

УДК 636.084/.087

ПЕРЕОСМЫСЛЕНИЕ ПАРАДИГМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КОРМОВ**В.В. Попов**, кандидат биологических наук

ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»

141055, Россия, Московская область, г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1

vniikormov@mail.ru**RETHINKING OF FODDER QUALITY EVALUATION PARADIGM****V.V. Popov**, Candidate of Biological Sciences*Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology**141055, Russia, Moscow region, Lobnya, Nauchnyi gorodok str., k. 1*vniikormov@mail.ru

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2020-1-79-90

Схема химического анализа кормов, разработанная в 1860 г. Вильгельмом Геннебергом в Веенде (Голландия), применяется в нашей стране почти без изменений и по настоящее время. Основу оценки качества кормов составляют органолептические и физико-химические показатели содержания сырых питательных веществ (сухого вещества, протеина, клетчатки, жира, золы); дополнительно: в силосованных кормах — pH, содержание органических кислот, азота аммиака; в искусственно высушенных кормах — физическая форма, каротин и др. В последнее десятилетие вместе с коммерческими лабораториями на смену Веендевской модели приходит схема зоотехнического анализа, принятая в развитых странах с их вековыми традициями оценки качества продукции. Детергентная парадигма Ван Соеста позволила отказаться от сырых («неочищенных») питательных веществ и перейти к чистым субстратам углеводов — неструктурных (сахара, крахмал и пр.), к их переваримым и труднопереваримым фракциям (гемицеллюлоза, целлюлоза) и к практически непереваримому полимеру лигнину. В статье дается сравнительный анализ традиционной Веендевской и детергентной систем с использованием данных лаборатории BLGG AgroXpertus и на конкретном примере оценки качества зеленой массы кукурузы и приготовленного из нее силоса. Несмотря на разные подходы и количество используемых показателей, сравнение показало адекватность отечественной и зарубежной систем оценки этих кормов. Однако накопленный за рубежом опыт требует дальнейшего детального осмысления, а передовым приемам предстоит найти достойное применение в отечественной практике.

Ключевые слова: корм, Веендевская схема зооанализа, детергентная схема Ван Соеста, химический состав, сырая клетчатка, нейтрально-детергентная клетчатка (НДК), кислотно-детергентная клетчатка (КДК), переваримость, питательность, потребление сухого вещества.

The schema of a chemical analysis of the forages, developed in 1860 by Wilhelm Henneberg in the village Weende (Holland), is applied in our country till present time almost without changes. A basis of the forages evaluation test is the organoleptic, physical and chemical indexes of the crude nutrients content (dry matter, protein, fiber, fat, ash); plus for ensilage forages — pH, the content of organic acids, ammonia nitrogen; for artificially dried forages — the physical form, carotin etc. The last decade are spreaded also commercial laboratories from developed countries having century traditions of the production quality

estimation. Instead of Weende model comes the detergent schema of Van Soest allowing to refuse crude ("unpurified") nutrients and to pass on to pure substrates of carbohydrates — unstructured (sugar, starch and so on), easy and difficult digestible (hemicellulose, cellulose) and to practically undigestible polymer lignine. In this article has be done comparative analysis of traditional Weende and detergent systems, using data of laboratory BLGG AgroXpertus and a concrete example of evaluation test of corn green mass and the silage prepared from it. Despite different approaches and amount of used indexes comparison has shown adequacy of domestic and foreign systems of these forages evaluation. However, the accumulated experience demands to be detailed assimilated, and the advanced methods should find worthy application in our laboratory practice.

Keywords: forage, Weende zooanalysis scheme, detergent (Van Soest) scheme, a chemical composition, a crude fiber, neutral-detergent fiber, acid-detergent fiber, digestibility, nutritive value, dry matter intake.

По сложившейся практике бóльшая часть объемистых кормов в нашей стране проходит лабораторные испытания по Веендевской схеме зоотехнического анализа на содержание сырых питательных веществ (сухого вещества, протеина, клетчатки, жира, золы и др.) [1].

Основу исследований составляют анализы по органолептическим и физико-химическим признакам. Качество кормов определяется степенью их соот-

ветствия требованиям национальных стандартов [2–4].

В западных странах стандарты на объемистые корма отсутствуют, за исключением требований к селу для коммерческих целей в разных штатах США. На примере одного из таких нормативов штата Висконсин можно убедиться в их хорошем соответствии производству животноводческой продукции (табл. 1).

1. Класс качества сена, его химический состав и надой молока[5]

Класс качества	Число укусов	Сырой протеин, %	КДК, %	НДК, %	Надой, кг/га
Экстра	5	22	31	43	10688
I	4	21	32	44	9120
II	3	19	35	46	7022
III	2	17	36	48	4259

По закону о соответствии химического состава рациона потребностям животного организма, наличие сведений о питательных свойствах кормов является непременным условием для полноценного балансирования рационов. В настоящее время без предъявления повышенных требований к качеству кормов невозможно обеспечить высокую продуктивность современных пород животных и птицы. Причем число нор-

мируемых показателей имеет тенденцию к увеличению. В соответствии с рекомендациями ФГБНУ ФНЦ «ВИЖ им. академика Л.Н. Эрнста», балансирование рационов следует проводить по 28 показателям [6].

