

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИЛОСОВАНИЯ
И СЕНАЖИРОВАНИЯ ТРАВ**

(обзор)

Ю.А. ПОБЕДНОВ, В.М. КОСОЛАПОВ

Описаны современные представления о закономерностях течения микробиологических процессов при силосовании и сенажировании в зависимости от вида консервируемых трав и степени их проявляемости с обоснованием рациональных способов консервирования растительных кормов. Для обеспечения большей сохранности и повышения качества корма при выборе способа консервирования трав следует учитывать особенности культуры (злаковые или бобовые травы), содержание сахаров (в расчете на сухое вещество) и его изменение при проявлении растений, степень подсушивания при проявлении, величину рН и сахаро-буферное отношение в кормовой массе, численность эпифитной микрофлоры. Кроме того, необходимо строго соблюдать режимы предварительной обработки массы, ее закладки, а также хранения и выемки кормов. К элементам технологии, обеспечивающей подавление деятельности нежелательных микроорганизмов (в частности, маслянокислых бактерий, энтеробактерий и дрожжей, размножение которых вызывает соответственно контаминацию корма масляной кислотой и его аэробную порчу) относится применение препаратов на основе осмоотolerантных штаммов молочнокислых бактерий. Подавляющее число сортов многолетних злаковых трав, равно как и их смесей с бобовыми культурами, выращиваемых в России, имеют оптимальное сахаро-буферное отношение (1,3-4,0) для эффективного силосования с указанными препаратами. Проблема силосования некоторых новых сортов многолетних злаковых трав с избыточным содержанием сахара (сахаро-буферное отношение $\geq 4,0$) легко решается при их возделывании в смешанных посевах с культурами, не обеспеченными сахарным минимумом.

Ключевые слова: травы, силос, сенаж, молочнокислые бактерии, энтеробактерии, дрожжи, сохранность и качество корма.

Силосование и сенажирование — наиболее известные и применяемые в настоящее время биологические способы консервирования трав. В основе силосования лежит процесс молочнокислого брожения (1), тогда как сохранность сенажа базируется на «физиологической сухости» растительного сырья (2, 3). Считается, что при проявлении растений до содержания сухого вещества $\geq 45\%$ их водоудерживающая сила, достигая значения 52 атмосферы и более, уже превышает сосущую силу большинства анаэробных бактерий, тем самым обуславливая невозможность активного развития последних. Общее условие для обоих способов консервирования — соблюдение тщательной изоляции субстрата от атмосферного воздуха (1-3).

При силосовании по мере подкисления зеленой массы молочной и частично уксусной кислотами, образующимися при сбраживании сахара молочнокислыми бактериями, жизнедеятельность гнилостных, маслянокислых и других нежелательных бактерий постепенно замедляется, и как только активная кислотность (рН) силоса достигнет значения 4,2-4,0, их развитие прекращается (1, 3). Следовательно, одним из основных условий получения доброкачественного силоса служит наличие в растениях достаточного количества сахаров. Согласно имеющимся данным (4), оно должно быть выше буферной емкости растений как минимум в 1,7 раза (сахаро-буферное отношение $\geq 1,7$) при силосовании свежескошенных трав и не менее чем в 1,3 раза (сахаро-буферное отношение $\geq 1,3$) при заготовке силоса из зеленой массы, проявленной до содержания сухого вещества 30-35 %.

При сенажировании сколько-нибудь значительная роль молочнокислого брожения в обеспечении сохранности питательных веществ в на-

шей стране не признается. Попытки же некоторых авторов указать на значение этого процесса при сенажировании (5) подвергались критике. Как полагали, например, Г.А. Богданов и О.Е. Привало (6), на основании того, что в провяленной массе, заложенной на сенаж, обнаруживается рост молочнокислых бактерий и накопление определенного количества молочной кислоты, отдельные исследователи пришли к ошибочному заключению, согласно которому сохранность корма при сенажировании обусловлена не только физиологической сухостью сырья, но и в какой-то степени молочнокислым брожением.

Переоценка значения физиологической сухости субстрата вскоре привела к тому, что ее приоритетную роль стали признавать и при силосовании трав, провяленных до содержания сухого вещества 31-40 %. С.Я. Зафрен (3), в частности, отмечал: «При влажности 60-69 % развитие нежелательных анаэробных бактерий предотвращается физиологической сухостью для них субстрата. Поэтому корм с влажностью 60-69 % в зависимости от содержания в нем сахара может подкислиться до рН 4,2 или нет, но это не определяет его сохранности». К такому выводу автор пришел на основании данных Дж. Виринга (7), который к этому времени установил, что по мере увеличения содержания сухого вещества в силосуемой массе маслянокислое брожение устраняется при более высоком значении рН, нежели это отмечается в силосе из свежескошенных трав. В то же время остается открытым вопрос, служит ли подобный факт доказательством того, что при силосовании провяленных трав степень подкисления корма утрачивает значение. Анализ работ Дж. Виринга показал, что он утверждал лишь следующее: по мере увеличения содержания сухого вещества в силосуемой массе чувствительность маслянокислых бактерий к кислотности корма существенно возрастает, что действительно позволяет подавить их жизнедеятельность при более высоком рН. Однако при каждом конкретном содержании сухого вещества масса должна обязательно, а главное быстро подкислиться до строго определенного значения рН, иначе опасность возникновения в ней маслянокислого брожения не устраняется.

