

Фотосинтетическая деятельность и агроэнергетическая эффективность выращивания многолетних трав при разных режимах использования травостоя

В. Г. Гребенников¹, И. А. Шипилов¹, О. В. Хонина¹

¹Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

✉E-mail: kormoproiz.st@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – изучение адаптивности, устойчивости новых сортов и видов многолетних трав при разных режимах использования травостоя (сенокос, пастбище), направленных на ослабление зависимости их продуктивности от колебаний агрометеорологических условий в аридной зоне. Исследования базируются на методах конструирования лугопастбищных травостоев, приспособленных к экстремальным условиям аридной зоны и способных за счет морфофизиологических реакций растений выдерживать температурный, водный, а также (со стороны конкурентных видов) ценотический стрессы. **Результаты и практическая значимость.** Выявлены наиболее продуктивные экологопластичные травосмеси новых сортов многолетних бобовых и злаковых трав, необходимые для создания агрофитоценозов целевого назначения. Установлены корреляционные связи уровня продуктивности вида, сорта с физиологическими параметрами растений. Определена роль фитоценотического фактора, характеризующего взаимоотношение растений при разных режимах использования травостоя (сенокос, пастбище), установлены закономерности в динамике накопления биомассы урожая травосмесями разного ботанического состава. Самую высокую биомассу в среднем за 4 года формировали посеы в режиме сенокосного использования травостоя (люцерна + житняк + костреч + эспарцет + донник – 3,07 т/га сухого вещества). При пастбищном использовании в среднем за 4 года самую высокую продуктивность обеспечила травосмесь люцерна + житняк + костреч + пырей + фестулолиум + эспарцет + донник со сбором в сумме за 2 укоса 1,5 т/га сухого вещества и 9,6 ГДж/га обменной энергии при чистом энергетическом доходе 8,7 ГДж/га. **Научная новизна.** Впервые для условий сухостепной зоны предложен адаптационный подход к созданию продуктивных травостоев многолетних травосмесей с участием новых сортов и видов бобовых и злаковых трав, раскрывающий механизм взаимодействия растений на основе разработанной оптической структуры фитоценоза при разных режимах кормового использования (сенокос, пастбище).

Ключевые слова: сенокосное и пастбищное использование, многолетние травы, агрофитоценоз, фотосинтетическая деятельность, листовая поверхность, продуктивность, агроэнергетическая эффективность.

Для цитирования: Гребенников В. Г., Шипилов И. А., Хонина О. В. Фотосинтетическая деятельность и агроэнергетическая эффективность выращивания многолетних трав при разных режимах использования травостоя // Аграрный вестник Урала. 2020. № 07 (198). С. 2–11. DOI: ...

Дата поступления статьи: 28.02.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Кормовые ресурсы сенокосов и пастбищ сухостепной зоны Северного Кавказа обеспечивают производство до 30 % кормов от общей их потребности в животноводстве [1, с. 116], [2, с. 478].

Растительность на каштановых почвах зоны сухих степей представлена злаково-полынными ассоциациями с преобладанием растений семейств маревых, злаковых и полыни, урожайность которых не превышает 1,5–1,8 т/га зеленой массы [3, с. 153], [4, с. 6330], [5, с. 81], [6, с. 9].

При неблагоприятных условиях увлажнения целесообразно создание одноукосных травостоев с преобладанием в составе агрофитоценоза таких засухоустойчивых видов, как пырей, житняк, донник [7, с. 3], [8, с. 66].

Для аридной зоны при одноукосном использовании травостоя злаковые травы скашивают в фазу конца выхода в трубку – начало колошения (выметывания) доминирую-

щего вида, а бобовые – в фазу бутонизации – начала цветения [9, с. 10], [10, с. 7].

По этой причине для продления периода оптимальных сроков уборки трав и равномерности поступления сырой массы в течение сезона целесообразно в травостое иметь несколько типов различных по скороспелости травосмесей – ранние, средние, позднеспелые [11, с. 23], [12, с. 20], [13, с. 13], [14, с. 19].

Рост кормовой продуктивности поливидовых агрофитоценозов при разных режимах использования происходит в основном за счет активизации работы листового аппарата вследствие улучшения стратегии распределения ассимилятов в растении на протяжении всего онтогенеза [15, с. 8].

Исследования фотосинтетической деятельности растений многолетних трав с использованием контрастных видов и сортов при варьировании условий выращивания

имеет несколько практических аспектов. В последние годы наибольшее внимание уделяется изучению генотипических различий в активности и продолжительности работы фотосинтетического аппарата многолетних бобовых и злаковых трав и поиску путей повышения его активности как селекционными, так и технологическими способами.

До недавнего времени исследований фотосинтетической деятельности многолетних трав, агроэнергетической эффективности их выращивания, позволяющих раскрыть особенности формирования кормовой продуктивности у сортов нового поколения, в зоне сухих степей не проводилось. Этим и объясняется актуальность объекта исследований, направленная на совершенствование системы лугового кормопроизводства в аридных районах Северного Кавказа.

Методология и методы исследования (Methods)

В процессе выполнения работ использовали общенаучные методы синтеза, аналогии, выдвижения и проверки гипотез и морфофизиологические методы исследований.

Полевые исследования и лабораторные анализы выполняли в 2016–2019 гг. в соответствии с отраслевой и научной нормативной документацией.

Почвы землепользования (СПК племзавод «Дружба» Апанасенковского района Ставропольского края), в котором проводились исследования, – каштановые с содержанием гумуса в горизонте А 1,98 %.

В контрольном фитоценозе растительный покров полынно-злаковой модификации представлен 12 видами трав, в их числе злаковые – 35 % от общего числа, разнотравье – 65 %, бобовые отсутствуют. При этом на малолетники, представленные сорной флорой, приходится 40 %. Травостой сильно деградирован. Поверхность почвы покрыта растительностью на 25 %. Злаковую основу фитоценозов малодернистой степи представляют типчак, тонконог, ковыль, мятлик луковичный и др. Наряду с однолетниками и эфемерами в контрольном варианте присутствовал ромашник тысячелистниковый (10–12 %).

