

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ АЭРОБНУЮ  
СТАБИЛЬНОСТЬ СИЛОСА ИЗ КУКУРУЗЫ, ЗАГОТОВЛЕННОЙ В ФАЗЕ  
ВОСКОВОЙ СПЕЛОСТИ ЗЕРНА**

<sup>1</sup>Победнов Ю.А., <sup>1</sup>Мамаев А.А., <sup>1</sup>Осипян Б.А., <sup>2</sup>Кучин И.В., <sup>2</sup>Юртаева К.Е.

<sup>1</sup>ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса, Лобня Московской области, Российская Федерация.

<sup>2</sup>ООО Лаллеманд - Дрожжи, Санкт-Петербург, Российская Федерация.

Силос из кукурузы, заготовленной в фазе восковой спелости зерна, восприимчив к аэробной порче, что обуславливает увеличение потерь питательных веществ и снижение качества корма при выемке из хранилищ. Тщательное измельчение растений, улучшающее их уплотнение, соблюдение правил выемки силоса из траншей способствуют повышению его аэробной стабильности, но не решают до конца проблему аэробной порчи. Выполненные исследования показали, что аэробная стабильность кукурузного силоса во многом зависит от срока его хранения в анаэробных условиях. Продолжительная ферментация массы ( $\geq 117$  суток) в герметичных условиях обеспечивает получение стабильного на воздухе корма и при её обычном силосовании. В этом случае препараты молочнокислых бактерий можно не применять, поскольку они уже не приводят к дальнейшему улучшению аэробной стабильности корма. При непродолжительном сроке силосования (30-35 суток) кукурузы, что часто наблюдается при круглогодичном скармливании силоса скоту, обычный силос, как правило, бывает нестабильным при хранении на воздухе. Для повышения аэробной стабильности следует увеличить накопление в корме уксусной кислоты, обладающей фунгицидным действием. С этой целью необходимо применять препараты на основе классических штаммов молочнокислых бактерий и культуры *Lactobacillus buchneri* (Magniva Platinum 1, Magniva Platinum 2 и BioCrimp), способствующих накоплению уксусной кислоты. Препараты на основе классических штаммов молочнокислых бактерий (Биотроф, Биосиб) и культуры *Bacillus subtilis* (Биотроф 111) заметно не улучшают аэробную стабильность кукурузного силоса.

*Ключевые слова:* кукуруза, силос, аэробная порча, срок хранения, уксусная кислота, препараты молочнокислых бактерий

*Проблемы биологии продуктивных животных, 2021, 1: 87-94*

### **Введение**

Силос из кукурузы, заготовленной в фазе восковой спелости зерна, во всём мире служит основным кормом для лактирующих коров (Гибадуллина, 2011; Voggeani, Tabacco, 2012). Между тем, силос, приготовленный в укрытых плёнками траншеях, нередко подвергается аэробной порче, что приводит к большим потерям питательных веществ и ухудшению его гигиенического статуса (Вайсбах, 2012). Последнее связано с вероятностью накопления в корме большого количества масляной кислоты и микотоксинов (Rouel, Wyss, 1994; Лаптев и др., 2019). Причинами возникновения аэробной порчи служит большая открытая поверхность силосных траншей, затрудняющая изоляцию их от воздуха, а также нарушения правил заготовки и выемки готового силоса из силосохранилищ, ускоряющие проникновение в его толщу воздуха, инициирующего развитие дрожжей – главных возбудителей этого процесса (Muck, 2012). В этой связи важными условиями защиты корма от аэробной порчи служит мелкое измельчение растений, способствующее сильному уплотнению массы, а также обеспечение монолитности силосного среза и нужной скорости его продвижения по длине силосохранилища (Бондарев и др., 1991). Согласно имеющимся данным (Voggeani, Tabacco, 2012), зимой за неделю срез силоса по длине траншеи должен продвигаться не менее чем на 1,1 м, а летом – не менее, чем на 1,75 м. Но и при соблюдении

указанных условий силос из кукурузы в фазе восковой спелости зерна остаётся восприимчивым к аэробной порче, обуславливая необходимость применения дополнительных приёмов, направленных на ограничение развития дрожжей. Наибольшее распространение для этой цели получило применение молочнокислых заквасок.

