

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР РАЗВИТИЯ СИЛОСОВАНИЯ

Ю.А. Победнов, доктор сельскохозяйственных наук

*ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», г. Лобня Московской области, Россия,
vniikormov@yandex.ru*

DOI: <https://doi.org/10.33814/МАК-2021-25-73-119-143>

Приведены основные этапы развития силосования в мировой и отечественной сельскохозяйственной практике с критической оценкой тех или иных сформулированных авторами положений.

Ключевые слова: *силос, кукуруза, люцерна, клевер луговой, злаковые травы, теория силосования, препараты молочнокислых бактерий, аэробная порча.*

«Прошедшее нужно знать не потому, что оно прошло, а потому, что, уходя, не сумело убрать своих последствий». Эти слова В. О. Ключевского [1] по праву можно отнести и к развитию силосования, как науки. Несмотря на то, что силосование было известно с глубокой древности, особую популярность оно приобрело во Франции при консервировании кукурузы, лишь начиная с 70-х годов 19 века, когда за разработку его основ принялся выдающийся француз Огюст Гоффар [2]. Согласно утверждению О. Гоффара [3]: «Силосованию кукурузы предстоит великая будущность. Это золотой рудник, открывающийся для рациональных сельских хозяев». В 1877 г. им впервые была опубликована книга по силосованию, которая стала популярной не только во Франции, но и в Германии, Англии, Швейцарии, США и России. В качестве основного требования О. Гоффар выдвигал то, что для того, чтобы не допустить в корме нежелательного брожения, следует исключить в нем любое брожение. А поскольку, согласно распространенному в первой половине 19 века мнению Ю. Либиха и других маститых химиков того времени, брожение расценивалось как химический процесс, возникающий при доступе воздуха, то и О. Гоффар решил, что для предотвращения брожения достаточно лишь изолировать корм от доступа воздуха. На этом теоретически не совсем верном, но, по сути, правильном решении и базировались первые рекомендации по силосованию кукурузы в сельскохозяйственной практике.

Ошибочность представлений О. Гоффара для того времени была вполне закономерной, поскольку истинная природа брожения была еще не известной, точнее, она не признавалась, хотя спиртные напитки и кисломолочные продукты получали за тысячи лет то того, как стали из-

вестны возбудители брожения. В 1836 г., то есть задолго до издания книги О. Гоффара, об участии живых организмов в образовании спирта впервые сообщили в своих работах Ф. Кютцинг, Шарль Каньяр де Латур и Т. Шванн [4]. Но эта теория не была признана ведущими химиками того времени, такими как Фридрих Велер, Йенс Берцелиус и Юстус Либих, которые уже привыкли к мысли о том, что жизнь без кислорода невозможна. Более того, Ю. Либих в 1839 г. анонимно опубликовал статью «Разгадка секрета спиртового брожения», в которой едко высмеял виталистическую теорию. Эта публикация, демонстрирующая поразительное высокомерие авторитетных ученых того времени, стала главным тормозом в изучении брожения, который сказывался до тех пор, пока Луи Пастер не повторил эксперименты вышеназванных исследователей и не заключил, что именно дрожжи являются возбудителями спиртового брожения. В экспериментах 1857–1861 гг. Л. Пастер открыл, что различные типы брожения и образование уксуса вызывают вполне определенные организмы. Принципиально новым явилось то, что автор впервые установил, что возбудители молочнокислого и спиртового брожения могут развиваться без доступа воздуха, сбравивая сахар, соответственно в молочную кислоту или в спирт.

В Англии, кормопроизводство которой базировалось в значительной мере на многолетних травах, тоже обратили внимание на силосование. В 1885 г. появилась публикация англичанина Д. Фрея по данному вопросу [5]. В отличие от О. Гоффара он уже, очевидно, знал о бактериальной природе брожения. Вероятно, что он имел представление и о способах пастеризации, предложенных в 1864 г. Л. Пастером для устранения нежелательного брожения в вине. На основании этого он пришел к заключению, что единственно правильным приемом, направленным на полное уничтожение содержащихся в силосуемой массе микробов, является ее разогревание до 50 °С и более. Этот способ силосования получил распространение в Англии и ряде других стран, где, по свидетельству С. Я. Зафрена [6], рекомендовался к применению вплоть до 20-х годов прошлого столетия. Для его выполнения зеленую массу укладывали в хранилища небольшими рыхлыми слоями, давали ей согреться и только потом тщательно уплотняли. Потребовалось много времени, чтобы доказать, что данный прием, кроме огромных потерь сухого вещества, достигающих 50 %, ни к чему больше не приводит.

В представлении Д. Фрея, основным недостатком кислого силоса О. Гоффара, являлось наличие в нем молочной и уксусной кислот. По его мнению, это указывало на то, что одной только качественной герметизацией массы подавить брожение не удастся. Ошибочным было то, что Д. Фрей полагал, что накопление указанных кислот делает силосованный корм непригодным для скармливания из-за неприятного запаха,

возникающего при «молочнокислом» брожении. Понятно, что Д. Фрей сильно ошибался, спутав молочнокислородное брожение с маслянокислым, которое может протекать при любом способе силосования вследствие недостатка сахара. Но это стало понятным позже. В указанное же время О. Гоффар, опасаясь того же явления, то есть накопления в корме «вредных» молочной и уксусной кислот, поспешил признаться в своих «ошибках» и, пользуясь возможностью переиздать свою книгу, написал [3]: «Прежде я рекомендовал: наполняйте силос возможно быстрее; такой ответ был заблуждением с моей стороны, и теперь я советую совершенно противоположное: не наполняйте силосов слишком быстро, но ведите работу зараз в нескольких ямах, чтобы дать массе время осесть самой».

Главное заблуждение обоих исследователей состояло в том, что они, во-первых, совершенно не обоснованно принимали все виды бактерий за причину порчи корма и, во-вторых, слишком переоценивали значение температуры, при помощи которой надеялись устранить развитие в корме всей силосной микрофлоры. Не прибавилось ясности в вопросе и после того, как было установлено, что вызываемого бактериями брожения в силосе избежать невозможно, а для получения качественного корма следует лишь направить его так, чтобы в итоге получилось вещество, которое, с одной стороны, не наносило бы ущерба доброкачественности силоса, а с другой — служило бы препятствием для развития нежелательных видов брожения. Теперь мы знаем, что таким веществом является молочная кислота, образующаяся при молочнокислом брожении, основные принципы регулирования которого сформировались не сразу. В частности, в России существовало мнение [2], что, поскольку молочнокислые бактерии живут в нейтральной или слабокислой среде, то образование молочной кислоты прекращается при ее накоплении в корме в количестве 1,5 %. Это количество молочной кислоты и было принято необходимым для успешного силосования. Полагали также, что оптимальной температурой для развития молочнокислых бактерий является 44 °С. Отсюда вытекают и сформировавшиеся на тот период технологические требования к заготовке силоса. Так, например, необходимым условием для развития молочнокислых бактерий считалось наличие кислорода в силосуемой массе, поскольку только при соблюдении этого условия можно рассчитывать на самонагревание силосуемой массы. Подчеркивалось, что удаление воздуха из силоса может принести «непоправимый вред», так как вместо молочнокислых бактерий в нем начнут развиваться анаэробные микроорганизмы слизневого и маслянокислого брожения. Правда, одновременно признавалось, что обилие воздуха может послужить причиной плесневения корма. На этом основании не рекомендовали готовить силос из высоко-

влажной массы, поскольку ввиду ее сильного уплотнения и полного удаления воздуха не было возможности обеспечить ее «нормальное» разогревание. Для устранения этого «недостатка» предлагалось либо предварительно провяливать избыточно влажную массу, либо силосовать ее в смеси с гуменными кормами.

Следует отметить и то, что хотя в указанное время сохранность и качество силоса уже абсолютно правильно связывали с накоплением молочной кислоты, однако значение последней объясняли лишь асептическим действием ее молекулы. Именно этим и была обусловлена необходимость ее накопления в силосе в определенном количестве. В начале 20 века, благодаря исследованиям А. Виртанена, представления о роли молочной кислоты при силосовании принципиально изменились. Именно А. Виртанен впервые подошел к оценке роли молочной кислоты с позиции создания в корме соответствующей концентрации водородных ионов [6]. С началом его исследований стало окончательно ясным, что именно концентрация Н-ионов, а не особенности молекулы молочной кислоты определяют подавление нежелательной микрофлоры. Но и после установления этого факта большинство европейских и американских исследователей еще долго считали, что консервирование корма при силосовании зависит от определенной концентрации молочной кислоты, а не от активной кислотности, создаваемой этой и сопутствующими кислотами.

