режимов стравливания и скашивания.

Выводы. Во всех почвенно-климатических зонах Ставропольского края за счет поверхностного улучшения природных кормовых угодий и пастбищ производство корма с них можно будет увеличить на 50 %.

В ближайшие годы только применение системы поверхностного улучшения травостоев даст возможность на время отказаться от больших затрат на коренное улучшение и довести продуктивность природных кормовых угодий и пастбищ до уровня 6,5-8,0 ц/га кормовых единиц.

Оптимальный подбор многоярусных агрофитоценозов позволит достигнуть пастбищеустойчивости, раннего отрастания на весенних пастбищах и более длительной вегетации на летних пастбищах, высокой выживаемости растений в год посева, и что самое важное, хорошей совместимости засухо-, соле- и морозоустойчивых видов.

Список литературы

1. Гребенников В.Г. Состояние лугопастбищного кормопроизводства и перспективы его развития в Ставропольском крае / В.Г. Гребенников, Н.С. Дыба, И.А. Шипилов, О.В. Школьник // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2004. – Т.2. – № 2-2. – С. 15-18.

2. Лапенко Н.Г., Ерошенко Ф.В., Дудченко Л.В. Оценка современного состояния природных кормовых угодий Ставропольского края с использованием данных дистанционного зондирования земли // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2017. – Т. 1. – № 10. – С. 172-177.

3. Солдатова И.Э. Технологии и методы восстановления деградированных кормовых угодий Центрального Кавказа / И.Э. Солдатова, С.М. Джибилов, Э.Д. Солдатов, Л.Р. Гулуева // Аграрный вестник Урала. – 2020. – № 12 (203). – С. 35-42.

4. Турун И.П. К вопросу улучшения стародавних деградированных сенокосов и пастбищ при организации кормовой базы для мясного скота в зоне сухих степей / И.П. Турун, В.Г. Гребенников, О.В. Хонина, И.А. Шипилов // Вестник мясного скотоводства. – 2017. – № 2 (98). – С. 187-194.

5. Хонина О.В. Современное состояние естественных кормовых угодий Ставрополья и способы их улучшения // Новости науки в АПК. 2019. – № 3 (12). – С. 477-481.

6. Хонина О.В. Эффективный способ повышения продуктивности сенокосов и пастбищ лесостепной зоны // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2006. – Т. 1. – № 1. – С. 166-171.

DOI 10.48612/8441-rgk2-57en
УДК 636.085

СОСТАВ БЕЗАЗОТИСТЫХ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

Худякова Хатима Каримовна, канд. с.-х. наук
ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт имени В.Р Вильямса», г. Лобня, Российская Федерация

Изучен состав безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) многолетних трав при их анализе по схемам Веенде и Ван-Соеста. БЭВ по Веенде злаковых трав состоит более чем на 50 % из структурных углеводов (СУ) и лигнина, доля которых возрастает по мере роста трав. В БЭВ бобовых трав структурных веществ содержится меньше за счет более низкого уровня гемицеллюлоз. БЭВ по Ван-Соесту, которые в данном случае называются «углеводами, растворимыми в нейтральном детергенте (НДРУ)» представлены неструктурными углеводами (НСУ) и клетчаткой, растворимой в нейтральном детергенте (НДРК), которой в бобовых травах содержится значительно больше, чем в злаковых.

Ключевые слова: методы анализа кормов; безазотистые экстрактивные вещества; схема Веенде; схема Ван-Соеста; структурные углеводы

COMPOSITION OF NITROGEN-FREE EXTRACTIVES OF PERENNIAL GRASSES

Khudyakova Khatima Karimovna, PhD Agr. Sci
Federal Research Center "All-Russian Research Institute named after V. R. Williams", Lobnya, Russian Federation

The composition of nitrogen-free extractive substances (NFE) of perennial grasses was studied during their analysis according to the Weende and Van Soest schemes. According to Weende, NFE of cereal grasses consists of more than 50 % of structural carbohydrates (SC) and lignin, the proportion of which increases with the growth of grasses. In NFE of legumes, the content of structural elements is less due to a lower level of hemicelluloses. NFE according to Van Soest, which in this case are called "carbohydrates soluble in neutral detergent", is represented by non-structural carbohydrates (NSC) and fiber, soluble in neutral detergent, which content is much higher in legumes, than in cereals.