Еще больший перечень показателей (до 35) учитывается в протоколах анализа кормов сети коммерческих лабораторий BLGG AgroXpertus, центр которых находится в Нидерландах, имею-

щей филиалы во многих странах Европы — в Бельгии, Германии, Дании, Швеции, Испании и в России. Интенсивное применение инфракрасной спектрометрии (ИКС) позволяет лабораториям, ориентированным на западную технологию, определять широкий набор показателей по уравнениям регрессии.

В статье «Нужны ли анализы кормов по новым стандартам» [7] приведены доказательства высокой эффективности балансирования рационов молочного скота с использованием более точных и полных результатов анализов кормов в лаборатории BLGG AgroXpertus.

При кормлении более 300 коров в ЗАО «Зеленоградский» Московской области рационами, оптимизированными с помощью полученных данных и программы кормления «Молоко и Корма», получено дополнительно 2,12 кг молока на голову в сутки, что обеспечило хозяйству экономию средств в размере 296,5 тыс. рублей в месяц. Таким образом, качество — не абстрактная катего-

рия, а вполне реальный капитал.

Для выявления преимущества системы оценки качества и питательности кормов Cherney [8] сравнил схему Веенде-анализа, разработанную в 19-ом столетии и почти не претерпевшую с тех пор изменений, с детергентной системой Ван Соеста, разработанной в 1960-х годах. Он не рекомендует использовать при оценке кормов показатели валового количества сырой клетчатки, безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ), сырого жира (СЖ), которые не указывают на содержание в них переваримых и непереваримых фракций. Растворимая и усвояемая часть сырой клетчатки, которая крайне важна в питании животных, фактически попадает в остаточный показатель — БЭВ, определяемый расчетным путем.

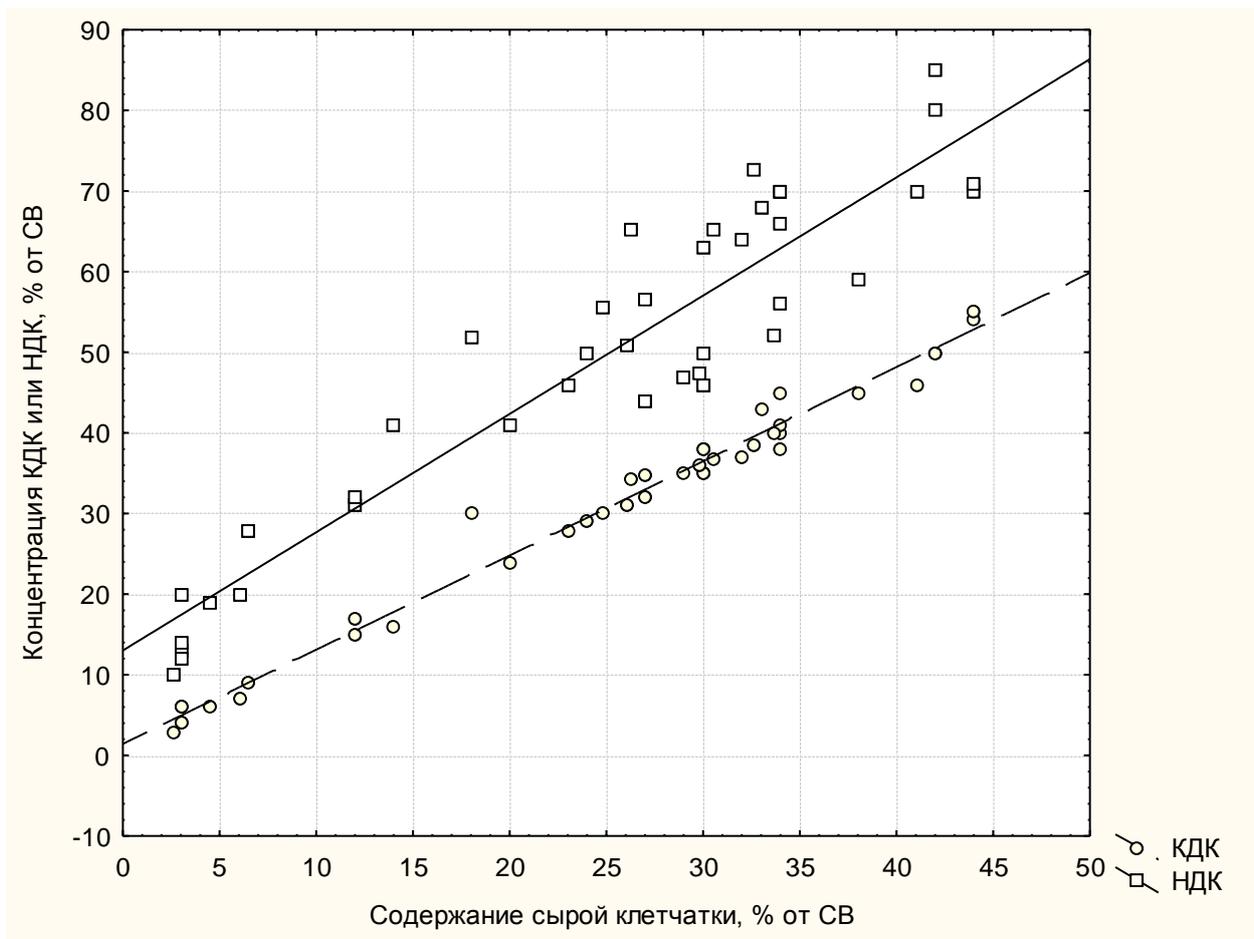
Поэтому в настоящее время широкое распространение получила детергентная схема Ван Соеста, которая дифференцирует структурные и неструктурные углеводы (табл. 2).