Как показал практический опыт, именно последнее требование труднее всего выполнить при силосовании зеленой массы, провяленной до содержания сухого вещества 30-35 %. Причина заключается в том, что в отличие от ранних представлений (1-3) повышение содержания сухого вещества в силосуемой массе до 30-35 % и связанное с этим увеличение осмотического давления в растительных клетках прежде всего угнетает жизнедеятельность молочнокислых бактерий. Это особенно заметно на первом, самом решающем этапе силосования провяленных трав (4). Как правило, подобное приводит к тому, что активная кислотность, необходимая для подавления жизнедеятельности маслянокислых бактерий, создается в корме длительное время, в течение которого указанная группа микроорганизмов продолжает развитие. В итоге к сроку, когда силос стабилизируется, в нем уже успевает образоваться некоторое количество масляной кислоты.

Впрочем, бывают и исключения. Они связаны с наличием таких неконтролируемых в производственной практике факторов, как количество нитратов в силосуемой массе или обсемененность растений эпифитными молочнокислыми бактериями. Согласно имеющимся данным (4, 8), при достаточном содержании сахара в провяленных травах маслянокислое брожение не возникает лишь при условии, если содержание нитратов в их сухом веществе составляет около 1,0 г/кг или численность эпифитных мо-

лочнокислых бактерий в расчете на 1 г массы достигает либо превышает 10^5 КОЕ. Значение нитратов сводится к тому, что продукты их восстановления (нитриты и окислы азота) обеспечивают подавление жизнедеятельности маслянокислых бактерий в первый период силосования проявленной массы, то есть до создания необходимой кислотности. При этом значение названного фактора во многом определяется содержанием сухого вещества в консервируемой массе. Так, по данным Н.П. Бурякова (9), активное восстановление нитратов (от половины до 97 %) наблюдается лишь при силосовании трав с содержанием сухого вещества не выше 30 %, в то время как при силосовании растений с содержанием сухого вещества 40 % и более восстанавливается их незначительное количество.

При низком содержании нитратов в проявленной массе успешность ее силосования зависит от другого неконтролируемого фактора — высокой численности эпифитных молочнокислых бактерий, поскольку численность эпифитных молочнокислых бактерий на растительных покровах во многом определяет и их качественный состав. Имеющиеся данные показывают (10, 11): если при численности эпифитных молочнокислых бактерий $\leq 10^3$ кл/г зеленой массы они обычно представлены тремя-четырьмя малоактивными кокковыми формами, то при плотности $\geq 10^5$ кл/г — лишь одной высокоактивной палочкой *Lactobacillus plantarum*. По мнению Е.И. Квасникова и И.Ф. Щёлоковой (12), в силосах с повышенным содержанием сухого вещества у *L. plantarum* отмечается тенденция опережать в росте другие молочнокислые бактерии, что свидетельствует об ее лучшей приспособленности к условиям брожения на проявленной массе. К аналогичному выводу пришли и мы на основании собственных исследований (13). Указанное обстоятельство становится причиной того, что при высокой численности эпифитных молочнокислых бактерий наблюдается быстрое (в течение 3 сут) подкисление проявленной массы до $\text{pH} \leq 4,3$, при котором прекращается жизнедеятельность всех нежелательных бактерий (14, 15). И именно это положение приобретает в настоящее время особое значение при силосовании проявленных трав, так как устранение маслянокислого брожения — отнюдь не единственная задача, которую следует решать при заготовке такого корма. Не менее важно предотвратить размножение и других нежелательных микроорганизмов, которые тоже (и даже в большей степени, нежели молочнокислые бактерии) приспособлены к условиям брожения на проявленной массе и, по существу, служат главным фактором увеличения потерь и снижения качества силоса из проявленных трав. К подобным микроорганизмам прежде всего следует отнести энтеробактерии и дрожжи (16).

