

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

М. В. Шупик

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИЛОСОВАНИЯ КОРМОВ

*Практическое пособие
для руководителей хозяйств, зоотехников, агрономов,
слушателей Института повышения квалификации
и переподготовки кадров*

Горки
БГСХА
2024

УДК 636.085.52(075.8)

ББК 45.45я73

Ш96

*Рекомендовано Научно-методическим советом
Института повышения квалификации и переподготовки кадров.
Протокол № 8 от 25 мая 2023 г.*

Автор:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *М. В. Шупик*

Рецензенты:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *В. И. Петренко*;
заместитель директора по животноводству
ОАО «Горецкое» *А. М. Греков*

Шупик, М. В.

Ш96 Теоретические основы силосования кормов : практическое пособие / М. В. Шупик. – Горки : БГСХА, 2024. – 48 с.
ISBN 978-985-882-477-8.

Изложена характеристика кормовых растений по их силосуемости, приведены основные факторы, влияющие на силосование, потери питательных веществ при силосовании, описано влияние консервирующих добавок на качество силоса. Рассмотрены вопросы силосования кукурузы, а также использования силоса в кормлении животных.

Для руководителей хозяйств, зоотехников, агрономов, слушателей Института повышения квалификации и переподготовки кадров.

УДК 636.085.52(075.8)

ББК 45.45я73

ISBN 978-985-882-477-8

© УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», 2024

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных путей снижения себестоимости и повышения рентабельности продуктов животноводства является удешевление производства кормов. Среди кормов с низкой себестоимостью особое место занимает консервированный корм – силос.

Консервирование зеленых кормов давно заняло важное место в системе кормопроизводства. Метод силосования – это способ консервирования корма для животных с использованием естественных биологических процессов, который позволяет независимо от влажности растений заготавливать и длительно сохранять необходимое количество ценного корма при минимальных потерях питательных веществ.

Силос – ценный корм для всех видов сельскохозяйственных животных. В структуре кормового рациона он составляет 40–45 % по питательности и является источником витаминов. В силосе при длительном хранении количество витаминов (D, E, B, P) и каротина почти не снижается, а в сене, травяной муке и других кормах их содержание уменьшается на 60–70 % и более. Хорошо приготовленный силос отличается высокой стойкостью при хранении, сохраняет кормовую ценность в течение нескольких лет и гарантирует обеспечение животных полноценными кормами.

Основное преимущество силосования состоит в том, что доброкачественный силос по своей питательной и биологической ценности почти не отличается от исходного материала. В силосованном корме содержание протеина, жира, клетчатки, минеральных веществ почти не изменяется, уменьшается лишь содержание сахара на 60–90 % и белка до 50 %. Сахар расходуется на образование органических кислот, а белок частично гидролизуется до полипептидов, аминокислот. Органические кислоты по своим энергетическим свойствам незначительно уступают простым сахарам, играют большую роль в обмене веществ и легко усваиваются животными, а образовавшиеся простые азотсодержащие соединения также хорошо используются микрофлорой рубца животных.

Силос высокого качества оказывает положительное влияние на продуктивность лактирующих коров, качество молока и молочных продуктов.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданов, Г. А. Сенаж и силос / Г. А. Богданов, О. Е. Привалов. – Москва : Колос, 1983. – 319 с.
2. Бойко, И. И. Консервирование кормов / И. И. Бойко. – Москва : Россельхозиздат, 1980. – 174 с.
3. Богданов, Г. А. Кормление сельскохозяйственных животных / Г. А. Богданов. – Москва : Агропромиздат, 1990. – 624 с.
4. Девяткин, А. Е. Рациональное использование кормов / А. Е. Девяткин. – Москва : Росагропромиздат, 1990. – 252 с.
5. Зельнер, В. Р. Кормосмеси силосно-сенажного типа для молочного скота / В. Р. Зельнер, Е. Г. Коноплев. – Москва : Россельхозиздат, 1975. – 160 с.
6. Мак-Дональд, П. Биохимия силоса / П. Мак-Дональд; пер. с англ. И. М. Спичкина; под ред. и с предисл. К. И. Каменской. – Москва : ВО «Агропромиздат», 1985. – 272 с.
7. Применение комплексной системы оценки кормов в растениеводстве / под общ. ред. В. В. Попова. – Москва : Колос, 1982. – 271 с.
8. Производство грубых кормов : в 2 кн. / под общ. ред. Д. Шпаара. – Торжок : ООО «Вариант», 2002 –
9. Шмидт, В. Производство силоса / В. Шмидт, Г. Веттерау; под ред. М. Т. Таранова. – Москва: Колос, 1975. – 352 с.
10. Таранов, М. Т. Биохимия кормов / М. Т. Таранов, А. Х. Сабиров. – Москва : ВО «Агропромиздат», 1987. – 222 с.
11. Таранов, М. Т. Химическое консервирование кормов / М. Т. Таранов. – Москва : ВО «Агропромиздат», 1990. – 142 с.
12. Щеглов, В. В. Корма. Приготовление, хранение, использование : справочник / В. В. Щеглов, Л. Г. Боярский. – Москва : ВО «Агропромиздат», 1990. – 254 с.

1. СИЛОСУЕМОСТЬ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ

Силос – это корм, который получен индустриально-биологическим способом консервирования зеленых растений, свежесобраных или провяленных до влажности 65–75 %, с химическими консервантами или без них.

В основе силосования лежит преимущественно молочнокислое брожение. Эффект консервирования заключается прежде всего в хранении корма без доступа воздуха и снижении величины рН благодаря молочнокислому брожению. Поэтому главной задачей при консервировании кормов является создание оптимальных условий для жизнедеятельности молочнокислых бактерий. Для защиты корма от доступа кислорода применяют следующее: используют специальные хранилища, проводят измельчение силосуемого материала, быструю и непрерывную закладку в хранилище, хорошее уплотнение и герметичное укрытие.

Однако многие виды силоса портятся, несмотря на быстрое заполнение хранилища и хорошую герметичность. В этих случаях причиной

бывает недостаточное снижение рН, в результате чего образуется масляная кислота.

Для силосования используют: растения, специально высеваемые для этой цели (кукурузу, подсолнечник, горох, люпин, бобово-злаковые смеси, злаковые травы, топинамбур и др.); все дикорастущие травы, за исключением вредных и ядовитых; ботву корнеплодов и картофеля; клубни картофеля, корнеплодов и бахчевых культур; остатки технических производств (свекловичный жом, хлебную и картофельную барду и др.).

Все кормовые растения в зависимости от химического состава и содержания сахара подразделяются на три основные группы: легкосилосующиеся, трудносилосующиеся и несилосующиеся (табл. 1).

Таблица 1. Силосуемость некоторых кормовых растений в зависимости от сахарного минимума, % (по Л. Л. Зубрилину и др.)

Растение	Стадии вегетации	Влажность	Сахарный минимум при коэффициенте 1,7	Фактическое содержание сахара	Избыток (+) или недостаток (-) сахара
1	2	3	4	5	6
Легкосилосующиеся растения					
Кукуруза	До появления початков	80	0,89	3,47	+2,58
	Образование початков	80	1,22	3,80	+2,58
	Молочная спелость	79	1,13	2,53	+1,40
	Восковая спелость	75	0,81	3,31	+2,50
Сорго	Восковая спелость	73	1,34	4,81	+3,47
Суданка	Выбрасывание метелки	80	1,00	1,85	+0,85
Джугара	Выбрасывание кистей	80	0,85	1,61	+0,76
Арбуз	Полная спелость	91	0,47	3,28	+2,81
Тыква	Полная спелость	91	0,79	1,80	+1,01
Капуста столовая	Во время уборки	87	0,55	2,91	+2,36
Капуста кормовая	Во время уборки	87	1,15	1,85	-0,70

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
Топинамбур	Полное цветение	67,5	1,32	6,30	+4,98
Овес зеленый	Выбрасывание метелки	68	1,85	3,47	+1,62
Подсолнечник	Цветение одной трети	87	1,59	1,92	+0,33
Конские бобы	Созревание бобов	80	1,17	2,66	+1,49
Горох	Полное цветение	76	1,37	2,03	+0,66
Пелюшка	Цветение	86	0,71	0,83	+0,12
Вика + овес	Цветение	75	2,00	2,00	+0,00
Амарант	Цветение	80	1,00	1,01	+0,01
Камыш	Выход в трубку	69	0,84	1,76	+0,92
	До цветения	68	0,57	0,58	+0,01
Тростник	До цветения	61	2,92	3,10	+0,18
Рапс озимый	До цветения	79	1,75	4,59	+2,84
Ботва кормовой свеклы	В период уборки	87	0,82	2,31	+1,49
Ботва столовой свеклы	В период уборки	87	0,91	2,09	+1,18
Ботва моркови	В период уборки	79	0,70	3,49	+2,79
Польнь прямостоячая	Бутонизация	62	1,03	3,40	+2,37
Чечевица	Полное цветение	81	0,70	1,09	+0,39
Лебеда	Созревание семян	74	0,23	0,62	+0,39
Луговая отава	Созревание семян	67	0,80	2,60	+1,80
Труднослисующиеся растения					
Донник белый	До цветения	77	2,47	1,77	-0,70
	Начало цветения	78	2,37	1,63	-0,74
	Полное цветение	76	2,51	1,54	-0,97
Донник желтый	Бутонизация	77	1,59	1,03	-0,49
Вика	До цветения	78	1,55	1,20	-0,35
Люцерна желтая	Образование семян	76	1,18	0,98	-0,90
Тростник	Выход в трубку	61	2,26	1,33	-0,93
Люпин синий	Начало цветения	83	1,73	1,64	-0,09

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
Клевер красный	Начало цветения	78	1,25	0,90	-0,35
Клевер белый	Образование головок	76	1,83	1,39	-0,44
Амарант	Конец цветения	79	1,55	1,14	-0,41
Осока болотная	Конец цветения	66	3,27	2,62	-0,65
Камыш	Начало цветения	69	0,68	0,60	-0,08
Лебеда	Полное цветение	78	0,87	0,53	-0,34
Польнь полевая	Образование бутонов	62	1,29	1,25	-0,04
Могар	Восковая спелость	74	2,45	1,55	-0,090
Несилосующиеся растения					
Крапива	До цветения	76	1,75	1,09	-0,66
Люцерна	Бутонизация	76	1,39	0,37	-1,76
Чина	Цветение	60	2,24	1,58	-0,66
Тростник	Выход в трубку	61	0,94	0,80	-0,14
Сорго красное	До выбрасывания метелки	70	1,90	1,59	-0,31
Лебеда	Начало цветения	78	1,07	0,24	-0,83
Мята	Полное цветение	60	0,91	0,89	-0,02
Куриное просо	Полное цветение	60	3,08	0,42	-2,66
Ботва дыни	Период уборки плодов	90	2,16	0,77	-1,39
Ботва арбуза	Период уборки плодов	90	1,84	0,74	-1,10
Ботва помидоров	Период уборки плодов	85	0,75	0,58	-0,17
Ботва тыквы	Период уборки плодов	90	1,81	0,17	-1,64
Ботва картофеля	Полное цветение	78	0,79	0,54	-0,25

Растения, у которых фактическое содержание сахара выше необходимого сахарного минимума, относятся к легкосилосующимся.

Трудносилосующиеся – растения, у которых величина сахарного минимума выше, чем фактическое содержание сахара, но этого количества достаточно для необходимого подкисления среды и сохранности корма.