Изучаемые группы растений по расположению листьев выглядят следующим образом:

– люцерна желтая (*Medicago falcata* L.), сорт Татьяна (среднеранний) – листья низовые; период от начала весеннего отрастания до укосной спелости (бутонизация – начало цветения) – 72–5 дней;

– донник желтый двулетний (*Melilotus officinalis* (L.) Desr.), сорт Золотистый (скороспелый) – листья верховые; в год посева не цветет, используется в качестве покровной культуры, от посева до уборки проходит 62–65 дней. Во 2-й год жизни укосной спелости достигает через 35–55 дней после начала вегетации;

– пырей средний (сизый) (*Elytrigia intermedia* (Host.) Nevski), сорт Ставропольский 1 (среднеспелый) – листья верховые; в 1-й год продуктивной жизни достигает укосной спелости (фаза колошения) – 15–20 июня;

– житняк сибирский (*Agropyron fragile* (Roth) P. Candargy), сорт Новатор (среднеранний) – листья верховые; в 1-й год продуктивной жизни достигает укосной спелости (фаза колошения) – 8–12 июня;

– фестулолиум (гибрид овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds.) и райграса многоукосного (*Lolium multiflo-*

rum Lam. (*L. Italicum* A. Braun.)), сорт Викнел (ранний) – листья верховые; в год продуктивной жизни укосной спелости достигает в 3-й декаде мая;

– эспарцет виколистный (*Onobrychis vicifolia* Scop.), сорт Русич (ранний) – листья низовые; в год продуктивной жизни достигает фазы бутонизации – начала цветения во 2-й декаде мая.

Улучшение старовозрастного деградированного пастбищного фитоценоза проводили в 3-й декаде марта методом поверхностного улучшения, состоящего из двукратного дискового лущения дернины травостоя на глубину 10–12 см без оборота пласта (БДТ-3) с последующим подсевом многолетних бобово-злаковых травосмесей на глубину 3–5 см (Amazon D 9600-EC combi). После подсева выполняли прикатывание (ЗККШ-6).

В травосмесях норма высева семян каждой исследуемой культуры устанавливалась в размере 35 % от полной нормы высева в одновидовых посевах: люцерна желтая – 15 кг/га; донник желтый – 20 кг/га; житняк сибирский – 25 кг/га; пырей средний – 25 кг/га; фестулолиум – 25 кг/га; эспарцет виколистный – 100 кг/га.

В качестве покровной культуры высевали донник желтый двулетний.

Урожайность пастбищного корма определяли укосным методом и выражали в абсолютно сухом веществе. Для этого на каждом варианте на четырех повторностях скашивали траву с 4 учетных площадок размером 2,5 м² каждая (1,0×2,5 м). Пробы со всех повторностей каждого варианта смешивали и отбирали среднюю массой 1,0 кг. При имитации пастбищного содержания животных траву скашивали при ее высоте 10–12 см. Общую урожайность в пересчете на 1 га определяли как сумму урожаев за 2 укоса. При сенокосном использовании травостоя траву скашивали в фазу колошения злаковых – начала цветения бобовых.

Общая площадь делянки при обоих способах использования составляла 180 м², учетной – 50 м².

На основании технологического регламента и нормативов затрат энергии рассчитаны энергетические затраты на проведение отдельных операций и технологии в целом. Содержание обменной энергии и протеина в корме рассчитаны с учетом структуры агрофитоценоза.

Результаты (Results)

В процессе роста и развития многолетних трав конкурентные связи в агрофитоценозах различной густоты стояния и оптической плотности явились важным биотическим фактором как подавления, так и интенсификации ростовых процессов. Ярусная взаимодополняемость верховых и низовых видов трав обеспечила более полное освоение пространственных ниш и, как следствие, более эффективное использование факторов внешней среды в аридной зоне.

При поверхностном улучшении старовозрастных деградированных сенокосов и пастбищ подсев фенологически разноритмичных по продолжительности вегетационного периода многолетних бобово-злаковых травосмесей способствовал продуцированию фитомассы в течение всего периода вегетации, формированию ее высокой продуктивности на основе оптимизации фитоценологической структуры посева.

Таблица 1
Урожайность многолетних трав по годам жизни при сенокосном и пастбищном использовании травостоя, т/га

Травосмесь	2016		2017		2018		2019	
	Зеленая масса	Сухое вещество	Зеленая масса	Сухое вещество	Зеленая масса	Сухое вещество	Зеленая масса	Сухое вещество
Контроль (неулучшенный травостой)	3,6	0,74	4,20	0,83	4,22	0,9	3,46	0,72
Люцерна + житняк + эспарцет + донник	$\frac{7,26}{5,30}$	$\frac{1,51}{0,84}$	$\frac{9,48}{5,21}$	$\frac{1,92}{0,84}$	$\frac{12,15}{6,44}$	$\frac{2,41}{1,02}$	$\frac{12,47}{7,95}$	$\frac{1,95}{1,04}$
Люцерна + житняк + костреца + эспарцет + донник	$\frac{7,29}{6,90}$	$\frac{1,71}{1,02}$	$\frac{15,67}{8,64}$	$\frac{3,18}{1,25}$	$\frac{17,58}{10,25}$	$\frac{3,62}{1,42}$	$\frac{16,64}{8,90}$	$\frac{3,76}{1,45}$
Люцерна + житняк + пырей + эспарцет + донник	$\frac{7,53}{6,03}$	$\frac{1,62}{0,86}$	$\frac{11,02}{6,86}$	$\frac{2,20}{0,92}$	$\frac{16,15}{10,05}$	$\frac{3,26}{1,40}$	$\frac{15,25}{9,00}$	$\frac{3,01}{1,74}$
Люцерна + житняк + фестулолиум + эспарцет + донник	$\frac{7,51}{4,26}$	$\frac{1,48}{0,64}$	$\frac{10,86}{5,05}$	$\frac{2,0}{1,72}$	$\frac{12,20}{7,46}$	$\frac{2,84}{1,05}$	$\frac{13,05}{6,48}$	$\frac{2,67}{0,93}$
Люцерна + житняк + костреца + пырей + эспарцет + донник	$\frac{7,94}{5,90}$	$\frac{1,17}{0,84}$	$\frac{14,20}{6,42}$	$\frac{2,94}{0,98}$	$\frac{15,50}{9,74}$	$\frac{3,28}{1,40}$	$\frac{15,81}{8,18}$	$\frac{3,46}{1,12}$
Люцерна + житняк + костреца + фестулолиум + эспарцет + донник	$\frac{7,60}{4,87}$	$\frac{1,51}{0,73}$	$\frac{12,53}{5,90}$	$\frac{2,51}{0,84}$	$\frac{14,20}{8,80}$	$\frac{2,44}{1,22}$	$\frac{13,81}{8,05}$	$\frac{2,76}{1,10}$
Люцерна + житняк + костреца + пырей + фестулолиум + эспарцет + донник	$\frac{7,91}{6,95}$	$\frac{1,36}{1,02}$	$\frac{14,64}{9,90}$	$\frac{2,88}{1,60}$	$\frac{16,05}{11,58}$	$\frac{3,30}{1,80}$	$\frac{16,24}{10,60}$	$\frac{3,15}{1,63}$
НСР ₀₅ , т/га	1,73		2,12		3,43		1,96	