Необходимо, однако, отметить, что, как и в случае с маслянокислыми бактериями, интенсивность развития энтеробактерий и дрожжей на проявленной массе неодинакова и зависит от ряда обстоятельств. Так, при силосовании многолетних бобовых трав, проявленных до содержания сухого вещества 30-35 %, сколько-нибудь заметного развития энтеробактерий и дрожжей не наблюдается (4, 17). Хотя и в этом случае задержка молочнокислого брожения, особенно в первый период силосования, проявляется довольно отчетливо. Причина этого доподлинно не известна. По мнению некоторых исследователей (18, 19), ею может служить то, что при проявлении молодых растений с высоким содержанием белка количество влаги, недоступной для бактерий, сильно возрастает. При этом растительные клетки начинают удерживать влагу с силой до 52 атмосфер (характерной для сенажа) уже при содержании сухого вещества в массе около 35 %, делая ее недоступной для энтеробактерий, а активному развитию

дрожжей мешает относительно невысокое содержание сахара в субстрате. Возможно, поэтому в варианте с трудносилосующимися бобовыми травами, проявленными до указанного содержания сухого вещества, несмотря на задержку молочнокислого брожения, большая часть сахара все же достается молочнокислым бактериям, а порча такого сырья в основном связана с маслянокислым брожением, на ликвидацию которого и должны быть направлены все используемые технологические приемы.

Последнее в равной степени относится и к сенажу. Несмотря на категоричность некоторых исследователей по обсуждаемому вопросу, результаты, полученные при сенажировании различных растений в производственных условиях, свидетельствуют о возможности накопления масляной кислоты и в этом виде корма. Так, К.Г. Нугматжанов (20) сообщает о случае, когда содержание масляной кислоты в сенаже из горного разнотравья (49,1-55,1 % сухого вещества) составляло 0,7 %. Накопление подчас значительного количества масляной кислоты в сенаже из различных растений, проявленных до содержания сухого вещества 45 % и более, отмечают и другие исследователи (21-23). Однако механизм образования масляной кислоты в сенаже несколько отличается от такового при заготовке силоса. К подобному заключению позволяют прийти, например, опыты Г.Д. Михеева (24), выполненные при сенажировании люцерны в производственных условиях. Автор установил, что при вскрытии траншеи с сенажом масляная кислота в нем отсутствовала. Начавшееся поступление воздуха в толщу сенажа инициировало гнилостные процессы, сопровождающиеся увеличением (в 1,5-4,0 раза) образования аммиака и, как следствие, повышением рН полученного корма. В свою очередь, это привело к развитию маслянокислых бактерий, обусловивших накопление в натуральном корме до 0,17 % масляной кислоты. На основании изложенных фактов можно заключить, что при благоприятном течении брожения, отмечающемся при сенажировании даже несилосующихся бобовых трав, активная кислотность (рН) корма, как правило, достигает значения, при котором подавляется жизнедеятельность маслянокислых бактерий. Очевидно и то, что подобное обеспечивается лишь при условии своевременного и качественного укрытия сенажируемой массы. При несоблюдении этого требования в корме происходят процессы аэробной деструкции, которая может протекать на любом этапе консервирования, обуславливая снижение активной кислотности массы и, как следствие, возникновение в ней маслянокислого брожения.

Таким образом, при сенажировании трав образование масляной кислоты, как правило, происходит в результате вторичной ферментации, обусловленной аэробной порчей корма, в то время как при силосовании проявленных бобовых трав оно может быть результатом как первичной, так и вторичной ферментации. Следовательно, если для получения свободного от накопления масляной кислоты сенажа достаточно обеспечить быструю закладку массы в хранилища и их тщательную герметизацию, то при силосовании бобовых трав, проявленных до содержания сухого вещества 30-35 %, наряду со строгой герметизацией корма, необходимы меры, направленные на ускорение его подкисления до значения рН, критического для маслянокислых бактерий. Как уже отмечалось, это связано с тем, что критическое значение рН для маслянокислых бактерий снижается по мере уменьшения содержания сухого вещества в консервируемой массе, и для его достижения в условиях слабого молочнокислого брожения требуется все больше времени. Однако наиболее важный практический вывод состоит в том, что создание пусть незначительной, но все же вполне кон-

кретной активной кислотности массы необходимо и при сенажировании. Зарубежные исследователи (25) давно установили критическое значение рН для сенажируемой массы, при превышении которого в корме не устраняется опасность маслянокислого брожения. По их мнению, при провяливание растений до содержания сухого вещества 45 % масса должна подкислиться до рН не более 4,85, а при содержании сухого вещества 50 % — не более 5,00.

Возвращаясь к прогнозированию успешности силосования трав, важно отметить, что даже при заготовке силоса из свежескошенных растений их сахаро-буферное отношение (установленный А.А. Зубриным сахарный минимум) — отнюдь не единственный фактор, обуславливающий результат консервирования. Не меньшее влияние на выход молочной кислоты, а следовательно, и степень подкисления корма оказывает содержание сахара в натуральной зеленой массе, которое должно быть не менее 1,5 % (4, 26). Лишь при содержании сахара $\geq 1,5$ % в свежескошенной массе с сахаро-буферным отношением $\geq 1,7$ культуры следует характеризовать как легкосилосующиеся. В противном случае это трудносилосующиеся растения.