Несилосующиеся – растения, которые содержат значительно меньше сахара, требующегося для обеспечения необходимого сахарного минимума.

Под сахарным минимумом понимают такое количество сахара в силосуемой массе, которое обеспечивает образование органических кислот (молочной и уксусной) до величин, обеспечивающих после преодоления буферной емкости подкисление среды до pH 4,2.

2. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ СИЛОСОВАНИИ

При силосовании зеленых кормов в хранилище попадает большое количество эпифитной микрофлоры, видовой состав которой разнообразен и зависит от вида сырья, времени года, погоды, степени загрязненности и других факторов.

В ходе брожения происходят количественные и качественные изменения популяции микробов. Смена популяции микробов вследствие изменения субстрата происходит в процессе брожения несколько раз.

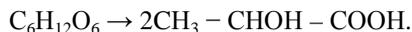
В зависимости от потребности в кислороде различают три группы микроорганизмов: облигатные аэробы, факультативные аэробы и облигатные анаэробы. Первые могут существовать и размножаться при доступе воздуха, вторые – при доступе воздуха и без него и третьи – без доступа воздуха.

Для управления микробиологическим процессом силосования кормов необходимо знать не только характеристику сырья, но и условия развития в нем различных типов микроорганизмов.

2.1. Молочнокислые бактерии

Среди молочнокислых бактерий различают гомоферментативные и гетероферментативные.

Гомоферментативные бактерии особенно желательны в силосе, поскольку они превращают сахар в молочную кислоту:



Для этой реакции характерны небольшие потери энергии (потери энергии при гетероферментативных процессах в 4–5 раз выше). Однако надо иметь в виду, что эти бактерии превращают в молочную кислоту не весь сахар, а только его часть (около 70–80 %), а остальной

сахар расходуется на образование уксусной кислоты, спирта и углекислого газа.

Гетероферментативные молочные бактерии, которые образуют из сахара молочную кислоту, а также большое количество уксусной кислоты и спирта, в силосе менее желательны.

Сбраживание сахара происходит по следующей формуле:



Образование углекислого газа, который потом улетучивается из хранилища, ведет к большим потерям питательных веществ и энергии.

Молочнокислые бактерии относятся к факультативным анаэробным микроорганизмам, которые могут существовать и размножаться как при доступе кислорода, так и без него. Различают мезофильные и термофильные молочнокислые бактерии. Оптимальные температуры для размножения мезофильных (холодолюбивых) бактерий колеблются от 15 до 30 °С. При таком брожении потери питательных веществ незначительны. Если температура опускается ниже 15 °С, то образование молочной кислоты замедляется.

Оптимум температуры для термофильных (теплолюбивых) молочнокислых бактерий находится на уровне 40–50 °С. Потери питательных веществ при «горячем» брожении значительны.

Следовательно, молочнокислые бактерии обладают следующими особенностями:

- являются факультативными анаэробами;
- для процессов брожения используют в основном углеводы (сахар, крахмал);
- белок разлагают в небольшом количестве;
- optimum активности одних форм (мезофильных) – 15–30 °С, других (термофильных) – 40–50 °С;
- выдерживают кислотность до pH 3,5;
- оптимальные реакции протекают в слабокислой среде (pH 6,0–6,5).

2.2. Ненастоящие молочнокислые бактерии

Ненастоящие молочнокислые бактерии также образуют молочную кислоту, но в меньшем количестве по сравнению с настоящими. Эта

группа микроорганизмов может развиваться без кислорода, выделяя при этом большое количество углекислого газа; в его присутствии, но при pH ниже 4,5 такие микроорганизмы приостанавливают свое развитие. Оптимальная температура размножения – 27–35 °С. Если pH в силосной массе не снижается ниже 4,5, то ненастоящие молочнокислые бактерии начинают разлагать белок. При этом выделяется аммиак, который обладает буферным свойством, и pH возрастает. Интенсивным молочнокислым брожением можно значительно снизить активность этой группы бактерий, но полностью исключить ее невозможно.

2.3. Маслянокислые бактерии

Маслянокислые бактерии в силосе – самые опасные конкуренты молочнокислых бактерий. Они попадают в силосуемый материал в виде спор. Подобно молочнокислым бактериям, маслянокислые бактерии сбраживают сахар. Для своего развития они используют также крахмал и молочную кислоту. При этом происходят большие потери энергии. Конечными продуктами брожения являются масляная кислота, углекислый газ и водород, а также уксусная и муравьиные кислоты, спирты, ацетон. Этот вид брожения протекает по следующей схеме:



В результате брожения величина pH возрастает и качество силоса ухудшается. Порча силоса ускоряется вследствие появления сильнощелочного продукта распада белка – аммиака.

Потери белка в силосе, содержащем масляную кислоту, невелики, однако образовавшийся аммиак снижает его кислотность, что ведет к образованию гнилостных бактерий и загниванию силоса.

Маслянокислые бактерии являются теплолюбивыми, и при температуре 30–40 °С активность их обмена высокая, а при температуре выше 45 °С они уже не могут существовать. Маслянокислые бактерии более чувствительны к кислотности, что имеет большое значение при силосовании. При кислотности среды 4,2 они не способны развиваться (оптимум их развития находится в интервале pH от 4,2 до 6,5).

В зависимости от потребности в кислороде этот вид бактерий относится к облигатным анаэробам. Это значит, что хорошей трамбовкой и герметизацией силосной массы невозможно помешать развитию мас-

лянокислых бактерий. Предотвратить образование масляной кислоты в силосе можно путем быстрого повышения кислотности до pH 4,2 или содержания сухого вещества до 50 %.

Чем выше содержание сухого вещества в корме, тем меньше надо подкислять среду для подавления жизнедеятельности маслянокислых бактерий. Величина pH, при которой прекращается рост бактерий, называется критической величиной pH (табл. 2).

Таблица 2. Зависимость критической величины pH от содержания сухого вещества

Сухое вещество, г/кг	150	200	300	350	400	500
Критический показатель pH	4,1	4,2	4,45	4,6	4,75	5,0

2.4. Гнилостные бактерии

В силосах с сильно развитым маслянокислым брожением и связанным с этим повышением pH создаются хорошие условия для развития гнилостных бактерий. Эти бактерии разлагают прежде всего белок, а также углеводы и молочную кислоту.

Гнилостные бактерии могут развиваться только в аэробных условиях при pH свыше 5,5. Гниение означает, что в силосохранилище поступает кислород. Поэтому хорошая трамбовка массы и герметично закрытое силосохранилище не создают условий для развития гнилостных бактерий.

2.5. Уксуснокислые бактерии

Уксуснокислые бактерии относятся к облигатным аэробам. Присутствующая в силосе уксусная кислота является продуктом жизнедеятельности ненастоящих молочнокислых бактерий.

Уксуснокислые бактерии, используя кислород, окисляют жидкости, содержащие спирт, до уксусной кислоты:



Образование уксусной кислоты бактериями сопровождается потерей 35–40 % энергии. Этот вид брожения интенсивно протекает лишь при доступе кислорода, поэтому чем меньше уксусной кислоты в силосе, тем он лучшего качества.

2.6. Плесневые грибы

Плесневые грибы являются облигатными аэробными микроорганизмами, которые препятствуют размножению молочнокислых бактерий или полностью прекращают процесс брожения.

Плесневые грибы являются конкурентами молочнокислых бактерий. Они используют для своего питания углеводы и тем самым лишают молочнокислые бактерии части необходимой энергии, разлагают молочную, уксусную и другие кислоты и таким образом сильно подщелачивают корм.

Плесневые грибы устойчивее молочнокислых бактерий в отношении кислотности, поскольку выдерживают рН среды 1,2–1,6. Но при полной герметизации они прекращают свое существование.

2.7. Дрожжи

Отрицательно на силосование и силос действуют дрожжи, поскольку они кислотоустойчивы и могут выдерживать рН среды 2,5–3,0. Оптимальная температура для их развития – 25–30 °С. Для жизнедеятельности дрожжей требуются примерно такие же условия, как и для молочнокислых бактерий.

Дрожжи – факультативные анаэробы. Они могут существовать как при наличии кислорода, так и при его отсутствии. Но при хорошей герметизации силосной массы развитие дрожжевых грибов подавляется молочнокислыми бактериями.

Попадая в силосохранилище, дрожжи разлагают углеводы с образованием спирта, углекислоты и органических кислот:



Содержание спирта в хорошем силосе не должно превышать 0,3 %, но при большом количестве сахара в исходном корме (сахарная свекла, кукуруза) оно может подняться до 4 % и более. Такой силос имеет сильный спиртовой запах. Дрожжи также вырабатывают и другие ароматические вещества (амиловый спирт, уксусную, янтарную кислоты), которые улучшают запах и вкус силоса.

Основной недостаток дрожжей – разложение молочной кислоты. Интенсивное размножение дрожжей в силосе означает значительные потери углеводов, белков, молочной кислоты, а также снижение качества корма.

Следовательно, для стимулирования молочнокислого брожения в силосохранилище необходимо:

- быстро удалить имеющийся кислород;
- сохранить оптимум температуры в рамках развития холодных форм молочнокислых бактерий;

- быстро снизить рН свежего растительного сырья, которое в начале имеет рН около 6,5;
- обеспечить герметичное укрытие силоса.

2.8. Фазы силосования

В процессе созревания силоса развитие всех видов микроорганизмов протекает неравномерно и зависит от срока и условий силосования. В этой связи академик Е. Н. Мишустин условно разделил микробиологический процесс на несколько фаз.

Первая фаза – фаза развития смешанной микрофлоры. Эта фаза начинается с момента заполнения хранилища и заканчивается созданием анаэробных условий в силосуемой массе и небольшим ее подкислением. Данная фаза характеризуется интенсивным развитием всего разнообразия микроорганизмов, внесенных с кормом в хранилище. Клетки растений продолжают дышать, а, исчерпав запас кислорода, – отмирают.

В этой фазе одновременно с развитием молочнокислых бактерий и дрожжей создаются благоприятные условия для размножения нежелательных аэробных форм (гнилостных бактерий и плесени). Возбудители маслянокислого брожения развиваются медленно из-за отсутствия аэробных условий.

При длительных сроках закладки и отсутствии хорошей трамбовки силосной массы первая фаза брожения бывает довольно продолжительной, что приводит к повышению потерь и снижению качества силоса. При повышении температуры силосной массы свыше 40 °С белки вступают в реакцию с сахарами, в результате чего образуется сложный и стойкий комплекс, белки которого не перевариваются животными.

При быстром заполнении силосохранилища и хорошем уплотнении массы преимущество в развитии получают молочнокислые бактерии. Это приводит к сокращению фазы смешанного брожения.

Вторая фаза характеризуется бурным развитием молочнокислых бактерий. Этому способствует создание анаэробных условий. Образуется большое количество молочной кислоты и небольшое количество уксусной кислоты и спирта. Происходит снижение рН до 4,2, что сильно угнетает жизнедеятельность нежелательных бактерий. В зависимости от внешних условий длительность этой фазы составляет от одной до двух недель. Данную фазу называют периодом основного брожения.

Третья фаза силосования связана с постепенным отмиранием молочнокислых бактерий, погибающих в продуктах собственного метаболизма (органических кислотах). Происходит снижение рН до 4,0–4,2. К концу этой фазы процесс брожения заканчивается, корм готов к использованию.

В хорошем силосе свободная молочная кислота преобладает над уксусной при соотношении (%) 70–75:30–25. Масляная кислота отсутствует.