Key words: feed analysis methods; nitrogen-free extractives; Weende scheme; Van Soest scheme; structural carbohydrates

Для общей оценки качества кормов применяются две схемы анализа: по Веенде и по Ван-Соесту [1, 3, 4]. При обеих схемах определяется содержание сырых питательных веществ –сырого протеин (СП), сырого жира (СЖ) и сырой золы (СЗ) и сырой клетчатки (СК) – по схеме Веенде или нейтрально-детергентной клетчатки (НДК) – по схеме Ван-Соеста. Остаток сухого вещества корма за вычетом суммы сырых питательных веществ являются безазотистыми экстрактивными веществами (БЭВ), содержание которых вычисляют по формуле:

БЭВ=100-(СП+ +СЖ+СЗ+ СК или НДК), (1)

Хотя ошибки определения каждого из компонентов уравнения аккумулируются в получаемом по разнице результате, тем не менее принят такой способ определения БЭВ [5, 6].

По-своему составу БЭВ представляет сумму углеводов, растворяющихся в процессе определения СК – при анализе по Веенде или НДК – по Ван-Соесту. Различия в углеводном составе СК и НДК отражаются в БЭВ. Известно, что СК включает почти всю целлюлозу корма и часть лигнина [3, 4, 8], а остальные углеводы относятся к БЭВ. Содержание СК и ее состав зависят от вида кормовой культуры, ее фазы роста, погодных условий, агротехники выращивания. В отличие от СК, в НДК входят СУ полностью (целлюлоза, гемицеллюлозы) и лигнин [7].

В Нечерноземной зоне России в посевах кормовых культур значительную долю занимают многолетние травы и целью настоящей статьи является оценка фракций углеводов БЭВ кормовых трав по Веенде и Ван-Соесту в зависимости от их вида и фазы вегетации.

Методика исследований. В исследованиях использовали пробы трав первого укоса, удобренных из расчета №240К100Р60 за вегетацию, выращенных на дерново-подзолистой почве Центральной экспериментальной базы ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса. Для анализов по схеме Веенде выполнили скашивание костреца безостого, овсяницы луговой, тимофеевки луговой в фазы выхода в трубку, выметывания соцветий (колошения).

По схеме Ван-Соеста отбирали пробы тех же культур в фазы выхода в трубку, колошения и цветения, клевер и люцерну – в фазы стеблевания, начала бутонизации и цветения. Свежие растения высушивали при температуре 60°С в термостате с принудительной вентиляцией и размалывали до прохода через сито с диаметром отверстий 1 мм.

Содержание НСУ (водорастворимых углеводов, крахмала), фракции структурных углеводов и лигнина, сырой клетчатки и нейтрально-детергентной клетчатки (НДК) определяли по [2]. Чтобы выяснить разделение структурных углеводов и лигнина корма между СК и БЭВ определяли содержание структурных углеводов и лигнина в пробе в целом, и также в полученном остатке СК.

Для вычисления БЭВ сырые питательные вещества определяли по общепринятым методикам зоотехнического анализа кормов: общего азота – по Къельдалю, сырой жир – экстракцией диэтиловым эфиром методом обезжиренного остатка, сырую золу – озолением в муфельной печи при температуре 450°С.

Результаты исследований и их обсуждение. Основную долю сырой клетчатки кормовых трав составляет целлюлоза – от 60 до 90 % и более от ее массы. Гемицеллюлозы

представлены в весьма незначительных количествах. Доля лигнина колеблется в достаточно широких пределах – от 3,8 до 19,9 % (таблица 1).

