

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ПРОДУКТОВ ФЕРМЕНТАЦИИ
В ПРОЦЕССЕ СЕНАЖИРОВАНИЯ И СИЛОСОВАНИЯ ЛЮЦЕРНЫ
ПРИ СПОНТАННОМ БРОЖЕНИИ И ПРИМЕНЕНИИ БИОКОНСЕРВАНТА**

Победнов Ю.А., Мамаев А.А., Широкомяд М.С.

*ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса,
г. Лобня Московской обл., Научный городок, 141055, Российская Федерация*

Цель данной работы – изучение динамики накопления продуктов ферментации (аммиака, сахара и кислот брожения) в процессе сенажирования и силосования провяленной люцерны при спонтанном брожении и применении биоконсерванта. Динамику брожения изучали при силосовании провяленной до содержания сухого вещества 39,9 и 52,5% люцерны обычным способом и с препаратом «Биотроф» (БТ), созданным на основе осмотолерантного штамма *Lactobacillus plantarum* № 60. При внесении препарата рН провяленной люцерны (39,9% СВ) уже через 3 суток достигает значения $\leq 4,6$, ограничивающего развитие маслянокислых бактерий, однако это не предотвращает накопление масляной кислоты, которое продолжается и при более сильном подкислении массы. Выявлена отрицательная корреляция между рН корма и накоплением масляной кислоты ($r=-0,79$, $P<0,05$). Аммиак накапливается в первую неделю силосования, после чего его содержание стабилизируется. В обычном силосе аммиак накапливается в течение всего срока хранения из-за медленного повышения активной кислотности. Люцерновый сенаж (52,5% СВ) под влиянием БТ подкисляется медленнее, но и в нём рН может достигать значения 4,2. Это объясняется тем, что, наряду с сахаром, в процесс молочнокислого брожения вовлекается и яблочная кислота, в большом количестве образующаяся в провяленной на сенаж люцерне. Несмотря на разницу в подкислении обычного и инокулированного молочнокислыми бактериями сенажа, накопление масляной кислоты в последнем было выше ($P<0,05$). Разница в содержании масляной кислоты проявляется после 15 суток сенажирования люцерны с БТ, когда рН корма достигает значения, критического для маслянокислых бактерий. Определена отрицательная зависимость между рН сенажа и количеством образовавшейся масляной кислоты ($r=-0,84$, $P<0,05$). Накопление аммиака в сухом веществе обычного и приготовленного с БТ сенажа было практически одинаковым и соответствовало его содержанию в сухом веществе силоса из провяленной (39,9% СВ) люцерны, приготовленного с БТ. Сделано заключение, что при сенажировании провяленной люцерны (52,5% СВ) обычным способом и с препаратом БТ и её силосовании в провяленном виде (39,9% СВ) с БТ, накопление некоторого количества масляной кислоты можно не принимать во внимание, так как оно обусловлено не активностью нежелательной микрофлоры, а возникающими в зелёной массе биохимическими процессами и жизнедеятельностью сахаролитических бактерий и по этой причине не сопровождается образованием в корме вредных и ядовитых соединений.

Ключевые слова: люцерна, силос, сенаж, молочнокислые бактерии, маслянокислые бактерии, органические кислоты, аммиак

Проблемы биологии продуктивных животных, 2019, 2: 89-98

Введение

Люцерна – несилосующаяся культура. По этой причине многие авторы рекомендуют использовать её для приготовления сенажа, провяливая растения до содержания сухого вещества $\geq 45,0\%$ (Богданов, Привало, 1983; Бондарев и др., 2016; Победнов, 2017). Но и в этом случае в корме нередко образуется некоторое количество масляной кислоты (Курнаев,

2010; Победнов и др., 2018). Одной из причин этого служит высокое содержание в люцерне белка и пектина, вследствие чего даже в проявленном до «сенажной» влажности виде она содержит много слабосвязанной воды (Ребиндер, 1958), доступной для бактерий. Кроме того, люцерна обладает высокой буферной ёмкостью, обуславливающей медленное её подкисление даже при внесении препаратов молочнокислых бактерий (Победнов и др., 2016). Немаловажно и то, что оптимум рН для растительных протеолитических ферментов у люцерны находится на более низком уровне, чем у клевера лугового и злаковых трав (McKersie, 1983). При медленном подкислении люцерны это приводит к увеличению периода гидролиза содержащегося в ней белка (Зубрилин, 1938; McKersie, Buchanan-Smith, 1982) с последующим дезаминированием образовавшихся аминокислот до аммиака (Хелдт, 2014), повышающего и без того высокую буферность массы.

Однако люцерна обладает и некоторыми положительными свойствами. Как и другие виды бобовых трав, она содержит растительные метаболиты, обладающие выраженным антимикробным действием (Weissbach, 1999). Этим объясняется высокая сохранность силоса даже из свежескошенной люцерны, нередко наблюдающаяся в лабораторных условиях (Зафрен, 1977). Корм при этом не заквашивается, но и не портится в течение длительного времени. Следует отметить также заметное повышение содержания сахара (Богданов, Привало, 1983) и яблочной кислоты (Победнов, 2012) в проявленной до «сенажной» влажности люцерне, что приводит к заметному улучшению её сбраживаемости. По мнению некоторых исследователей (Мак-Дональд, 1985), яблочная кислота и её соли могут, подобно сахару, сбраживаться молочнокислыми бактериями в молочную кислоту. Значение имеет и то, что при силосовании люцерны с содержанием сухого вещества $\geq 40\%$ в сухом веществе силоса заметно уменьшается накопление аммиака (Dimitrova, 1977; Moran, Owen, 1996), обуславливающее снижение буферной ёмкости массы.