Важно отметить, что при минимально необходимом сахаро-буферном отношении (1,8-2,0) и содержании сахара в натуральной свежескошенной массе 1,5 % отмечается самый высокий выход молочной кислоты из сахара, достигающий 120 % (4, 26). Выход молочной кислоты из сахара снижается при изменении обоих показателей как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения. Это особенно заметно при их одновременном уменьшении, что и служит основной причиной возникновения в корме маслянокислого брожения.

Однако для практики большее значение имеет то, что в зависимости от конкретной величины сахаро-буферного отношения и количества сахара в натуральном растительном субстрате их совокупное влияние на выход молочной кислоты неодинаково. Так, до сахаро-буферного отношения в растениях 1,8-2,0 и содержания сахара 1,5 % оба фактора действуют в направлении увеличения выхода молочной кислоты (27). Это и позволяет за счет повышения содержания сахара в силосуемой массе при ее предварительном обезвоживании компенсировать недостаточно высокое сахаро-буферное отношение, то есть улучшить сбраживаемость трудносилосующихся культур. При сахаро-буферном отношении в травах выше 2,0 и количестве сахара в их натуральной массе более 1,5 % оба фактора действуют в противоположном направлении, обуславливая снижение выхода молочной кислоты, так как при силосовании свежескошенных трав в корме по мере улучшения обеспеченности растений сахаром все сильнее активизируется спиртовое брожение (26).

Повышение содержания сахара в такой массе за счет провяливания еще более усугубляет положение. Наши опыты показали (4), что при увеличении сахаро-буферного отношения в свежескошенных травах с 1,6 до 4,9-6,1 выход молочной кислоты из сахара снижается с 119,4 до 70,2-76,4 %, то есть в 1,6-1,7 раза. В то же время при силосовании аналогичных растений, провяленных до содержания сухого вещества 30 %, выход уменьшался до 50,4-35,0 %, то есть уже в 2,4-3,4 раза (4). В обоих случаях весь содержащийся в травах сахар при силосовании расходовался практически полностью. Это доказывает, что с ростом обеспеченности провяленных трав сахаром увеличивается его доля, сбраживаемая при силосовании нежелательной микрофлорой. Значительно большее, чем при силосовании

свежескошенной массы, снижение выхода молочной кислоты из сахара при силосовании провяленных трав объясняется тем, что в подобном случае, наряду с дрожжами, значительное развитие получают энтеробактерии. В этом мы убедились, определив численность указанных микроорганизмов при силосовании злаковой травосмеси с содержанием сухого вещества 36 %, сахаро-буферным отношением 1,9 и количеством нитратов в сухом веществе силосуемой массы 4,0 г/кг. Результаты показали (4), что через 5 сут величина рН такой массы все еще составляла 5,1, а численность энтеробактерий достигала $2,8 \times 10^6$ КОЕ/г. Отсюда понятно, почему (в отличие от силоса из бобовых растений) силос из хорошо обеспеченных сахаром злаковых трав, провяленных до содержания сухого вещества 30-35 %, никогда не подкисляется до значения рН, которое достигается в варианте с аналогичной, но не провяленной массой. Активное развитие энтеробактерий в первый период силосования такой массы может привести к тому, что содержащегося в ней сахара попросту не хватит для создания в корме необходимой активной кислотности, вследствие чего неминуемо возникнет вторичная ферментация, сопровождающаяся накоплением значительного количества масляной кислоты.

На основании этого мы пришли к заключению (28), что процессы, протекающие при силосовании провяленных трав по сути противоположны происходящим в силосе из свежескошенных растений. Если в последнем случае вероятность получения доброкачественного силоса по мере улучшения обеспеченности растений сахаром возрастает, то при силосовании трав, провяленных до содержания сухого вещества 30-35 %, процесс брожения, наоборот, становится все более непредсказуемым. Следовательно, по мере улучшения обеспеченности сахаром провяленных трав возрастает необходимость использования дополнительных приемов, нормализующих процесс брожения. Немаловажно и то, что продукты восстановления нитратов, губительно воздействующие на маслянокислые бактерии, не только не оказывают никакого отрицательного влияния на энтеробактерии и дрожжи, но даже стимулируют их развитие. Относительно дрожжей подобные данные уже приводятся в литературе (29). Что же касается энтеробактерий, то об их невосприимчивости к продуктам восстановления нитратов убедительно свидетельствует уже обсуждавшийся нами опыт по силосованию провяленной злаковой травосмеси с содержанием нитратов в сухом веществе растений 4,0 г/кг. К настоящему времени имеется и теоретическое объяснение этого феномена. Установлено, что в отсутствие кислорода факультативные анаэробы, к которым, в частности, относятся энтеробактерии и дрожжи, могут получать энергию за счет анаэробного дыхания, используя нитраты в качестве акцепторов водорода. В описанном случае механизмы окисления органических субстратов при анаэробном и аэробном дыхании не различаются (30). А это означает, что дыхательная аммонификация у факультативных анаэробов позволяет им в анаэробных условиях осуществлять полное окисление органических соединений до CO_2 и H_2O с аккумулярованием почти такого же количества энергии, как при аэробном дыхании.