Таблица 1 – Состав сырой клетчатки (% от массы сырой клетчатки)

Наименование кормовой культуры	Фаза вегетации	СК,%	% к массе сырой клетчатки		
			Лигнин (Л)	Гемицеллюлозы (ГМЦ)	Целлюлоза (Ц)
Кострец безостый	Выход в трубку	23,5	6,2	2,4	85,3
	Колошение	29,1	7,2	2,5	80,8
Овсяница луговая	Выход в трубку	22,1	3,8	2,4	97,7
	Колошение	28,7	8,6	2,5	71,8
Тимофеевка луговая	Выход в трубку	24,5	6,6	2,3	92,9
	Колошение	30,5	8,4	1,6	74,3
Клевер луговой	Стеблевание	15,8	10,8	6,6	91,1
	Начало цветения	27,2	15,0	4,3	74,3
Люцерна	Стеблевание	21,7	17,1	4,0	72,5
	Начало цветения	32,9	19,9	4,0	68,3

По мере роста трав, как правило, не только возрастает содержание СК и меняется ее состав в сторону увеличения ее грубости: отмечается снижение доли целлюлозы и повышение лигнина. СК бобовых и злаковых трав значительно различаются по составу: СК бобовых содержала в два с лишним раза больше лигнина, и несколько больше гемицеллюлоз, чем злаковых трав.

Часть структурных углеводов и лигнина, вымываемая из пробы при определении СК, как следует из уравнения, относятся к фракции БЭВ. Доля лигнина и полисахаридов, растворяющихся в процессе определения сырой клетчатки, непостоянна и зависит от вида растения, его фазы роста (таблица 2).

В состав БЭВ молодой травы злаков и клевера лугового входит более 70 % лигнина, содержащегося в пробе.

Ко времени развития репродуктивных органов его растворимость снижается. В отличие от злаковых, у бобовых трав, за исключением ранней фазы роста клевера лугового, лигнин менее растворим.

При определении СК удаляются и относятся к БЭВ почти все гемицеллюлозы, злаковых и 87-88 % бобовых трав. Что касается целлюлозы, то ее основная часть входит в состав СК, но удаляется некоторое количество и этого полисахарида. Исключение составляет люцерна со значительным уменьшением растворимости целлюлозы ко времени цветения.

Полученные данные позволили рассчитать состав БЭВ (таблица 3) показали, что они у злаковых трав почти на одну треть и более состоят из гемицеллюлоз.

Таблица 2 – Доля СУ и лигнина, вымываемых из пробы при определении СК и входящих в состав БЭВ (в % от их общего содержания в пробе)

Наименование кормовой культуры	Фаза вегетации	Общее содержание в пробе, % в сухом веществе			В БЭВ, % к содержанию в пробе		
		Л	ГМЦ	Ц	Л	ГМЦ	Ц
Кострец безостый	1	5,25	14.82	26,20	72,2	96,2	23,6
	2	6,74	16,54	33,16	68,8	95,8	29,1
Овсяница луговая	1	4,99	14,47	23,59	81,2	96,3	9.7
	2	6.12	14,01	27,10	67,3	94,9	20,3
Тимофеевка луговая	1	6,77	14,22	22,94	76,1	96,8	19,8
	2	8,58	16,73	27,76	70,2	97,4	27,2
Клевер луговой	1	7,23	8,69	19,44	76,3	88,0	27,2
	2	9,83	9,00	25,94	58,5	87,0	22.1
Люцерна посевная	1	9,18	6,96	21,52	59,6	87,4	26.,9
	2	11,33	10,97	24,95	42,2	88,0	9,9

Таблица 3 – Содержание фракций углеводов и лигнина в БЭВ (в % от БЭВ)