Материал и методы

Сырьём для силосования и сенажирования служила люцерна изменчивая (*Medicago sativa* L. *nothosubsp. varia* (Martyn) Arcang.) сорт Таисия и Пастбищная 88, убранный в фазу бутонизации. Опыты проводили на базе ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса. Динамику рН, аммиака, сахара и кислот брожения изучали при силосовании проявленной до содержания сухого вещества 39,9 и 52,5% люцерны обычным способом и с препаратом «Биотроф» (БТ), созданным на основе осмоотолерантного штамма *Lactobacillus plantarum* № 60. Силос и сенаж готовили в лабораторных сосудах ёмкостью 0,5 л, герметизированных каучуковыми пробками. Корм анализировали через 0, 3, 7, 15, 30 и 60 суток хранения без доступа воздуха. Содержание сухого вещества в зелёной массе, силосе и сенаже определяли путём высушивания навесок при $t^0 = +105^0\text{C}$ до постоянного веса, сахара – по Бертрану, аммиака – по Лонги, рН – с помощью потенциометра И-500, органических кислот – методом капиллярного электрофореза.

Результаты и обсуждение

Результаты исследований показали, что при внесении препарата молочнокислых бактерий рН люцерны, проявленной до содержания сухого вещества 39,9%, через трое суток силосования снизился с 5,8 до 4,6 (рис. 1).

В соответствии с существующими теоретическими представлениями, подкисление массы с указанным содержанием сухого вещества до рН=4,6 должно предотвратить дальнейшее развитие в корме маслянокислых бактерий (Вайсбах, 2012). Однако, как следует из представленных на рис. 1б графиков, накопление масляной кислоты при подкислении корма до рН, критического для маслянокислых бактерий, не остановилось, а продолжалось и в случае большего подкисления корма. Правда, при внесении БТ накопление масляной кислоты было несколько меньшим ($P < 0,05$), чем в обычном силосе. Принципиально то, что при силосовании проявленной люцерны обычным способом и с БТ отмечается отрицательная

корреляция между степенью подкисления корма (рН) и количеством образовавшейся масляной кислоты, $r = -0,87$ и $r = -0,79$ ($P < 0,05$), соответственно. Это указывает на то, что по мере снижения рН проявленной массы люцерны в ней создаются более благоприятные условия для накопления масляной кислоты. Исходя из разработанной проф. Ф. Вайсбахом градации критического для маслянокислых бактерий значения рН в зависимости от содержания сухого вещества в силосуемой массе (Вайсбах, 2012), можно прийти к заключению, что в данном случае синтез масляной кислоты осуществляется другими видами бактерий, однако неизвестно, какими из них.