Вторым важнейшим событием послужило открытие буферных свойств зеленых растений, приведшее к пониманию того, что подкисление различного растительного сырья до рН 4,0–4,2 достигается далеко не одинаковым, как это предполагалось ранее, количеством молочной кислоты [7]. Взяв за основу эти два выдающихся открытия начала 20 века, А. А. Зубрилин [8] в 1934 г. научно обосновал стройную теорию о сахарном минимуме при силосовании кормов. Свои взгляды он изложил в ряде книг, одна из которых «Научные основы консервирования зеленых кормов» (1947 г.) была удостоена Сталинской (Государственной) премии.

Впервые было доказано, что ни какое-то определенное содержание сахара в растительной массе и ни какое-то определенное накопление молочной кислоты еще не могут служить основой для вывода о том, можно ли данное сырье силосовать. Для ответа на этот вопрос необходимо знать, кроме количества сахара, еще и количество молочной кислоты, способное снизить рН данного сырья до предела, предотвращающего развитие нежелательных бактерий. И лишь отношение весового количества сахара к весовому количеству потребной молочной кислоты и служит показателем силосуемости кормовых культур. Поскольку потребное количество молочной кислоты определяют путем титрования

ею зеленой массы до рН 4,0, то этот показатель, по сути, является выражением буферной емкости силосуемой массы. Следовательно, А. А. Зубрилинным впервые было предложено определять пригодность растений для силосования, исходя из их сахаро-буферного отношения. В настоящее время этим приемом пользуются исследователи всего мира.

Теория сахарного минимума А. А. Зубрилина, как и всякая другая появляющаяся на свет революционная идея, также подвергалась критике и не сразу изменила существующие в то время взгляды. Об этом, в частности, дает представление дошедшая до наших дней рецензия доцента В. Г. Лазарева [9] на печатные работы А. А. Зубрилина, данная в 1952 г. В ней В. Г. Лазарев называет теорию сахарного минимума «одиноким засохшей веткой метафизического толка». Главной «ошибкой» А. А. Зубрилина, на которую и обрушивается со всею силою оппонент, якобы послужило то, что в ней автор не придает живому фактору природы, каким является эпифитная микрофлора, «истинного значения» и «той решающей роли», какую в действительности выполняют микроорганизмы в ходе силосования. Между тем, как, по мнению В. Г. Лазарева, именно микрофлора и является тем главнейшим фактором, от которого в большей степени, чем от сахара зависит ход биологических процессов. Иными словами, живой организованной материи — бактериям А. А. Зубрилин не придал должного значения, противопоставил, если не мертвую, то менее организованную, углеводы — сахар. Последнему, как считает оппонент, и приписана «ошибочно» главная роль в теории и технике силосования кормов. В своей критике В. Г. Лазарев дошел до того, что стал уверять научную общественность в том, что, благодаря жизнедеятельности микробов, можно легко переделать и превратить в силос все растительные корма, в том числе и относимые теорией сахарного минимума к числу несилосующихся культур, а также солому и мякину. Однако время все расставило на свои места. В конечном счете, в умах исследователей всего мира победила теория сахарного минимума А. А. Зубрилина, которая, несмотря на имеющиеся недостатки, и по сей день является основным теоретическим учением о силосовании кормов. Об упорных талантливых людях, подобных А. А. Зубрилину, благодаря деятельности которых мы имеем современную теорию силосования, хорошо сказал В. Л. Вернадский [1]: «Вся история науки на каждом шагу показывает, что отдельные личности были более правы в своих утверждениях, чем целые корпорации ученых или сотни и тысячи исследователей, придерживающихся господствующих взглядов... Истина нередко в большем объеме открыта этим научным еретикам, чем ортодоксальным представителям научной мысли».

Одним из недостатков теории А. А. Зубрилина часто считают то, что она не учитывает влияние содержания сухого вещества в силосуе-

мой массе, чему в немалой степени способствовал существовавший на тот период уровень знаний. Хотя провяливание трав уже и считали определяющим условием для получения качественного силоса с минимальными потерями питательных веществ, но роль его была изучена недостаточно. Прежде всего, существовала уверенность в том, что увеличение содержания сухого вещества в силосуемой массе до 30 % и более, устраняя жизнедеятельность нежелательных микробов, не влияет отрицательно на развитие молочнокислых бактерий. Это мнение, не имея под собой никакого экспериментального подтверждения, сохраняется до настоящего времени [10]. И это несмотря на то, что уже в 30-е годы 20-го столетия сам А. А. Зубрилин подчеркивал необходимость определения предела провяливания трав, при котором ограничивается развитие молочнокислых бактерий. По этому поводу он писал [11]: «Мы в то же время должны иметь ввиду, что для того, чтобы не вызвать в дальнейшем нарушения развития молочнокислого брожения, снижение степени влажности нужно производить только до известного предела, при котором молочнокислым бактериям не приходится еще затрачивать слишком большую сосущую силу, иначе говоря, величина вододерживающей силы силосуемого корма должна значительно уступать максимальной сосущей силе молочнокислых бактерий». Исходя из данных по определению величины смещения рН в искусственных средах с различным осмотическим давлением, он предположил, что минимальный предел влажности при силосовании кормов должен соответствовать сосущей силе не более чем 12–15 атмосфер, что, в свою очередь, соответствует примерно 65–75 % влажности клевера в фазе цветения.

Однако, как показал анализ данных, послуживших А. А. Зубрилину основой для сделанного им заключения, это положение не совсем верно. Дело в том, что А. А. Зубрилин об интенсивности молочнокислого брожения в зависимости от степени провяливания ориентировался, в основном, лишь на конечную степень подкисления среды брожения, не принимая в расчет скорость ее подкисления. При этом полученные им данные показали, что если при нижнем значении осмотического давления (12 атмосфер) рН исходной искусственной среды и через 5 и 15 суток ее сбраживания составил соответственно 5,40; 3,95 и 3,95, то есть среда подкислялась не только сильно, но и достаточно быстро, что, собственно, и свидетельствует об интенсивном молочнокислом брожении, то при верхнем его значении, соответствующему содержанию в массе 35 % сухого вещества, рН уже составил соответственно 5,40; 4,70 и 3,95. То есть во втором случае среда через 15 суток хотя и подкислилась до такого же значения рН, как и среда с меньшим осмотическим давлением, но происходило это уже гораздо медленнее, что указывает на задержку молочнокислого брожения в самом начале брожения среды с

осмотическим давлением, соответствующему тому, которое отмечается в проявленной до содержания сухого вещества 35 % зеленой массе.

Нельзя не отметить и то, что указанное положение во многом сформировалось лишь благодаря тому, что А. А. Зубрилин и его ближайшие помощники А. М. Михин и Л. И. Николаева в своих опытах использовали, в основном, бобовые травы, которые при силосовании в проявленном виде характеризуются благоприятным брожением [5]. В этом случае вследствие ограничения жизнедеятельности нежелательных микробов даже при задержке молочнокислого брожения большая часть растительного сахара достается одноименным бактериям. Этим и объясняется более сильное подкисление, например, проявленной люцерны по сравнению с силосованием растений в свежескошенном виде. Но можно ли было полученные при силосовании бобовых культур данные без соответствующей экспериментальной проверки переносить на все остальные кормовые травы?

Уверенность в одинаковом течении процесса брожения у разных, но проявленных до одинакового содержания сухого вещества растений, позволила С. Я. Зафрену [6] заключить, что: «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». В 70-е и 80-е годы прошлого столетия мнение С. Я. Зафрена разделяли и другие отечественные авторы [12], полагавшие, что «при содержании в силосуемой массе 32 % сухого вещества и выше достигается достаточно высокое осмотическое давление, которое не позволяет размножаться маслянокислым бактериям». Между тем, как справедливо отмечал Артур Конан Дойл [1]: «Теоретизировать, не имея данных опасно. Незаметно для себя человек начинает подтасовывать факты, чтобы подогнать их к своей теории, вместо того чтобы обосновать теорию фактами». А появляющиеся к этому времени факты были уже таковы.