В то же время у энтеробактерий есть одно важное свойство, которое позволяет регулировать их численность в процессе силосования: они не выносят высокой кислотности и погибают при быстром подкислении массы до рН 4,3 и ниже (13, 16). Именно это было использовано при разработке эффективного и малозатратного способа подавления энтеробактерий с помощью препаратов на основе осмоотолерантных штаммов молоч-

нокислых бактерий. Они обеспечивают такую же интенсивность молочно-кислого брожения в провяленных травах, как эпифитные молочнокислые бактерии — в свежескошенной массе (14, 15), и, как следствие, скорость подкисления того и другого корма также становится одинаковой. При оптимальном содержании сахара в силосуемой массе провяленных трав применение указанных препаратов приводит к тому, что в ней не получают сколько-нибудь значительного развития не только энтеробактерии, но и дрожжи, поскольку при быстром превращении содержащегося в растениях сахара в молочную кислоту в анаэробных условиях дрожжи лишаются источника питания.

Отмеченное обстоятельство имеет большое практическое значение, так как именно от интенсивности развития дрожжей в основном зависит аэробная стабильность силоса и сенажа при выемке из хранилищ (8, 31). В свете установленных выше особенностей течения микробиологических процессов очевидно и то, что при силосовании различных провяленных трав эффективность указанных препаратов окажется неодинаковой и будет существенно отличаться от прогнозируемой на основании все еще господствующих в нашей стране представлений о силосовании с предварительным провяливанием (1-3, 32) и от результатов применения препаратов молочнокислых бактерий при силосовании свежескошенной зеленой массы (1, 3, 33, 34). Согласно этим взглядам, при силосовании трав в свежескошенном и провяленном виде максимальный эффект от использования препаратов молочнокислых бактерий должен наблюдаться на сырье с необеспеченным сахарным минимумом. Однако, как отмечалось выше, направленность микробиологических процессов при силосовании трав, провяленных до содержания сухого вещества 30-35 %, противоположна имеющей место в силосе из свежескошенных растений. Следовательно, наибольшую эффективность препаратов молочнокислых бактерий следует ожидать при силосовании хорошо обеспеченной сахаром провяленной массы с высоким потенциалом нормального заквашивания, который не может реализоваться из-за задержки развития молочнокислых бактерий и сдвига процесса брожения в неблагоприятную сторону. Экспериментальная проверка подтвердила справедливость этого положения (28, 35). Она показала, что максимальный эффект от использования препаратов на основе осмоотолерантных штаммов молочнокислых бактерий отмечается при силосовании провяленных трав с содержанием сухого вещества 30-35 % и сахаро-буферным отношением 2,5-3,5, то есть сырья, относящегося по классификации А.А. Зубрилина (1) к группе легкосилосующихся культур. При изменении сахаро-буферного отношения в провяленных травах как в сторону уменьшения (ниже 2,5), так и в сторону увеличения (выше 3,5) эффективность применения указанных препаратов снижается.

В первом случае это связано с более благоприятным течением процесса брожения в провяленной массе с необеспеченным сахарным минимумом (4, 28). По той же причине основной эффект от использования препаратов молочнокислых бактерий при силосовании трудносилосующихся провяленных трав сводится лишь к устранению опасности возникновения в корме маслянокислого брожения. Во втором случае снижение эффекта от использования препаратов молочнокислых бактерий обусловлено интенсификацией спиртового брожения. Поскольку входящие в состав препаратов осмоотолерантные штаммы молочнокислых бактерий, превосходя по биологической активности эпифитные молочнокислые бактерии, обеспечивают быстрое подкисление корма до рН 4,0 и ниже, жизне-

деятельность нежелательных бактерий подавляется и в корме накапливается остаток сахара, который полностью утилизируется дрожжами. Вследствие этого по мере увеличения сахаро-буферного отношения в проявленной массе выше 3,5 эффективность препаратов молочнокислых бактерий начинает постепенно снижаться, практически полностью исчезая при его значении около 4,5 (4, 26, 35). Имеются доказательства (8, 31), что из-за активного развития дрожжей силос из проявленных высокосахаристых трав, приготовленный с внесением гомоферментативных молочнокислых бактерий, при выемке из хранилищ портится значительно быстрее, нежели обычный. По той же причине хорошо обеспеченные сахаром злаковые травы не рекомендуется использовать и на сенаж. Резкое ограничение жизнедеятельности молочнокислых и нежелательных бактерий высоким осмотическим давлением в растительных клетках в этом случае обуславливает еще больший остаток сахара в корме, что при доступе воздуха стимулирует активное развитие дрожжей, то есть процесс аэробной порчи. Как правило, после выемки из хранилищ такой корм очень быстро разогревается и плесневеет (4).