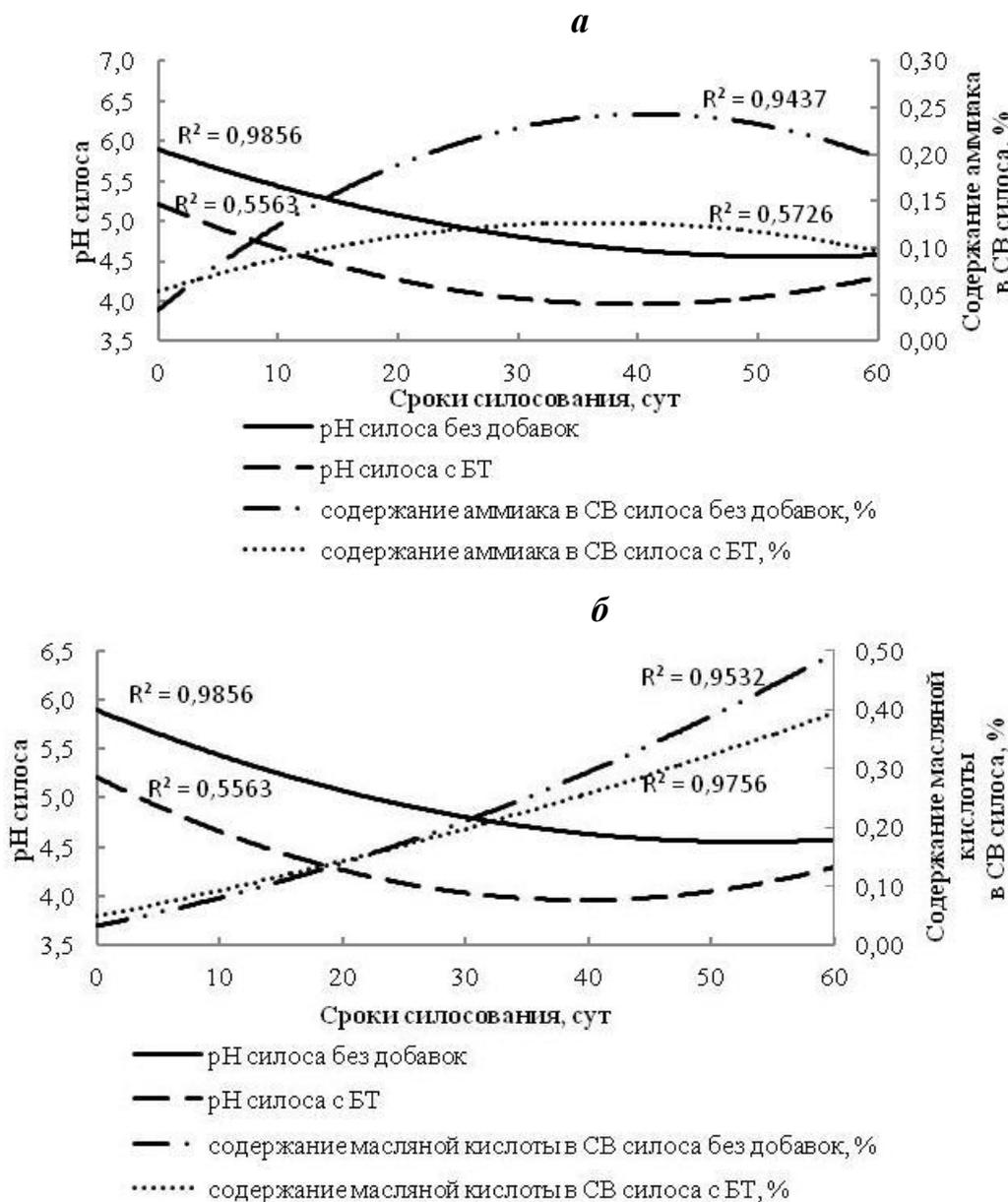


Рис. 1. Динамика рН, аммиака (а) и масляной кислоты (б) в обычном и приготовленном с препаратом «Биотроф» (БТ) силосе из проявленной (39,9% СВ) люцерны

Ранее было установлено наличие нежелательных бактерий в люцерновом сенаже после месячного его хранения в анаэробных условиях (Йылдырым, 2017). Среди них были обнаружены типичные представители рубцовой микрофлоры семейств *Bacteroidetes* и

Seimonadales, способных продуцировать масляную кислоту. К микроорганизмам, заселяющим мочеполовой и желудочно-кишечный тракты млекопитающих, следует отнести и анаэробные кокки *Megasphaera sp.* По современной классификации они входят в семейство *Veillonellaceae*, класс *Negotivicutes*). Однако ранее они относились к семейству *Acidaminococcaceae*, входящему в порядок *Clostridiales*. Все эти виды бактерий погибают на воздухе в течение нескольких секунд и по этой причине не растут на обычных питательных средах. Примечательно, что оптимальное значение pH для развития кокков *Megasphaera sp.* лежит в пределах 4,1-4,7 (Dworkin et. al., 2006).

Способностью продуцировать масляную кислоту обладают даже некоторые молочнокислые бактерии. Например, идентификация метаболитов штамма *Lactobacillus buchneri* 600 показала наличие среди них валериановой и масляной кислот (Лаптев и др., 2009).

Накопление аммиака в силосе, приготовленном с БТ, который спустя 3 суток уже подкислился до pH=4,6, продолжалось лишь в течение первых 7 суток (рис. 1а), после чего прекращалось. Это указывает на то, что аммиак в данном случае преимущественно образуется лишь вследствие протеолиза, протекающего в провяленной люцерне в течение первой недели силосования, тогда как жизнедеятельность протеолитических бактерий ингибируется быстрым подкислением корма до указанного значения pH. В обычном силосе, в котором активная кислотность нарастала очень медленно, аммиак накапливался в течение всего 2-месячного срока хранения корма в анаэробных условиях. В результате его содержание возросло вдвое, по сравнению с накоплением аммиака в силосе, приготовленном с препаратом БТ (рис. 1а, $P < 0,05$).

Полученные данные подтверждают предположение о разной природе и механизме накопления масляной кислоты в обычном и приготовленном с БТ силосе из люцерны, провяленной до содержания сухого вещества 39,9%. Если в первом случае аммиак и масляная кислота накапливаются одновременно, т.е. происходит типичный процесс гниения, то в силосе с БТ накопление масляной кислоты не сопровождается увеличением содержания в корме аммиака. Это означает, что в данном случае масляную кислоту продуцируют только сахаролитические бактерии. Отсюда возникает вопрос о правомерности нежелательного образования в силосе даже небольшого количества масляной кислоты, которая не только безвредна для животных и усваивается ими, но даже может оказывать положительное воздействие на организм. Вопрос о возможности пересмотра роли масляной кислоты в силосованных кормах уже поднимается в литературе (Лаптев и др., 2009).

При сенажировании люцерны с содержанием сухого вещества 52,5%, БТ уже не способствовал сколько-нибудь заметному ускорению подкисления массы в течение первых трёх суток её ферментации (рис. 2). Однако по мере адаптации внесённого штамма молочнокислых бактерий к высокому осмотическому давлению в растительных клетках, интенсивность молочнокислого брожения возрастала, в результате чего pH люцернового сенажа к концу срока его хранения достиг значения 4,2.