Поначалу предназначенные для силосования кукурузы молочнокислые закваски включали в себя гомоферментативные штаммы молочнокислых бактерий, такие как *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, различные виды *Pediococcus* и *Enterococcus* (Pahlow, 1988; Jans, 1994; Filya et al., 2007; Герасимов и др., 2014), которые исключительно применялись для ускорения подкисления силоса за счёт усиления продуцирования, главным образом, молочной кислоты. Вскоре, однако, выяснилось (Muck, 2012), что, повышая долю молочной кислоты в общем объёме кислот брожения, указанные препараты ухудшают аэробную стабильность корма. С учётом этого в конце 90-тых годов прошлого столетия были разработаны препараты 2-го поколения, созданные на основе гетероферментативных штаммов молочнокислых бактерий, преимущественно *Lactobacillus buchneri*. Предпосылкой для их создания послужила выявленная способность этого вида лактобацилл сбрасывать сахар и накопившуюся в корме молочную кислоту в уксусную кислоту, которая, инактивируя рост дрожжей и плесневых грибов (Driehuis et al., 1996), защищает силос от аэробной порчи. Вместе с тем, замена значительной части молочной кислоты уксусной имеет и свою отрицательную сторону: уксусная кислота не обладает такой высокой энергетической питательностью, как молочная кислота, а, следовательно, не оказывает подобно последней заметного положительного влияния на продуктивность крупного рогатого скота (Шмидт, Веттерау, 1975). На основе полученных новых знаний были созданы молочнокислые закваски третьего поколения, которые, наряду с *Lactobacillus buchneri*, включают в себя и традиционные штаммы молочнокислых бактерий, повышающие продуктивное действие кукурузного силоса (Romero et al., 2018). В настоящее время именно эти препараты молочнокислых бактерий находят широкое применение при силосовании кукурузы в фазе восковой спелости зерна. Наряду с препаратами молочнокислых бактерий, на аэробную стабильность силоса большое влияние оказывает и время его хранения в анаэробных условиях (Лаптев, Хамитова, 2013).

Цель настоящей работы – изучение влияния срока силосования кукурузы восковой спелости и внесения различных препаратов молочнокислых бактерий на аэробную стабильность полученного корма.

## Материал и методы

Сырьём для силосования служила кукуруза в фазе восковой спелости зерна (27,36% СВ). Навески (500 г) измельчённой массы силосовали в вакуумных полиэтиленовых пакетах обычным способом и с внесением препаратов Биотроф (на основе *Lactobacillus plantarum*), Биотроф 111 (на основе *Bacillus subtilis*), Биосиб (на основе амилोलитического стрептококка *Lactococcus lactis*, бактерий *Lactobacillus pentoaceticum* и *Propionibacterium freudenreihii*), Magniva Platinum 1 (на основе *Lactobacillus hilgardii* и *Lactobacillus buchneri*, Magniva Platinum 2 (на основе *Lactobacillus hilgardii*, *Lactobacillus buchneri* и *Pediococcus pentosaceus*), Sila-Prime (на основе *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Pediococcus pentosaceus*, *Pediococcus acidilactici*, *Enterococcus faecium*, *Streptococcus lactis*, *Bacillus subtilis* и экстракта *Aspergillus oryzae*), BioCrimp (на основе *Lactobacillus buchneri* и *Pediococcus pentosaceus*).

Для изучения влияния срока хранения силоса в анаэробных условиях на его аэробную стабильность, корм вскрывали через 35 и 117 суток силосования. В силосе определяли pH, содержание аммиака и кислот брожения (молочной, уксусной, масляной, муравьиной, пропионовой, яблочной, янтарной, лимонной, винной, щавелевой). Кроме того, полученные образцы силоса по методу Г. Хонига (Honig, 1985) исследовали на устойчивость к аэробной порче.

Содержание СВ в зелёной массе и полученном силосе определяли путём высушивания навесок при температуре 105°C до постоянного веса, аммиака – по Лонги, pH – с помощью потенциометра И-500, органических кислот – методом капиллярного электрофореза.

## Результаты и обсуждение

Биохимические показатели силоса, приготовленного обычным способом и с внесением испытуемых биологических препаратов, определены спустя 35 суток силосования и через 7 суток хранения на воздухе, приведены в табл. 1. Применение препаратов, которые, наряду с традиционными штаммами молочнокислых бактерий, включают в себя и культуру *Lactobacillus buchneri*, обеспечивает существенное ( $P < 0,05$ ) увеличение содержания уксусной кислоты на фоне снижения ( $P < 0,05$ ) накопления в корме молочной кислоты (табл. 1). Это отчетливо наблюдается даже при 35-суточном сроке силосования кукурузы.