Примечание: в числителе – сенокосное использование; в знаменателе – пастбищное использование (в сумме за 2 укоса).

Table 1
Yield of perennial grasses by years of life in haymaking and pasture use of herbage, t/ha

Grass mixture	2016		2017		2018		2019	
	Green mass	Dry matter	Green mass	Dry matter	Green mass	Dry matter	Green mass	Dry matter
Control (not improved herbage)	3.6	0.74	4.20	0.83	4.22	0.9	3.46	0.72
Alfalfa + fairway + sainfoin + melilot	$\frac{7.26}{5.30}$	$\frac{1.51}{0.84}$	$\frac{9.48}{5.21}$	$\frac{1.92}{0.84}$	$\frac{12.15}{6.44}$	$\frac{2.41}{1.02}$	$\frac{12.47}{7.95}$	$\frac{1.95}{1.04}$
Alfalfa + fairway + brome + sainfoin + melilot	$\frac{7.29}{6.90}$	$\frac{1.71}{1.02}$	$\frac{15.67}{8.64}$	$\frac{3.18}{1.25}$	$\frac{17.58}{10.25}$	$\frac{3.62}{1.42}$	$\frac{16.64}{8.90}$	$\frac{3.76}{1.45}$
Alfalfa + fairway + wheatgrass + sainfoin + melilot	$\frac{7.53}{6.03}$	$\frac{1.62}{0.86}$	$\frac{11.02}{6.86}$	$\frac{2.20}{0.92}$	$\frac{16.15}{10.05}$	$\frac{3.26}{1.40}$	$\frac{15.25}{9.00}$	$\frac{3.01}{1.74}$
Alfalfa + fairway + festulolium + sainfoin + melilot	$\frac{7.51}{4.26}$	$\frac{1.48}{0.64}$	$\frac{10.86}{5.05}$	$\frac{2.0}{1.72}$	$\frac{12.20}{7.46}$	$\frac{2.84}{1.05}$	$\frac{13.05}{6.48}$	$\frac{2.67}{0.93}$
Alfalfa + fairway + brome + wheatgrass + sainfoin + melilot	$\frac{7.94}{5.90}$	$\frac{1.17}{0.84}$	$\frac{14.20}{6.42}$	$\frac{2.94}{0.98}$	$\frac{15.50}{9.74}$	$\frac{3.28}{1.40}$	$\frac{15.81}{8.18}$	$\frac{3.46}{1.12}$
Alfalfa + fairway + brome + festulolium + sainfoin + melilot	$\frac{7.60}{4.87}$	$\frac{1.51}{0.73}$	$\frac{12.53}{5.90}$	$\frac{2.51}{0.84}$	$\frac{14.20}{8.80}$	$\frac{2.44}{1.22}$	$\frac{13.81}{8.05}$	$\frac{2.76}{1.10}$
Alfalfa + fairway + brome + wheatgrass + festulolium + sainfoin + melilot	$\frac{7.91}{6.95}$	$\frac{1.36}{1.02}$	$\frac{14.64}{9.90}$	$\frac{2.88}{1.60}$	$\frac{16.05}{11.58}$	$\frac{3.30}{1.80}$	$\frac{16.24}{10.60}$	$\frac{3.15}{1.63}$
LSD ₀₅ , t/ha	1.73		2.12		3.43		1.96	

Note: in the numerator – hayfield use; in the denominator – pasture use (in total for 2 mowing).

Проведенные в течение 4 лет исследования показали, что при смешанном произрастании разных видов бобовых и злаковых трав, в фитоценозе между компонентами происходит закономерная смена доминантов – одни виды заменяются и дополняются другими.

Донник желтый как покровная культура продуцирует 2 года, эспарцет – 3, люцерна желтая – 5–6 лет, а злаковые виды (коострец, житняк, пырей, фестулолиум) до 10 и более лет [7, с. 5].

Травосмеси с участием коостреца дают самый ранний корм (1–2-я декада мая) с периодом кормового использования на сено до 1–2-й декады июня. При двукратном стравливании первый урожай зеленой массы готов к кормовому использованию на высоте травостоя 10–12 см уже в 3-й декаде апреля – 1-й декаде мая; второй – во 2–3-й декаде июня. В июле – августе при среднесуточной температуре воздуха 27–29 °С наблюдается пастбищная депрессия – приостановка ростовых процессов, восстановление которых начинается только во второй половине сентября, когда среднесуточные температуры опускаются до 17–19 °С, что сопровождается выпадающими осадками в этот период вегетации растений на уровне не менее 27–32 мм.

В поливидовых посевах наиболее устойчивым и долголетним был коострец безостый. Этот вид даже через 4 года после подсева доминировал в травостое – его масса в разных сочетаниях травосмесей составляла 52–58 %. Из других злаков достаточно устойчивыми были житняк гребневидный и пырей средний – 28–32 %. Менее устойчивым и продуктивным оказался фестулолиум, участие которого к 4-му году жизни в составе травосмеси не превышало 12–15 %, он оказался малопригодным для возделывания в аридной зоне. Из бобовых трав при всех сочетаниях травосмесей к 4-му году пользования наибольшую устойчивость проявила люцерна желтая, которая в травостое в процентном отношении составляла от 25 до 32 %.

Эспарцет виколистный проявил достаточно высокую эффективность в первые 3 года жизни (32–37 %), а к 4-му году сократил свое участие и формировал лишь 15–17 % урожая. Высокую устойчивость в составе травосмесей проявил донник желтый, выращиваемый как покровная культура.