В обычном сенаже из люцерны низкая интенсивность молочнокислого брожения наблюдалась в течение всего 2-месячного срока его хранения. Несмотря на большую разницу в подкислении, накопление масляной кислоты в сенаже, приготовленном с препаратом БТ, было несколько большим, чем отмечалось в обычном сенаже ($P < 0,05$). Особо важно отметить то, что, как следует из графика, разница в её содержании стала отчётливо проявляться, лишь начиная с 15-х суток сенажирования (рис. 2б), т.е. тогда, когда pH сенажа, приготовленного с БТ, достиг значения, критического для маслянокислых бактерий. Как и при силосовании провяленной люцерны, при сенажировании люцерны с БТ отмечалась отрицательная корреляция ($r = -0,84$; $P < 0,05$) между pH корма и количеством образовавшейся в нём масляной кислоты. При обычном сенажировании люцерны, в течение которого pH изменялся незначительно, подобной связи не установлено.

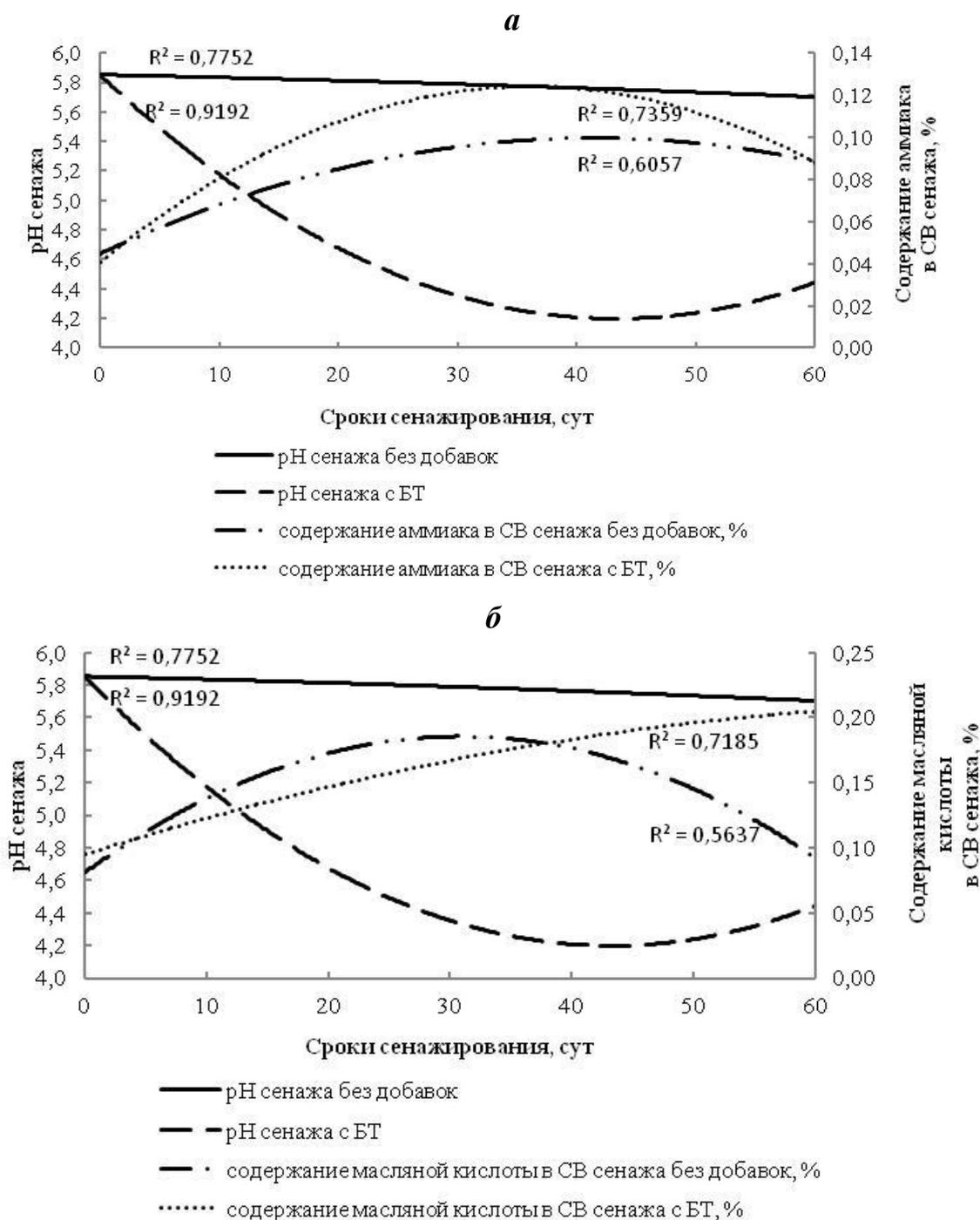


Рис. 2. Динамика pH, содержания аммиака (а) и масляной кислоты (б) в сухом веществе обычного и приготовленного с препаратом «Биотроф» (БТ) сенажа из провяленной (52,5% СВ) люцерны

Содержание аммиака имело некоторую тенденцию к увеличению в сенаже, приготовленном с БТ (рис. 2а), однако эта разница оказалась статистически незначимой по отношению к содержанию аммиака в обычном сенаже. На основании этого можно заключить, что причиной накопления некоторого количества масляной кислоты в сенаже из провяленной до содержания сухого вещества 52,5% люцерны также служат не маслянокислые бактерии.