2. Сравнение Веендевской и детергентной схем углеводного состава кормов

Схема углеводного состава кормов			
Веендевская		детергентная	
безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ)	сахара и дисахариды		неструктурные углеводы (НСУ)
	крахмал, гликоген и др.		
	гемицеллюлоза		нейтрально-детергентная клетчатка (НДК)
сырая клетчатка (СК)	целлюлоза	кислотно-детергентная клетчатка, лигноцеллюлоза (КДК)	
	кислотно-детергентный лигнин (КДЛ)		

Примечательно, что между СК, с одной стороны, и НДК, КДК — с другой,

существует довольно высокая коррелятивная взаимосвязь (рис. 1).



1. Взаимосвязь между сырой, нейтрально-детергентной и кислотно-детергентной формами клетчатки

Высокая ($r = 0,99$) корреляция между сырой и кислотно-детергентной фракциями клетчатки объясняется тем, что обе формы содержат труднопереваримые целлюлозу и лигнин. Между сырой и нейтрально-детергентной клетчаткой также наблюдается тесная взаимосвязь, несмотря на наличие в ней относительно легкопереваримой фракции гемицеллюлозы.

Расширенная схема зоотехнического анализа кормов, представленная в справочном пособии «Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных» [6], предусматривает наряду с определением содержания сырой клетчатки определение концентрации

нейтрально-детергентной клетчатки в кормах. В кормовых таблицах опущены данные о КДК, а нормативы содержания НДК рассчитаны путем умножения количества сырой клетчатки на коэффициент 2 [9], или в зависимости от вида корма на постоянные коэффициенты от 2,0 до 2,2 [10]. Едва ли можно согласиться с таким упрощенным подходом в составлении кормовых таблиц. Последние нуждаются в серьезной доработке с учетом фактических данных.

Другим важным показателем, от которого в значительной мере зависит степень переваривания клетчатки в рубце, является лигнин (КДЛ), так как этот полимер находится в оболочках расти-

тельных клеток и препятствует проникновению пищеварительных ферментов.

Все перечисленные параметры — сырая клетчатка, НДК, КДК, КДЛ, сырой протеин, сахара и др., а также коэффициенты переваримости органического вещества (КП ОВ) и нейтрально-детергентной клетчатки (КП НДК), в значительной степени характеризуют своевременность уборки кормовой культуры. Практически все питательные вещества корма влияют на переваримость, но наибольшее влияние оказывают сырая и кислотно-детергентная клетчатка. Чем больше клетчатки содержится в корме, тем хуже переваримость всех его веществ. Связано это, как известно, с тем, что клетчатка, входящая в состав оболочек растительных клеток, затрудняет доступ ферментов к их содержимому.

Если о качестве кормов достаточно судить по химическому составу и переваримости органических веществ (*in vitro*, *in situ*, по КДК), то энергетическая питательность — это прерогатива рационов. Параметры питательности, такие как чистая и обменная энергия на поддержание, лактацию и прирост живой массы, затраты кормовых единиц на производство 1 кг молока или мяса, баланс азота в рубце, переваримый в кишечнике белок, баланс распадаемого протеина, микробный и транзитный белок, доступный для ферментализации в кишечнике, служат для характеристики рациона. По параметрам белкового питания и по сумме «крахмал + сахар» регулируют кислотную нагрузку на рубцовое пищеварение.