Прежде всего, в начале 80-х годов 20 века было установлено [13], что протеолитические клостридии продуцируют максимум кислот не при $A_{\text{в}} = 0,990$, как это считалось общепризнанным ранее, а при $A_{\text{в}} = 0,970$. То есть, было впервые доказано, что максимальная активность этих микроорганизмов проявляется не при силосовании трав с избыточной влажностью, а при силосовании растений с содержанием сухого вещества около 30 %.

Очевидным стало и то, что проявление трав до содержания сухого вещества 30 % и более сильно замедляет развитие молочнокислых бактерий [14], особенно в первый, самый решающий этап силосования.

Под давлением полученных фактов постепенно стали изменяться и теоретические основы силосования. Становилось все более очевидным [15], что проявление трав до содержания сухого вещества 30 % и более не только не всегда устраняет в корме маслянокислое брожение, но зачастую даже служит причиной его возникновения. Прежде всего, это касается силосования многолетних злаковых трав в проявленном виде, что связано с особенностями состава эпифитных микробов у этого вида растений.

Так, в отличие от бобовых трав, для которых совершенно не типичным является наличие на их покровах большого количества бактерий кишечной группы [16], злаковые травы буквально изобилуют этими бактериями [17]. По данным Е. А. Ёылдырым [18], на еже сборной первого укоса 67,6 % эпифитных микробов представлены бактериями кишечной группы (энтеробактериями), которые являются основными конкурентами молочнокислых бактерий по использованию сахара.

Принципиальное значение имеет то, что, в отличие от молочнокислых бактерий, энтеробактерии хорошо адаптированы к условиям брожения на проявленной массе [19]. Следовательно, силосование проявленных злаковых трав, сдерживая размножение молочнокислых бактерий, по существу, создает идеальные условия для интенсивного развития энтеробактерий, обуславливая неблагоприятное направление процесса брожения, связанное с увеличением потерь питательных веществ и снижением качества полученного корма.

Негативное влияние энтеробактерий, в основном, сводится к крайне нерациональному расходованию содержащегося в растениях сахара, что зачастую служит причиной возникновения в силосе вторичной ферментации, связанной с накоплением большого количества масляной кислоты и аммиака. Иными словами, в отличие от силосования проявленных бобовых трав, где главной причиной вторичной ферментации является функционирование маслянокислых бактерий, первопричиной порчи силоса из проявленных злаковых трав уже служит активное развитие энтеробактерий.

Отсюда вытекают и принципиально разные параметры силосования бобовых и злаковых трав в проявленном виде. При силосовании проявленных бобовых трав все принимаемые меры должны быть направлены на устранение развития клостридий, что, по мере увеличения содержания сухого вещества в зеленой массе, достигается при все более высоком значении рН. Так, если при содержании сухого вещества в зеленой массе 20 % она для устранения развития маслянокислых бактерий должна быть быстро подкислена до рН 4,20, то при содержании сухого вещества 40 % — всего лишь до рН 4,75 [20; 21].

Содержание сухого вещества в силосуемых злаковых травах уже не играет такой определяющей роли, как это отмечается при консервировании бобовых культур. Отметим, что максимальная сосущая сила *E. coli* достигает 52 атмосфер [10], что соответствует осмотическому давлению, отмечаемому в сенажируемой массе [7]. То есть, реально подавить развитие энтеробактерий за счет высокого осмотического давления, можно лишь в проявленных до содержания сухого вещества > 45 % растениях.

При силосовании же проявленных до меньшего содержания сухого вещества злаковых трав подавить развитие энтеробактерий можно лишь быстро подкислив корм до критического для этого вида бактерий значения рН. Имеющиеся данные показывают [22; 23], что для получения стабильного силоса из проявленных до содержания сухого вещества $\geq 30 < 45$ % растений необходимо обеспечить быстрое (за трое суток) его подкисление до $\text{pH} \leq 4,3$. То есть, силос из проявленных злаковых трав, по существу, должен подкисляться также быстро и до такого же значения рН, как и силос из свежескошенной зеленой массы.

Пересмотр параметров силосования злаковых трав в проявленном виде обусловил и пересмотр роли нитратов при силосовании. Бесспорным остается то, что продукты восстановления нитратов (нитриты и окислы азота) подавляют развитие клостридий на первом этапе силосования, то есть до создания в корме необходимой активной кислотности. На особую роль нитратов указывает то, что с отказом в середине 90-х годов прошлого столетия от использования в лугопастбищном хозяйстве ФРГ азотных удобрений 70 % заготовленного в стране силоса стало содержать недопустимое количество масляной кислоты [24]. То есть нитраты служат промежуточным консервирующим фактором, сдерживающим развитие маслянокислых бактерий на первом этапе силосования. Потребное их количество для этой цели уточнялось в течение длительного времени и в настоящее время составляет около 1,0 г в расчете на 1,0 кг сухого вещества силосуемой массы [21].

В то же время, независимо от содержания нитратов, сохранность силоса полностью зависит от того, подкислится ли он до предела, исключающего развитие вредных бактерий, или нет. Однако, поскольку главной причиной накопления масляной кислоты в силосе из проявленных злаковых трав служат энтеробактерии, роль нитратов, по сути, сводится к нулю. Дело в том, что продукты восстановления нитратов (нитриты и окислы азота), губительно воздействуя на клостридий, не только не угнетают, но даже стимулируют развитие энтеробактерий [25]. Это объясняется тем, что энтеробактерии могут использовать для своего дыхания содержащийся в нитратах кислород, что позволяет им в анаэробных условиях расщеплять органические вещества до углекислоты и

воды с получением такого же количества энергии, как и при аэробном дыхании [4]. Это означает, что успех силосования провяленных злаковых трав, прежде всего, зависит от скорости и степени их подкисления. Что очень трудно обеспечить при их спонтанном сбраживании.

Имеющиеся данные показывают, что необходимые скорость и степень подкисления обеспечиваются лишь при достаточной обеспеченности провяленной массы сахаром и ее высокой обсемененности эпифитными молочнокислыми бактериями, которая должна составлять не менее 10^5 КОЕ в расчете на 1 г массы [26]. Однако какую роль играет высокая численность эпифитных молочнокислых бактерий, как такая?

Приступая к обсуждению этого вопроса, отметим, что именно уверенность в необходимости создания высокой численности молочнокислых бактерий к началу силосования первоначально и послужила причиной формулирования неверных выводов при обосновании целесообразности применения препаратов молочнокислых бактерий, которые к настоящему времени подверглись существенной корректировке.

Во-первых, окончательно была доказана бесперспективность применения препаратов молочнокислых бактерий при силосовании свежескошенных трав [19; 27]. Во-вторых, многочисленными исследованиями была подтверждена бесполезность применения для этой цели препаратов, созданных на основе эпифитных молочнокислых бактерий. В 80-х годах 20 века такими препаратами являлись Биосил, Литосил, Казахсил и др. Итогом полученных знаний стало совместное заседание научно-технического совета (1986 г.) Госагропрома СССР и Биопрома СССР, на котором все выпускающиеся на тот момент препараты молочнокислых бактерий признаны неэффективными и сняты с производства.

Ошибочность прежних взглядов заключалась, прежде всего, в неверном толковании биологических особенностей молочнокислых бактерий. Так, например, в то время считалось общепризнанным, что по мере увеличения численности молочнокислых бактерий в начале силосования одновременно будет нарастать и образование молочной кислоты. Но это не так. Как выяснилось, молочнокислые бактерии в период своего размножения почти не продуцируют молочную кислоту [28]. Интенсивное образование последней начинается лишь после накопления в корме основной массы молочнокислых бактерий, то есть уже после стабилизации культуры, для чего требуется время. Немаловажно и то, что конечная численность молочнокислых бактерий, способная образоваться в процессе силосования, не зависит от их исходного количества, а целиком определяется лишь содержанием сахара в силосуемой массе. Стало очевидным, что создание высокой стартовой численности молочнокислых бактерий в силосуемой массе за счет внесения препаратов

молочнокислых бактерий вовсе не означает, что и конечная численность этих бактерий, то есть численность стабилизировавшейся культуры, будет выше, чем в обычном силосе. Значение имеет и то, что стабилизация культуры молочнокислых бактерий в силосе из свежескошенных растений происходит быстро: обычно уже к концу первых–вторых суток силосования [5]. Эти факторы в своей совокупности и определяют ненадежность применения предложенных ранее препаратов молочнокислых бактерий при силосовании свежескошенных трав.