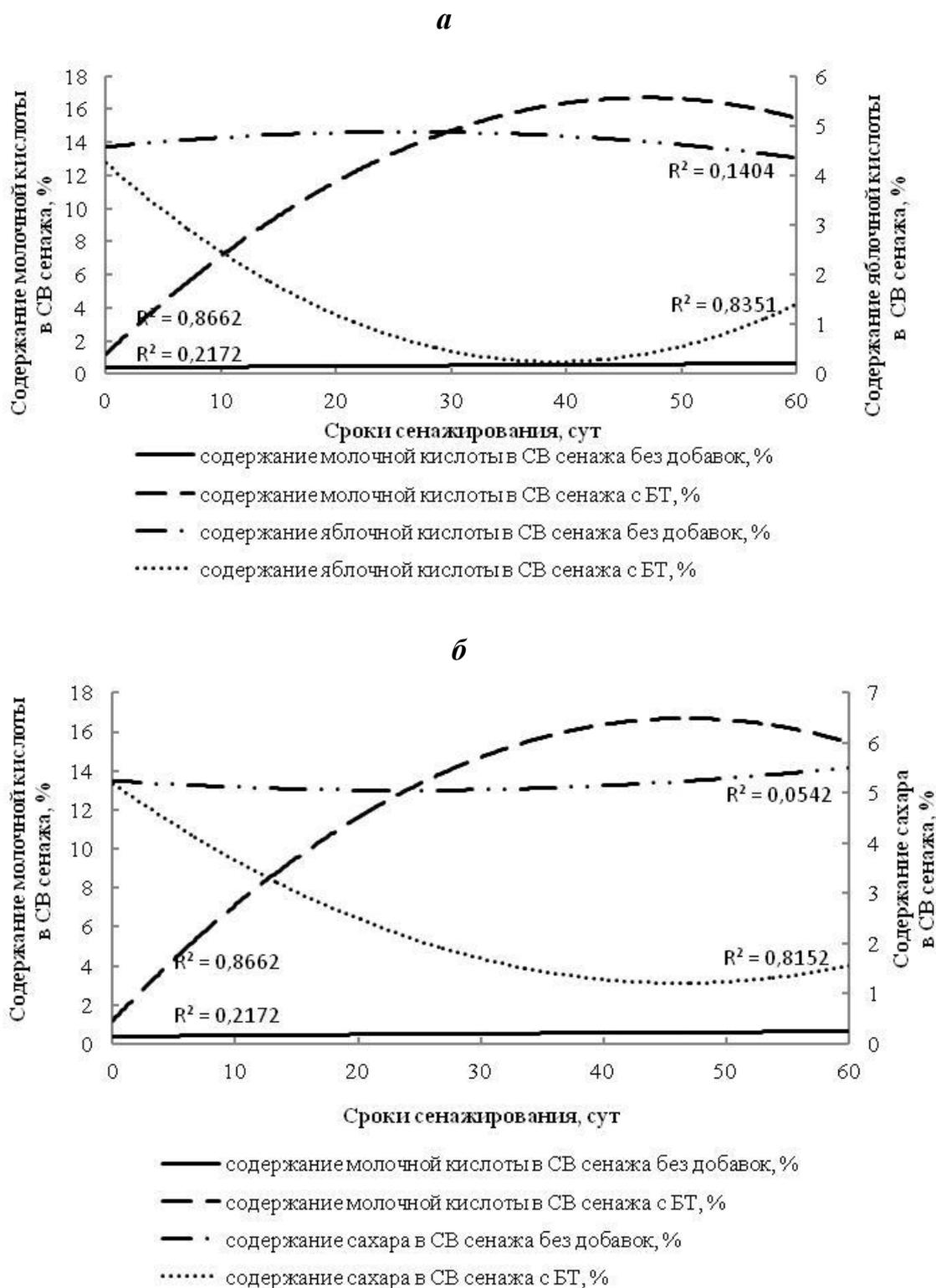


Рис. 3. Динамика сахара, молочной и яблочной кислот при сенажировании (52,5% СВ) люцерны обычным способом и с препаратом «Биотроф» (БТ).

Определённое количество масляной кислоты в сенаже и силосе из провяленной люцерны может накапливаться в результате биохимических процессов, на что указывает её наличие в количестве 0,03-0,06% уже в сухом веществе исходной провяленной массы. Образуется она при дыхании сильно обезвоженной растительной массы. Дело в том, что в экстремальных условиях энергетически более выгодным дыхательным субстратом для растений служат не углеводы, а жир, который у животных и растений состоит из жирных кислот с чётным количеством углеродных атомов (Рубин, Ладыгина, 1974). Понятно, что любая жирная кислота, от которой отщепляется по паре углеродных атомов, рано или поздно проходит через масляную кислоту. С этим же, очевидно, связано и увеличение содержания масляной кислоты (до 0,10-0,11%) в сухом веществе сенажа через 3 суток его ферментации, т.е. в период, в который, как отмечалось выше, в корме ещё не протекали активно микробиологические процессы.

Известно, что водный дефицит снижает интенсивность дыхания растений, из-за чего в сенажируемой массе медленнее расходуется кислород, обуславливая более продолжительное дыхание растений. На справедливость этого положения указывает то, что в начале сенажирования люцерны, наряду с увеличением содержания масляной кислоты, в её сухом веществе существенно увеличивается и накопление яблочной кислоты, количество которой через 7 суток ферментации возрастало с 3,94 до 5,43% ($P < 0,05$). По имеющимся данным (Рубин, Ладыгина, 1974), яблочная кислота образуется только в результате аэробного дыхания растений, и её роль сводится к стимулированию поглощения растениями кислорода в условиях сильного обезвоживания.