Перечисленные показатели входят

в оценочный лист лабораторий типа BLGG AgroXpertus. Однако многие термины и понятия, применяемые в зарубежной практике, специалистам сельскохозяйственных предприятий не понятны и не несут никакой полезной информации. Более того, нередко к таким параметрам возникают вопросы. Например, почему параметры VEM и VEV1 практически одинаковы (930–1030 и 960–1060 г), хотя, как известно, затраты на производство 1 кг мяса на порядок выше, чем 1 кг молока? О каких кормовых единицах идет речь? Даже продвинутые зоотехники, не зная сути зарубежных аббревиатур, вынуждены в статьях указывать их транскрипцию: АУТ (г/кг СВ), ББР (г/кг СВ) и т. п. [7]. Организаторы предприятий обращаются во ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса с просьбой дать оценку качества кормов по протоколам анализов в лаборатории BLGG AgroXpertus. В качестве иллюстрации в таблице 3 приведены показатели и контрольные значения для характеристики зеленой массы и силоса из кукурузы сортообразца Машук (ВНИИ кукурузы), а также даны толкование и русские эквиваленты аббревиатур.

В целях проведения сравнительной оценки, какая система лучше отражает качество корма, проанализированы данные испытаний кормов в лаборатории BLGG AgroXpertus. Аналитические сведения были представлены исключительно как иллюстративный материал для сопоставления оценки качества исходной зеленой массы и силоса по отечественной и зарубежной схемам зоотехнического исследования.

3. Термины, понятия и контрольные цифры для характеристики зеленой массы и силоса из кукурузы

Показатель	Расшифровка и русский эквивалент аббревиатуры	Зеленая масса		Силос		
		параметр	контрольные значения	параметр	контрольные значения	
DM	Сухое вещество (СВ), г/кг корма	357	280–340	408	320–360	
pH	Общая кислотность (pH), единиц	—	—	3,8	3,8–4,2	
Acetic acid	Уксусная кислота, г/кг СВ	—	—	14	10–18	
Lactic acid	Молочная кислота, г/кг СВ	—	—	58	40–60	
VEM	Затраты на производство 1 кг, скандинавских кормовых единиц	молока	988	930–1000	1027	920–1000
VEVI			мяса	1039	960–1040	1088
DVE	Белок, переваримый в кишечнике, г/кг СВ	67	55–70	51	45–55	
OEB	Баланс распадаемого протеина	–53	–30...–50	–33	–35...–20	
VOS	Переваримое органическое вещество	738	710–750	763	700–750	
FOS	Ферментируемое в рубце ОВ	573	490–540	513	475–525	
NEL	Чистая энергия лактации, МДж/кг СВ (ЧЭ _л)	6,8	6,6–7,4	7,1	6,5–6,7	
NEL-VC	ЧЭ _л , расчет по КП ОВ	6,9	6,6–7,4	7,2	6,5–6,7	
ME	Обменная энергия (МДж)	11,2	10,6–11,3	11,6	10,7–11,3	
Structure value	Структурная ценность	1,9	1,7–2,0	1,3	1,7–2,0	
nXP	Микробный и транзитный белок, доступный для ферментализации в кишечнике	134	135–145	138	130–140	
RNB	Баланс азота в рубце	–10	–11,0...–7,0	–10	–11...–7	
UDP	Нераспадаемый в рубце протеин	19	18–26	18	18–26	
CA	Сырая зола	48	35–50	38	35–50	
VCOS	Переваримость органического вещества, % (КП ОВ)	77,5	74–78	79,3	73–78	
NH ₃	Аммиак, % от СП	—	—	8	< 6	
Protein	Белок	—	75–90	67	75–85	
CP	Сырой протеин	74	75–90	73	80–90	
SCP	Растворимый сырой протеин	39	—	57	42–60	
EE	Сырой жир	30	25–35	34	25–35	
CF	Сырая клетчатка	185	170–200	144	180–200	
WSC	Сахара, водорастворимые углеводы (ВРУ)	69	5–25	≤ 12	1–15	
Starch	Крахмал	286	300–400	408	320–400	
	Транзитный (проходящий) крахмал, %	—	—	24	25–34	
	Транзитный крахмал, г	—	—	99	70–120	
NDF	Нейтрально-детергентная клетчатка (НДК)	408	375–425	313	370–420	
NDFD	Переваримость НДК, % (КП НДК)	58,6	30–70	–55,5	40–60	
ADF	Кислотно-детергентная клетчатка (КДК)	210	190–220	163	190–220	
ADL	Кислотно-детергентный лигнин (КДЛ)	17	14–20	13	14–20	

В изучаемых протоколах BLGG о результатах анализов не были приведены сведения о фазе вегетации, наличии и доле початков, методики и тщательности отбора проб, времени их подготовки и доставки в лабораторию, хотя обычно такая информация содержится в паспортах качества или сопровождающих этикетках. Ее отсутствие затрудняло экспертизу. Тем не менее, сравнительная оценка соответствия качества растительной массы кукурузы нормативным требованиям была проведена.

Судя по содержанию сухого вещества, равному 357 г/кг корма, культуру убирали не в фазу, рекомендуемую для скармливания скоту в зеленом виде (не позднее начала образования початков), а в период молочно-восковой или восковой спелости зерна.