В то же время становилась очевидной необходимость нормализации молочнокислого брожения в провяленных злаковых травах, у которых, как уже отмечалось, из-за задержки размножения одноименных бактерий процесс брожения сдвигается в неблагоприятную сторону. Но какими в этом случае должны были стать препараты молочнокислых бактерий?

Результаты выполненных исследований показали, что на скорость подкисления провяленных трав высокая численность эпифитных лактобацилл оказывает лишь косвенное влияние. Основное же значение этого фактора сводится к тому, что в зависимости от численности эпифитных лактобацилл сильно изменяется их качественный состав [17]. Если при численности молочнокислых бактерий 10^3 КОЕ и менее в 1 г массы они обычно бывают представлены двумя–тремя малоактивными кокковыми формами, то при численности 10^5 КОЕ и более — лишь одной высокоактивной молочнокислой палочкой *Lactobacillus plantarum*, которая, к тому же, еще и максимально адаптирована к условиям брожения на провяленной массе [29]. Следовательно, высокая скорость подкисления провяленных трав обеспечивается не за счет создания высокой численности молочнокислых бактерий к началу силосования, как таковой, а, прежде всего, за счет улучшения их качественного состава. Глубокое понимание этого вопроса позволило сформулировать новые требования к препаратам молочнокислых бактерий. В соответствии с новыми требованиями они должны быть предназначены, в основном, для силосования провяленных трав и состоять, в отличие от прежних молочнокислых заквасок, уже не из эпифитных, а отселектированных по признаку осмотолерантности штаммов молочнокислых бактерий, то есть микроорганизмов, способных, в отличие от эпифитных лактобацилл, с одинаковой активностью размножаться как на свежескошенной, так и на провяленной до содержания сухого вещества 30–45 % растительной массе. Такие препараты первого поколения появились на мировом рынке с начала 90-х гг. прошлого столетия и, в силу довлеющей необходимости обеспечения в силосе гомоферментативного молочнокислого брожения, включали, в основном, гомоферментативную осмотолерантную палочку *Lactobacillus plantarum* [30; 31].

Переход к производству, главным образом силоса из провяленных трав, обусловил и необходимость пересмотра понятий «легкосилосуемых, трудносилосуемых и несилосуемых растений», сформулированных в свое время А. А. Зубриным по отношению к свежескошенным травам [11]. Это было вызвано тем, что повышение содержания сухого вещества в силосуемой массе оказывает большое влияние на ход микробиологических процессов, улучшая (бобовые травы) или ухудшая (злаковые травы) процесс брожения. Поэтому в настоящее время способность к подкислению трав, обусловленную их химическим составом, которую А. А. Зубрин и определил как «силосуемость», характеризуют термином «сбраживаемость» [32]. Сбраживаемость, в отличие от силосуемости, свидетельствует лишь о потенциальной способности провяленных трав к той или иной степени подкисления. А будет ли реализована указанная потенциальная способность провяленных трав или нет, полностью зависит от условий, которые удастся или же не удастся создать в процессе их сбраживания. Главным условием является обеспечение высокой скорости подкисления провяленных трав, подобно той, которая наблюдается и при силосовании хорошо обеспеченной сахаром свежескошенной массы. На решение этой задачи и были направлены препараты молочнокислых бактерий первого поколения.

В процессе применения указанных препаратов установлено, что при внесении в провяленные травы их эффективность сильно варьирует в зависимости от обеспеченности растений сахаром. Как и следовало ожидать, максимальная эффективность таких препаратов по сокращению распада питательных веществ до газообразных продуктов отмечается при силосовании трав с сахаро-буферным отношением 2,5–3,5, то есть легко сбраживающегося сырья с высоким потенциалом для нормального заквашивания, но у которого из-за высокого содержания сухого вещества процесс брожения сдвигается в неблагоприятную сторону. Как при уменьшении сахаро-буферного отношения в провяленных травах ниже 2,5, так и при его увеличении свыше 3,5 эффективность внесения препаратов первого поколения заметно снижается [19]. В первом случае это связано с тем, что при силосовании в провяленном виде необеспеченных сахаром трав, как уже отмечалось, спонтанное брожение становится благоприятным. Наиболее рельефно это проявляется при силосовании провяленной массы люцерны, где внесение препаратов на основе гомоферментативных штаммов молочнокислых бактерий, не только не способствует сокращению потерь питательных веществ, а, интенсифицируя молочнокислое брожение, даже обуславливает их некоторое увеличение [33]. Еще недавно некоторые исследователи [34; 35] высокую сохранность силоса из провяленных многолетних бобовых трав объясняли меньшим содержанием доступной для нежелательных

бактерий воды, по сравнению с ее содержанием в провяленных до такого же содержания сухого вещества злаковых травах. Низкую доступность воды для вредных микробов связывали с высоким содержанием в бобовых травах лиофильных белка и пектина.

В то же время, выполненные в этом направлении исследования показали [36], что вода, связанная с белком и пектином — это наименее связанная вода. Следовательно, бобовые травы, в отличие от злаковых растений, даже в провяленном виде являются «резервуарами» слабосвязанной воды. Поэтому более убедительным является сообщение некоторых авторов о том, что в ограничении активности нежелательных бактерий при силосовании бобовых трав значительную роль играют некоторые их вторичные метаболиты, обладающие бактерицидным и фунгицидным действием [37].

Снижение эффективности препаратов на основе *Lactobacillus plantarum* при силосовании провяленных трав с сахаро-буферным отношением выше 3,5 объясняется тем, что под влиянием внесенных препаратов в корме образуется все больший остаток сахара, поступающий в полное распоряжение дрожжей. Долгое время развитию этого вида микроорганизмов не придавали должного значения [38], полагая, что их развитие при силосовании не сопровождается большими потерями питательных веществ. Однако, как выяснилось, это не так.

Дрожжи служат основными возбудителями аэробной порчи, которая может протекать как при силосовании плохо изолированной от воздуха массы, так и при выемке уже готового корма из хранилищ. Интенсивность этого нежелательного процесса зависит от содержания сахара в силосуемой массе, либо от его остатка в готовом корме. Данное положение хорошо иллюстрируется результатами силосования провяленной массы люцерны и клевера лугового в условиях тщательной и неудовлетворительной изоляции массы от воздуха. Они показали [39], что если силос из необеспеченной сахаром провяленной люцерны оказался устойчивым к аэробной порче, вследствие чего потери сухого вещества как при тщательной, так и неудовлетворительной изоляции массы от воздуха оказались близкими и относительно невысокими (6,25 и 8,01 %), то при силосовании хорошо обеспеченной сахаром провяленной массы клевера лугового в условиях неудовлетворительной изоляции от воздуха они уже возросли в три раза и составили 17,33 %, против 5,68 % в силосе из тщательно загерметизированной массы. Силос, подвергнутый аэробной порче, как правило, сильно греется и быстро плесневеет [40]. Последнее объясняется тем, что численность дрожжей в силосе тесно коррелирует с количеством плесневых грибов [41]. Потери питательных веществ от аэробной порчи уже значительно превосходят потери, возникающие при силосовании [42].

В нашей стране [10; 43], как, впрочем, и в зарубежной практике силосования [44], проблему аэробной порчи пытались решить за счет применения препаратов, включающих в себя, наряду с молочнокислыми, и пропионовокислые бактерии. Теоретической основой для использования таких препаратов служило то, что пропионовокислые бактерии, якобы действуя в симбиозе с молочнокислыми бактериями, на первом этапе силосования ускоряют подкисление корма, а на поздних этапах силосования сбрасывают молочную кислоту в уксусную и пропионовую кислоты, которые, собственно, и защищают корм от аэробной порчи.