Для определения роли яблочной кислоты в улучшении сбраживаемости провяленной массы, мы определили динамику сахара, молочной и яблочной кислот при сенажировании провяленной до содержания 52,5% люцерны обычным способом и с внесением БТ. Результаты показали (рис. 3), что под влиянием БТ по мере увеличения накопления молочной кислоты в сухом веществе корма, в нём одновременно уменьшается содержание яблочной кислоты (3а) и сахара (3б).

Выявлена тесная отрицательная корреляция между увеличением содержания в сухом веществе корма молочной кислоты и снижением содержания в нём яблочной кислоты ($r = -0,94$, $P < 0,05$) и сахара ($r = -0,83$, $P < 0,05$). Таким образом, было экспериментально доказано, что яблочная кислота, в большом количестве образующаяся при интенсивном проявлении люцерны, при использовании препарата молочнокислых бактерий может, подобно сахару, успешно сбраживаться молочнокислыми бактериями с образованием молочной кислоты, обуславливая более сильное подкисление провяленной люцерны. При обычном сенажировании провяленной до содержания сухого вещества 52,5% люцерны, где отсутствовало интенсивное молочнокислое брожение, содержание яблочной кислоты и сахара изменялось незначительно.

Заключение

При силосовании провяленной до содержания сухого вещества 39,9% люцерны с препаратом «Биотроф» (БТ) корм спустя трое суток ферментации подкисляется до $pH \leq 4,6$, то есть до предела, ограничивающего развитие маслянокислых бактерий, однако, это не исключает накопление масляной кислоты, которое продолжается и при более сильном подкислении массы. Напротив, аммиак накапливается только в первую неделю силосования, после чего его содержание стабилизируется и остаётся постоянным в течение всего срока хранения корма. Отсутствие связи между накоплением аммиака и масляной кислоты и, наоборот, очень высокая связь накопления последней со степенью подкисления корма указывает на то, что в процессе образования масляной кислоты участвуют сахаролитические бактерии, которые не разрушают белок с образованием вредных и ядовитых соединений, и сохраняют свою активность при более низком, нежели клостридии, значении pH.

При сенажировании проявленной до содержания сухого вещества 52,5% люцерны обычным способом и с консервантом БТ, в корме накапливается одинаковое количество аммиака. В начальный период сенажирования под влиянием возникающих в проявленной массе биохимических процессов образуется и равное количество масляной кислоты. Начиная с 15 суток, то есть по мере подкисления сенажа, приготовленного с БТ, до рН, критического для маслянокислых бактерий, накопление масляной кислоты начинает возрастать, обуславливая достоверную разницу в её содержании по сравнению с обычным сенажом. Высокая отрицательная корреляция между степенью подкисления корма и накоплением масляной кислоты ($r = -0,84$, $P < 0,05$) при не возрастающем содержании аммиака свидетельствует о том, что причиной накопления масляной кислоты на более поздних этапах сенажирования также служат сахаролитические бактерии.

Следовательно, при сенажировании проявленной до содержания сухого вещества 52,5% люцерны обычным способом и с препаратом БТ и при её силосовании с указанным препаратом в проявленном до содержания сухого вещества 39,9% виде накопление небольшого количества масляной кислоты в корме можно не принимать во внимание, поскольку это не сопровождается получением вредных и ядовитых соединений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Богданов Г.А., Привало О.Е. Сенаж и силос. – М.: Колос, 1983. – 319 с.
2. Бондарев В.А., Косолапов В.М., Клименко В.П., Кричевский А.Н. Приготовление силоса и сенажа с применением отечественных биологических препаратов. – М.: ВНИИК, 2016. – 212 с.
3. Вайсбах Ф. Будущее консервирования кормов // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2012. – № 2. – С. 49-70.
4. Зафрен С.Я. Технология приготовления кормов. – М.: Колос, 1977. – 240 с. С
5. Зубрилин А.А. Консервирование зелёных кормов. – М.: Сельхозгиз, 1938. – 200 с.
6. Ёылдырым Е.А. Особенности процессов ферментации при технологии производства сенажа. // Вестник мясного скотоводства. – 2017. – № 3 – С. 160-164.
7. Курнаев О.М. Вплив технології заготівлі сінажу на втрати сирого протеїну та його фракційний склад упродовж зберігання. Корми і кормовиробництво // Міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Вінниця, 2010. – № 66. – С. 274-280.
8. Лаптев Г.Ю., Лапицкая Е.А., Солдатова В.В. Эффективность препарата «Биотроф 600» для борьбы с нежелательной микрофлорой при хранении плющеного зерна // В сб.: Актуальные проблемы заготовки, хранения и рационального использования кормов. – М.: ФГУ РЦСК, 2009. – С. 41-45.
9. Мак-Дональд П. Биохимия силоса. – М.: Агропромиздат, 1985. – 272 с.
10. Победнов Ю.А. Теоретические предпосылки и способы консервирования кукурузы и трав на основе регулирования микробиологических процессов. – СПб.: ООО «Биотроф», 2017. – 52 с.
11. Победнов Ю.А., Мамаев А.А., Иванова М.С. К вопросу сенажирования и силосования люцерны с препаратами молочнокислых бактерий // В сб.: «Продовольственная безопасность сельского хозяйства в XX веке. Жученковские чтения». – М.: ВИК, 2016. – №11. – С.180-188.
12. Победнов Ю.А. О новообразовании сахара при проявлении трав // Кормопроизводство. – 2012. – № 8. – С. 37-40.
13. Победнов Ю.А., Мамаев А.А., Иванова М.С., Юртаева К.Е. Силосование люцерны с препаратами молочнокислых бактерий // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – Т. 101. – № 1. – С. 213-220.
14. Ребиндер П.А. О формах связи воды с материалом в процессе сушки // Мат. Всес. совещания по интенсивности процессов и улучшению качества материалов при сушке в основных отраслях промышленности и сельского хозяйства. – М.: Профиздат, 1958. – С. 14.
15. Рубин Б.А., Ладыгина М.Е. Физиология и биохимия дыхания растений. – М.: изд. МГУ, 1974. – 512 с.
16. Хелдт Г.-В. Биохимия растений. – М.: БИНОМ. – 2014. – 471с.
17. Dimitrova R. Einfluss einiger Konservierungsmethoden auf der Einweiss- und Aminosäuregehalt von Luzerne // International Grassland Congress. – Leipzig, 1997. – S. 179-186.
18. Dworkin M., Falkow S., Rosenberg E., Schleifer K.-H., Stackebrandt E. The Prokaryotes. A handbook on the biology of bacteria. Vol.4: Bacteria, Firmicutes, Cyanobacteria. – New York: Springer, 2006. – 1140 p.