Что касается полученных данных, то о низком качестве растительной массы гибрида кукурузы свидетельствует показатель содержания сырого протеина (74 г/кг СВ), при норме для 1, 2–3 классов качества соответственно более 90 и 75 г/кг СВ (по ГОСТ Р 56912-2016) или 75–90 г/кг СВ (по зарубежным контрольным значениям). Корма с таким низким содержанием сырого протеина не эффективны в кормлении скота, так как требуется компенсирующая добавка дорогостоящих белковых концентратов.

В рационе лактирующих коров оптимальным считается уровень сырой клетчатки 170–200 г/кг СВ рациона. В этом отношении образец зеленой массы по содержанию СК (186 г/кг СВ) и сырой золы (48 г/кг СВ) удовлетворял требованиям ГОСТ Р 56912-2016 и зарубежным нормам.

Однако в соответствии с действующей системой оценки качества кормов (по наимудшему показателю) проба силоса гибрида кукурузы Машук по показателю «содержание сырого протеина» (73 г/кг СВ) относится к неклассной кондиции.

Оценка качества кукурузной массы по западной системе показывает, что по большинству основных показателей, в частности содержанию СВ, СП, ВРУ и некоторых других, изученные варианты кукурузы не соответствовали нормативам. Несмотря на то, что эта система не предусматривает деления на классы качества, полученный результат совпал в данном случае с оценкой по ГОСТ Р 56912–2016, в соответствии с которой растительная масса исследованных проб зеленой массы гибридов кукурузы была отнесена к неклассной кондиции [11].

Очевидно, что качество кукурузного силоса полностью зависит от качества исходной зеленой массы (табл. 4).

Согласно данным таблицы 4 показатели кукурузного силоса из гибрида Машук соответствуют разным классам качества: по содержанию сухого вещества, сырой клетчатки, сырой золы, аммиака — первому классу; по рН — второму классу, по содержанию сырого протеина и молочной кислоты — неклассной кондиции.

Сопоставление фактического химического состава кукурузного силоса с контрольными значениями BLGG AgroXpertus показывает несоответствие параметров по следующим показателям: сырой протеин, $\text{NH}_3\text{-N}$, сырая клетчатка, НДК, КДК, структурная ценность.

4. Параметры качества кукурузного силоса и нормы по ГОСТ Р 55986-2014

Наименование показателя	Силос из кукурузы	Норма для класса		
		1-го	2-го	3-го
Содержание сухого вещества, г/кг, не менее	408	260	200	180
Концентрация сырого протеина в сухом веществе, г/кг, не менее	73	80	75	75
Концентрация сырой клетчатки в сухом веществе, г/кг, не более	144	280	310	330
Концентрация сырой золы в сухом веществе, г/кг, не более	38	100	110	130
Массовая доля молочной кислоты в общем количестве (молочной, уксусной, масляной) кислот, %, не менее	55	70	65	60
Массовая доля масляной кислоты в силосе, %, не более	—	0,1	0,2	0,3
Содержание азота аммиака, % от общего азота, не более	8	10	13	15
pH силоса	3,8	3,9–4,3	3,8–4,3	3,7–4,3

До недавнего времени в ряде стран Европы и в нашей стране считалось, что для характеристики качества силоса важно не только содержание, но и соотношение органических кислот: молочной, уксусной, масляной [14]. В протоколах BLGG AgroXpertus параметр содержания масляной кислоты отсутствует.

В последнее время прежнее представление о роли масляной кислоты как одного из основных показателей качества силоса (индикатора распада белковой части корма) пересматривается и в зарубежных лабораториях массового анализа заменяется более простым в определении параметром «содержание азота аммиака, в процентах от общего количества азота корма».

В изучаемых протоколах испытаний при норме в 375–425 г/кг СВ содержание НДК составило 313 г/кг, что свидетельствовало о низкой энергетической

ценности силоса кукурузы. Концентрация КДК, или так называемых клеточных стенок, была также недостаточной — 163 г/кг СВ в сравнении с контрольными значениями — 190–220 г/кг.

Консервирование способствовало мацерации силоса, о чем свидетельствует показатель структурной ценности, величина которого снизилась с 1,9 до 1,3 при норме 1,7–2. Концентрация сахаров в исходном сырье была довольно высокой (65 г/кг СВ), что способствовало некоторому закислению силоса (pH 3,8 при норме 3,8–4,2). Содержание NH₃-N было в пределах нормы по ГОСТ Р 55986-2014 и несколько выше нормы BLGG (8% vs 6%).

Концентрация сырой золы была чрезвычайно мала — 38 г/кг СВ, но находилась в пределах нормы BLGG (35–50 г/кг). Это означает беспрецедентное отсутствие контаминации растительного сырья почвой, что, возможно, объясня-

ется высокой культурой уборки и заготовки кормов.

Низкие нормативы компании BLGG AgroXpertus по содержанию СП как в исходном сырье (75–90 г/кг СВ), так и в готовом силосе (80–90 г/кг СВ) обусловлены, по-видимому, спецификой зарубежных сортов и агротехникой их возделывания и не вполне соответствуют сортам и условиям возделывания кукурузы в нашей стране, что, возможно, отражается на тотальной калибровочной кривой, используемой при определении питательных веществ с помощью ИКС-методов.

