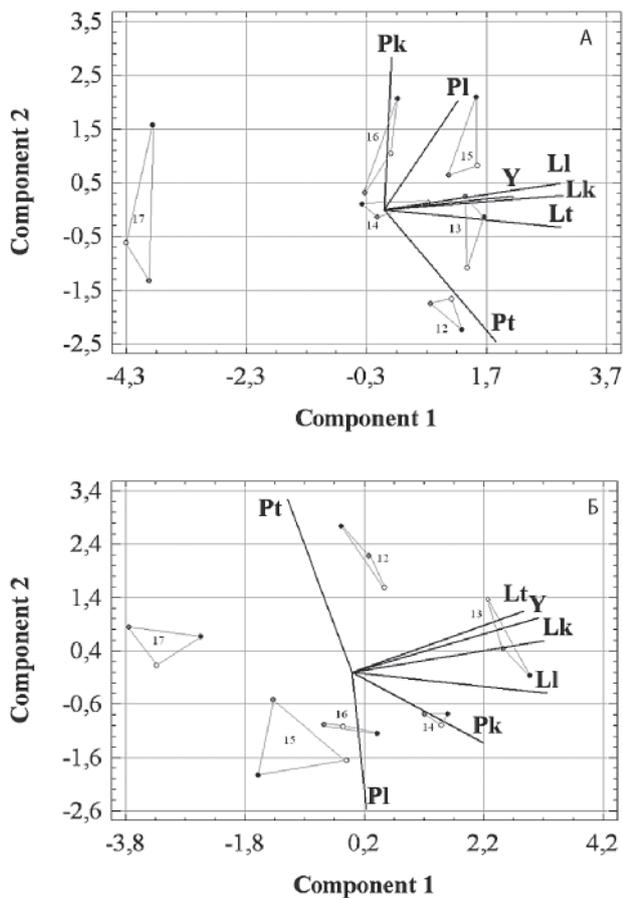
Расстояния между кружочками, обозначающими травостой одного года пользования, наглядно показывают степень их различия по комплексу изученных показателей. В экстремальных условиях полевого сезона 2017 года, особенно в первой его половине, травостой характеризовались не только минимальными значениями количественных признаков, но и сильно отличались между собой, обуславливая наибольшую удаленность кружочков друг от друга. Второй укос 2015 и 2016 годов также формировался в менее подходящих условиях для роста и развития трав.

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа свидетельствуют о существенном влиянии метеорологических факторов на показатели урожайности сухого вещества по укосам (табл. 2). Наибольший урожай трав получен в вариантах с участием сортов теплолюбивой культуры – люцерны изменчивой в 2013 и 2014 годах, которые характеризовались превышением среднемесячных температур воздуха относительно многолетних значений.

Двухфакторный дисперсионный анализ данных уборки урожая первого укоса, выявил достоверное влияние состава травостоя на урожайность сухого вещества ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{теор.}}$). Максимальный показатель зафиксирован в варианте с включением в состав травостоя люцерны изменчивой сорта *Селена*, наименьший – с использованием сорта *Пастбищная 88*. Различия между урожайностью сортов существенны. Травостой с участием сорта *Агния* незначительно

Таблица 1.
Результаты анализа главных компонент по данным уборки урожая первого и второго укосов многолетних бобово-злаковых трав

Переменная	Первый укос		Второй укос	
	component 1 (55,0%)	component 2 (23,3%)	component 1 (52,9%)	component 2 (25,4%)
Урожайность сухого вещества (У)	0,36	0,06	0,47	0,22
Число побегов:				
костреца (Pk)	0,02	0,66	0,33	-0,28
timoфеевки (Pt)	0,31	-0,57	-0,16	0,69
люцерны (Pl)	0,20	0,47	0,04	-0,55
Длина побегов:				
костреца (Lk)	0,50	0,06	0,48	0,13
timoфеевки (Lt)	0,49	-0,08	0,43	0,25
люцерны (Ll)	0,49	0,11	0,49	-0,08



Bi-plot анализ показателей урожайности сухого вещества, длины и количества побегов по результатам первого (А) и второго (Б) укосов: Y – урожайность сухого вещества; длина побегов: Lk – костреца; Lt – тимофеевки; Ll – люцерны; количество побегов: Pk – костреца; Pt – тимофеевки; Pl – люцерны. Обозначение вариантов с участием сортов: Селена – белый кружочек, Пастбищная 88 – серый, Агния – черный.