19. McKersie B., Buchanan-Smith J. Changes in the levels of proteolytic enzymes in ensiled alfalfa forage // *Can. J. Plant Sc.* – 1982. – Vol. 62. – No. 1. – P. 111-116.
20. McKersie B.D. Effect of pH on proteolysis in ensiled legume forage // *Agronomy Journal.* – 1983. –Vol. 77. – No. 1. –P. 81-86.
21. Moran J.P., Owen T.R. The effect of bacterial inoculant on the fermentation of lucerne silage // In: *Proceeding of the International Silage Conference. 8th-11th September, Aberystwyth, 1996.* – P. 166-167,
22. Weissbach F. Consequences of grassland de-intensification for ensilability and feeding value of herbage // *Landbauforschung Völkenrode.* – 1999. – Vol. 206. –P. 41-53.

REFERENCES

1. Bondarev V.A., Kosolapov V.M., Klimenko V.P., Krichevskii A.N. *Prigotovlenie silosa i senazha s primeneniem otechestvennykh biologicheskikh preparatov* (Preparation of silage and haylage using domestic biological products). Moscow: VNII kormov Publ., 2016, 212 p.
2. Bogdanov G.A., Privalo O.E. *Senazh i silos* (Haylage and silage). Moscow: Kolos, 1983, 319 p.
3. Dimitrova R. Einfluss einiger Konservierungsmethoden auf der Einweiss- und Aminosäuregehalt von Luzerne. In: *International Grassland Congress.* Leipzig, 1997, P. 179-186.
4. Dworkin M., Falkow S., Rosenberg E., Schleifer K.-H., Stackebrandt E. *The Prokaryotes. A handbook on the biology of bacteria. Vol.4: Bacteria, Firmicutes, Cyanobacteria.* New York: Springer, 2006, 1140 p.
5. Heldt G. V. *Biokhimiya rastenii* (Biochemistry of plants). Moscow: BINOM Publ., 2014, 471 p.
6. Ilydyrym E.A. [Features of fermentation processes in the production technology of haylage]. *Vestnik myasnogo skotovodstva – Bulletin of Meat Cattle Husbandry.* 2017, 3: 160-164.
7. Kurnaev O.M. [Influence of technology of hay harvesting on loss of raw protein and its fractional composition during storage. Forage and feed production]. *Mizhvidomchii tematichnii naukovii zbirnik - Interagency thematic scientific collection.* 2010, 66: 274-280.
8. Laptev G.Yu., Lapitskaya E.A., Soldatova V.V. [Efficiency of the preparation Biotrof 600 for combating undesirable microflora in storage of plated grain]. In: *Aktual'nye problemy zagotovki, khraneniya i ratsional'nogo ispol'zovaniya kormov* (Actual problems of harvesting, storage and rational use of feed) Moscow: FGU RTsSK Publ., 2009, P. 41-45.
9. MacDonald P. *Biohimiya silosa* (Biochemistry of silage). Moscow: Agropromizdat, 1985, 272 p.
10. McKersie B., Buchanan-Smith J. Changes in the levels of proteolytic enzymes in ensiled alfalfa forage. *Can. J. Plant Sci.* 1982, 62(1): 111-116.
11. McKersie B.D. Effect of pH on proteolysis in ensiled legume forage. *Agronomy Journal.* 1983, 77(1): 81-86.
12. Moran J.P., Owen T.R. The effect of bacterial inoculant on the fermentation of lucerne silage. // *Proceeding of the International Silage Conference, 8th-11th September, Aberystwyth, 1996,* P. 166-167.
13. Pobednov Yu.A., Mamaev A.A., Ivanova M.S. [To the question of haylage making and ensiling of alfalfa with preparations of lactic acid bacteria]. In: *Food safety of agriculture in XX century. Zhuchenkov Reading.* Moscow: VIK Publ., 2016, No. 11: 180-188.
14. Pobednov Yu. A. *Teoreticheskie predposylki i sposoby konservirovaniya kukuruzy i trav na osnove regulirovaniya mikrobiologicheskikh protsessov* (Theoretical prerequisites and methods of preservation of corn and herbs on the basis of regulation of microbiological processes). St. Petersburg: OOO Biotrof Publ., 2017, 52 p.
15. Pobednov Yu.A. [On the new formation of sugars during wilting of grasses]. *Kormoproizvodstvo - Feed Production.* 2012, 8: 37-40.
16. Pobednov Yu.A., Mamaev A.A., Ivanova M.S., Yurtaeva K.E. [Silage of alfalfa with preparations of lactic acid bacteria]. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo - Animal Husbandry and feed production.* 2018, 101(1): 213-220.
17. Rebinder P. A. [About forms of water and material connection during drying] In: *Mat. Vses. soveshchaniya po intensivnosti protsessov i uluchsheniyu kachestva materialov pri sushke v osnovnykh otraslyakh promyshlennosti i sel'skogo khozyaistva* (Proc. of SU meeting on intensity of processes and improvement of quality of materials at drying in the main industries and agriculture). Moscow, 1958, P. 14.
18. Rubin B.A., Ladygina M.E. *Fiziologiya i biokhimiya dykhaniya rastenii* (Physiology and biochemistry of plant respiration). Moscow: Moscow University Publ., 1974, 512 p.
19. Weissbach F. [The future of canning foods]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology.* 2012, 2: 49-70.
20. Weissbach F. Consequences of grassland de-intensification for ensilability and feeding value of herbage. *Landbauforschung Völkenrode,* 1999, 206: 41-53.