В режиме сенокосного использования наиболее экологически пластичной за 4 года жизни явилась травосмесь люцерна + житняк + коострец + эспарцет + донник, которая обеспечила по годам выход 7,29–17,58 т/га зеленой массы и 1,71–3,76 т/га сухого вещества (таблица 1).

При двухукосном использовании травостоя с имитацией пастбищного использования лучшие показатели продуктивности за 4 года обеспечила травосмесь – люцерна + житняк + коострец + пырей + фестулолиум + эспарцет + донник со сбором – 6,95–11,58 т/га зеленой массы и 1,02–1,80 т/га сухого вещества.

При пастбищном использовании травостоя (двухукосном) суммарная урожайность зеленой массы многолетних травосмесей оказалась в 1,8–2,4 раза ниже, чем в режиме одноукосного при сенокосном использовании.

Относительно более устойчивыми к двукратному отчуждению надземной массы и долголетними оказались такие многолетние травы, как люцерна желтая и пырей средний.

Предпосылкой решения задачи повышения продуктивности и качества поедаемой кормовой массы сенокосов и пастбищ аридной зоны путем оптимизации условий выращивания агрофитоценозов, является исследование фотосинтетической деятельности различных видов и сортов многолетних бобовых и злаковых трав, основанное на выяснении взаимодействия механизмов фотосинтеза с другими физиологическими и ростовыми процессами.

Учитывая важность такого взаимодействия для развития теории фотосинтетической продуктивности многолетних трав, оптимизации их структуры, нами была предпринята попытка оценить влияние условий выращивания на ростовые функции вегетативных надземных органов бобовых трав – люцерны желтой, эспарцета и донника желтого двулетнего в поливидовых посевах с разными видами злаковых трав (коострец, житняк, фестулолиум, пырей).

Как видно из полученных экспериментальных данных, наиболее однозначной реакцией растений на условия выращивания является изменение площади их листовой поверхности (ЛП), отношение площади листьев и сухой биомассы растений, возрастание относительной скорости роста биомассы и значение таких показателей, как фотосинтетический потенциал (ФП) и чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ).

Наибольшая фотосинтетическая активность изучаемых многолетних агрофитоценозов при двух способах использования травостоев (сенокос, пастбище) достигалась в том случае, когда в смешанных посевах между компонентами травосмеси достигалось рациональное соотношение величины листовой поверхности (ЛП) и фотосинтетического потенциала (ФП) на единицу площади листьев (таблицы 2, 3).

Корреляционный и дисперсионный анализ связей r_1 (ЛП), r_2 (ЧПФ), r_3 (ФП) и r_4 (урожайность сухого вещества) показал, что они достоверны при обоих способах использования травостоя, существенно прямолинейны и характеризуются коэффициентами корреляции разной степени сопряженности: при сенокосном использовании $r_{1,2} = 0,36$; $r_{1,3} = 0,72$; $r_{1,4} = 0,86$; $r_{2,3} = 0,21$; $r_{2,4} = 0,15$; $r_{3,4} = 0,84$. При пастбищном двухукосном использовании травостоя коэффициент корреляции изученных связей выглядит следующим образом: $r_{1,2} = 0,65$; $r_{1,3} = 0,92$; $r_{1,4} = 0,68$; $r_{2,3} = 0,15$; $r_{2,4} = 0,82$; $r_{3,4} = 0,96$.

Установленные корреляционные зависимости между основными показателями фотосинтетической деятельности и урожайностью сухого вещества в посевах с разным видовым составом бобовых и злаковых трав получило основание для использования этих показателей при моделировании урожайности многолетних трав.

Уравнение регрессии для данной зависимости имеет следующий вид:

$$Y = 0,024x_1 + 0,0874x_2 + 2,581x_3 + 0,0923,$$

где Y – урожайность сухого вещества, т/га;

x_1 – площадь листовой поверхности (max) тыс. м²/га;

x_2 – чистая продуктивность фотосинтеза г м²/сутки;

x_3 – фотосинтетический потенциал млн м² дней/га.

При сенокосном режиме использования травостоя мощность ФП и ЛП не коррелирует с показателями ЧПФ, в то время как при двух укосах пастбищного использования ЧПФ находится в прямой зависимости от ЛП и ФП.

Таблица 2

Фотосинтетическая деятельность многолетних травосмесей при сенокосном использовании травостоя (в среднем за 2016–2019 гг.)

Травосмесь	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га (max)	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² /сутки	Фотосинтетический потенциал, млн м ² дней/га
Люцерна + житняк + эспарцет + донник	20,75	5,84	1,45
Люцерна + житняк + кострец + эспарцет + донник	24,84	6,12	1,73
Люцерна + житняк + пырей + эспарцет + донник	23,18	5,95	1,60
Люцерна + житняк + фестулолиум + эспарцет + донник	21,74	4,78	1,55
Люцерна + житняк + кострец + пырей + эспарцет + донник	27,26	4,45	1,81
Люцерна + житняк + кострец + фестулолиум + эспарцет + донник	24,45	4,15	1,90
Люцерна + житняк + кострец + пырей + фестулолиум + эспарцет + донник	25,72	4,86	1,95

Table 2

Photosynthetic activity of perennial grass mixtures under hayfield use of the herbage (average for 2016–2019)

Grass mixture	The area of leaf surface, thousand m ² /ha (max)	The net productivity of photosynthesis, g/m ² /day	Photosynthetic potential, million m ² days/ha
<i>Alfalfa + fairway + sainfoin + melilot</i>	20.75	5.84	1.45
<i>Alfalfa + fairway + brome + sainfoin + melilot</i>	24.84	6.12	1.73
<i>Alfalfa + fairway + wheatgrass + sainfoin + melilot</i>	23.18	5.95	1.60
<i>Alfalfa + fairway + festulolium + sainfoin + melilot</i>	21.74	4.78	1.55
<i>Alfalfa + fairway + brome + wheatgrass + sainfoin + melilot</i>	27.26	4.45	1.81
<i>Alfalfa + fairway + brome + festulolium + sainfoin + melilot</i>	24.45	4.15	1.90
<i>Alfalfa + fairway + brome + wheatgrass + festulolium + sainfoin + melilot</i>	25.72	4.86	1.95

Таблица 3

Фотосинтетическая деятельность многолетних травосмесей при пастбищном использовании травостоя (в среднем за 2016–2019 гг.)