В условиях Нечерноземной зоны РФ такой низкий уровень сырого про-

теина возможен в исключительных случаях — при загущенных посевах или отсутствии подкормки минеральными и органическими удобрениями. Так, в опытах ВНИИ кормов [12] по изучению качества силоса в зависимости от условий выращивания кукурузы самый низкий уровень СП (69 г/кг СВ) был получен при плотности растений 100 тыс./га, без внесения удобрений (рис. 2, вариант I). Наоборот, максимальное содержание СП (144 г/кг СВ) наблюдали в варианте V, при подкормке азотно-калийным удобрением. В среднем по всем вариантам опытов концентрация СП в сухом веществе кукурузы составила 114 г/кг.

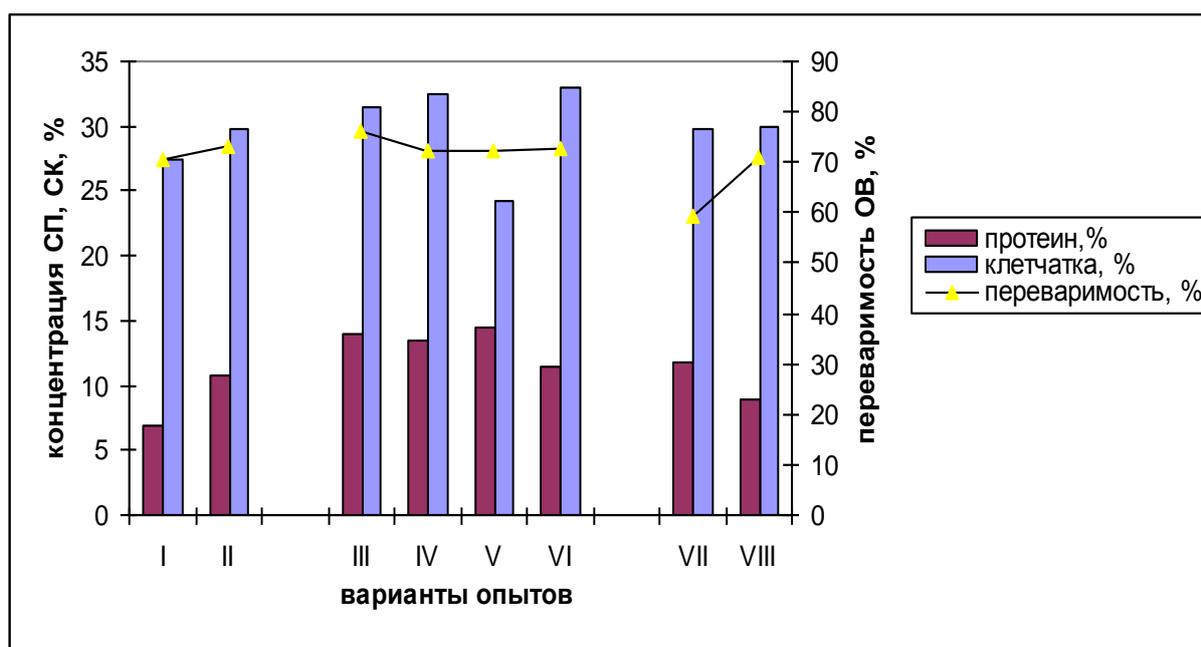


Рис. 2. Концентрация сырого протеина, сырой клетчатки и переваримость органического вещества силоса в зависимости от агротехнических приемов возделывания кукурузы по вариантам опытов

I — плотность растений 100 тыс./га, без удобрений; II — плотность растений 300 тыс./га, NPK; III — контроль (без полива); IV — без полива + $N_{130}P_{36}K_{34}$; V — без полива + $N_{265}K_{175}$; VI — без полива + $N_{472}P_{164}K_{332}$; VII — контроль (полив); VIII — полив + $N_{264}P_{131}K_{324}$

Высокие дозы азотного удобрения на фоне фосфорно-калийных способст-

вовали повышению баланса общего и белкового азота в рубце [13].

Аналогично обстоит дело и с клетчаткой. Средний уровень СК по всем вариантам силоса составил 298 г/кг с колебаниями от 243 (вариант V) до 330 г/кг СВ (вариант VI), в то время как нормы лабораторий компании BLGG AgroXpertus не превышают 200 г/кг СВ.

Средняя переваримость органического вещества по всем вариантам силоса составила 70,8% с колебаниями от

59,3 (вариант VII) до 76,2% (вариант III), в то время как нормы лабораторий компании BLGG AgroXpertus колеблются в довольно узком диапазоне 73–78%.

Во многом не совпадают с ключевыми значениями BLGG и другие параметры содержания и переваримости веществ кукурузного силоса из опытов ВНИИ физиологии и биохимии питания животных (табл. 5).