21. Zafren S.Ya. *Tekhnologiya prigotovleniya kormov* (Technology of feed preparation). Moscow: Kolos Publ., 1977, 240 p.
22. Zubrilin A.A. *Konservirovanie zelenykh kormov* (Conservation of green fodder). Moscow: Sel'khozgiz Publ., 1938, 200 p.

**Study of accumulation of fermentation products during making
silage and haylage of alfalfa in conditions of spontaneous fermentation
and the use of preserving preparation**

Pobednov Yu.A., Mamaev A. A., Shirokorad M.S.

*Williams Federal Scientific Center of Fodder Production and Agroecology,
Moscow oblast, Lobnya, Scientific town, 141055, Russian Federation*

ABSTRACT. The aim of the work was to study the dynamics of the accumulation of fermentation products (ammonia, sugar and fermentation acids) in the process of making silage and haylage of prewilted alfalfa in conditions of spontaneous fermentation and the use of the preserving preparation "Biotroph" (BT). The fermentation dynamics was studied during ensiling of alfalfa prewilted to a dry matter content of 39.9 and 52.5% in the usual way and with the BT preparation created on the basis of the osmotolerant strain of *Lactobacillus plantarum* No. 60. With the introduction of BT, pH of dried alfalfa (39.9% DM) already after 3 days of silage reaches a value of ≤ 4.6 , limiting the development of butyric acid bacteria. However, this does not prevent the accumulation of butyric acid, which continues with a stronger acidification of the mass. A negative correlation was found between pH of feed and the accumulation of butyric acid ($r = -0.79$, $P < 0.05$). Ammonia accumulates in the first week of silage, after which its content is stabilized. In a conventional silage, due to the slow increase in active acidity, ammonia accumulates throughout the storage period. Lucerne haylage (52.5% DM) under the influence of BT acidifies slower, but the pH in it can reach a value of 4.2. This is due to the fact that, along with sugar, in the lactic acid fermentation process malic acid is involved, which is formed in large quantities in the prewilted alfalfa. Despite the difference in acidification of common haylage and haylage with inoculated lactic acid bacteria, the accumulation of butyric acid in the latter case was significantly higher ($P < 0.05$). The difference in the content of butyric acid manifests itself after 15 days of preserving alfalfa with BT, when the pH of the feed reaches a value that is critical for butyric acid bacteria. A negative relationship was found between the pH level of haylage and the amount of butyric acid produced ($r = -0.84$, $P < 0.05$). The accumulation of ammonia in both haylage was almost the same. The accumulation of ammonia in the dry matter of the usual haylage and prepared with BT was almost the same and corresponded to its content in the dry matter of silage from prewilted alfalfa (39.9% DM) with BT. Concluded that the accumulation of a certain amount of butyric acid in alfalfa haylage (52.5% DM) prepared without additives and with BT, and in prewilted alfalfa silage (39.9% CB) with BT, can be disregarded, as it is caused not by the activity of unwanted microflora, but by biochemical processes occurring in the green mass by biochemical processes occurring in the green mass and by the activity of saccharolytic bacteria, and for this reason it is not accompanied by the formation of harmful and toxic compounds in the diet.

Keywords: alfalfa, silage, haylage, lactic acid bacteria, butyric acid bacteria, organic acids, ammonia

Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology, 2019, 2: 89-98

Поступило в редакцию: 25.02.2019

Получено после доработки: 24.04.2019

Победнов Юрий Андреевич, д.с.-х.н., зав. отд., тел.: 8-967-031-70-33, 89
yuryupobednow@yandex.ru)

Мамаев Антон Александрович, к.с.-х.н., с.н.с., тел.: 8-916-451-60-20, anton.mamaev@inbox.ru

Широкоряд Маргарита Сергеевна, асп., тел.: 8-925-354-90-51