Таким образом, для приготовления сенажа следует преимущественно использовать многолетние бобовые травы (люцерна, эспарцет, козлятник восточный, клевер луговой и т.п.). Пригодны для этой цели и трудносилосующиеся злаковые травы. Из-за особенностей физиолого-биохимических процессов при их проявлении в прокосах даже до сенажной влажности (36) в сухом веществе растений отмечается постоянное увеличение содержания сахара и, как следствие, повышение сахаро-буферного отношения в кормовой массе (но лишь при условии, что в течение одного светового дня ее уберут с поля в хранилище). При проявлении в прокосах хорошо обеспеченных сахаром злаковых трав наблюдается обратный эффект. Содержание сахара в их сухом веществе начинает снижаться с самого начала проявления, и в течение суток потери могут достигать 40 %, приводя к заметному ухудшению сбраживаемости (37). Потери сахара тем выше, чем больше его содержание в исходной зеленой массе. Поэтому хорошо обеспеченные сахаром многолетние злаковые травы следует быстро (в течение 2-6 ч) проявлять до содержания сухого вещества 30-35 % и закладывать на силос с применением препаратов на основе осмоотолерантных штаммов молочнокислых бактерий.

Подавляющее число сортов многолетних злаковых трав, равно как и их смесей с бобовыми культурами, выращиваемых в России, имеют оптимальное сахаро-буферное отношение (1,3-4,0) для эффективного силосования с указанными препаратами. Проблема силосования некоторых новых сортов многолетних злаковых трав с избыточным содержанием сахара (сахаро-буферное отношение $\geq 4,0$) легко решается при их возделывании в смешанных посевах с культурами, не обеспеченными сахарным минимумом.

Итак, выбор способа консервирования трав определяется прежде всего их видом. Несилосующиеся травы (люцерна, козлятник восточный, клевер луговой 2-го и последующих укосов и т.п.) целесообразно использовать в основном на сенаж, проявляя растения до содержания сухого вещества 45-50 %. При неукоснительном соблюдении технологии это неизменно обеспечивает получение качественного (с минимальными потерями питательных веществ) корма, стабильного в процессе как хранения, так и выемки из хранилищ. Трудносилосующиеся бобовые и злаковые травы (клевер луговой 1-го укоса, лядвенец рогатый 2-го и последующих

укосов, ежа сборная 1-го укоса и остальные злаковые травы 2-го и последующего укосов, за исключением некоторых сортов райграсов и созданных на их основе гибридов) в зависимости от погодных условий можно использовать как на сенаж, так и на силос, проявлявая до содержания сухого вещества 30-35 % и стимулируя молочнокислое брожение в корме внесением препаратов, созданных на основе осмоотолерантных штаммов молочнокислых бактерий. Легкосилосующиеся травы, к которым относится подавляющее число многолетних злаковых трав 1-го укоса, из-за высокого содержания сахара не подходят в качестве сырья для сенажирования, так как при этом способе консервирования обеспечивается получение нестабильного при выемке корма. Такие травы после кратковременного проявлявания до содержания сухого вещества 30-35 % следует преимущественно использовать на силос, стимулируя в нем молочнокислое брожение внесением препаратов на основе осмоотолерантных штаммов молочнокислых бактерий. Тем же способом целесообразно консервировать и некоторые легкосилосующиеся бобовые травы, например люцерну 1-го укоса, а также легкосилосующиеся бобово-злаковые смеси (клеверо-тимфеечная смесь, вико-овсяная смесь и т.п.). Хотя содержание нитратов и обсемененность растений эпифитными молочнокислыми бактериями служат факторами, обеспечивающими (наряду с сахарами) высокую сохранность и качество корма, их пока что не удается контролировать в производственных условиях.