Однако симбиоз молочнокислых и пропионовокислых бактерий на первом этапе силосования оказался невозможным по причине крайне медленного размножения последних. Настолько медленного, что отечественные исследователи даже поначалу пришли к заключению об их отсутствии в составе эпифитной микрофлоры [45]. Немецкие исследователи установили наличие пропионовокислых бактерий в составе эпифитной микрофлоры, причем в количестве, почти не уступающем молочнокислым бактериям [46]. Тем не менее, из-за сильного отставания развития пропионовокислых бактерий от молочнокислых заметное накопления продуктов их метаболизма (пропионовой и уксусной кислот) наблюдается лишь при силосовании бедных сахаром свежескошенных трав, то есть, по существу, лишь в условиях порчи корма на фоне высокого значения рН [47]. При нормальном же силосовании, характеризующимся быстрым снижением рН силосуемой массы до значения 4,2 и ниже, пропионовокислые бактерии не проявляют своей активности, в результате чего в корме не накапливается даже следов пропионовой кислоты [48]. Возможность использования пропионовокислых бактерий при силосовании, очевидно, была заимствована из практики сыроделия, где этот вид бактерий находит самое широкое применение. Однако сыр и силос — это слишком разные субстраты, для того чтобы можно было переносить полученные данные с одного на другой. Прежде всего, сыр, в отличие от силоса, характеризуется довольно высоким значением рН, что, собственно, и определяет развитие пропионовокислых бактерий. Так, например, твердые сыры с рН 5,3, считаются уже переокисленными. Мягкие же сыры обычно имеют рН выше 6,0.

За рубежом также выпускаются препараты, включающие в себя молочнокислые и пропионовокислые бактерии. В частности, таким препаратом является Биотал Аксфаст Голд (Biotal Axphast Gold), производимый английской компанией Biotal Ltd [49]. Однако, в отличие от отечественных исследователей, за рубежом уже в самом начале 21 века пришли к заключению о недостаточной обоснованности их применения при силосовании [44]. В результате основным направлением защиты

силоса от аэробной порчи стали разработка и производство препаратов второго поколения, включающих специально подобранные для этой цели гетероферментативные штаммы *Lactobacillus buchneri* [21]. Считается, что эти молочнокислые бактерии сбрасывают образовавшуюся молочную кислоту в уксусную, которая, подобно другим слабым органическим кислотам (пропионовой, бензойной), обладает бактерицидным и фунгицидным действием. Но для того, чтобы данный процесс стал понятным, следует подробно остановиться на механизме консервирующего действия слабых органических кислот. Данный механизм гораздо менее известен, нежели механизм действия сильных минеральных (серной, соляной) или органических (муравьиной) кислот, основанный на быстром создании в силосуемой массе высокой активной кислотности.

Слабые кислоты потому и называются слабыми, что при внесении они почти не подкисляют силосуемую массу ввиду слабой своей диссоциации. Поэтому, в отличие от сильной муравьиной кислоты, которая является сильно диссоциированной и по этой причине может применяться при силосовании практически любых растений, быстро снижая рН силосуемой массы до значения 4,2 и ниже, слабые кислоты нуждаются в активном «помощнике», который бы обеспечил быстрое подкисление массы. Таким «помощником» обычно служит активно протекающее в корме молочнокислое брожение. Следовательно, слабые органические кислоты идеально подходят для силосования высокосахаристого растительного сырья, силос из которого, как уже отмечалось выше, в наибольшей степени восприимчив к аэробной порче. Наряду с высоким содержанием сахара, снижению аэробной стабильности силоса способствует и время уборки растений. При уборке растений осенью на них отмечается максимальная численность эпифитных лактобацилл [17], что, как уже отмечалось выше, обеспечивает наилучший их качественный состав. С одной стороны, это обеспечивает быстрое подкисление силосуемой массы, даже с относительно высоким содержанием сухого вещества, до предела, исключающего развитие всех нежелательных бактерий. А с другой, — обеспечивая большой остаток сахара в корме, повышает его восприимчивость к аэробной порче. Именно по этой причине наибольшую восприимчивость к аэробной порче имеет силос из растений, убранных в начале осени. К ним относятся, прежде всего, кукуруза в фазе восковой спелости зерна, сахарное сорго, а также незрелые зерновые культуры [50]. Но вернемся, однако, к механизму консервирующего действия слабых органических кислот.

Консервирующее действие слабых органических кислот основано на том, что в недиссоциированном виде они легко (путем пассивной диффузии) проникают через оболочку микробной клетки. В протоплазме, имеющей рН около 6,0, они диссоциируют на ион водорода и анион,

которые уже не способны проникать через микробную оболочку (ионная ловушка) [4]. Накопление ионов водорода приводит к резкому повышению активной кислотности протоплазмы и гибели микробных клеток.

Из особенностей консервирующего действия слабой уксусной кислоты вытекают и условия ее эффективного применения. Первое условие связано с синтезом необходимого количества уксусной кислоты. При этом, в зависимости от того применяются ли препараты, содержащие *Lactobacillus buchneri*, при силосовании кукурузы в фазе восковой спелости или хорошо обеспеченных сахаром проявленных злаковых трав, необходимое количество уксусной кислоты дозируется либо в расчете на натуральный силос (кукурузный), либо в расчете на сухое вещество зеленой массы (травяной). В первом случае для получения стабильного силоса количество образовавшейся уксусной кислоты должно составлять не менее 8 г в расчете на 1 кг натурального корма [21], а во втором — не менее 3,5 % в расчете на сухое вещество корма [23]. Поскольку количество недиссоциированной уксусной кислоты, как и других слабых кислот, зависит от активной кислотности корма, вторым условием является быстрое подкисление силосуемой массы. При этом в первом случае корм должен обязательно подкисляться до pH около 4,0 [21], а во втором — до $\text{pH} \leq 4,5$ [23].

Отрицательным моментом перевода значительного количества образовавшейся в корме молочной кислоты в уксусную служит снижение его энергетической питательности. В результате полученный с использованием культуры *Lactobacillus buchneri* силос уже не обладает столь высоким продуктивным действием, как силос с преимущественным содержанием молочной кислоты [51]. Для исправления этого недостатка были созданы молочнокислые закваски третьего поколения, содержащие, наряду с *Lactobacillus buchneri*, традиционные штаммы молочнокислых бактерий. Согласно имеющимся данным [52], эти препараты, наряду с улучшением аэробной стабильности силоса, уже повышают и его продуктивное действие.

На аэробную стабильность силоса оказывают влияние и ряд других факторов. Одним из таких факторов является влажность силосуемой массы. Негативное влияние чрезмерно высокого содержания сухого вещества в зеленой массе связано с ухудшением ее уплотнения, что облегчает доступ воздуха в толщу корма. Е. А. Йылдырым [53], например, отмечала критическое содержание дрожжей даже в месячном сенаже из люцерны, который многими исследователями характеризуется как корм, стабильный при выемке. Однако по другим данным [54], при более продолжительном сроке анаэробного хранения люцернового сенажа (три месяца) в нем уже не обнаруживали дрожжей. Из этого можно заклю-

чить, что вторым важным фактором, определяющим аэробную стабильность силоса и сенажа, является срок хранения корма в анаэробных условиях. Такого рода сообщения уже имеются в литературе [55].

Продолжая разговор об особенностях силосования люцерны, можно отметить, что, несмотря на то, что люцерна в провяленном виде приобретает благоприятное направление процесса брожения, ее также следует силосовать с препаратами на основе гомоферментативных штаммов молочнокислых бактерий. Это вытекает из биологических особенностей этого вида растений. Прежде всего, необходимо отметить интенсивный протеолиз, протекающий при силосовании даже провяленной до содержания сухого вещества 35 % зеленой массы [56], обуславливающий накопление в корме большого количества аммиака. Ускорение подкисления провяленной до указанного содержания сухого вещества люцерны за счет внесения молочнокислых заквасок не снижает накопление аммиака, а, следовательно, и не решает проблему получения стабильного при хранении корма. Это объясняется тем, что оптимальный рН для функционирования протеаз у люцерны находится на значительно более низком уровне, нежели у клевера лугового или злаковых трав [57]. По данным зарубежных исследователей [58], основные протеазы, под влиянием которых большая часть белка люцерны гидролизуются до небелкового азота, проявляют максимальную активность при рН 4,0. Поэтому при силосовании люцерны с препаратами молочнокислых бактерий принципиальное значение приобретает содержание сухого вещества в зеленой массе.