При силосовании сахаристых кормов дрожжи могут сбраживать остаточный сахар до этилового спирта. Этот процесс может заканчиваться через несколько недель или продолжаться до конца срока хранения.

3. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕСС СИЛОСОВАНИЯ

3.1. Химический состав кормов

Пригодность кормовых растений к силосованию в значительной степени зависит от их химического состава. Важнейшими показателями для сбраживаемости является содержание сахара, сухого вещества и буферная емкость.

Содержание сахара в отдельных кормах колеблется в широких пределах (табл. 3). Растения на ранних стадиях вегетации содержат меньше сахара, а солнечная инсоляция приводит к его увеличению. По мере увеличения содержания сахара силосуемость корма улучшается. Однако при очень высоком содержании сахара (сахарная свекла) отмеченная закономерность не подтверждается. При силосовании сахарной свеклы начинается спиртовое брожение. При оптимальном содержании сахара интенсивное молочнокислое брожение приводит к образованию большого количества органических кислот (в основном молочной), которое необходимо для подкисления корма до рН 4,0–4,2. Силосуемость корма зависит не только от содержания сахара, но в равной степени важна и буферность растений, которая определяется содержанием сырого протеина, минеральных веществ со щелочными свойствами и степенью загрязненности корма. Чем выше буферная емкость, тем хуже силосуемость растений. Буферная емкость определяется количеством молочной кислоты, которое необходимо для подкисления массы до рН 4,0–4,2. Она указывается в граммах молочной кислоты на 1 кг сухого вещества.

Таблица 3. Содержание сахара и сырого протеина, буферная емкость и сахарный минимум в важнейших кормовых культурах

Растения и стадии их вегетации	Сахар, % СВ	Сырой протеин, % СВ	Сахарный минимум, % СВ	Буферная емкость, % молочной кислоты в СВ	Отношение сахар: буферная емкость (С:БЕ)
1	2	3	4	5	6
Кукуруза:					
молочная спелость	18,6	8,3	4,2	3,6	5,2
молочно-восковая	13,9	7,6	4,1	3,5	4,0
восковая	11,3	8,1	4,1	3,4	3,3
Вико-овсяная смесь:					
бутонизация	10,0	13,7	11,5	6,8	1,5
цветение	8,5	13,1	9,9	5,8	1,5
зеленый боб	8,3	10,5	8,6	5,1	1,6
Люпино-овсяная смесь:					
бутонизация	9,3	17,0	12,4	7,3	1,3
цветение	8,7	14,9	15,0	8,8	1,0
зеленый боб	7,2	11,8	16,0	9,4	0,8
Рожь на зеленый корм	7,0	14,0	9,3	5,5	1,3
Овес на зеленый корм	15,0	10,0	7,6	4,5	3,3
Ежа сборная:					
колошение	3,4	12,8	4,0	2,3	1,4
начало цветения	4,5	12,3	4,6	2,7	1,7
полное цветение	4,5	11,0	2,8	1,6	2,7
Тимофеевка луговая:					
колошение	3,8	12,5	2,8	1,6	2,4
начало цветения	5,5	11,0	1,7	1,0	5,5
полное цветение	5,8	10,0	1,6	0,9	6,4
Овсяница луговая:					
колошение	3,2	15,0	3,0	1,8	1,8
начало цветения	3,4	12,0	2,5	1,5	2,3
полное цветение	3,5	9,1	2,4	1,4	2,5
Райграс однолетний:					
колошение	3,5	19,5	3,0	1,8	1,9
начало цветения	3,6	18,1	2,6	1,5	2,4
полное цветение	3,7	14,1	2,2	1,3	2,8
Клевер красный:					
бутонизация	1,9	24,0	5,4	3,2	0,6
начало цветения	2,0	17,0	4,7	2,8	0,7
конец цветения	3,1	12,0	3,0	1,8	1,7
Клеверо-тимофеечная смесь:					
бутонизация	2,0	18,0	3,7	2,2	0,9
начало цветения	3,9	14,5	2,6	1,5	2,6
конец цветения	4,2	13,1	1,9	1,1	3,8

1	2	3	4	5	6
Люцерна синяя:					
бутонизация	4,2	25,0	5,2	3,1	1,3
начало цветения	4,0	21,0	4,7	2,8	1,4
конец цветения	4,0	20,0	3,0	1,8	2,2

Для определения возможной степени подкисления необходимо учитывать оба показателя – содержание сахара и буферную емкость.

Буферная емкость различных растений колеблется в очень широких пределах, как и содержание сахара (табл. 3). Для снижения pH до определенного уровня потребуются тем больше сахара, чем выше буферная емкость материала. Поэтому для оценки сбраживаемости (потенциала подкисления) кормовых растений используют отношение между содержанием сахара и буферной емкостью (С/БЕ):

$$\text{Отношение С/БЕ} = \frac{\text{Содержание сахара (г/кг СВ)}}{\text{Буферная емкость (г молочной кислоты/кг)}}$$

Для полного превращения сахара в молочную кислоту без потерь, согласно определению, достаточно было бы отношения С/БЕ = 1, чтобы обеспечить необходимое подкисление. Но из-за процессов дыхания и образования уксусной кислоты и спирта при силосовании часть сахара всегда расщепляется и не участвует в образовании молочной кислоты. Поэтому отношение С/БЕ в среднем должно быть значительно больше 1.

Для оценки силосуемости важную роль играет содержание сухого вещества. Если содержание сухого вещества в корме составляет 30 % и более, то успешно силосуются и трудносилосующиеся растения. Чтобы в силосе не происходило маслянокислого брожения, в силосной массе должно быть определенное количество сухого вещества. Между содержанием сухого вещества и степенью подкисления существует тесная связь. Степень подкисления при определенном содержании сухого вещества зависит от отношения сахар:буферная емкость. Чтобы брожение в силосе происходило в нужном направлении, отношение С/БЕ должно быть выше, а содержание сухого вещества – ниже.

Для каждого отношения С/БЕ можно указать содержание сухого вещества, необходимого для получения качественного силоса без масляной кислоты (табл. 4). Если эти величины не соблюдаются, то рассчитывать на получение хорошего силоса не приходится.

Таблица 4. Минимальное содержание сухого вещества (СВ) в зависимости от отношения С/БЕ в кормах, г/кг

Отношение С/БЕ (x)	4,0	3,8	3,5	3,0	2,7	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3
Содержание СВ (У)	130	150	170	210	230	250	290	330	370	410	430

Минимальное содержание сухого вещества (У) в процентах в зависимости от отношения сахар:буферная емкость (x) выражается уравнением $У = 45 - 8x$.

Если в зеленом корме фактическое содержание сухого вещества не достигает минимальной величины, это не гарантирует получения качественного силоса.

Если партия зеленого корма в естественном состоянии не силосует, то есть две возможности придать процессу брожения желательное направление. Это проявление зеленого корма и применение консервирующего средства.

Отношение С/БЕ в силосуемом материале во время подвяливания в поле в сухую погоду практически не меняется. Но если корм лежит более двух суток в дождливую погоду не высыхая, то часть сахара теряется, что влечет за собой уменьшение отношения С/БЕ, и поэтому предъявляются более высокие требования к минимальному содержанию сухого вещества. Так как в таких условиях нельзя достичь необходимой степени проявлявания корма, лучше своевременно собрать валки и засилосовать корм с применением консервирующих добавок.

Зеленый корм первого укоса (весеннего отрастания), особенно злаковых трав, всегда богаче сахаром, чем последующие (летние и осенние) укосы.

Азотные удобрения существенно изменяют силосуемость. По мере увеличения дозы азота снижается отношение С/БЕ и содержание сухого вещества.

Стадия вегетации также влияет на силосуемость. По мере физиологического созревания растений содержание сухого вещества увеличивается, но из-за высокого содержания сырой клетчатки силосовать их нельзя, так как питательность корма будет низкой.

3.2. Проявление трав

Подвяливание скошенной зеленой массы трудносилосующихся культур увеличивает содержание сухого вещества до уровня, который повышает активность обменных процессов при брожении, понижает

распад питательных веществ, особенно протеина, уменьшает вытекание сока, в результате чего снижаются потери питательных веществ, оказывает селективное бактериостатическое действие на микрофлору корма.

При содержании в силосуемой массе сухого вещества свыше 30 % достигается достаточно высокое осмотическое давление, которое не позволяет развиваться маслянокислым бактериям. Сосущая сила бактерий составляет 50–52 атм. Но при снижении влажности сырья вододерживающая сила клеток с 21–27 атм при влажности 75–80 % возрастает до 50–62 атм при 55%-ной влажности. При влажности 50–55 % молочнокислые бактерии сохраняют жизнедеятельность и могут развиваться, а плесени, имеющие сосущую силу 220–295 атм, размножаются только при доступе кислорода. Их рост и развитие можно приостановить хорошим уплотнением и герметизацией силосной массы.

Чем больше в массе содержится сухого вещества, тем меньше сахара используется на подкисление корма. Значительное влияние на качество силоса и величину потерь питательных веществ оказывает продолжительность подвяливания. Чем продолжительнее срок пребывания скошенной травы в поле, тем больше потери, особенно сахара (табл. 5).

Таблица 5. Влияние продолжительности провяливания травы на качество корма (по Рюхеру)

Показатели	Продолжительность провяливания, сут			
	0	3	6	9
Сахар (г/кг СВ)	134	111	89	74
С/БЕ	3,3	2,6	1,7	1,5
СВ мин. (г СВ/кг корма)	190	240	310	330

При провяливании зеленой массы в течение 1–2 сут снижение отношения С/БЕ незначительное, но после 3-суточного провяливания отношение С/БЕ резко снижается. Период подвяливания трав должен составлять 2–3 сут. Значительно сокращает продолжительность сушки трав плющение. Оно ускоряет сушку бобовых и злаковых трав в 2,2 раза.

Продолжительность провяливания силосной массы оказывает отрицательное влияние также на переваримость и питательность корма (табл. 6).

**Таблица 6. Переваримость и питательность силоса из клевера
в зависимости от сроков подвяливания (по В. В. Щеглову)**

Показатели	Продолжительность проявления, ч	
	24	60
Количество сухого вещества в силосе, %	30,5	35,3
Переваримость, %:		
сухого вещества	61,3	56,2
органического вещества	62,3	57,7
сырого протеина	64,2	47,7
жира	66,7	49,5
клетчатки	63,8	58,1
БЭВ	59,3	61,8
Содержится в 1 кг сухого вещества:		
корм. ед., кг	0,75	0,68
пер. протеина, г	95,0	71,0

Очень сильное снижение переваримости сырого протеина (свыше 40 %) отмечено при 60-часовом подвяливании. Учитывая величину потерь питательных веществ в процессе брожения длительно проявленных трав и пониженную переваримость кормов, не всегда целесообразно подвяливать корм до влажности 50–60 %.

При кормлении животных силосом из подвяленных трав увеличивается количество сухого вещества, суточное потребление которого повышается до 2 кг в том случае, если его содержание в силосе не превышает 40 %.