Травосмесь	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га (max)		Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² /сутки		Фотосинтетический потенциал, млн м ² дней/га	
	Укосы					
	1	2	1	2	1	2
Люцерна + житняк + эспарцет + донник	2,76	1,45	6,81	4,25	0,74	0,40
Люцерна + житняк + кострец + эспарцет + донник	5,36	2,24	5,90	3,36	0,92	0,40
Люцерна + житняк + пырей + эспарцет + донник	4,05	2,48	5,54	4,05	0,81	0,52
Люцерна + житняк + фестулолиум + эспарцет + донник	4,85	2,60	5,41	3,22	0,95	0,50
Люцерна + житняк + кострец + пырей + эспарцет + донник	5,90	3,81	5,86	3,75	1,05	0,81
Люцерна + житняк + кострец + фестулолиум + эспарцет + донник	4,95	2,90	5,90	2,05	0,86	0,74
Люцерна + житняк + кострец + пырей + фестулолиум + эспарцет + донник	6,64	3,38	5,05	2,21	1,05	0,80

Table 3

Photosynthetic activity of perennial grass mixtures under pasture use of the herbage (average for 2016–2019)

Grass mixture	The area of leaf surface, thousand m ² /ha (max)		The net productivity of photosynthesis, g/m ² /day		Photosynthetic potential, million m ² days/ha	
	Mowings					
	1	2	1	2	1	2
<i>Alfalfa + fairway + sainfoin + melilot</i>	2.76	1.45	6.81	4.25	0.74	0.40
<i>Alfalfa + fairway + brome + sainfoin + melilot</i>	5.36	2.24	5.90	3.36	0.92	0.40
<i>Alfalfa + fairway + wheatgrass + sainfoin + melilot</i>	4.05	2.48	5.54	4.05	0.81	0.52
<i>Alfalfa + fairway + festulolium + sainfoin + melilot</i>	4.85	2.60	5.41	3.22	0.95	0.50
<i>Alfalfa + fairway + brome + wheatgrass + sainfoin + melilot</i>	5.90	3.81	5.86	3.75	1.05	0.81
<i>Alfalfa + fairway + brome + festulolium + sainfoin + melilot</i>	4.95	2.90	5.90	2.05	0.86	0.74
<i>Alfalfa + fairway + brome + wheatgrass + festulolium + sainfoin + melilot</i>	6.64	3.38	5.05	2.21	1.05	0.80

Агроэнергетическая эффективность выращивания многолетних трав при сенокосном и пастбищном использовании травостоя (в среднем за 2016–2019 гг.)

Травосмесь	Сухое вещество, т/га	Сырой протеин, кг/га	Затраты совокупной энергии, ГДж/га	Выход обменной энергии, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности	Чистый энергетический доход, ГДж/га
Люцерна + житняк + эспарцет + донник	$\frac{1,95}{0,84}$	$\frac{280}{210}$	$\frac{10,4}{0,43}$	$\frac{12,1}{5,12}$	$\frac{1,2}{11,9}$	$\frac{1,7}{4,4}$
Люцерна + житняк + кострец + эспарцет + донник	$\frac{3,07}{1,30}$	$\frac{390}{270}$	$\frac{15,5}{0,76}$	$\frac{18,8}{8,05}$	$\frac{1,2}{10,6}$	$\frac{3,3}{7,3}$
Люцерна + житняк + пырей + эспарцет + донник	$\frac{2,52}{1,23}$	$\frac{310}{250}$	$\frac{14,6}{0,62}$	$\frac{15,40}{7,86}$	$\frac{1,1}{9,6}$	$\frac{0,8}{7,2}$
Люцерна + житняк + фестулолиум + эспарцет + донник	$\frac{2,25}{0,97}$	$\frac{300}{290}$	$\frac{12,7}{0,58}$	$\frac{13,75}{6,02}$	$\frac{1,1}{10,4}$	$\frac{1,1}{5,4}$
Люцерна + житняк + кострец + пырей + эспарцет + донник	$\frac{2,90}{1,10}$	$\frac{310}{250}$	$\frac{15,8}{0,68}$	$\frac{17,7}{6,81}$	$\frac{1,1}{10,0}$	$\frac{1,9}{6,1}$
Люцерна + житняк + кострец + фестулолиум + эспарцет + донник	$\frac{2,33}{0,97}$	$\frac{290}{305}$	$\frac{13,1}{0,71}$	$\frac{14,32}{6,47}$	$\frac{1,1}{9,5}$	$\frac{1,2}{6,1}$
Люцерна + житняк + кострец + пырей + фестулолиум + эспарцет + донник	$\frac{2,67}{1,51}$	$\frac{340}{395}$	$\frac{15,7}{0,86}$	$\frac{16,45}{9,56}$	$\frac{1,1}{11,1}$	$\frac{0,8}{8,7}$

Примечание: в числителе – сенокосное использование; в знаменателе – пастбищное использование (в сумме за 2 укоса).

Table 4

Agro-energy efficiency of growing perennial grasses with hay and pasture use of herbage (on average for 2016–2019)