К настоящему времени отслежен и метаболический путь образования уксусной кислоты под влиянием культуры *Lactobacillus buchneri*, связанный с вторичным распадом молочной кислоты до уксусной. Ф. Вайсбах полагает (Вайсбах, 2012), что образовавшийся при этой реакции водород может использоваться для синтеза 1,2-пропандиола, который, в свою очередь, способен усваиваться природным микробом *Lactobacillus diolivorans* с образованием сначала 1-пропанола, а потом пропионовой кислоты, которая обладает значительно более выраженным, чем у уксусной кислоты, фунгицидным действием. Данное положение нашло экспериментальное подтверждение при силосовании с внесением культуры *Lactobacillus buchneri* влажного фуражного кукурузного зерна (Da Silva et al., 2018).

Таблица 1. Биохимические показатели корма спустя 35 суток силосования и 7 суток хранения на воздухе ( $M \pm m$ ,  $n=3$ )

Варианты силосования	рН	Содержание в сухом веществе, %				
		аммиак	органические кислоты			
			молочная	уксусная	масляная	янтарная
Через 35 дней силосования						
Без добавок	3,65±0,07	0,12±0,00	12,34±0,06	1,71±0,05	0,08±0,01	0,12±0,00
Magniva Platinum 1	3,73±0,05	0,12±0,00	10,39±0,06 <sup>1</sup>	3,13±0,05 <sup>1</sup>	0,00±0,00 <sup>1</sup>	0,12±0,00
Magniva Platinum 2	3,68±0,05	0,12±0,00	10,88±0,06 <sup>1</sup>	2,91±0,06 <sup>1</sup>	0,00±0,00 <sup>1</sup>	0,12±0,00
Sila Prime	3,64±0,05	0,11±0,00	11,99±0,05	1,71±0,06	0,00±0,00 <sup>1</sup>	0,08±0,00 <sup>1</sup>
BioCrimp	3,72±0,05	0,11±0,00	6,95±0,07 <sup>1</sup>	3,49±0,06 <sup>1</sup>	0,00±0,00 <sup>1</sup>	0,00±0,00 <sup>1</sup>
Биотроф	3,65±0,05	0,11±0,00	11,82±0,05	1,59±0,05	0,00±0,00 <sup>1</sup>	0,08±0,00 <sup>1</sup>
Биотроф 111	3,64±0,07	0,12±0,00	11,42±0,07	1,67±0,07	0,00±0,00 <sup>1</sup>	0,07±0,00 <sup>1</sup>
Биосиб	3,65±0,05	0,11±0,00	11,75±0,07	1,64±0,05	0,00±0,00 <sup>1</sup>	0,07±0,00 <sup>1</sup>
Через 7 суток хранения при доступе воздуха						
Без добавок	6,05±0,05	0,13±0,01	2,70±0,06	0,24±0,07	0,08±0,00	0,08±0,00
Magniva Platinum 1	3,77±0,07 <sup>1</sup>	0,13±0,00	6,83±0,05 <sup>1</sup>	3,85±0,06 <sup>1</sup>	0,00±0,00 <sup>1</sup>	0,00±0,00 <sup>1</sup>
Magniva Platinum 2	4,30±0,05 <sup>1</sup>	0,07±0,00 <sup>1</sup>	4,84±0,07 <sup>1</sup>	1,47±0,05 <sup>1</sup>	0,00±0,00 <sup>1</sup>	0,00±0,00 <sup>1</sup>
Sila Prime	4,33±0,05 <sup>1</sup>	0,08±0,00 <sup>1</sup>	3,35±0,05 <sup>1</sup>	1,43±0,06 <sup>1</sup>	0,00±0,00 <sup>1</sup>	0,04±0,00 <sup>1</sup>
BioCrimp	4,03±0,06 <sup>1</sup>	0,09±0,00 <sup>1</sup>	4,96±0,05 <sup>1</sup>	4,22±0,01 <sup>1</sup>	0,00±0,00 <sup>1</sup>	0,08±0,06
Биотроф	5,51±0,06 <sup>1</sup>	0,13±0,00	2,89±0,06	0,28±0,06	0,00±0,00 <sup>1</sup>	0,04±0,00 <sup>1</sup>
Биотроф 111	5,28±0,06 <sup>1</sup>	0,10±0,01 <sup>1</sup>	2,37±0,07	0,19±0,06	0,00±0,00 <sup>1</sup>	0,15±0,00 <sup>1</sup>
Биосиб	6,36±0,07	0,04±0,00 <sup>1</sup>	0,50±0,06 <sup>1</sup>	0,27±0,07	0,00±0,00 <sup>1</sup>	0,00±0,00 <sup>1</sup>

Примечание: здесь и далее в таблицах: <sup>1</sup> $P < 0,05$  по  $t$ -критерию при сравнении с силосом без добавок.