Силосование подвяленного сырья имеет ряд преимуществ по сравнению с заготовкой силоса из свежескошенных трав:

- снижаются затраты на перевозку сырья (при подвяливании до 30–35 % сухого вещества каждая 1000 т силосованной массы становится легче на 400–450 т);

- лучше используется объем хранилища (в 1 м³ хранилища можно поместить на 15–20 % больше корма);

- в силосе улучшается отношение аммиачного азота к общему (при подвяливании корма с 20 до 32 % сухого вещества аммиачного азота содержится 13,4 % от общего по сравнению с 17 % в корме из свежескошенной массы), а содержание молочной кислоты (на сухое вещество) в подвяленной массе составляет 9 % против 2,2 % в свежескошенной;

- увеличивается содержание сырого протеина (14,5 % по сравнению с 12,6 % в свежескошенной массе), меньше клетчатки (25,5 % против 27,4 %);

- улучшаются вкусовые качества силоса.

3.3. Измельчение и уплотнение массы

Обе эти операции представляют собой важные технологические моменты, определяющие в конечном итоге продолжительность аэробных процессов в хранилище и создающие оптимальные условия для интенсивного развития желательной микрофлоры.

Измельчение массы способствует быстрому выделению сока, содержащего сахар. При силосовании измельченного корма выделение сока через поверхность механически разрушенных клеток приводит к более полному вытеснению воздуха.

Количество соковыделения из силосной массы зависит от степени ее измельчения. Величина рН в силосе из мелкоизмельченной массы снижается значительно быстрее и до более низкого значения, чем в силосе из целого растения. Злаковые травы (особенно травы с низким содержанием сахара) в неизмельченном виде плохо силосуются, а в измельченном – хорошо. Длина резки должна изменяться в зависимости от вида растений, влажности корма, техники загрузки, раздачи и выемки корма. В кукурузном силосе, например, она должна составлять при 33%-ном содержании сухого вещества 1,5–2 см, при 40%-ном – 0,8–1,0 см. При влажности 60–70 % растения измельчают длиной 2 см, при 70–80 % – 5–7, а при 80–85 % – 8–10 см.

Повышение потерь питательных веществ при мелком измельчении высоковлажного корма (до 20 % сухого вещества) объясняется не только потерями сока, но и характером бродильных процессов.

Правильное измельчение силосуемой массы в значительной мере способствует лучшему ее уплотнению и быстрому вытеснению оставшегося воздуха. В результате сокращаются потери питательных веществ, связанные с дыханием растительных клеток и жизнедеятельностью аэробных микроорганизмов. При достаточном уплотнении аэробное дыхание растительных клеток прекращается через 10–12 ч. Недостаточное уплотнение приводит к сильному разогреванию корма, что ведет к дополнительным потерям питательных веществ, а также к снижению переваримости органического вещества и сырого протеина.

При силосовании сырья с высоким содержанием сухого вещества потери питательных веществ и качество корма находятся в прямой зависимости от степени уплотнения массы (такой зависимости не наблюдается в силосной массе высокой влажности). Чем больше в растениях содержится сухого вещества и клетчатки, тем сложнее обеспечить нужную плотность силосуемой массы. Трамбовкой силоса определяется его уплотнение и глубина проникновения воздуха (табл. 7),

а от содержания воздуха зависит развитие дрожжей, плесеней и потери при хранении и выгрузке (табл. 8).

Таблица 7. Поступление воздуха в силос в зависимости от плотности его сложения (по Вайсу)

Плотность сложения, кг СВ/м ³	Глубина поступления воздуха, см
120	50–100
150	45–80
180	30–60
210	25–40
240	20–30
270	15–20

Таблица 8. Влияние плотности сложения кукурузного силоса (СВ = 30 %) на потери нетто-энергии, % (по Хертвигу)

Плотность сложения, кг СВ/см ³	150	180	210	240
Потери нетто-энергии, %	10,0	8,5	7,0	5,5

Снижения потерь питательных веществ при силосовании высоко-влажного сырья и повышения качества силоса можно также достичь за счет увеличения длины резки, умеренного уплотнения и ограничения высоты закладываемого силоса в траншею.

В зависимости от качества уплотнения, содержания воздуха в разных слоях и заселения дрожжами стабильность силоса различна. Верхний слой силоса вследствие меньшего уплотнения и большого доступа воздуха быстрее портится, а внутренняя и нижняя части его лучше уплотнены, и стабильность силоса здесь выше.

3.4. Продолжительность закладки и температура

При силосовании кормов важным технологическим приемом является быстрая закладка сырья в хранилище и тщательное его укрытие.

Закладка силоса в хранилище должна продолжаться не более трех-четырех дней, а укрытие массы при хорошей трамбовке должно быть осуществлено в первые 6–10 ч после заполнения траншеи. При длительном заполнении силосохранилищ, недостаточном уплотнении силосная масса успевает «загореться» до высоких температур, потери углеводов, а следовательно, и энергии значительно возрастают, кроме того, могут расходоваться и другие питательные вещества (белки, жиры).

Температура силосованной массы служит индикатором интенсивного дыхания клеток. Чем выше температура, тем интенсивнее идет дыхание и тем больше потери питательных веществ. Микроорганизмы по их способности существовать при разных температурах делятся на три группы: холодолюбивые, которые размножаются в интервале температур от 10 до 30 °С; мезофильные – при температуре 30–50 °С и теплолюбивые – от 45 до 65 °С.

Молочнокислые бактерии при температуре 30 °С размножаются быстрее, чем при температуре 15 °С. Но наиболее активно размножение их и процессы обмена протекают в силосе при температуре около 37 °С (табл. 9).

Таблица 9. Количество микроорганизмов и величина рН при различных температурах брожения кукурузы (по Мишустину)

Температура брожения кукурузы, °С	Численность микроорганизмов на 1 т кукурузы	рН силоса
15	Не определяли	5,8
27	630 000	4,8
37	800 000	4,9
49	100 000	5,8
56	10 000	6,3

Как видно из данных табл. 9, численность всех микроорганизмов максимальна при температуре 37 °С, а наиболее интенсивно молочнокислое брожение протекает при температуре 27 °С, значение рН при этом соответствует 4,8.

Молочнокислые бактерии приспосабливаются к разным температурам силоса. Для одних молочнокислых бактерий оптимальная температура колеблется от 15 до 30 °С (холодное брожение), другие же размножаются при температуре от 45 до 65 °С (горячее брожение). При температуре от 30 до 45 °С также возможно молочнокислое брожение, но в силосе наиболее желательно холодное брожение в интервале температур от 10 до 30 °С.

При силосовании кормов в летние месяцы происходит тепловое брожение, которое протекает при температуре от 30 до 45 °С и значительно ухудшает качество силоса из свежей массы и повышает потери. Повышение температуры не вызывает существенных изменений в силосе из подвяленного материала, так как размножение микроорганизмов и разложение питательных веществ в таком силосе происходят медленно. Силос, приготовленный по горячему способу, богат споро-

образующими микробами и отличается повышенным содержанием уксусной, а также масляной кислот, имеет более темную бурю окраску и специфический запах.

При высоком нагреве происходит снижение качества азотной части корма. Установлено, что переваримость сырого протеина в таком силосе снижается до 17 %, а белка – до нуля.

В зеленом корме при температуре самосогревания выше 55 °С и влажности менее 70 % углеводы вступают в реакцию с фракциями белка в соотношении 1:1, превращаясь в нерастворимое вещество темного оттенка – кислотно-нерастворимый протеин (по Ван Соесту). В результате такой протеин не усваивается животными и снижаются общие коэффициенты переваримости. Горячее силосование применяется лишь для грубых кормов, так как высокая температура способствует их размягчению.

Окончательно уплотненная силосная масса должна выступать над стенами траншеи примерно на 30–40 см. Укрывают массу полимерной пленкой, которую хорошо заделывают у стен траншеи, затем по всей поверхности присыпают слоем земли или торфа (10–20 см). Силос готов к скармливанию животным через 45–60 дней.

4. ПОТЕРИ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ СИЛОСОВАНИИ

При строгом соблюдении технологических требований при заготовке силоса потери питательных веществ могут составлять 15–25 %, а при нарушении – более 50 %.

Потери питательных веществ, возникающие при силосовании, складываются из следующих видов.

Полевые потери. Во время уборки и подвяливания зеленой массы в поле возникают механические потери из-за осыпания частиц растений при ворошении и подборе валков, погрузке в транспортные средства.

В дождливую погоду происходит вымывание питательных веществ, особенно сахара и калия, что ведет к снижению силосуемости травы и переваримости органического вещества корма. В свежескошенной зеленой массе до силосования потери составляют 1–2 %.

Уровень потерь в поле в первый день провяливания корма зависит от вида кормовых культур и температуры воздуха (табл. 10).

Таблица 10. Потери сухого вещества в первый день провяливания, %

Содержание сухого вещества в корме, %	Температура воздуха, °С			
	10	15	20	25
20	3,5	4,0	5,5	6,5
30	2,0	3,0	3,0	4,5
40	1,5	2,0	2,5	3,0
50	1,0	1,5	2,0	2,5

Кроме того, при провяливании возникают биологические потери из-за дыхания растительных тканей и жизнедеятельности микробов, которые зависят от продолжительности и условий провяливания. Чем дольше корм лежит в поле, тем больше возрастают потери из-за процессов дыхания (табл. 11).

Таблица 11. Полевые потери сухого вещества в зависимости от продолжительности подвяливания зеленой массы, %

Содержание сухого вещества, %	Время провяливания, сут				
	0	1	2-3	4-5	Более 5
25	2	7	10	14	20
35-50	-	-	7	12	18
Более 50	-	-	7	11	17

Не следует подвяливать корм дольше, чем это необходимо. При его подвяливании до содержания сухого вещества свыше 50 % возрастают потери вследствие обламывания листьев и тонких веток.

В табл. 12 приведены общие потери сухого вещества вследствие дыхания, вымывания, обламывания при уборке и транспортировке.

Таблица 12. Полевые потери при подвяливании (по Вейсбаху)

Состояние исходного материала	Содержание сухого вещества, %	Потери сухого вещества, %	
		в хорошую погоду	в плохую погоду
Свежий	15-19	-	-
Слабо подвяленный	20-29	2	4
Средне подвяленный	30-39	3	8
Сильно подвяленный	>40	5	13

Потери при брожении. Быстрое заполнение силосохранилища и хорошее уплотнение позволяют сократить время, в течение которого происходят значительные потери питательных веществ. Согласно данным Циммера, в хорошо уплотненном силосохранилище потери из-за дыхания прекращались через 3 ч, а в недостаточно уплотненном потери происходили в течение 3 сут.

Потери при брожении возникают в результате остаточного дыхания растительных клеток и образования бродильных газов (табл. 13).

Таблица 13. Потери сухого вещества при дыхании и образовании газов т. е. потери брожения, в процентах от сухого вещества сырья (по Циммеру)

Успешность силосования, баллов	Содержание сухого вещества в силосной массе, %							
	12	14	16	20	25	30	35	>40
Хорошее	10	9	8	7	6	6	5	4
Среднее	12	11	10	9	8	8	7	6
Плохое	20	18	16	13	12	11	10	8

Непрерывное заполнение силосохранилища позволяет уменьшить образование газов. Потери сухого вещества вследствие угара при быстром заполнении (в течение 2 сут) свежей массой составляют менее 9 %, подвяленной – менее 5 %. Соответственно эти показатели при растянутом сроке закладки (более 2 сут) составляют 13 и 9 %.

Размеры потерь брожения зависят от содержания сухого вещества в силосуемой массе, а также от вида брожения. Однако независимо от того, каким было брожение, потери значительно уменьшаются по мере увеличения содержания сухого вещества в силосованном корме. При маслянокислом брожении сильно увеличивается выделение газов.