Grass mixture	Dry matter, t/ha	Raw protein, kg/ha	Total energy costs, GJ/ha	Metabolizable energy, GJ/ha	Energy efficiency coefficient	Clean energy income, GJ/ha
Alfalfa + fairway + sainfoin + melilot	$\frac{1.95}{0.84}$	$\frac{280}{210}$	$\frac{10.4}{0.43}$	$\frac{12.1}{5.12}$	$\frac{1.2}{11.9}$	$\frac{1.7}{4.4}$
Alfalfa + fairway + brome + sainfoin + melilot	$\frac{3.07}{1.30}$	$\frac{390}{270}$	$\frac{15.5}{0.76}$	$\frac{18.8}{8.05}$	$\frac{1.2}{10.6}$	$\frac{3.3}{7.3}$
Alfalfa + fairway + wheatgrass + sainfoin + melilot	$\frac{2.52}{1.23}$	$\frac{310}{250}$	$\frac{14.6}{0.62}$	$\frac{15.40}{7.86}$	$\frac{1.1}{9.6}$	$\frac{0.8}{7.2}$
Alfalfa + fairway + festulolium + sainfoin + melilot	$\frac{2.25}{0.97}$	$\frac{300}{290}$	$\frac{12.7}{0.58}$	$\frac{13.75}{6.02}$	$\frac{1.1}{10.4}$	$\frac{1.1}{5.4}$
Alfalfa + fairway + brome + wheatgrass + sainfoin + melilot	$\frac{2.90}{1.10}$	$\frac{310}{250}$	$\frac{15.8}{0.68}$	$\frac{17.7}{6.81}$	$\frac{1.1}{10.0}$	$\frac{1.9}{6.1}$
Alfalfa + fairway + brome + festulolium + sainfoin + melilot	$\frac{2.33}{0.97}$	$\frac{290}{305}$	$\frac{13.1}{0.71}$	$\frac{14.32}{6.47}$	$\frac{1.1}{9.5}$	$\frac{1.2}{6.1}$
Alfalfa + fairway + brome + wheatgrass + festulolium + sainfoin + melilot	$\frac{2.67}{1.51}$	$\frac{340}{395}$	$\frac{15.7}{0.86}$	$\frac{16.45}{9.56}$	$\frac{1.1}{11.1}$	$\frac{0.8}{8.7}$

Note: in the numerator – hayfield use; in the denominator – pasture use (in total for 2 mowing).

Положительная линейная корреляция между сбором сухого вещества (r_4), способом использования травостоя (r_1) и степенью загущенности посевов (r_2) – $r_{1,4} = 0,92$; $r_{2,4} = 0,52$.

Методом шагово-регрессионного анализа было получено следующее уравнение для расчета урожая сухого вещества в зависимости от густоты стояния травостоя, вида культуры, способа использования:

$$Y = 0,780x_1 + 0,0327x_2 + 0,177x_3 + 2,105,$$

где Y – урожайность сухого вещества, т/га;

x_1 – способ использования;

x_2 – густота стояния;

x_3 – культура.

С целью всесторонней оценки продукционного процесса выращивания многолетних трав проведенными исследованиями было предусмотрено определение потенциала сбора сухого вещества, валовой, обменной энергии и произведенных прямых затрат в произведенных кормах при двух способах использования травостоя.

Расчеты, представленные в таблице 4, показали, что наиболее эффективным, с точки зрения энергоемкости, явился режим пастбищного использования травостоя.

В лучшем варианте опыта (люцерна + житняк + кострец + пырей + фестулолиум + эспарцет + донник) коэффициент энергетической эффективности был равен 11,1, что в 10,1 раз выше, чем в режиме сенокосного использования данной травосмеси, а чистый энергетический доход при пастбищном использовании за 2 укоса составил 8,7 ГДж/га, что в 10,9 раз выше в сравнении с сенокосным.

В режиме сенокосного использования травостоя при выращивании травосмеси люцерна + житняк + кострец + эспарцет + донник одновременно с ростом затрат совокупной энергии до 15,5 ГДж/га был получен самый высокий сбор сухой биомассы – 3,07 т/га при чистом энергетическом доходе 3,3 ГДж/га.

Таким образом, в системе лугопастбищного севооборота 2 способа использования травостоя (сенокос, пастбище) оказались достаточно эффективными. Для заготовки объемистых кормов лучший эффект обеспечивает травосмесь, в которой присутствуют кострец, житняк и 3 бобовых компонента (люцерна желтая, эспарцет, донник).

При организации культурных пастбищ с продолжительным использованием кормовых культур наибольший эффект обеспечивает травосмесь с участием 4 видов злаковых трав (кострец, житняк, пырей, фестулолиум) и 3 видов бобовых – люцерна, эспарцет, донник.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Создание многолетних поликомпонентных травосмесей при поверхностном улучшении старовозрастных деградированных сенокосов и пастбищ с участием районированных сортов и видов многолетних бобовых и злаковых трав в аридной сухостепной зоне Северного Кавказа является экологически обоснованной и агроэнергетически эффективной технологией, обеспечивающей их ускоренное залужение.

Поливидовые агрофитоценозы как при сенокосном, так и при пастбищном (2 укоса) использовании травостоя обеспечивали формирование большого ассимиляционного аппарата бобовых и злаковых трав. Фотосинтетический потенциал находился в прямой зависимости от площади листовой поверхности и продуктивности агрофитоценоза в целом и варьировал при режиме сенокосного использования от 1,55 до 1,95 млн м² дней. Чистая продуктивность фотосинтеза с увеличением густоты стояния агрофитоценозов имела тенденцию к снижению, колебалась на уровне 5,12–3,15 г м²/сутки и не находилась в прямой зависимости от продуктивности сформированного травостоя при обоих режимах использования кормовых культур.

Такие агрофитоценозы с участием бобовых и злаковых трав нового поколения высокоэффективны. Поэтому для аридной сухостепной зоны Северного Кавказа при поверхностном улучшении сенокосов и пастбищ целесообразно создавать агрофитоценозы поликомпонентных травосмесей даже при существенных антропогенных затратах.

Поливидовые травосмеси с участием засухо- и солевыносливых культур (люцерна желтая, пырей, житняк и кострец) обладают высокой экологической пластичностью, хорошо отрастают, перезимовывают и выживают, что позволяет с успехом их использовать при улучшении старовозрастных деградированных сенокосов и пастбищ.

В этом случае при двух способах использования (сенокос, пастбище) травостой становится наиболее плотным, менее засоренным, а распределение урожая по годам продуктивной жизни – более равномерным.

Библиографический список

1. Trukhachev V. I., Sklyarov I. Yu., Sklyarova Yu. M. Current status of resource potential of agriculture in the South of Russia // Montenegrin Journal of Economics. 2016. Vol. 12. No. 3. Pp. 115–126.
2. Хонина О. В. Современное состояние естественных кормовых угодий Ставрополя и способы их улучшения // Новости науки в АПК. 2019. № 3 (12). С. 477–481. DOI: 10.25930/2218-855X/120.3.12.2019.
3. Лазарева В. Г., Бананова В. А., Харитонов Ч. С., Горяев И. А., Зунг Н. В. Индикаторная роль растительности при мелиорации аридных ландшафтов Прикаспия (на примере республики Калмыкия) // Юг России: экология, развитие. 2016. Т. 11. № 3. С. 151–164. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-3-151-164.
4. Lapenko N. G., Godunova E. I., Dudchenko L. V., Kuzminov S. A., Kapustin A. S. Current state and ways to save the steppe ecosystems of Stavropol // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. Vol. 6. No. 3. Pp. 6329–6336. DOI: 10.5281/zenodo.2604260.
5. Рыбашлыкова Л. П., Беляев А. И., Пугачёва А. М. Мониторинг сукцессионных изменений пастбищных фитоценозов в «потухших» очагах дефляции Северо-Западного Прикаспия // Юг России: экология, развитие. 2019. № 14 (4). С. 78–85. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-78-85.