отличался по соответствующим показателям от двух других.

Во втором укосе на фоне отсутствия достоверных отклонений между вариантами опыта травостой с сортами люцерны Селена и Агния сформировали наибольшую урожайность сухого вещества.

Дисперсионный анализ по результатам укосов показал, что эффекты взаимодействия изученных факторов (вариант травостоя и год) незначительны.

В результате оценки изученных агроценозов по общей адаптивной способности (ОАС), которая свидетельствует о формировании относительно высокого урожая кормовой массы в различающихся по погодным условиям годы, получены положительные значения для первого и второго укосов с включением в травостой люцерны Агния и Селена, максимальное выражение параметра выявлено у последнего сорта (табл. 3).

По специфической адаптивной способности (САС) – как индивидуальной реакции генотипа и устойчивости его к нетипичным условиям произрастания – минимальным значением САС и относительной стабильностью (Sg) выделился травостой с участием люцерны Пастбищная 88 на первую дату уборки урожая, где отмечена более однородная урожайность сухого вещества по годам по сравнению с другими вариантами. Травостой с участием люцерны Селена и Агния оказались самыми отзывчивыми на улучшение факторов среды (по величине коэффициента регрессии b).

С учетом более высоких значений САС и Sg второго укоса предположили, что к концу вегетации многолетних трав, несмотря на меньшую их реакцию на изменение внешних условий (тепло-, свето-, влагообеспеченность, длина дня), о чем свидетельствует снижение показателей пластичности (b) относительно первого укоса, увеличивается вариабельность урожая сухой массы травостоев.

Таким образом, урожайность сухого вещества многолетних бобово-злаковых травостоев с участием тимофеевки луговой, костреца безостого и люцерны изменчивой существенно зависит от условий полевого сезона и определяется, в первую очередь, длиной побегов всех изученных видов трав. Первый укос этих травостоев формируется за счет количества побегов тимофеевки луговой, а второй – костреца безостого и люцерны изменчивой. Более однородный временной характер побегообразования последних дает основание полагать о благоприятном сочетании их в составе травосмеси. В Республике Карелия для повышения урожайности сухого вещества

Таблица 2.

Урожайность сухого вещества многолетних бобово-злаковых травостоев с участием сортов люцерны изменчивой по укосам, т/га

Вариант травостоя (фактор А)	Год (фактор В)						Среднее значение (НСР05 = 0,4)
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Тимофеевка + костреца + Селена	4,6	4,7	5,2	4,1	5,6	3,3	4,6
	4,6	6,0	3,8	3,8	3,4	1,7	3,9
То же + Пастбищная 88	4,1	4,2	4,5	3,4	4,7	3,7	4,1
	4,3	5,3	3,9	2,9	2,7	1,8	3,5
- // - + Агния	4,3	5,0	5,8	3,6	4,4	3,2	4,4
	5,0	5,5	4,9	3,1	3,3	1,8	3,9
Среднее значение (НСР05 = 0,5)	4,3	4,6	5,2	3,7	4,9	3,4	4,3
(НСР05 = 0,6)	4,6	5,6	4,2	3,3	3,1	1,7	3,8

Примечание. В числителе данные первого укоса ($F_{\text{факт.А}} = 3,56$; $F_{\text{факт.В}} = 13,60$; $F_{\text{факт.АВ}} = 1,58$); в знаменателе – второго ($F_{\text{факт.А}} = 2,95$; $F_{\text{факт.В}} = 45,49$; $F_{\text{факт.АВ}} = 1,12$) при табличных значениях критерия Фишера $F_{\text{теор.А}} = 3,18$; $F_{\text{теор.В}} = 2,40$; $F_{\text{теор.АВ}} = 2,02$ на 5%-м уровне значимости.

Таблица 3.