Наши исследования показали [59], что при использовании препаратов молочнокислых бактерий наименьшее накопление аммиака и наибольшая степень подкисления корма обеспечиваются при силосовании люцерны, провяленной до содержания сухого вещества 40–45 %. Увеличение степени подкисления провяленной до указанного содержания сухого вещества зеленой массы люцерны под влиянием молочнокислых заквасок объясняется тем, что принципиальное значение приобретает рН массы, при котором накапливается основное количество аммиака.

К сожалению, экспериментальные данные по этому вопросу пока получены применительно не к люцерновому, а к клеверному силосу, однако и они уже дают определенное представление о принципиальном значении скорости подкисления бобовых трав. Установлено [60], что наибольшее негативное воздействие аммиака на сохранность и качество силоса отмечается в самом начале брожения, когда рН массы еще довольно высок. Так, если при рН 4,26–4,46 для смещения рН в 100 г клеверного силоса в щелочную сторону на 0,2 единицы требуется 56 мг аммиака, то при рН 6,40–6,60 — всего лишь 8 мг, то есть, уже в семь раз

меньше. Этим и объясняется то обстоятельство, что при низком содержании сухого вещества в силосуемой люцерне из-за быстрого накопления большого количества аммиака трудно обеспечить сколько-нибудь заметное усиление подкисления корма даже под влиянием препаратов молочнокислых бактерий. Так, при содержании сухого вещества в силосуемой массе люцерны 31,3 % накопление аммиака в сухом веществе обычного и приготовленного с молочнокислой закваской Биотроф силосе составило соответственно 0,54 и 0,62 %, а рН корма — соответственно 5,06 и 5,02 [61]. В то же время при силосовании с внесением указанного препарата люцерны с содержанием сухого вещества 40–45 % содержание аммиака в сухом веществе корма уже снижается до 0,10–0,12 %, то есть в 5,2–5,4 раза по сравнению с силосованием более влажной люцерны, а рН корма достигает значения 4,4 и ниже [59], что обеспечивает хорошую стабильность силоса при хранении.

Важно отметить, что быстрое и достаточно сильное подкисление проявленной до содержания сухого вещества 40–45 % люцерны под влиянием молочнокислых заквасок обусловлено не только резким снижением содержания аммиака, но и рядом других факторов, которые еще не получили достаточного освещения в имеющейся литературе. Так, при быстром обезвоживании люцерны (за 8–10 часов) до «сенажной» влажности в ее сухом веществе заметно возрастает содержание сахара, что способствует улучшению сбраживаемости зеленой массы [62]. Увеличение образования сахара (в 1,2–1,6 раза) происходит и в самом начале сенажирования и силосования проявленной люцерны, что приводит к дальнейшему улучшению сбраживаемости растений [63]. По мнению японских исследователей [64], причиной служит гидролиз гемицеллюлоз, протекающий под влиянием растительных ферментов в первые пять суток силосования, то есть в период, когда рН силоса еще находится на высоком уровне.

Еще одним фактором, улучшающим сбраживаемость люцерны, является накопление в ее сухом веществе при проявлении до 3,46 % яблочной и до 0,41 % лимонной кислоты [33], которые способны, как и сахар, сбраживаться молочнокислыми бактериями [65]. Непременным условием для этого служит быстрое и достаточно сильное подкисление корма. Имеющиеся данные показывают [66], что оптимальное значение рН для сбраживания яблочной кислоты молочнокислыми бактериями лежит в пределах 4,2–4,5. При более высоком значении рН яблочно-молочнокислое брожение сильно замедляется.

Необходимо отметить и некоторые другие особенности люцерны, оказывающие влияние на качество полученного корма. Так, некоторые исследователи [67] утверждают, что препараты молочнокислых бактерий обуславливают значительное сокращение питательных веществ да-

же при сенажировании люцерны. Однако выше мы уже не раз отмечали, что из-за благоприятного процесса брожения, отмечающегося при спонтанном силосовании провяленной люцерны, препараты молочнокислых бактерий не приводят к заметному сокращению потерь питательных веществ. Тем не менее, данный технологический прием приводит к заметному повышению продуктивного действия полученного корма. Причина данного явления доподлинно не известна. Некоторые авторы полагают [68], что это связано с увеличением массы рубцовой микрофлоры, которая служит для жвачных животных источником полноценного белка. В пользу данного предположения свидетельствует то, что увеличение удоя и прироста живой массы у крупного рогатого скота отмечается даже тогда, когда препараты молочнокислых бактерий не оказывают существенного влияния ни на рН полученного силоса, ни на накопление в нем продуктов брожения [69].

Отдельно следует остановиться и на особенностях силосования клевера лугового. В отличие от люцерны, клевер луговой обладает более высокой сбраживаемостью, что при использовании молочнокислых заквасок позволяет получать высококачественный силос уже из растений, провяленных до содержания сухого вещества 35 % [21]. Наряду с лучшей обеспеченностью сахаром, для клевера характерно и то, что оптимум рН для работы растительных протеолитических ферментов у него находится на значительно более высоком уровне, чем у люцерны. Это позволяет при внесении молочнокислых заквасок снизить интенсивность протеолиза, а, следовательно, и существенно ограничить образование аммиака в начале силосования. Имеющиеся данные показывают [70], что через трое суток силосования провяленного клевера лугового с препаратами молочнокислых бактерий накопление аммиачного азота в его сухом веществе снизилось по сравнению с обычным силосованием в 2,0–2,5 раза. Кроме того, клевер луговой, по сравнению с люцерной и злаковыми травами, характеризуется значительно более низкой скоростью протеолиза, что является главной особенностью этой культуры. Суть данного явления заключается в том, что растения клевера лугового содержат медьсодержащий фермент полифенолоксидазу [71], который оказывает сильное ингибирующее влияние на протеолиз. Этот фермент освобождается из растительных клеток при измельчении массы и в присутствии кислорода катализирует окисление эндогенных о-дифенолов до хинонов. Последние, в свою очередь, полимеризуются в особые белковые комплексы, защищающие белок от разрушения.

В заключение данного обзора вновь вернемся к вопросам исторического развития силосования кукурузы. Следует указать на то, что целый ряд положений, сформулированных еще О. Гоффаром в 19 веке, по существу не претерпели никаких изменений вплоть до настоящего вре-

мени. Прежде всего, это касается сроков уборки кукурузы на силос, о которых автор писал [3]: «Лучшим временем для скашивания кукурузы признается тот момент, когда зерно в початках сделалось восковым, так как в это время сахар в зернах превращается в крахмал и общее количество питательных веществ у кукурузы бывает наибольшее. Скашивать кукурузу ранее этого срока не рекомендуется вследствие того, что в раннем возрасте она в своих початках содержит сахара больше, чем крахмала, а так как разлагается в силосе главным образом сахар, то и потери его при раннем скашивании будут очень велики. Кроме того, молодая кукуруза содержит много воды и приготовленный из нее силос получается плохого качества и скоро закисает. Но и запаздывать со скашиванием кукурузы тоже не следует, так как перестоявшая кукуруза очень груба и наоборот содержит мало воды, а потому, сложенная в силос, начинает загнивать». Многочисленные опыты, выполненные другими исследователями [6,72,73], по существу лишь подтвердили выводы О. Гоффара.

Не потеряли актуальности и некоторые другие указания О. Гоффара, связанные с особенностями силосования кукурузы в фазе восковой спелости зерна. В частности, он считал обязательным измельчение такой кукурузы на частицы длиной 0,4 дюйма (10 мм), на необходимость которого указывается и в современных рекомендациях по силосованию кукурузы в фазе восковой спелости зерна [74].

Следует указать и на то, что О. Гоффар впервые обосновал указанную степень измельчения кукурузы не только с точки зрения улучшения сохранности питательных веществ полученного корма, но и с точки зрения повышения эффективности его использования скотом. В своем руководстве он по этому поводу писал [3]: «Многие хозяева не стараются уяснить себе достаточно ли влияние, оказываемое на эффект питания тем физическим состоянием, в котором корм должен быть съеден скотом. Хотя этим объясняется то, почему одна и та же кукуруза дает столь различный питательный эффект, смотря по тому, задается ли она скоту в виде целых растений, более или менее крупно изрезанных или же предварительно сильно измельченных».