Наименование культуры		БЭВ	Фракции углеводов и лигнина, % от БЭВ						Другие вещества в расчете на всю пробу
			НСУ (сахар + крахмал)	геми-целлю-лозы	целлю-лоза	лигнин	сумма СУ и лигнина	дру-гие веще-ства	
Кострец безостый	трубкование	43,3	29,0	32,1	13,9	8,8	57,8	10,3	5,9
	колошение	45,4	15,4	34,4	21,0	10,2	68,5	18,8	7,4
Овсяница луговая	трубкование	47,8	22,3	31,8	5,3	8,7	49,5	31,9	12,7
	выметывание	46,8	16,3	36,5	12,7	8,8	64,8	18,9	8,2
Тимофеевка луговая	трубкование	49,5	19,5	30,9	10,2	10,4	51,9	28,6	12,7
	колошение	46,0	17,7	33,7	15,6	13,1	62,9	19,4	9,4
Клевер луговой	стеблевание	49,8	25,9	15,4	10,0	11,2	36,6	37,5	18,7
	бутонизация	43,8	27,3	16,7	15,6	13,6	45,9	26,8	11,7
Люцерна	стеблевание	43,4	21,5	17,7	13,1	12,5	42,5	36,0	15,6
	цветение	39,30	14,9	26,4	6,2	13,0	43,0	42,1	16,5

У бобовых трав доля гемицеллюлоз ниже, а целлюлозы – выше, чем в БЭВ злаковых. В состав БЭВ также входит и целлюлоза, но намного в меньших количествах, причем по мере роста трав ее доля увеличивается. В состав БЭВ входит и лигнин, причем, его у бобовых содержится больше, чем у злаковых. БЭВ злаковых трав даже в фазу трубкования наполовину и более представлены структурными веществами, содержание которых по мере вегетации растений возрастает. БЭВ бобовых содержит гораздо меньше СУ, чем злаковых, в основном за счет гемицеллюлоз. В БЭВ, кроме НСУ и СУ, входят другие вещества, доля которых весьма значительна в раннюю фазу роста злаковых, а бобовые, особенно люцерна, отличаются более высоким уровнем этого показателя, чем злаковые.

Таким образом, фракция БЭВ по схеме Веенде, которая составляет достаточно высокую долю сухого вещества кормов, включает как легкоусвояемые углеводы –НСУ– так и труднодоступные – СУ и лигнин. Поэтому не обеспечивается разделение углеводов в соответствии с их усвояемостью в организме животных. Однако иногда ошибочно считают БЭВ легкоусвояемыми, хотя в ряде случаев БЭВ менее переваримы, чем СК.

Отнесение гемицеллюлоз к БЭВ длительное время объяснялось их более легкой растворимостью в разбавленных кислотах. Однако выяснилось, что гемицеллюлозы злаковых трав зачастую имеют более низкую переваримость, чем целлюлоза. В значительной части табличных данных по кормам сырая клетчатка перевариваетя так же, или даже лучше, чем БЭВ.

Эти недостатки схемы Веенде в части оценки углеводной питательной ценности объемистых кормов исключаются при использовании схемы Ван-Соеста, по которой все СУ и лигнин входят в одну фракцию – нейтрально-детергентную клетчатку (НДК), остальные легкопереваримые углеводы – в фракцию, растворимую в нейтральном детергенте (НДРУ). Ее можно также назвать «БЭВ по схеме Ван-Соеста», но в отличие от БЭВ по Веенде, в нее не входят СУ и лигнин. В то же время она отличается от НСУ, за счет соединений, которые также растворяются в нейтральном детергенте. Эту фракцию также называют «клетчаткой, растворимой в нейтральном детергенте» – НДРК. К ним относятся органические кислоты, фруктаны, бета-глюканы, галактаны и пектиновые вещества. В злаковых травах содержатся β-глюканы, фруктаны и оргкислоты. Их содержание не превышало 5-7 % (таблица 4), что согласуется с данными, прведенными для сена тимофеевки луговой. Бобовые травы характеризуются достаточно высоким содержанием НДРК, которых относят к пектиновым веществам. Эти вещества характеризуются высокой емкостью поглощения и являются источником легкоусвояемого углевода. Фракция НДРК ферментируется в рубце также быстро, как и НСУ, но в отличие от них, только при помощи микроорганизмов. Кроме того, при этом образуется в основном более слабая, чем молочная, уксусная кислота, что противодействует возникновению ацидоза у животных.