5. Содержание НДК и КДК в кукурузном силосе и их переваривание в рубце [15]

Корма	Содержание НДК, %	Содержание КДК, %	Распадаемость НДК, %	Скорость распада НДК, %/час
Силос кукурузный с закваской	54,1	29,3	38,8	3,3
Силос кукурузный	52,2		43,1	3,9
Силос кукурузный	44,0	22,2	44,3	4,2

Однако для окончательного решения в отечественной науке накоплено пока недостаточно сведений. Представители ведущих институтов признают, что еще не до конца разобрались ни в определении, ни в подходах к нормированию НДК и КДК, поэтому в лабораторную практику эти показатели включать преждевременно.

Стремление зоотехнической науки и практики к получению максимальной продуктивности от животных предъявляет повышенные требования как к кормопроизводству, так и животноводству. Практический опыт фермеров Германии показывает [16], что детализированная схема зоотехнического анализа необходима при достижении годовых удоев свыше 8 тыс. кг молока. Кормление коров-десятитысячниц требует особого подхода к анализам кормов, постоянного обеспечения полнорационными смесями, комфортных усло-

вий содержания, повышенного внимания к здоровью животных. К странам, перешагнувшим надой в 10000 литров молока от коровы в год, относятся Великобритания, Израиль, США, Франция, ФРГ, Япония и некоторые другие.

Ныне действующая в нашей стране схема зоотехнического анализа — вполне приемлемый критерий оценки кормов и рационов для коров с продуктивностью 6–8 тыс. кг молока в год [16]. По данным Министерства сельского хозяйства РФ, средний надой на фуражную корову в 2017 г. составил 4302 кг молока. Таким образом, для перехода к расширенной схеме зооанализа предстоит серьезный подготовительный период для оснащения областных лабораторий соответствующей базой, методиками, оборудованием и подготовленными кадрами. Нет сомнения, что со временем опыт передовых стран будет освоен и начнет повсеместно применяться.

Литература

1. Попов В.В., Худякова Х.К. Новое в оценке качества кормов // Кормопроизводство: проблемы и пути решения. – М., 2007. – С. 223–229.
2. Попов В.В. Национальные стандарты на требования к качеству зеленых и пастбищных кормов // Научное и творческое наследие академика ВАСХНИЛ Ивана Семеновича Попова в науке о кормлении животных : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 130-летию со дня рождения выдающегося ученого в области кормления животных, педагога и общественного деятеля, профессора, академика ВАСХНИЛ, лауреата Ленинской премии И.С. Попова. – М., 2018. – С. 241–245.
3. Попов В.В. Национальные стандарты на требования к качеству сена и сенажа, искусственно высушенных кормов // Научное и творческое наследие академика ВАСХНИЛ Ивана Семеновича Попова в науке о кормлении животных : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 130-летию со дня рождения выдающегося ученого в области кормления животных, педагога и общественного деятеля, профессора, академика ВАСХНИЛ, лауреата Ленинской премии И.С. Попова. – М., 2018. – С. 246–251.
4. Попов В.В. Национальные стандарты на требования к качеству силоса и силосажа, зерносенажа и зерносилосажа // Научное и творческое наследие академика ВАСХНИЛ Ивана Семеновича Попова в науке о кормлении животных : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 130-летию со дня рождения выдающегося ученого в области кормления животных, педагога и общественного деятеля, профессора, академика ВАСХНИЛ, лауреата Ленинской премии И.С. Попова. – М., 2018. – С. 251–257.
5. Schroeder J.W. 2012. Quality Forage for Maximum Production and Return. – URL: <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/range/as1117.pdf>
6. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных : справочное пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. / под ред. А.П. Калашникова, И.В. Фисинина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. – М., 2003. – 456 с.
7. Нужны ли анализы кормов по новым стандартам [Электронный ресурс]. – URL: https://voshod-agro.ru/blog/detail/?ELEMENT_ID=50.
8. Cherney, D.J.R. 2000. Characterization of forages by chemical analysis. Ch. 14. In D.I. Givens, E. Owen, R.F.E. Axford & H.M. Ohmed, eds. *Forage evaluation in ruminant nutrition*, pp. 281–300. CAB International, Wallingford, UK.
9. Рядчиков В.Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных. – С.-Пб. : Лань, 2015. – 640 с.
10. Попов В.В. Об «энергетической кормовой единице» // Кормопроизводство. – 2006. – № 6. – С. 31–32.
11. Попов В.В. Сравнить модели // Агробизнес. – 2020. – № 1. – С. 80–82.
12. Воробьев Е.С., Пахунова Л.В., Ткаченко Ф.М., Титов В.С. Зависимость качества силоса от условий выращивания кормовой культуры // Химия в сельском хозяйстве. – 1973. – № 6. – С. 60–62.
13. Воробьев Е.С. Особенности пищеварения у скота при использовании кормов с высокоудобренных земель // Зоотехния. – 1990. – № 4. – С. 41–44.
14. Зафрен С.Я. Технология приготовления кормов. – М. : Колос, 1977. – 240 с.
15. Харитонов Е.Л. Физиология и биохимия питания молочных коров. – Боровск : Оптима Пресс, 2011. – 372 с.
16. Ганущенко О. Оценка структурности рационов // Животноводство России. – 2020. – № 1, январь. – С. 59–61.