6. Лапенко Н. Г., Оганян Л. Р. Присельские пастбища – важная кормовая база для животных индивидуального сектора // *Аграрный вестник Урала*. 2019. № 11 (190). С. 9–17. DOI: 10.32417/article_5dcd861e318036.10746233.
7. Гребенников В. Г., Шпилов И. А., Хонина О. В. Урожайность озимой пшеницы и средообразующий потенциал многолетних бобовых трав как фактор биологизации земледелия // *Аграрный вестник Урала*. 2019. № 10 (189). С. 2–8. DOI: 10.32417/article_5db42e4384a391.73824239.
8. Хисматуллин М. М. Бобовые и бобово-злаковые многолетние травы – составная часть органического земледелия Республики Татарстан // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2019. № 2 (53). С. 64–67. DOI: 10.12737/article_5d3e169f50a868.00369270.
9. Евстратова Л. П., Евсеева Г. В., Смирнов С. Н., Камова А. И. Влияние режимов скашивания на продуктивность и питательную ценность многолетних травостоев // *Кормопроизводство*. 2019. № 6. С. 18–22. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.32188.
10. Евстратова Л. П., Евсеева Г. В., Смирнов С. Н., Катричко Г. А. Современное состояние и пути повышения эффективности кормопроизводства в Карелии // *Кормопроизводство*. 2018. № 12. С. 6–9. DOI: 10.25685/KRM.2018.2018.21816.
11. Ибрагимов К. М., Гамидов И. Р., Умаханов М. А. Продуктивность эспарцета песчаного в двух-трёхкомпонентных фитомелиоративных агрофитоценозах в условиях Кизлярских пастбищ // *Кормопроизводство*. 2019. № 7. С. 23–27. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.34531.
12. Фигурин В. А., Кислицына А. П. Продуктивность и питательная ценность травосмесей фестулолиума с разнопоспевающими сортами клевера лугового // *Кормопроизводство*. 2019. № 5. С. 18–22. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.30725.
13. Зезин Н. Н., Намятов М. А. Белково-энергетический коэффициент как показатель эффективности отрасли кормопроизводства // *Кормопроизводство*. 2019. № 6. С. 12–15. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.32187.
14. Лазарев Н. Н., Кухаренкова О. В., Куренкова Е. М. Люцерна в системе устойчивого кормопроизводства // *Кормопроизводство*. 2019. № 4. С. 18–25. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.28246.
15. 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. С. 7–11.

Об авторах:

Вадим Гусейнович Гребенников¹, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела кормления и кормопроизводства, ORCID 0000-0001-9871-2417, AuthorID 621877; +7 (8652) 35-04-82, kormoproiz.st@mail.ru

Иван Алексеевич Шпилов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела кормления и кормопроизводства, ORCID 0000-0002-6856-2662, AuthorID 621874

Олеся Викторовна Хонина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела кормления и кормопроизводства, ORCID 0000-0002-8509-862X, AuthorID 621876

¹ Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

Photosynthetic activity and agro-energy efficiency of growing perennial grasses under different modes of use of the grass stand

V. G. Grebennikov¹✉, I. A. Shipilov¹, O. V. Khonina¹

¹ North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Russia

✉E-mail: kormoproiz.st@mail.ru

Abstract. The purpose of research is to study the adaptability and stability of new varieties and species of perennial grasses under different modes of use of grass (hay, pasture), aimed at reducing the dependence of their productivity on fluctuations in agrometeorological conditions in the arid zone. The research is based on the methods of designing grasslands adapted to extreme conditions of the arid zone and capable of withstanding temperature, water, and coenotic stresses due to morpho-physiological reactions of plants. **Results and practical significance.** The most productive eco-plastic grass mixtures of new varieties of perennial legumes and grasses that are necessary for creating agrophytocenoses for target use have been identified. Correlative relationships of the productivity level of the species and variety with the physiological parameters of plants were established. The role of the phytocenotic factor that characterizes the relationship of plants in different modes of use of grass (haymaking, pasture) is determined and patterns in the dynamics of accumulation of crop biomass by grass mixtures of different botanical composition are established. The highest biomass on average for 4 years was formed by crops in the mode of haymaking use of grass (alfalfa + wheat grass + brome + sainfoin + melilot – 3.07 t/ha of dry matter). For pasture use, on average, over 4 years, the highest productivity was provided by a grass mixture – alfalfa + fairway + brome + wheatgrass + festulolium + sainfoin + melilot with a collection of 1.5 t/ha of dry matter and 9.6 GJ/ha of exchange energy for a net energy income of 8.7 GJ/ha. **Scientific novelty.** For the first time for the conditions of the dry-steppe zone, an adaptive approach to the creation of productive stands of perennial grass mixtures with the participation of new varieties and species of legumes

and grasses, revealing the mechanism of plant interaction based on the developed optical structure of phytocenosis in different modes of forage use (haymaking, pasture), is proposed.

Keywords: hayfield and pasture use, perennial grasses, agrophytocenosis, photosynthetic activity, leaf surface, productivity, agro-energy efficiency.

For citation: Grebennikov V. G., Shipilov I. A., Khonina O. V. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' i agroenergeticheskaya effektivnost' vyrashchivaniya mnogoletnikh trav pri raznykh rezhimakh ispol'zovaniya travostoya [Photosynthetic activity and agro-energy efficiency of growing perennial grasses under different modes of use of the grass stand] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 07 (198). Pp. 2–11. DOI: ... (In Russian.)

Paper submitted: 28.02.2020.