Абсолютно правильно рассуждал автор и о целесообразности тщательного измельчения содержащегося в массе зерна. В уже указанном выше руководстве он отмечал: «Положим, что из двух человек один должен питаться цельными пшеничными зернами, а другой — мукой из этих зерен; можно сказать, наверное, что эти два человека будут использовать пищу далеко не одинаково, хотя в химическом отношении названные пищевые средства совершенно тождественны между собой». Это положение также практически не претерпело никаких изменений в выводах современных исследователей.

По большому счету заслугой многочисленных последователей О. Гоффара, совершенствующих процесс силосования кукурузы, являлось лишь уточнение предложенных еще в 19 веке параметров силосования этой культуры и разработка на этой основе необходимой кормоуборочной техники, которая продолжает совершенствоваться и в настоящее время. По-прежнему слабо изученной является проблема повышения аэробной стабильности силоса из кукурузы восковой спелости зерна и других кормовых культур, на решение которой и должны быть направлены усилия современных ученых-технологов.

Литература

1. Балязин В. Мудрость тысячелетий (энциклопедия). – М. : ОЛМА Медия Групп, 2007. – 608 с.
2. Калугин И. Силосование // Энциклопедический словарь. – СПб : Издатель Ф. А. Брокгаузъ и И. А. Ефронъ, 1900. – Т. 29. – С. 880–884.
3. Харченко В. А. Уборка и сохранение кормовъ. – Петроградъ : Издание А. Ф. Девриена, 1915. – 400 с.
4. Современная микробиология. Прокариоты: В 2-х томах. Пер. с англ. И. А. Берга, Р. Н. Ивановского, А. И. Нетрусова, Д. И. Никитина, В. К. Плакунова / Под ред. Й. Ленглера, Г. Дрекса и Г. Шлегеля. – М. : Мир, 2005. – Т. 1. – 656 с.
5. Болотин Е. А., Зубрилин А. А. Силосование кормов. – М. : Сельхозгиз, 1935. – 400 с.
6. Зафрен С. Я. Технология приготовления кормов (Справочное пособие). – М. : Колос, 1977. – 239 с.
7. Михин А. М. Силосование в засушливой зоне. – Сталинград : Сталинградское книгоиздательство, 1937. – 123 с.
8. Зубрилин А. А. Новое в консервировании сочных кормов. – М. : Сельхозгиз, 1937. – 41 с.
9. Лазарев В. Г. «Теория сахарного минимума» — чистейшая метафизика (рукопись). – Нижнеудинск, 1952. – 28 с.
10. Приготовление силоса и сенажа с применением биологических препаратов Биосиб и Феркон / В. М. Косолапов, В. А. Бондарев, В. П. Клименко, А. Н. Кричевский. – М. : ООО «Угрешская типография», 2009. – 166 с.
11. Зубрилин А. А. Консервирование зеленых кормов. – М. : Сельхозгиз, 1938. – 200 с.
12. Щеглов В. В., Боярский Л. Г. Корма: приготовление, хранение, использование (справочник). – М. : Агропромиздат, 1980. – 254 с.
13. Алешина Е. А. Протеолитические анаэробы рода *Clostridium*, их биологические особенности и роль в силосовании кормов : автореф. дис. канд. ... биол. наук. – М. : ТСХА им. К. А. Тимирязева, 1982. – 16 с.
14. Чуканов Н. К. Микробиология на службе кормопроизводства. – Алма-Ата : Кайнар, 1975. – 142 с.

15. Weissbach F., Honig H. Über die Vorhersage und Steuerung des Gärungsverlaufs bei der Silierung von Grünfütter aus extensiven Anbau. // Landbauforschung Völkenrode, 1996. – Н. 1. – С. 10–17.
16. Шурхно Р. А. Микробиологический препарат для биоконсервирования растительных ресурсов на основе новых штаммов *Lactobacillus plantarum*, выделенных из природных источников : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Щелково : ФГБНУ ВНИТИБП, 2016. – 48 с.
17. Fehrmann E., Müller Th. Jahresverlauf des epiphytischen Mikrobenbesatzes auf einen Graslandstandort. // Das Wirtschaftseigene Futter, 1990. – Bd. 36. – Н. 1. – С. 66–78.
18. Изучение эпифитной микрофлоры как источника формирования микробиоценоза силоса методом NGS-секвенирования / Е. А. Ёылдырым, Г. Ю. Лаптев, Л. А. Ильина и [др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – Т. 50. – № 6. – С. 832–838.
19. Победнов Ю. А. Основы и способы силосования трав. – СПб : ООО «Биотроф», 2010. – 192 с.
20. Вайсбах Ф., Шмидт Л., Хайн Е. Метод предотвращения нежелательного процесса брожения при силосовании, основанный на химическом составе зеленых кормов // Сб. материалов 12-го Международного конгресса по луговодству (11–20 июня 1974 г.). – М. : Колос, 1977. – Т. 2. – С. 235–237.
21. Вайсбах Ф. Будущее консервирования кормов // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2012. – № 2. – С. 49–70.
22. Победнов Ю. А. Теория и технологии силосования провяленных трав // Достижения науки и техники АПК. – 2002. – № 9. – С. 20–24.
23. Pahlow G., Weissbach F. New aspects of evaluation and application of silage // Landbauforschung Völkenrode, 1999. – Sonderheft 206. – P. 141–158.
24. Kalzendorf Ch. Clostridien-Sporen in der Rohmilch // Milchpraxis, 1996. – Bd. 34. – Jg. 1. – S. 38–41.
25. Победнов Ю. А. Теоретические аспекты силосования провяленных трав // Кормопроизводство. – 1998. – № 8. – С. 21–25.
26. Pobednov Ju., Weissbach F., Pahlow G. Über den Effekt von Milchsäurebakterien-Präparaten auf die Säuerungsgeschwindigkeit und die Gärqualität von Welksilage // Landbauforschung Völkenrode, 1997. – Н. 3. – С. 97–102.
27. Панкратов В. В. Эффективность применения препаратов на основе молочнокислых бактерий при силосовании трав с различным содержанием сухого вещества и сахаро-буферным отношением : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М. : ВИК, 2009. – 16 с.
28. Смирнов В. А. Пищевые кислоты (лимонная, молочная, винная). – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 264 с.
29. Квасников Е. И., Нестеренко О. А. Молочнокислые бактерии и пути их использования. – М. : Наука, 1975. – 389 с.
30. Штамм бактерий *Lactobacillus plantarum* для консервирования кормов / Т. Н. Грудина, Г. Ю. Лаптев, Ю. А. Победнов и [др.] : патент на изобретение № 2173060 от 14.04.2000 г.
31. Теоретические предпосылки и эффективность использования препарата молочнокислых бактерий Силзак при силосовании провяленных трав / Ю. А. Победнов, А. П. Гаганов, В. В. Панкратов и [др.] // Кормопроизводство. – 2006. – № 6. – С. 22–27.