Потери с силосным соком. Количество питательных веществ, которое теряется с силосным соком, в основном зависит от содержания сухого вещества в исходном материале и от величины уплотнения. Если силосная масса в хранилище будет иметь содержание сухого вещества более 30 %, то при желательном ходе брожения сок почти не образуется (табл. 14).

Таблица 14. Потери сухого вещества с силосным соком, %

Содержание сухого вещества в силосном материале, %	Высота силосохранилища, ч				Высота башни, м		
	2	3	4	5	14	16	18
12	11	12	14	15	19	20	20
14	9	11	12	13	18	18	19
16	8	9	11	12	16	17	17
20	5	6	7	8	12	13	14
24	1	3	4	5	9	10	11
26	0	1	2	3	8	8	9
28	–	0	1	2	6	7	7
30	–	–	0	0	4	5	6
34	–	–	–	–	1	2	2
38	–	–	–	–	0	0	0

Таким образом, с увеличением содержания сухого вещества в силосной массе образование силосного сока уменьшается. Установлено, что из 1 т зеленой массы при влажности более 85 % может выделиться 250–450 кг сока, при влажности 80–85 % – 140–230, при 75–80 % – 20–140 кг, а при влажности растений 70 % выделение сока практически отсутствует.

Величина соковыделения даже при одинаковой влажности зависит от степени измельчения растений. При силосовании растений влажностью 70–75 % измельчать их необходимо до 2–3 см, при влажности 75–80 % – до 5–6, а при влажности 85 % и более – до 8–10 см.

Существует тесная связь между процессами брожения, проходящими в силосохранилище, и количеством выделяемого сока. Чем неблагоприятнее условия брожения, тем больше выделяется сока. Например, в жаркие дни начинается нежелательное брожение, больше вытекает сока и потери питательных веществ возрастают.

Потери в верхнем и боковых слоях. Размеры краевых потерь в верхнем и боковых слоях силосохранилища зависят от степени уплотнения и герметизации массы (табл. 15).

Таблица 15. Краевые потери сухого вещества, %
(по данным Вейсбаха)

Тип и высота силосохранилища	Герметизация		
	хорошая	недостаточная	плохая
Полевой бурт, м			
2	8	25	>50
3	6	20	>30
4	4	15	>20
Силосная траншея, м			
2	6	20	50
3	4	15	30
4	2	10	20
5	2	8	15
Силосная башня, м			
14–18	2	4	6

Решающим фактором, влияющим на краевые потери, является способ укрытия поверхности силосохранилища. Недостаточное уплотнение значительно увеличивает краевые потери питательных веществ, которые у силоса из провяленных трав больше, чем из свежескошенной массы.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, следует отметить, что общие потери питательных веществ при несоблюдении технологии силосования кормов могут составлять 33–60 %, а при строгом соблюдении – 15–25 % (табл. 16).

Таблица 16. Потери питательных веществ кормов при соблюдении технологии силосования (по Вейсбаху), %

Силосная масса, вид хранилища	Содержание сухого вещества, %	Потери					
		в поле	при брожении	с соком	краевые	общие	
						колебания	в среднем
Свежескошенная, временное	15–20	1	14–11	11–7	8	32–27	31
Свежескошенная, неглубокое (2–3 м)	15–20	1	14–11	11–7	6	32–25	29
Провяленная, глубокая траншея (>3 м)	25–30	2–4	10–8	4	4	20–17	19
Провяленная, башня с центральной шахтой	35–40	4–6	8–6	0	3	15	15
Провяленная, герметичная башня	40–50	6	6	0	0	12–14	13

Потери при выгрузке. Потери питательных веществ при выгрузке силоса из хранилища вызываются аэробными микроорганизмами, которые окисляют органические кислоты (молочную, уксусную). Происходит так называемая вторичная ферментация, которой более подвержен силос, содержащий больше молочной кислоты, поскольку силос с уксусной кислотой оказывает тормозящее действие на вторичное брожение. Plusовая температура также способствует вторичной ферментации (рис. 1).

Потери при выемке, которая осуществляется по технологическим требованиям, составляют около 2 %, а при нарушении их – 4–6 %. Поэтому нельзя сразу открывать траншею более чем на 1 м по ее длине. Толщина вынимаемого за день слоя силоса должна быть не менее 30 см по всей высоте и ширине.

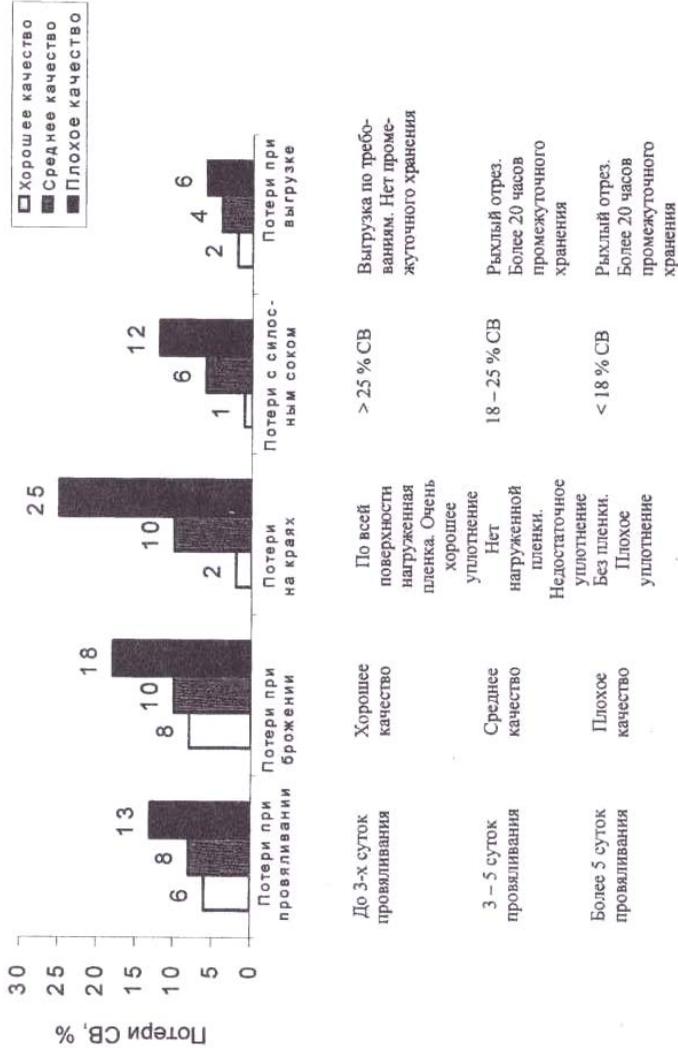


Рис. 1. Диаграмма потерь СВ в зависимости от технологических процессов (по Бреуну)

Следовательно, при силосовании кормов происходят следующие изменения в содержании основных питательных веществ:

- в силосе с содержанием сухого вещества 30–32 % количество минеральных веществ бывает больше, чем в исходном материале; в силосе из свежескошенной массы большое количество минеральных веществ теряется с соком;

- в процессе силосования всегда происходят потери белка, при нежелательном брожении (маслянокислом) и нарушении технологии силосования потери белка могут составлять 50 % и более;

- содержание безазотистых экстрактивных веществ в силосе значительно меньше, чем в корме, из которого приготовлен силос, эти потери могут превышать 50 % (при неблагоприятном брожении);

- количество сырой клетчатки в силосе и в исходном материале практически не меняется, но при длительном брожении происходит увеличение содержания сырой клетчатки;

- в ходе силосования часть безазотистых экстрактивных веществ превращается в жирные кислоты, поэтому содержание сырого жира в силосе выше;

- потери каротина при силосовании кормов значительно ниже в сравнении с другими способами консервирования;

- содержание витамина Е в силосе и зеленой массе остается почти одинаковым;

- в результате всех изменений в содержании питательных веществ в силосе снижается их переваримость по сравнению с исходным сырьем.

5. КОНСЕРВИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ ПРИ СИЛОСОВАНИИ КОРМОВ

Для улучшения качества брожения, повышения аэробной стабильности, снижения образования силосного сока и повышения кормовой ценности силоса применяют различные консервирующие добавки.

Консервирующие добавки могут в определенной мере компенсировать низкое содержание сухого вещества в корме. Из консервирующих добавок используют химические и биологические силосные консерванты.

Химические консерванты. Химическое консервирование зеленых кормов базируется на ферментингибирующей теории. Теория сахарного минимума как исходный принцип обычного силосования кормов в данном случае не имеет значения. Консервирующий эффект химического вещества вне зависимости от содержания сахара в кормовой массе определяется ингибированием (подавлением), в том числе био-

химических и микробиологических процессов в скошенных растениях.

Любой способ консервирования кормов (искусственное высушивание, замораживание, биологическое силосование, консервирование с помощью бактериальных заквасок, химическое консервирование) направлен на то, чтобы сохранить и качественно улучшить комплекс питательных и биологически активных веществ растений.

Образование и накопление кормовой массы происходит на основе биохимических процессов, протекающих в растительной клетке. Процессы, которые формируют и наращивают кормовую массу, необходимо поддерживать, а процессы, разрушающие питательные вещества корма, по возможности сдерживать или полностью приостанавливать. Любые жизненные процессы в кормовой массе можно значительно затормозить или остановить путем снижения или полного подавления (ингибирования) активности ферментов. Для сохранения хорошего качества корма необходимо применять такие способы обработки, которые бы подавили (ингибировали), нарушили функции ферментов микроорганизмов и ферментов самого корма.

Химическое консервирование кормов – это ингибирование ферментов кормовой массы (клеток корма и микроорганизмов) с помощью химических веществ.

Ингибирование может осуществляться в растениях на двух уровнях: генетическом, когда ингибитор сдерживает биосинтез фермента, и кинетическом, когда ингибитор тормозит непосредственно активность фермента (рис. 2).

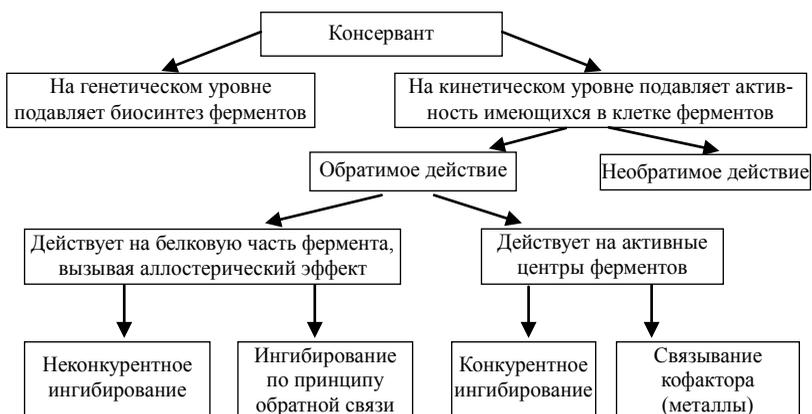


Рис. 2. Схема ингибирования ферментов химическими консервантами (по М. Т. Таранову)

Химические консерванты для кормов должны также обладать бактерицидными и фунгицидными свойствами. Бактерицидность – свойство химических веществ уничтожать бактерии. Фунгицидность – свойство химических веществ убивать грибы, плесени и т. д. Фунгицидное действие большинства консервантов не распространяется на грибницу плесеней, которая уже развилась внутри стебля. Значит, основное условие действия консервантов – своевременная обработка корма, т. е. до появления поражения или в начальной стадии самосогревания корма.