Таблица 4 – Содержание фракции углеводов в кормовых травах по схеме Ван-Соеста

Вид кормовой культуры	Фазы роста	Фракции углеводов, % в сухом веществе			
		НДК	НСУ	НДРУ	НДРК
Кострец безостый	Выход в трубку	47,5	12,3	16,7	4,4
	Колошение	56,4	14,8	16,9	2,1
	Цветение	62,6	12,7	19,3	6,6
Овсяница луговая	Выход в трубку	44,9	17,5	23,6	6,1
	Колошение	59,9	11,0	13,9	2,9
	Цветение	66,1	8,1	12,2	4,1
Тимофеевка луговая	Выход в трубку	56,6	10,3	17,9	7,6
	Колошение	65,4	8,1	10,9	2,8
	Цветение	69,4	8,6	14,1	5,5
Клевер луговой	Стеблевание	35,7	14,6	27,6	13,0
	Бутонизация	46,7	13,0	23,1	10,1
	Цветение	52,3	12,5	20,5	8,0
Люцерна посевная	Стеблевание	37,0	12,6	28,1	15,5
	Бутонизация	40,6	8,8	25,0	16,2
	Цветение	48,8	8,5	21,2	12,7

Выводы. БЭВ, определённая по системе Веенде, представляет неоднородную по усвояемости фракцию. Она включает как легкоусвояемые углеводы – НСУ, так и структурные углеводы и лигнин, сумма которых ко времени колошения злаковых трав превышает 60 % от массы БЭВ. Из структурных углеводов преобладают гемицеллюлозы, которые характеризуются более тесной связью с лигнином. БЭВ бобовых по Веенде содержит меньше гемицеллюлоз, которые, к тому же, состоят большей частью из более переваримой арабинозы [4]. БЭВ по Ван-Соесту состоит из легкопереваримых углеводов – НСУ и клетчатки, растворимой в нейтральном детергенте, которой в бобовых травах, в отличие от злаков, содержится в значительных количествах.

Список литературы

1. Качественный состав корма: сухое вещество, белки, жиры, углеводы// soft-Agro. – Электронный ресурс. – Режим доступа: https:// soft-Agro. com/ kormoproizvodstvo/kachestvennyj-sostav korma-suchoe veshhestvo-belki- zhiry-uglevody. html дата обращения – 21.03.2021.

2. Методические рекомендации по определению углеводной питательности растительных кормов для жвачных животных. М.: ВАСХНИЛ. 1984. – 44 с.

3. Мошкина С.В. Структурные углеводы в кормлении молочного скота: учебно-методическое пособие / С.В. Мошкина, Н.В. Абрамкова, Т.Ю. Колганова // Орел. 2016. – 56 с.

4. Maija-Lisa Salo The carbohydrate composition and nutritive values of forages. – Journal of the scientific agricultural Society of Finland – v.49. – №3 – p.188-191.

5. Mary B Hall, William H Hoover, Jocelyn P Jennings, Tammy K Miller Webster. A method for partitioning neutral detergent-soluble carbohydrates. 1999. – v.79. – p. 2079-2086.

6. Nutrient requirements for dairy cattle. 7 th rev. ed. Natl. Acad., Washington D.S. 2001. – 381p.

7. Van-Soest P.J., Robertson J.B., and Lewis B.A. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch saccharides in Relation to Animal Nutrition. 1991. – J. Dairy Sci. – 74, p. 3583-3597.

8. Peter J. Van Soest The estimation of digestibility from chemical composition. – Carbohydrate research in plants and animals. 1976. – paper 12. – p. 137-145.