References

1. Trukhachev V. I., Sklyarov I. Yu., Sklyarova Yu. M. Current status of resource potential of agriculture in the South of Russia // Montenegrin Journal of Economics. 2016. Vol. 12. No. 3. Pp. 115–126.
2. Khonina O. V. Sovremennoye sostoyaniye estestvennykh kormovykh ugodiy Stavropol'ya i sposoby ikh uluchsheniya [Current state of natural forage lands in Stavropol and ways to improve them] // Novosti nauki v APK. 2019. No. 3 (12). Pp. 477–481. DOI: 10.25930/2218-855X/120.3.12.2019. (In Russian.)
3. Lazareva V. G., Bananova V. A., Kharitonov Ch. S., Goryayev I. A., Zung N. V. Indikatornaya rol' rastitel'nosti pri melioratsii aridnykh landshaftov Prikaspiya (na primere respubliki Kalmykiya) [Indicative role of vegetation in the reclamation of Precaspian arid landscapes (the republic of Kalmykia)] // South of Russia: ecology, development. 2016. Vol. 11. No. 3. Pp. 151–164. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-3-151–164. (In Russian.)
4. Lapenko N. G., Godunova E. I., Dudchenko L. V., Kuzminov S. A., Kapustin A. S. Current state and ways to save the steppe ecosystems of Stavropol // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. Vol. 6. No. 3. Pp. 6329–6336. DOI: 10.5281/zenodo.2604260
5. Rybashlykova L. P., Belyayev A. I., Pugacheva A. M. Monitoring suksessionnykh izmeneniy pastbishchnykh fitotsenozov v "potukhshikh" ochagakh deflyatsii Severo-Zapadnogo Prikaspiya [Monitoring successional changes in pasture phytocenoses in "exhausted" areas of deflation in the North-West Caspian region] // South of Russia: ecology, development. 2019. No. 14 (4). Pp. 78–85. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-78-85. (In Russian.)
6. Lapenko N. G., Oganyan L. R. Prisel'skiye pastbishcha – vazhnaya kormovaya baza dlya zhivotnykh individual'nogo sektora [Rural pastures – the important food supply for animals of the individual sector] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 11 (190). Pp. 9–17. DOI: 10.32417/article_5dcd861e318036.10746233. (In Russian.)
7. Grebennikov V. G., Shipilov I. A., Khonina O. V. Urozhaynost' ozimoy pshenitsy i sredobrazuyushchiy potentsial mnogoletnikh bobovykh trav kak faktor biologizatsii zemledeliya [Winter wheat yield and environment formation potential of perennial legumes as a factor of biologization agriculture] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 10 (189). Pp. 2–8. DOI: 10.32417/article_5db42e4384a391.73824239. (In Russian.)
8. Khismatullin M. M. Bobovyye i bobovo-zlakovyye mnogoletniye travy – sostavnaya chast' organicheskogo zemledeliya Respubliki Tatarstan [Legumes and legume-crop perennial grasses – a constituent part of organic farming of the Republic of Tatarstan] // Vestnik of Kazan State Agrarian University. 2019. № 2 (53). Pp. 64–67. DOI: 10.12737/article_5d3e169f50a868.00369270. (In Russian.)
9. Evstratova L. P., Evseyeva G. V., Smirnov S. N., Kamova A. I. Vliyaniye rezhimov skashivaniya na produktivnost' i pitatel'nyuyu tsennost' mnogoletnikh travostoyev [Influence of cutting management on productivity and nutritional value of perennial grasses] // Fodder Production. 2019. No. 6. Pp. 18–22. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.32188. (In Russian.)
10. Evstratova L. P., Evseyeva G. V., Smirnov S. N., Katrichko G. A. Sovremennoye sostoyaniye i puti povysheniya effektivnosti kormoproizvodstva v Karelii [Current state of forage production in Karelia and ways improving its effectiveness] // Fodder Production. 2018. No. 12. Pp. 6–9. DOI: 10.25685/KRM.2018.2018.21816. (In Russian.)
11. Ibragimov K. M., Gamidov I. R., Umakhanov M. A. Produktivnost' espartseta peschanogo v dvukh-trekhkomponentnykh fitomeliorativnykh agrofytotsenozakh v usloviyakh Kizlyarskikh pastbishch [Productivity of hungarian sainfoin in two and three-component grass mixtures for vegetative reclamation on Kizlyar grasslands] // Fodder Production. 2019. No. 7. Pp. 23–27. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.34531. (In Russian.)
12. Figurin V. A., Kislytsyna A. P. Produktivnost' i pitatel'naya tsennost' travosmesey festuloliuma s raznopospevyushchimi sortami klevera lugovogo [Productivity and nutritional value of festulolium mixtures with red clover of various maturation rates] // Fodder Production. 2019. No. 5. Pp. 18–22. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.30725. (In Russian.)
13. Zezin N. N., Namyatov M. A. Belkovo-energeticheskiy koeffitsiyent kak pokazatel' effektivnosti otrasli kormoproizvodstva [Protein-energy ratio for forage production efficiency] // Fodder Production. 2019. No. 6. Pp. 12–15. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.32187. (In Russian.)
14. Lazarev N. N., Kukharenskova O. V., Kurenkova E. M. Lyutserna v sisteme ustoychivogo kormoproizvodstva [Alfalfa – for stable forage production] // Fodder Production. 2019. No. 4. Pp. 18–25. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.28246. (In Russian.)

15. Kutuzova A. A., Provornaya E. E., Tsybenko N. S. Effektivnost' usovershenstvovannykh tekhnologiy sozdaniya pastbishchnykh travostoyev s ispol'zovaniyem novykh sortov bobovykh vidov i agrotekhnicheskikh priyemov [Pasture ecosystems of new legume varieties as affected by improved cultivation methods] // Fodder Production. 2019. No. 1. Pp. 7–11. (In Russian.)

Authors' information:

Vadim G. Grebennikov¹, doctor of agricultural sciences, chief researcher of department of feeding and feed production, ORCID 0000-0001-9871-2417, AuthorID 621877; +7 (8652) 35-04-82, kormoproiz.st@mail.ru

Ivan A. Shipilov¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher of department of feeding and feed production, ORCID 0000-0002-6856-2662, AuthorID 621874

Olesya V. Khonina¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher of department of feeding and feed production, ORCID 0000-0002-8509-862X, AuthorID 621876

¹ North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Russia