Консервирующая сила химических консервантов зависит от срока и кратности обработки, биологических особенностей корма, вида микроорганизмов, развивающихся в силосной массе. Процесс взаимодействия консерванта с растительной клеткой лучше протекает в жидкой среде. Поэтому консерванты должны быть хорошо растворимы в воде и растительных соках.

Химическое консервирование должно применяться прежде всего при заготовке трудносилосующихся и несилосующихся растений, к которым относятся бобовые культуры, содержащие значительное количество протеина. Растительные корма можно консервировать химическим способом при любой влажности, начиная с 20 %, независимо от того, к какой группе они относятся.

Применение химических консервантов при заготовке силоса позволяет: повысить качество и улучшить сохранность корма; уменьшить в 2–3 раза потери углеводов и других питательных веществ; увеличить на 10–30 % питательность 1 кг силоса; подавить жизнедеятельность находящихся в растительном сырье вредных микроорганизмов; улучшить процесс заквашивания и сохранность несилосующихся и трудносилосующихся растений; повысить продуктивность молочного скота, поедающего такой силос, на 5–7 %, увеличить жирность молока и содержание в нем сухого вещества и белка.

Все консерванты подразделяются на минеральные и органические; по физическому состоянию – на твердые, жидкие и газообразные; по составу – на простые и сложные; по влиянию на корм – простого и комплексного действия. Консерванты простого действия консервируют корм, не изменяя присущих ему свойств. Дозы их внесения в силосное сырье приведены в табл. 17.

Таблица 17. Дозы внесения консервантов в силосуемое сырье

Консерванты	Единица измерения	Силосуемость растений		
		легкосило- сующиеся	трудносило- сующиеся	несилосую- щиеся
Кислота:				
муравьиная	л	3	4	5
пропионовая	л	3	4	5
уксусная	л	4	5	6
Концентрат низкомолекуляр- ных кислот (КНМК)	л	4	4	6
ВИК-1	л	5	5	–
ВИК-2	л	–	–	5
Бензойная кислота	кг	2	3	4
Бисульфат натрия	кг	6	8	10
Пиросульфат натрия	кг	3	4	5
Бензоат натрия	кг	2	4	5
Силлактим		1–1,5	1,5–2	Нет
Биоконсервант		1,2–1,5	1,5–2	2,5–3
Лаксил		1–1,5	1,5–2	2

К минеральным консервантам относятся серная, соляная, фосфорная кислоты и их смеси; к органическим – антибактериальным – муравьиная, уксусная, пропионовая, бензойная кислоты и их смеси.

Существенный недостаток минеральных консервантов – повышение кислотности силоса до рН 3,5. Более эффективны органические кислоты, их смеси и соли, обладающие не только подкисляющим, но и бактериостатическим действием.

Антибактериальные соли (нитрат натрия, бензоат натрия, пиросульфат натрия, бисульфат натрия, пропионат натрия и др.) обладают бактерицидным, бактериостатическим и фунгицидным действием, но требуют минимального содержания сахара для обеспечения молочнокислого брожения.

В табл. 18 приведены данные по использованию консерванта бензоата натрия при силосовании слабоподвяленных злаковых трав.

Таблица 18. Влияние бензоата натрия на качество брожения и концентрацию энергии в силосе из злаков

Варианты	рН	Масляная кислота, % в СВ	Качество брожения	Концентрация энергии, МДж НЭЛ/кг СВ
1	2	3	4	5
Исходный материал	–	–	–	6,6
Силос без добавки: через 3 мес	4,5	0,5	Удовлетворительное	6,2
6 мес	4,7	2,0	Очень плохое	6,2
9 мес	4,7	2,8	Очень плохое	6,1

1	2	3	4	5
Силос с добавкой консерванта:				
через 3 мес	4,3	0,1	Хорошее	6,4
6 мес	4,4	0,1	Хорошее	6,4
9 мес	4,2	0,2	Хорошее	6,3

Примечание. НЭЛ – нетто энергии лактации.

При даче такого силоса дойным коровам улучшается его поедаемость и повышается удой (табл. 19).

Таблица 19. Влияние силоса с консервантом на его поедаемость и продуктивность молока у коров (по Вейсбаху)

Вариант	Поедание, кг СВ/день	Содержание МДж НЭЛ в 1 кг СВ	Принятые МДж НЭЛ в день	Удой молока, кг
Силос без добавки консерванта	10,7 ± 1,2	6,14	65,7	9,5
Силос с добавкой консерванта	12,0 ± 1,6	6,33	76,0	12,7

Консерванты комплексного действия помимо обычного консервирующего действия обогащают корма такими элементами питания, как азот, сера, фосфор, и биологически активными веществами.

Биологические консерванты. К биологическим консервантам относят препараты, полученные из культур молочнокислых бактерий, а также другие микроорганизмы и ферменты, способствующие молочнокислому брожению.

Положительное действие биологических консервантов основано на том, что:

- содержание молочнокислых бактерий в силосуемом материале значительно варьируется;
- способность молочнокислых бактерий к быстрому и обильному образованию молочной кислоты во многих случаях недостаточна;
- естественное заселение силосного материала молочнокислыми бактериями недостаточно для быстрого снижения рН ниже 4,2;
- силосный материал, богатый ферментируемыми углеводами, создает хорошие условия для развития и вредных микроорганизмов.

Основная цель добавки биологического консерванта состоит в том, чтобы молочнокислые бактерии достигли своего максимального роста.

Чем раньше начнет действовать препарат, тем быстрее произойдет снижение рН.

В результате добавки препарата МКБ (молочнокислых бактерий) значительно снижается распад протеина энзимами растений, которые вызывают разложение непротеиновых азотных соединений. Это дает возможность добавкой консерванта повысить чистый протеин в силосе.

В качестве биологических консервантов используются бактериальные закваски, которые вносятся в силосуемое сырье со стартовой дозой питательной среды (ВНИИМС-ИНБИ, Стамилобак) или в виде препаратов комплексного действия, обладающих способностью ферментировать широкий набор сложных углеводов консервированного растительного сырья, в особенности крахмала, декстринов и пентоз (Биосил, Казахсил). Бактериальные закваски Казахсил представлены препаратами ПКБ (пропионовокислые бактерии), ПМБ (пентозосбраживающие молочнокислые бактерии), АМС (амилолитический молочнокислый стрептококк).

Из сахаристых добавок практическое значение имеет меласса. Ее применяют при силосовании бедных углеводами кормов. Но так как добавка ее способствует развитию бактерий, образующих масляную кислоту, для улучшения качества силоса рекомендуется совместное внесение ее с препаратами молочнокислых бактерий.

В зависимости от содержания сухого вещества в силосной массе применяют следующие нормы добавок мелассы в комплексе с молочнокислыми бактериями (табл. 20).

Таблица 20. Добавка мелассы в комплексе с молочнокислыми бактериями, кг/т силосуемой массы

Сухое вещество, %	Длина резки, см	Мятлик луговой	Клевер красный	Смеси злаков	Люцерна	Рожь кормовая
20	8	50	50	50	80	20
25	8	40	40	40	70	–
30	6	30	30	30	50	–
35	4	–	–	–	30	–
40	4	–	–	–	–	–
50*	4	40	40	40	40	–

* Содержание сухого вещества в мелассе – 70 %, сахара – 42 %, плотность мелассы – 1,3 кг/л. При содержании сухого вещества 50 % мелассу можно использовать для лучшего уплотнения массы (клеящий эффект).

Фитонцидные консерванты. Это органические биологически активные вещества растений, способные в силосуемых кормах убивать и

подавлять развитие различных микроорганизмов и тем самым снижать потери питательных веществ.

Силосование с применением ферментных препаратов. Для улучшения качества силоса из трудносилосующихся и несилосующихся растений применяют ферментные препараты микробного происхождения.

Под действием ферментов происходит частичное расщепление труднопереваримых питательных веществ клетчатки, гемицеллюлозы, пектиновых веществ, белка и других соединений. В результате их гидролиза в силосе накапливаются сахара и свободные аминокислоты, которые положительно влияют на течение биохимических и микробиологических процессов в силосуемой массе и переваримость основных питательных веществ.

С этой целью целесообразнее применять препараты с сильным цитологическим комплексом ферментов, содержащих целлюлозу, гемицеллюлозу, пектиназу (Глюкаваморин Пх, Амилоризин Пх, Целловиридин Пх и др.). Эти ферменты гидролизуют полисахариды (клетчатку, крахмал, гемицеллюлозу) до простых сахаров, обеспечивая тем самым полностью сахарный минимум силосуемого сырья. Создаются благоприятные условия для развития молочнокислых бактерий, которые превращают сахар в молочную кислоту и частично в уксусную.

Применение очищенных ферментных препаратов в дозе 0,02–0,05 % и неочищенных в дозе 0,5–1 % от массы сырья значительно улучшает качественные показатели силоса и сохранность питательных веществ.

Большой практический интерес представляет использование ферментных препаратов, разрушающих целлюлозу и другие полисахариды до простых сахаров при силосовании соломы.

В процессе силосования соломы с добавлением ферментов происходят значительные изменения в углеводном комплексе. Наблюдается частичное расщепление крахмала, целлюлозы и гемицеллюлозы до простых сахаров. Хорошие результаты дает силосование соломы с добавлением молочной сыворотки и ферментных препаратов. На 1 т соломы вносят 1,2–1,3 кг воды, 150–200 л молочной сыворотки, 5 кг ферментного препарата (Целловиридин ГЗх), 8 кг поваренной соли, 15–20 кг концентратов, 4–5 кг мочевины.

При выборе подходящей для данной ситуации силосной добавки из всего разнообразия химических и биологических консервантов необходимо учитывать специфическое действие и пригодность их для данной силосной культуры.

6. СИЛОСОВАНИЕ КУКУРУЗЫ

Кукуруза – кормовое растение, которое используется на зеленый корм, силос и в виде целого растения. По углеводному составу это один из лучших видов силосных растений. Кукуруза богата легкопереваримыми углеводами, имеет малую буферную емкость, что обеспечивает быстрое подкисление корма при силосовании. В ранних фазах спелости кукурузы содержание сахара максимальное, но по мере созревания растений уровень его снижается, а количество крахмала резко увеличивается.

Химический состав зеленой массы кукурузы в зависимости от фазы развития в большей мере определяется морфологическим составом растения; изменением соотношения стеблей, листьев и початков. Разные органы растения имеют разную кормовую ценность (табл. 21).

Таблица 21. Содержание и переваримость отдельных частей растения кукурузы (Saaten-Union, 1994)

Орган растения	Доля от целого растения, %	Переваримость органического вещества, %
Початок:	51–58	84–88
стержень	8–13	56–67
зерно	39–49	93
Листостебельная масса:	42–49	63–67
листья	17–22	65–68
стебель	23–29	51–78
Все растение	100	75–78

В период цветения кукурузы листостебельная масса в сухом веществе занимает 93 %, а на долю початка приходится всего 7 %. По мере вегетации растения происходит снижение доли листостебельной части до 49 % (конец восковой спелости) и увеличение массы початка до 51 % в сухом веществе. В фазе полной восковой спелости на долю початка приходится 54 % (стержень – 9 %, зерно – 45 %) всего сухого вещества растений.

Снижение облиственности растений кукурузы заключается в том, что к моменту образования початков листья полностью завершают свое формирование и в дальнейшем не дают высокого прироста. На фоне интенсивно развивающихся початков удельная масса листьев в растении резко снижается.