*ГНУ Всероссийский НИИ кормов
им. В.Р. Вильямса Россельхозакадемии,
141055 Россия, Московская обл., г. Лобня, Научный городок,
e-mail: vniikormov@nm.ru*

*Поступила в редакцию
7 мая 2013 года*

Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology], 2014, № 2, pp. 31-41

BIOLOGICAL BASES OF GRASS SILAGE AND HAYLAGE MAKING (review)

Yu.A. Pobednov, V.M. Kosolapov

V.R. Vil'yams All-Russian Research Institute of Fodder, Russian Academy of Agricultural Sciences, Nauchnyi Gorodok, Lobnya, Moscow Province, 141055 Russia, e-mail vniikormov@nm.ru

Received May 7, 2013

doi: 10.15389/agrobiol.2014.2.31eng

Abstract

The current concept about regularities of microbiological processes at ensiling and haymaking depending on the kind of preserved grasses and a degree of wilting is represented in the review. On this base the rational methods for plant mass conservation have been proved. The conservation method should be selected with due regard to the crop peculiarities (gramineous or leguminous grass), sugars contents (per dry matter) and its changes under the grass wilting, a degree of plants drying, the pH and sugar-buffer ratio in forage mass, and the composition of epiphytic microflora to provide an improved fodders storage and increased quality. Besides, it is necessary to keep strictly the modes of preliminary mass processing and loading as well as silage storage and removing. The silage additives, based on the osmotically tolerant strains of lactic acid bacteria, is one of the important elements in the applied technology, providing inhibition of growth of the undesirable microorganisms, including butyric acid bacteria and the yeasts activity, that can lead to fodders contamination by the butyric acid. Most perennial grass varieties, as well as their mixtures with legumes, cultivated in Russia, are characterized by optimal sugar-buffer ratio (1.3-4.0) for the effective ensiling with above pointed bacterial inoculants. But some new perennial gramineous grass varieties have excessive sugar contents (sugar-buffer ratio is ≥ 4.0) and are included in the group of the hard-to-ensile crops. For solving the ensiling problems with such perennial grasses, it should be recommended to cultivate them in mixed sowings with crops, characterized by lack of sugar minimum.

Keywords: grass, silage, haylage, lactic acid bacteria, enterobacteria, yeasts, stability and quality of forage.