**Параметры адаптивной способности
и стабильности многолетних бобово-злаковых травостоев
с участием сортов люцерны изменчивой**

Вариант	У	OAC	CAC	Sg	b
Первый укос					
Тимофеевка + кострец + Селена	4,6	0,3	0,36	13,0	1,68
То же + Пастбищная 88	4,1	-0,2	0,18	10,3	1,14
- // - + Агния	4,4	0,1	0,66	18,5	1,79
Второй укос					
Тимофеевка + кострец + Селена	3,9	0,1	1,94	35,7	0,89
То же + Пастбищная 88	3,5	-0,3	1,52	35,2	0,80
- // - + Агния	3,9	0,1	1,74	33,8	0,89

Примечание. У – урожайность сухого вещества, т/га.

многолетних травостоев перспективно не только включение в их состав высокопродуктивных сортов люцерны изменчивой *Селена* и *Агния*, но и создание оптимальных условий произрастания, особенно в первой половине вегетации растений. Многолетние травостои с этими сортами люцерны обладают повышенными значениями общей и специфической адаптивной способности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Агротехника возделывания сортов люцерны селекции ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса на семенные и кормовые цели (Рекомендации). – М.: ФГУ РЦСК, 2008. – 39 с.
2. Адаптивный подход к семеноводству: методическое пособие / Сост. М.К. Литвинова, А.В. Мешков, С.В. Пустовалова. – Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2005. – 18 с.
3. Евстратова, Л.П. Биоресурсный потенциал бобово-злаковых многолетних травостоев с участием *Medicago varia* Mart. в условиях Карелии / Л.П. Евстратова, Г.В. Евсеева, С.Н. Смирнов, Е.В. Николаева // Труды Кубанского ГАУ. – 2019. – № 79. – С. 108–114.

4. Кильчевский, А.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды / А.В. Кильчевский, Л.В. Хотылева // Генетика. – 1985. – Т. 21. – № 9. – С. 14–18.
5. Осипова, В.В. Научное обоснование технологии возделывания люцерны (*Medicago L.*) в адаптивном земледелии Республики Саха (Якутия): автореферат дис. ... доктора с.-х. наук // В.В. Осипова / ФГБОУ ВО «Якут. гос. с.-х. акад.»; ФГБОУ ВО «Рос. гос. аграр. ун-т – МСХА им. К.А. Тимирязева». – М., 2018. – 32 с.
6. Pearson, K. On lines and planes of closest fit to systems of points in space / K. Pearson // Philosophical Magazine. – 1901. – № 2. – P. 559–572.

LIST OF SOURCES

1. Agrotehnika vozdelevaniya sortov lyucerny selekcii VNIИ kormov im. V.R. Vil'yamsa na semennye i kormovye celi (Rekomendacii). – M.: FGU RČSK, 2008. – 39 s.
2. Adaptivnyj podhod k semenovodstvu: metodicheskoe posobie / Sost. M.K. Litvinova, A.V. Meshkov, S.V. Pustovalova. – Michurinsk: Izd-vo Michurinskogo GAU, 2005. – 18 s.
3. Evstratova, L.P. Bioresursnyj potencial bobovo-zlakovyh mnogoletnih travostoev s uchastiem *Medicago varia* Mart. v usloviyah Karelii / L.P. Evstratova, G.V. Evseeva, S.N. Smirnov, E.V. Nikolaeva // Trudy Kubanskogo GAU. – 2019. – № 79. – S. 108–114.
4. Kil'chevskij, A.V. Metod ocenki adaptivnoj sposobnosti i stabil'nosti genotipov, differenciruyushchej sposobnosti sredy / A.V. Kil'chevskij, L.V. Hotyleva // Genetika. – 1985. – T. 21. – № 9. – S. 14–18.
5. Osipova, V.V. Nauchnoe obosnovanie tekhnologii vozdelevaniya lyucerny (*Medicago L.*) v adaptivnom zemledelii Respubliki Saha (Yakutiya): avtoreferat dis. ... doktora s.-h. nauk // V.V. Osipova / FGBOU VO «Yakut. gos. s.-h. akad.»; FGBOU VO «Ros. gos. agrar. un-t – MSKHA im. K.A. Timiryazeva». – M., 2018. – 32 s.
6. Pearson, K. On lines and planes of closest fit to systems of points in space / K. Pearson // Philosophical Magazine. – 1901. – № 2. – R. 559–572.