32. Производство грубых кормов. В 2-х книгах / Под ред. Д. Шпаара. – Торжок : ООО «Вариант», 2002. – Кн. 1. – 360 с.
33. Победнов Ю. А., Мамаев А. А., Широкомяд М. С. Биологические особенности силосования люцерны с препаратами молочнокислых бактерий // Кормопроизводство. – 2020. – № 3. – С. 43–46.
34. Зубрилин А. А., Мишустин Е. Н., Харченко В. А. Силос. – М. : Сельхозгиз, 1950. – 277 с.
35. Джуманазаров Б. Н. Процессы, происходящие при хранении сенажа // Бюлл. ВНИИФБиП с.-х. животных, 1973. – В. 3(29). – С. 50–53.
36. Ребиндер П. А. О формах связи воды с материалом в процессе сушки // Сборник материалов Всесоюзного совещания по интенсивности процессов и улучшению качества материалов при сушке в основных отраслях промышленности и сельского хозяйства. – М. : Профиздат, 1958. – С. 228–234.
37. Weissbach F. Consequences of grassland de-intensification for ensilability and feeding value of herbage // Landbauforschung Völkenrode, 1996. – Sonderheft 206. – P. 41–53.
38. Березовский А. А. Силосование кормов. – М. : Сельхозгиз, 1959. – 106 с.
39. Черновский Л. А. Влияние аэрации на активность некоторых ферментов силосованного корма // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 1978. – № 5. – С. 99–102.
40. Авраменко П. С., Постовалова Л. М. Производство силосованных кормов. – Минск : Ураджай, 1984. – 144 с.
41. Oldenburg E. Mycotoxins in conserved forage // Landbauforschung Völkenrode, 1991. – Sonderheft 123. – S. 191–205.
42. Grawskaw R. Reducing losses during ensiling // Developments in silage, 1987 /Papers presented at a seminar held at Oxford 18 March 1987. – P. 23–26.
43. Влияние бактерицидных культур на сохранность зеленых кормов / О. Ю. Мальцева, О. Л. Мещерякова, И. В. Новикова и [др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2017. – Т. 79. – № 3. – С. 174–179.
44. Davies D. R., Fychan R., Jones R. Aerobic deterioration of silage: causes and controls // Nutritional Biotechnology in the feed and Food Industries. / Proceeding of Alltech's 23rd Annual Symposium. – Nottingham, 2007. – P. 227–238.
45. Ильина К. А., Беседина С. Ф. Влияние *Propionibacterium schermanii* на состав органических кислот в силосе // Труды института микробиологии и вирусологии АН Казахской ССР. – 1966. – В. 9. – С. 29–35.
46. Pahlow G., Honig H. Grundlagen der Bereitung von Qualitätssilage // Schuman-Workshop Milchviehfütterung. 18. und 19. Mai in Bad Segeberg. – 1993. – S. 5–23.
47. Победнов Ю. А., Мамаев А. А. К вопросу возникновения пропионовокислого брожения в силосе из трав // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство. – М. : ООО «Угрешская типография», 2015. – Вып. 5 (53). – С. 283–290.
48. Победнов Ю. А., Мамаев А. А., Горькин А. М. Сравнительная эффективность консервирования трав с химическими и биологическими препаратами. // Кормопроизводство. – 2011. – № 6. – С. 46–48.
49. Панов А. А., Рогачевская Н. С. Эффективность бактериально-ферментных препаратов Биотал при заготовке силоса из однолетних травосмесей и зерносенажа // Актуальные проблемы заготовки, хранения и рационального использова-

- ния кормов : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения доктора с.-х. наук, профессора С. Я. Зафрена (19–20 августа 2009 г., г. Москва). – М. : ФГУ РЦСК, 2009. – С. 79–86.
50. Малинин И., Кучин И., Юртаева К. Аэробная порча силоса: как снизить потери? // Животноводство России. – 2020. – № 3. – С. 50–51.
 51. Muck R. E. Microbiology of ensiling. // Proceedings of the XVI International Silage Conference, Hämeenlinna, Finland, 2–4 July, 2012. – Helsinki, 2012. – P. 73–86.
 52. Selwet M. Influence of inoculation with *Lactobacillus* on fermentation, production of 1,2-propanediol and 1-propanol as well as Maize silage aerobic stability // Open Life Sciences. – 2020. – Vol. 15. – Issue 1. – P. 373–378.
 53. Ёылдырым Е. А. Теоретические и экспериментальные основы микробиологической безопасности консервированных кормов для жвачных сельскохозяйственных животных : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Дубровицы : ФНЦ животноводства – ВИЖ им. Л. К. Эрнста, 2019. – 43 с.
 54. Филатов И. И., Кузнецова Т. Т., Сафронова Л. Г. Микробиологические и биохимические процессы при силосовании люцерны с разным уровнем сухого вещества // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 1978. – № 5. – С. 44–47.
 55. Лаптев Г., Хамитова Н. Аэробная стабильность силоса // Животноводство России. – 2013. – № 5. – С. 65.
 56. 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.
 57. McKersie B. D. Effekt of pH on proteolysis in ensiled legume forage // Agronomy Journal. – 1983. – Vol. 77. – No. 1. – P. 81–86.
 58. Short communication: Characteristics of proteolytic activities of endo- and exopeptidases in alfalfa herbage and their implications for proteolysis in silage / L. Tao, X. S. Guo, H. Zhou, D. J. Undersander, A. Nandety // Journal of Dairy Science. – 2012. – Vol. 95. – No. 8. – P. 4591–4595.
 59. Победнов Ю. А., Мамаев А. А., Ширококоряд М. С. Динамика аммиака и масляной кислоты в зависимости от степени проявлявания и способа силосования люцерны // Кормопроизводство. – 2019. – № 4. – С. 41–46.
 60. Зубрилин А. А., Мишустин Е. Н. Силосование кормов (теория вопроса). – М. : Издательство АН СССР, 1958. – 228 с.
 61. Победнов Ю. А., Мамаев А. А., Иванова М. С. К вопросу сенажирования и силосования люцерны с препаратами молочнокислых бактерий // Продовольственная безопасность сельского хозяйства России в XXI веке. Жученковские чтения II. – М. : ООО «Угрешская типография», 2016. – С. 180–188.
 62. Силосование люцерны с препаратами молочнокислых бактерий / Ю. А. Победнов, А. А. Мамаев, М. С. Иванова, К. Е. Юртаева // Животноводство и кормопроизводство, 2018. – Т. 101. – № 1. – С. 213–220.
 63. Биохимические источники сахара, аммиака и масляной кислоты при проявлявании, сенажировании и силосовании люцерны / Ю. А. Победнов, А. А. Мамаев, М. С. Ширококоряд, Б. А. Осипян // Проблемы биологии продуктивных животных, 2020. – № 1. – С. 79–90.

64. Evaluation of structural carbohydrates losses and digestibility in alfalfa and orchard grass during ensiling / M. S. Yahaya, A. Kimura, J. Harai et al. // *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. – 2001. – V. 14. – No. 12. – P. 1701–1704.
65. Мак-Дональд П. Биохимия силоса / Пер. с англ. Н. М. Спичкина. – М. : Агропромиздат, 1985. – 272 с.
66. Квасников Е. И. Биология молочнокислых бактерий. – Ташкент : изд. УзССР, 1960. – 351 с.
67. Шурхно Р. А., Сироткин А. С. Свойства штаммов молочнокислых бактерий, используемых для ферментации высокобелковой растительной массы (обзор) // *Вестник технологического университета*. – 2013. – Т. 18. – № 10. – С. 227–232.
68. Kurtoglu V., Coskun B. Effekt of bacterial adding alfalfa silage on milk yield and milk composition of dairy cattle // *Revue de Médecine Vétérinaire*. – 2003. – Vol. 154. – No. 12. – P. 755–762.
69. Filya I., Muck R. E., Contreras-Govea F. E. Inoculant effects on alfalfa silage: fermentation products and nutritive value // *Journal of Dairy Science*. – 2007. – V. 90. – № 11. – P. 5108–5114.
70. Кучин Н. Н., Мансуров А. П., Жирнов В. А. Биопрепараты при силосовании клевера лугового // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2018. – № 4 (44). – С. 165–170.
71. Effects of mixing red clover with alfalfa at different ratios on dynamics of proteolysis and protease activities during ensiling / X. Li, J. Tian, Q. Zhang, Y. Jiang, Z. Wu, Z. Yu. // *Journal of Dairy Science*. – 2018. – Vol. 101. – No. 10. – P. 8954–8964.
72. Медведева В. Т. Зависимость качества силоса от времени уборки кукурузы. – Кукуруза. – 1957. – № 8. – С. 59–64.
73. Захарьев Н. И., Обухова З. Д., Андронов А. С. Химический состав и питательность кукурузы и кукурузного силоса при различных сроках уборки. – Фрунзе : Киргизский НИИЖиВ, 1959. – 83 с.
74. Силосование кукурузы в фазе восковой спелости зерна: рекомендации / В. А. Бондарев, Ю. А. Победнов, Г. А. Дедаев и [др.]. – М. : ВИК, 1991. – 16 с.

HISTORICAL OVERVIEW OF THE DEVELOPMENT OF ENSILAGE

Yu. A. Pobednov

The review presents the main stages of ensilage development in the world and domestic agricultural practice with a critical assessment of certain provisions formulated by the authors.

Keywords: *silage, maize, alfalfa, red clover, grasses, theory of ensilage, preparations of lactic acid bacteria, aerobic spoilage.*