Ввиду того, что у кукурузы быстро и значительно повышается доля початков, энергетическая ценность кукурузы в продолжение вегетации

не снижается, как у других растений, а увеличивается (табл. 22).

Таблица 22. Содержание сухого вещества и концентрация энергии (МДж кг/СВ) в кукурузе (по Вейсбаху)

Показатель	Цветение	Молочная спелость		Восковая спелость		Начало полной спелости
		Начало	Конец	Начало	Конец	
Сухое вещество:						
в початках	10	20	30	40	50	60
листочечной массе	16	18	19	20	23	26
целом растении	15	18	22	26	32	37
Концентрация энергии:						
в початках	7,8	7,8	8,1	8,2	8,3	8,3
листочечной массе	5,9	5,9	5,8	5,6	5,3	4,9
целом растении	6,0	6,3	6,6	6,8	6,9	6,8

Содержание сухого вещества в кукурузе на силос определяется в основном его концентрацией в початках и их долей в растении. Достаточно высокая концентрация энергии в целом растении кукурузы достигается при полной восковой спелости и высокой доле початков. При низкой доле початков в растении концентрация энергии значительно ниже.

Кормовая ценность кукурузы в значительной степени определяется количеством сухого вещества в початках и их долей в целом растении (табл. 23).

Таблица 23. Влияние степени созревания початков на качество кукурузы на силос (Saaten-Union)

Сухое вещество початков, %	Высокая доля початков			Низкая доля початков		
	СВ растения, %	Крахмал, г/кг СВ	Концентрация энергии, МДж/кг СВ	СВ растения, %	Крахмал, г/кг СВ	Концентрация энергии, МДж/кг СВ
35	22,3	180	604	22,0	154	577
40	24,3	221	612	23,3	193	583
45	26,8	259	619	25,2	230	587
50	30,1	289	626	28,1	258	589
55	34,5	309	633	32,1	275	590

В процессе вегетации в растениях кукурузы меняется соотношение питательных веществ: содержание крахмала возрастает до полной спелости и уменьшается содержание сырого протеина, сахара и сырой клетчатки.

Крахмал кукурузы, в отличие от других видов кормов, медленно разлагается в рубце жвачных животных, и большая часть его не подвергается микробному ферментативному перевариванию, а проходит и расщепляется в тонком отделе кишечника. Содержание крахмала растет с увеличением содержания сухого вещества и созреванием зерна кукурузы. Это необходимо учитывать при скармливании силоса животным, поскольку чем выше спелость кукурузы при уборке на силос, тем больше доля непереваренных и выделенных с экскрементами зерен при кормлении коров.

При содержании сухого вещества более 50 % в початках или 55 % в зерне потери крахмала сильно возрастают. Содержание 250 г крахмала в сухом веществе (желательно для кормления) достигается только при доле початков более 50 % и их восковой спелости.

Качество кукурузного силоса зависит не только от содержания сухого вещества, концентрации энергии и доли початков, но и в значительной степени определяется его переваримостью (табл. 24).

Таблица 24. Взаимосвязь между переваримостью всего растения, содержанием крахмала и переваримостью листостебельной массы (по Вейсбаху)

Переваримость всего растения, %	Переваримость листостебельной массы при содержании крахмала, %					
	15	20	25	30	35	40
78	–	–	69	–	65	60
76	–	68	65	61	56	49
74	68	66	62	58	52	–
72	66	63	59	54	–	–

Качество силоса зависит от высоты среза кукурузы. Высоким срезом при уборке кукурузы на силос можно повысить не только его переваримость, но и содержание сырого протеина, снизив содержание сырой клетчатки. Например, при срезе на высоте 30 см концентрация энергии в силосе повышается на 4 %, сухого вещества – на 9 %, но снижается урожай на 6 %.

Потери питательных веществ при силосовании кукурузы в стадии молочной спелости (20 % сухого вещества) и начала восковой спелости (30 % сухого вещества) снижаются с 24,6 до 18,5 % (Д. Шпаар).

Кукурузу можно силосовать в любой фазе спелости зерна, однако для получения силоса высокого качества уборку ее на силос следует начинать в фазе молочно-восковой спелости, ближе к восковой (содержание сухого вещества в зерне – 60 %, в початках – более 50 %, в растении – 28–30 %).

При силосовании кукурузы в такой фазе вегетации не образуется просачивающегося сока из силоса. Сроки уборки кукурузы ограничиваются наступлением первых заморозков (в фазе восковой спелости она переносит заморозки до -4°C). Если заморозки повредили кукурузу, ее нужно немедленно убирать на силос (в течение пяти дней), так как при наступлении плюсовых температур растения быстро поражаются грибами и бактериями, листья загнивают, высыхают, ломаются, что ведет к значительной потере протеина и каротина.

Повысить содержание сырого протеина в кукурузном силосе можно за счет внесения синтетических азотсодержащих соединений непосредственно при силосовании. Оптимальная доза внесения синтетических добавок (мочевины) – не более 2,3 г азота на 1 т зеленой массы. Такое количество азота содержится в 5 кг мочевины. При силосовании с добавлением мочевины кукурузу следует убирать не позднее молочно-восковой спелости, когда она имеет высокое содержание сахара.

При силосовании кукурузы в конце молочно-восковой спелости початков, когда содержание сахара в ней заметно снижается, дозу внесения мочевины следует уменьшить до 3 кг на 1 т массы. В силосе с добавкой мочевины содержание переваримого протеина на 1 корм. ед. увеличивается с 65 до 120 г.

Для измерения кислотности силоса используется показатель рН, который зависит от содержания сухого вещества в силосе. Низкий уровень рН означает, что процесс заготовки корма прошел успешно, силос не «горит» и отсутствует образование анаэробных спор. Уровень рН кукурузного силоса и силоса из зерновых и бобовых культур не должен превышать 4,0 и 4,3 соответственно (рис. 3).

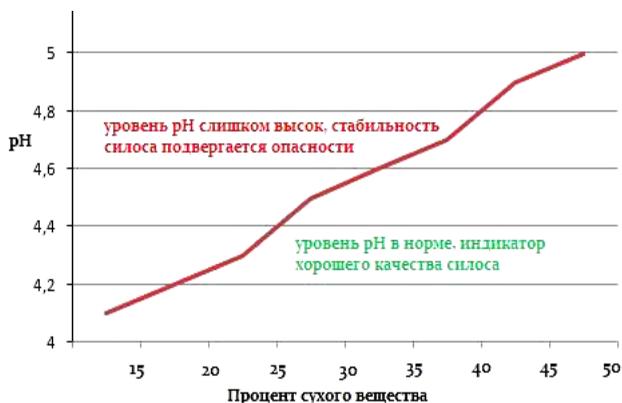


Рис. 3. Уровень рН силоса в зависимости от содержания сухого вещества

7. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СИЛОСА

В СТБ 1223–2000 перечислены требования, предъявляемые к силосу из кукурузы по зонам республики, силосу из однолетних и многолетних свежескошенных и провяленных растений и силажу (табл. 25–28).

Таблица 25. Требования СТБ 1223–2000 для кукурузного силоса

Наименование показателя	Нормы для зон*									
	всех	первой			второй			третьей		
		класса								
	высшего	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Массовая доля сухого вещества, %, не менее	30	25	25	24	25	24	23	25	22	20
Массовая доля в сухом веществе, %:	10	10	9	7	10	9	7	9	8	7
а) сырого протеина, не менее										
б) сырой клетчатки, не более										
в) сырой золы, не более	6	8	12	15	11	13	15	13	14	15
рН (активная кислотность)	3,9–4,2	3,8–4,2	3,8–4,3			3,8–4,3			3,8–4,3	3,7–4,4
Массовая доля масляной кислоты, %, не более	Не допуск.	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3
Питательность 1 кг сухого вещества, не менее: кормовых единиц	0,88	0,85	0,83	0,82	0,84	0,82	0,81	0,84	0,82	0,80
обменной энергии, МДж	9,8	9,5	9,3	9,1	9,4	9,2	9,0	9,3	9,1	8,9

*В зоны входят области: в первую (южную) – Брестская и Гомельская; во вторую (центральную) – Гродненская, Минская и Могилевская; в третью (северную) – Витебская.

Таблица 26. Требования СТБ 1223–2000 для силоса из однолетних и многолетних свежескошенных и провяленных растений

Наименование показателя	Нормы для класса			
	высшего	первого	второго	третьего
Массовая доля сухого вещества, %, не менее, в силосе: из однолетних бобово-злаковых смесей и злаковых трав	25–30	25	23	20
многолетних злаковых трав	25	25	23	20
многолетних бобовых и бобово-злаковых трав с добавлением консервантов	30	25	22	18
разных культур с добавлением соломы	–	25	23	20
Массовая доля в сухом веществе: а) сырого протеина, %, не менее, в силосе: из однолетних бобово-злаковых трав	15	13	11	10
однолетних и многолетних злаковых трав	14	12	10	8
многолетних бобовых и бобово-злаковых трав с добавлением консервантов	16	14	12	11
разных культур с добавлением соломы	–	9	8	7
б) сырой клетчатки, %, не более	25	28	31	34
в) сырой золы, %, не более, в силосе: из однолетних крупнестебельных культур	11	13	15	17
прочих растений	9	11	13	15
рН (активная кислотность)	3,9–4,2	3,8–4,2	3,8–4,3	3,7–4,4
Массовая доля масляной кислоты, %, не более, в силосе: без консервантов	Не до- пуск.	0,1	0,2	0,3
с консервантами		0,05	0,15	0,25
Питательность 1 кг сухого вещества, не менее: а) кормовых единиц в силосе: из однолетних и многолетних бобово-злаковых и злаковых трав	0,86	0,81	0,75	0,70
многолетних бобовых и бобово-злаковых трав с добавлением консервантов	0,87	0,82	0,76	0,72
разных культур с добавлением соломы	–	0,66	0,63	0,60
б) обменной энергии, МДж, в силосе: из однолетних бобово-злаковых и злаковых трав	9,2	9,0	8,8	8,6
многолетних злаковых трав	9,1	8,9	8,7	8,5
многолетних бобовых и бобово-злаковых трав с добавлением консервантов	9,3	9,1	8,9	8,7
разных культур с добавлением соломы	–	8,3	7,8	7,3

Примечания: 1. В силосе, консервированном пиросульфитом натрия, рН не определяют.

2. В силосе, консервированном пиросульфитом натрия, пропионовой кислотой и ее смесями с другими кислотами, массовую долю масляной кислоты не определяют.

3. Силос с соломой высшим классом не оценивают.

Таблица 27. Требования, предъявляемые к силажу

Наименование показателя	Нормы для класса			
	высшего	первого	второго	третьего
Массовая доля сухого вещества, %, в силaje: из однолетних и многолетних бобовых и бобово-злаковых трав и их смесей	35,0–39,9	35,0–39,9	35,0–39,9	33,0–39,9
многолетних злаковых трав	35,0–39,9	35,0–39,9	33,0–39,9	30,0–39,9
Массовая доля в сухом веществе: а) сырого протеина, %, в силaje: из однолетних и многолетних бобовых трав	16	15	14	12
многолетних бобово-злаковых трав и их смесей	15	14	13	11
б) сырой клетчатки, %, не более	25	28	30	30
в) сырой золы, %, не более	10	12	14	15
Массовая доля масляной кислоты, %, не более	Не допуск.	0,1	0,2	0,3
Питательность 1 кг сухого вещества, не менее: кормовых единиц	0,82	0,80	0,75	0,70
обменной энергии, МДж	9,2	8,9	8,5	8,0

Фактическое количество обменной энергии (ОЭ) в силосе, МДж в 1 кг сухого вещества, находят по формуле

$$ОЭ = K_1 - 0,045СК - 0,015СЗ + 0,07СП,$$

где K_1 – коэффициент для определения обменной энергии;

СК – массовая доля сырой клетчатки в сухом веществе, %;

СЗ – массовая доля сырой золы в сухом веществе, %;

СП – массовая доля сырого протеина в сухом веществе, %;

0,045; 0,015 и 0,07 – постоянные коэффициенты.