References

1. Popov V.V., Khudyakova Kh.K. Novoe v ocenke kachestva kormov [New in evaluation test of forages]. *Kormoproizvodstvo: problemy i puti resheniya* [Fodder production: problems and decision ways and means]. Moscow, 2007, pp. 223–229.
2. Popov V.V. Nacional'nye standarty na trebovaniya k kachestvu zelyonyh i pastbishchnyh kormov [National standards for green and pasture forages quality requirements]. *Nauchnoe i tvorcheskoe nasledie akademika VASKHNIL Ivana Semyonovicha Popova v nauke o kormlenii zhivotnyh: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Scientific and a creative heritage of academician Ivan Semyonovich Popov in animal feeding science: Proc. Int. scientific-practical Conf.]. Moscow, 2018, pp. 241–245.
3. Popov V.V. Nacional'nye standarty na trebovaniya k kachestvu sena i senazha, iskusstvenno vysushennyh kormov [National standards for hay and haylage quality requirements]. *Nauchnoe i tvorcheskoe nasledie akademika VASKHNIL Ivana Semyonovicha Popova v nauke o kormlenii zhivotnyh: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Scientific and a creative heritage of academician Ivan Semyonovich Popov in animal feeding science: Proc. Int. scientific-practical Conf.]. Moscow, 2018, pp. 246–251.
4. Popov V.V. Nacional'nye standarty na trebovaniya k kachestvu silosa i silazha, zernosenzha i zernosilazha [National standards for silage, prewilted silage, whole plant silage, whole plant haylage quality requirements]. *Nauchnoe i tvorcheskoe nasledie akademika VASKHNIL Ivana Semyonovicha Popova v nauke o kormlenii zhivotnyh: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Scientific and a creative heritage of academician Ivan Semyonovich Popov in animal feeding science: Proc. Int. scientific-practical Conf.]. Moscow, 2018, pp. 251–257.
5. Schroeder J.W. 2012. Quality Forage for Maximum Production and Return. URL: <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/range/as1117.pdf>
6. Normy i raciony kormleniya sel'kohozyajstvennyh zhivotnyh [Norms and feeding rations of farm animals]. Eds.: A.P. Kalashnikov, I.V. Fisinin, V.V. Shcheglov, N.I. Kleymenov. Moscow, 2003, 456 p.
7. Nuzhny li analizy kormov po novym standartam [Whether fodder analyses under new standards are necessary]. URL: https://voshod-agro.ru/blog/detail/?ELEMENT_ID=50.
8. Cherney, D.J.R. 2000. Characterization of forages by chemical analysis. Ch. 14. In D.I. Givens, E. Owen, R.F.E. Axford & H.M. Ohmed, eds. *Forage evaluation in ruminant nutrition*, pp. 281–300. CABI Publishing, Wallingford, UK.
9. Ryadchikov V.G. Osnovy pitaniya i kormleniya sel'kohozyajstvennyh zhivotnyh [Fundamentals of farm animals nutrition and feedings]. Saint Petersburg, Lan Publ., 2015, 640 p.
10. Popov V.V. Ob «energeticheskoy kormovoj edinice» [About "energy feed unit"]. – *Kormoproizvodstvo* [Fodder production], 2006, no. 6, pp. 31–32.
11. Popov V.V. Sravnit' modeli [To compare patterns]. *Agrobiznes* [Agribusiness], 2020, no. 1, pp. 80–82.
12. Vorobiev E.S., Pahunova L.V., Tkachenko F.M., Titov V.S. Zavisimost' kachestva silosa ot uslovij vyrashchivaniya kormovoj kul'tury [Dependence of silage quality on fodder plants cultivation conditions]. *Himiya v sel'skom hozyajstve* [Chemistry in agriculture], 1973, no. 6, pp. 60–62.
13. Vorobiev E.S. Osobennosti pishchevareniya u skota pri ispol'zovanii kormov s vysokoudobrennyh zemel' [Digestion feature's at cattle fed high fertilized forages]. *Zootekhnika* [Zootechny], 1990, no. 4, pp. 41–44.
14. Zafren S.Ya. Tekhnologiya prigotovleniya kormov [Forages preparation technology]. Moscow, Kolos Publ., 1977, 240 p.
15. Kharitonov E.L. Fiziologiya i biohimiya pitaniya molochnyh korov [Physiology and biochemistry of dairy cows feeding]. Borovsk, Optima Press Publ., 2011, 372 p.
16. Ganushchenko O. Ocenka strukturnosti racionov [Assessment of structural properties of diets]. *Zhivotnovodstvo Rossii* [Animal husbandry in Russia], 2020, no. 1, January, pp. 59–61.