REFERENCES

1. Zubrilin A.A. *Konservirovanie zelenykh kormov* [Green fodder conservation]. Moscow, 1938.
2. Mikhin A.M. *Silosovanie v zasushivoi zone* [Silage preparation in arid regions]. Stalingrad, 1937.
3. Zafren S.Ya. *Tekhnologiya prigotovleniya kormov* [Technology for fodder production]. Moscow, 1977.
4. Pobednov Yu.A. *Osnovy i sposoby silosovaniya trav* [Base and technique for grass silaging]. St. Petersburg, 2010.
5. Petrosyan V.A., Abramyan A.S. *Tekhnologiya proizvodstva, khraneniya i ispol'zovaniya kormov (Nauchnye trudy VASKHNIL)* [In: Technology for fodder production, storage and use. Scientific works of the V.I. Lenin All-Union Academy of Agricultural Sciences, USSR]. Moscow, 1978: 25-27.
6. Bogdanov G.A., Privalo O.E. *Senazh i silos* [Haylage and silage]. Moscow, 1983.
7. Viringa Dzh. *Materialy 8-go Mezhdunarodnogo lugopastbishchnogo kongressa (11-21 iyunya 1960 goda, g. Reding, Angliya). Perevod s angliiskogo* [Proc. 8th Int. Congr. on grasslands. England, June 11-21, 1960]. Moscow, 1963: 334-343.
8. Vaisbakh F. *Problemy biologii produktivnykh zivotnykh*, 2012, 2: 49-70.
9. Buryakov N.P. *Fiziologicheskoe obosnovanie effektivnosti ispol'zovaniya kormov s povyshennym urovnem nitratov v ratsionakh krupnogo rogatogo skota. Doktorskaya dissertatsiya* [Physiological basis of efficiency of higher nitrate level diets in cattle. DSc Thesis]. Moscow, 2010.
10. Fehrmann E., M ller Th. Jaresverlauf des epiphytischen Mikrobenbesatzes auf einen Graslandstandort. *Das Wirtschaftseigene Futter*, 1990, 36(1): 66-78.
11. M ller Th., Fehrmann E., Seyfarth W., Knabe O. Quality of grass silage depending on epiphytic lactic acid bacteria. *Landbauforschung Vülkenrode*, 1991, 123: 297-300.
12. Kvasnikov E.I., Shchelokova I.F. *Izvestiya AN SSSR, Seriya biologicheskaya*, 1968, 4: 543-556.
13. Pobednov Yu.A. *Teoreticheskoe obosnovanie i razrabotka sposobov prigotovleniya energonasyshchennykh vysokoproteinovykh silosovannykh kormov na osnove regulirovaniya mikrobiologicheskikh protsessov. Doktorskaya dissertatsiya* [Theoretical bases and technologies for production of high-energy silage with high protein level through bacterial activity regulation. DSc Thesis]. Moscow, 2003.
14. Pobednow Yu., Weissbach F., Pahlow G. ber den Effekt von Milchsäurebakterien-Peptidradaraten auf die Sauerungsgeschwindigkeit und die Gdrqualität von Welksilage. *Landbauforschung Vülkenrode*, 1997, 3: 97-102.
15. Pobednov Yu.A. *Kormoproizvodstvo*, 2005, 3: 24-27.
16. Pobednov Yu.A. *Kormoproizvodstvo*, 1998, 8: 21-25.
17. Filatov I.I., Kuznetsova T.T., Safronova L.G. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 1978, 5: 44-49.
18. Zubrilin A.A., Mishustin E.N., Kharchenko V.A. *Silos* [Silage]. Moscow, 1950.
19. Dzhumanazarov B.N. *Byulleten' VNIIFBiP sel'skokhozyaistvennykh zivotnykh (Borovsk)*, 1973, 3(29): 50-53.
20. Nugmatzhanov K.G. *Mikrobiologicheskie sposoby povysheniya kachestva korma* [Microbiological methods to improve fodder quality]. Alma-Ata, 1984.
21. Thaysen J. Ganzpflanzensilage (GPS) zunehmend interessant. *Milchpraxis*, 1996, 34(2): 80-83.
22. Kunanbaev S.K. *Nauchnoe obosnovanie srokov uborki, sposobov konservirovaniya i ispol'zovaniya zernofurazhnykh kul'tur na severe Kazakhstana. Avtoreferat kandidatskoi dissertatsii* [Scientific substantiation for harvesting time, conservation technologies and usage of grain forage in the North of Kazakhstan. PhD Thesis]. Almaty, 2007.
23. Duborezov V.M., Vinogradov V.N., Evstratov A.I., Kirnos I.O., Suslova S.V., Sovetkin K.S., Delyagina E.N., Nefedov G.G. *Prigotovlenie ob'emistykh kormov s ispol'zovaniem konservantov razlichnoi prirody: Rekomendatsii* [Roughage preparation using different preservatives: recommendations]. Dubrovitsy, 2005.
24. Mikheev G.D. *Tekhnologiya proizvodstva, khraneniya i ispol'zovaniya kormov (Nauchnye trudy VASKHNIL)* [Technology for fodder production, storage and use. Scientific works of the V.I. Lenin All-Union Academy of Agricultural Sciences, USSR]. Moscow, 1978: 70-73.
25. Vaisbakh F., Schmidt L., Khain E. *Sbornik materialov 12-go Mezhdunarodnogo kongressa po lugovodstvu (11-20 iyunya 1974 goda, g. Moskva)* [Proc. 12th Int. Congr. on grasslands. Moscow, June 11-20, 1974]. Moscow, 1977, Vol. 2: 235-237.
26. Pobednov Yu.A. *Problemy biologii produktivnykh zivotnykh*, 2008, 3: 94-106.
27. Pobednov Yu.A. *Problemy biologii produktivnykh zivotnykh*, 2009, 3: 89-100.
28. Pobednov Yu.A., Osipyay B.A. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo*, 2013, 1(13): 21-30.
29. Lück E. *Chemische Lebensmittelkonservierung*. Berlin, Heidelberg, NY, Tokyo, 1985.
30. *Sovremennaya mikrobiologiya. Tom 1. Prokarioty* /Pod red. I. Lenglera, G. Drevesa, G. Shlegelya [Modern microbiology. Vol. 1. Prokaryotes. J. Lengler, G. Drewe, H. Shlegel

- (eds.)]. Moscow, 2005.
31. Davies D.R., Fychan R., Jones R. Aerobic deterioration of silage: causes and controls. *Proc. Alltech's 23^d Annu. Symp. «Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries»*. Nottingham, 2007: 227-238.
 32. Kosolapov V.M., Bondarev V.A., Klimenko V.P., Krichevskii A.N. *Prigotovlenie silosa i senazhas primeneniem biologicheskikh preparatov Biosib i Ferkon* [Applying Biosib and Ferkon biopreparations for ensilage and haymaking]. Moscow, 2009.
 33. Chukanov N.K. *Mikrobiologiya na sluzhbe kormoproizvodstva* [Applying microbiology in fodder production]. Alma-Ata, 1975.
 34. Ramenskii V.A. *Nauchnoe i prakticheskoe obosnovanie sposobov povysheniya kachestva silosov i effektivnost' ikh ispol'zovaniya pri proizvodstve govyadiny. Avtoreferat doktorskoj dissertatsii* [Scientific and practical bases for silage improving and its efficacy under beef production. DSc Thesis]. Orenburg, 2006.
 35. Pobednov Yu.A., Pankratov V.V. *Problemy biologii produktivnykh zivotnykh*, 2008, 1: 93-102.
 36. Pobednov Yu.A. *Kormoproizvodstvo*, 2012, 8: 37-40.
 37. Pobednov Yu.A., Mamaev A.A., Mamaeva M.V. *Mnogofunktional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo*. Moscow, 2011: 280-294.