Количество кормовых единиц (корм. ед.) в 1 кг сухого вещества силоса определяют по формуле

$$\text{Корм. ед.} = ОЭ \cdot K_2,$$

где K_2 – коэффициент для определения кормовых единиц.

Для перевода показателей питательности (ОЭ и корм. ед.) сухого вещества корма на натуральную влажность необходимо числовые значения этих показателей умножить на массовую долю сухого вещества в процентах и разделить на 100. Полученные результаты округлить с точностью до двух знаков после запятой.

Количество кормовых единиц и обменной энергии (МДж/кг) в силосе из кукурузы натуральной влажности вычисляются по формулам:

$$\text{Корм. ед.} = 0,01\text{СВ} - 0,031;$$

$$\text{ОЭ}_{\text{КРС}} = 0,07 + 0,099\text{СВ},$$

где 0,01, 0,031, 0,07 и 0,099 – постоянные коэффициенты;
СВ – содержание сухого вещества, %.

Таблица 28. Коэффициенты для расчета питательности силоса

Вид силоса	Коэффициенты для определения	
	обменной энергии (K ₁)	корм. ед. (K ₂)
Кукурузный в фазе молочно-восковой спелости зерна	10,2	0,092
Кукурузный в фазе восковой спелости зерна	10,2	0,090
Кукурузный и других растений с соломой	9,2	0,083
Из многолетних бобовых и злаковых трав	9,5	0,088
Силаж	9,5	0,085
Овсяный в фазе выметывания метелки	9,5	0,090
Овсяный в фазе молочной спелости зерна	9,8	0,090
Ячменный в фазе колошения	9,9	0,088
Ячменный в фазе молочной спелости зерна	9,9	0,091
Ячменный в фазе молочно-восковой спелости зерна	9,0	0,090
Подсолнечный	9,5	0,082
Люпиновый	9,5	0,086

8. СИЛОС В КОРМЛЕНИИ ЖИВОТНЫХ

Силос в рационе жвачных животных используется или как единственный источник объемистого корма, или в сочетании с небольшим количеством сена, сенажа. Широкое распространение силосного типа кормления животных объясняется тем, что кормовая единица силоса дешевле, чем других сочных кормов, а выход кормовых единиц с 1 га площади посевов силосных культур довольно высок.

Результаты многих производственных опытов различных типов кормления молочного скота показали, что силосный тип кормления по сравнению с другими обеспечивает более высокую продуктивность коров при низкой себестоимости кормов.

В исследованиях Е. С. Емельянова рационы силосного и сеного типов кормления с одинаковым количеством валовой энергии в расче-

те на 1 кг сухих веществ значительно отличались по переваримой и обменной энергии. Так, в рационах молочных коров с силосным типом кормления содержание переваримой энергии составило 66,1 %, обменной – 54,5 %, в то время как при сенном типе кормления эти показатели соответственно были равны 55,1 и 49,9 %. Молочная корова, поедая 1 т зеленой травы, давала 170–240 кг молока, силоса из 1 т травы – 140–180 кг молока, а сена из 1 т травы – 90–120 кг молока.

Особенность силосного кормления состоит в том, что в силосе в ходе брожения часть углеводов превращается в органические кислоты.

Корова, съедающая в сутки 25–35 кг силоса, потребляет до 0,7–1,0 кг органических кислот. Потребление большого количества органических кислот не оказывает отрицательного влияния на обмен веществ. Жвачные животные имеют мощные преджелудки, в которых образуется до 3,5–4 кг летучих жирных кислот (ЛЖК), а при использовании сбалансированного рациона, который не содержит силоса, только 2,5–3,5 кг органических кислот.

Эффективность кукурузного силоса в кормлении дойных коров зависит от его состава и питательности. Наиболее питательным и хорошо поедаемым животными является силос, который содержит максимальное количество листьев и початков.

Поедаемость кукурузного силоса, убранныго в фазе молочно-восковой спелости зерна, в значительной степени зависит от измельчения. Так, крупно измельченные стебли длиной 9–10 см поедались только на 50 %, 3–8 см – на 65 и менее 3 см – на 77 %. При этом степень измельчения не оказывала влияния на переваримость.

Возможность использования больших объемов силоса в рационах молочных коров во многом зависит от концентрации энергии в сухом веществе и качества брожения (количества молочной кислоты, протеина, сахара). Чем выше эти показатели, тем лучше его поедаемость. При кормлении исключительно силосом потребление сухого вещества вдвое выше, если скармливать силос хорошего качества.

С увеличением доли концентратов в рационе поедаемость силоса снижается. Она меньше при высокой концентрации энергии в нем и хорошем качестве брожения, чем при низкой концентрации энергии и хорошем качестве брожения. Для достижения высокой поедаемости силоса при низком содержании концентратов в рационе качество брожения важнее, чем высокая концентрация энергии. Разница потребления сухого вещества из силоса с высокой концентрацией энергии и хорошим качеством брожения и из силоса с той же концентрацией

энергии, но худшим качеством брожения составляет в рационе около 3 кг при потреблении в сутки дойными коровами 6 кг сухого вещества за счет концентратов (Б. Пипер, 2001).

Содержание сухого вещества в кукурузном силосе также влияет на его поедаемость. При содержании в силосе 20 % сухого вещества коровы потребляют 9 кг сухого вещества в сутки, что достаточно для получения 6 кг молока, а при содержании 30 % сухого вещества коровы получают 13,5 кг сухого вещества, что достаточно для выработки 16,5 кг молока. Чем выше содержание сухого вещества в кукурузном силосе, тем выше его поедаемость и продуктивность коров (табл. 29).

Таблица 29. Влияние содержания сухого вещества и крахмала в кукурузном силосе на его поедаемость (Д. Шпаар, 2000)

Потребление сухого вещества и крахмала	Содержание сухого вещества в кукурузном силосе, %			
	20	25	30	33
Среднее потребление СВ кукурузного силоса, кг/сут на корову	8,0	11,0	13,0	13,5
Среднее потребление крахмала кукурузы, кг/сут на корову	1,0–1,4	1,6–2,5	2,5–4,0	3,0–5,0

С увеличением потребления сухого вещества за счет силоса сокращается потребность в концентрированных кормах. Силос с высокой влажностью даже в идеальных условиях кормления не обеспечивает молочную продуктивность коровы более 3500 кг молока за лактацию. В связи с этим для получения максимальной продуктивности в условиях силосного кормления необходимо проведение комплекса мер по повышению питательной ценности этого корма, а также установлению определенного соотношения кукурузного силоса с другими кормами.

Для высокой молочной продуктивности необходима концентрация кормовых единиц в 1 кг сухого вещества кукурузного силоса на уровне 0,88–0,89 (10,5 МДж ОЭ).

Силосные рационы (силос составляет 35–40 % по питательности) предназначаются в основном для коров средней продуктивности. С повышением продуктивности долю силоса в рационе снижают, а увеличивают количество концентрированных кормов. Однако даже при самом высоком суточном удое уровень концентратов в рационе коров не должен превышать более 50 % по питательности.

Во многих западных странах с развитым животноводством для кормления коров широко используют «тотально смешанные рацио-

ны» (ТСР), состоящие из кукурузного силоса и силоса из провяленных трав или зерносилоса.

Высокие дозы концентратов по физиологическим причинам, связанным с физиологией рубца жвачных, запрещается использовать, это может привести к ацидозу, снижению использования клетчатки, повышенному образованию пропионата, ожирению, нарушению воспроизводительных функций. Поэтому для компенсации образовавшегося дефицита энергии у молочных коров (первая фаза лактации) использование большого количества кукурузного силоса с высоким содержанием энергии себя оправдывает. Основной недостаток кукурузного силоса заключается в относительно низком содержании сырого протеина, клетчатки и ряда минеральных веществ. Из-за низкого содержания сырой клетчатки в сухом веществе силоса имеется опасность ожирения молочных коров, и в связи с этим составляются многокомпонентные рационы с разной долей силоса в период лактации (табл. 30).

Таблица 30. Доля кукурузного силоса в рационах коров в Германии, % (по Вейсбаху)

Силос	Фазы лактации			
	1-я треть (1–100 сут)	2-я треть (101–200 сут)	3-я треть (201–300 сут)	Стельность
Кукурузный силос	67	50	33	33
Силос/сенаж	33	50	67	67

Использование высококачественного кукурузного силоса в составе сбалансированных рационов обеспечивает получение среднесуточного прироста молодняка на откорме 800–1000 г при затратах 2,5–3 кг концентратов на 1 кг прироста. Это наиболее распространенный, экономически выгодный откорм скота. Высоким качеством силоса можно обеспечить потребность молодняка в энергии для получения суточного прироста на уровне 500–600 г практически без добавки концентратов, так как такой силос характеризуется высокой концентрацией обменной энергии в сухом веществе (11,2 МДж/кг).

Бычки живой массой 300 кг, потребляя кукурузный силос высокого качества до 25 кг в сутки (55 % по питательности), дают 825 г суточного прироста, в то время как потребление силоса 3-го класса составляет 17 кг, что на 33,3 % меньше (616 г прироста). Разница в приросте объясняется не только уменьшением поедаемости, но и снижением на 55,2 % переваримости питательных веществ силоса 3-го класса (Г. А. Богданов).

Наиболее эффективным в физиологическом и технологическом отношении является скармливание рационов силосного типа в виде полнорационных кормосмесей (табл. 31).

Таблица 31. Рекомендуемые рационы для бычков с использованием кукурузного силоса, кг

Корм	Живая масса, кг								
	150–200			251–350			351–500		
	Суточный прирост, г								
	800	900	1000	800	900	1000	800	900	1000
Силос кукурузный	15	18	18	20	22	22	21	20	20
Комбикорм	1,7	2,1	2,5	1,7	2,1	2,6	2,6	3,2	3,8
Сено/солома	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Список рекомендуемой литературы.....	4
1. Силосуемость кормовых растений.....	4
2. Микробиологические и биохимические процессы при силосовании.....	8
2.1. Молочнокислые бактерии.....	8
2.2. Ненастоящие молочнокислые бактерии.....	9
2.3. Маслянокислые бактерии.....	10
2.4. Гнилостные бактерии.....	11
2.5. Уксуснокислые бактерии.....	11
2.6. Плесневые грибы.....	12
2.7. Дрожжи.....	12
2.8. Фазы силосования.....	13
3. Факторы, влияющие на процесс силосования.....	14
3.1. Химический состав кормов.....	14
3.2. Провяливание трав.....	17
3.3. Измельчение и уплотнение массы.....	20
3.4. Продолжительность закладки и температура.....	21
4. Потери питательных веществ при силосовании.....	23
5. Консервирующие добавки при силосовании кормов.....	29
6. Силосование кукурузы.....	36
7. Оценка качества силоса.....	40
8. Силос в кормлении животных.....	43