Однако в наших опытах пропионовая кислота при использовании препаратов, включающих, наряду с классическими штаммами молочнокислых бактерий, и культуру *Lactobacillus buchneri*, при 35-суточном сроке силосования кукурузы не накапливалась. Не накапливалась она и при использовании препарата Биосиб, включающего в себя молочнокислые бактерии в сочетании с *Propionibacterium freudenreihil*. Это указывает на то, что, несмотря на мнение ряда исследователей об особенной роли пропионовокислых бактерий при силосовании (Косолапов и др., 2009; Мальцева и др., 2017), последние, очевидно, вообще не получают заметного развития в кукурузном силосе, то есть в корме, который характеризуется довольно быстрым и достаточно сильным подкислением. На основании полученных данных можно заключить, что при относительно коротком сроке силосования (35 суток) препараты молочнокислых бактерий 3-го поколения (Magniva Platinum 1,

Magniva Platinum 2 и BioCrimp) способствуют увеличению (в 1,7-2,0 раза) содержания в корме уксусной кислоты. Поскольку при этом одновременно достигается и сильное подкисление силоса (рН 3,68-3,73) можно с уверенностью утверждать, что практически вся содержащаяся в корме уксусная кислота находится в недиссоциированном состоянии, а, следовательно, обладает выраженным бактерицидным и фунгицидным действием.

Оценка влияния препаратов 3-го поколения на аэробную стабильность силоса при его последующем 7-ми суточном хранении на воздухе подтвердила справедливость этого положения. Силос, приготовленный с препаратами Magniva Platinum 1, Magniva Platinum 2 и BioCrimp, обладал по отношению к обычному и приготовленному с препаратами Биотроф, Биотроф 111, Биосиб и Sila-Prime силосу значительно большей устойчивостью к аэробной порче. На это указывают не только его гораздо лучшие биохимические показатели, но и более продолжительное время, в течение которого температура силоса оставалась неизменной при доступе воздуха. Если обычный и приготовленный с препаратами Sila-Prime, Биотроф, Биотроф 111 и Биосиб силос при хранении на воздухе начинал разогреваться уже соответственно через 23, 25, 22, 27 и 24 часа, то силос, приготовленный с препаратами Magniva Platinum 2 и BioCrimp, - только спустя 53 и 110 часов. Микробиологические исследования, выполненные в ФНЦ «ВНИТИП» РАН показали, что ни в одном из вариантов силоса количество дрожжей не превышало критического значения ( $\geq 10^5$  КОЕ в 1 г корма), при котором корм считается нестабильным при выемке (Победнов, 2010), а находилось в пределах  $2,50 \times 10^1 - 8,72 \times 10^2$  КОЕ/г. Это даёт основание для вывода, что неодинаковая восприимчивость корма к аэробной порче была обусловлена отнюдь не разным содержанием дрожжей на момент вскрытия, которое во всех силосах была близкой, а исключительно определялась лишь созданием неблагоприятных условий для их дальнейшего развития при доступе воздуха.

Однако через 117 суток силосования препараты Magniva Platinum 1, Magniva Platinum 2 и BioCrimp, содержащие традиционные штаммы молочнокислых бактерий в сочетании с культурой *Lactobacillus buchneri*, уже обусловили чрезмерное накопление уксусной кислоты, которое происходило на фоне значительного сокращения содержания в корме молочной кислоты (табл. 2).

Таблица 2. Биохимические показатели корма спустя 117 суток силосования и 17 суток хранения на воздухе (M±m, n=3)

Варианты силосования	рН	Содержание в сухом веществе, %				
		аммиак	органические кислоты			
			молочная	уксусная	масляная	янтарная
Через 117 дней силосования						
Без добавок	3,59±0,06	0,13±0,00	10,64±0,05	1,97±0,06	0,00±0,00	0,00±0,00
Magniva Platinum 1	4,03±0,07	0,15±0,00 <sup>1</sup>	2,54±0,08 <sup>1</sup>	6,31±0,06 <sup>1</sup>	0,00±0,00	0,12±0,01 <sup>1</sup>
Magniva Platinum 2	3,95±0,06	0,15±0,00 <sup>1</sup>	3,87±0,07 <sup>1</sup>	5,63±0,07 <sup>1</sup>	0,00±0,00	0,12±0,01 <sup>1</sup>
Sila Prime	3,62±0,06	0,14±0,00	9,70±0,06 <sup>1</sup>	2,65±0,06 <sup>1</sup>	0,00±0,00	0,08±0,01 <sup>1</sup>
BioCrimp	4,05±0,07	0,16±0,00 <sup>1</sup>	1,73±0,07 <sup>1</sup>	5,36±0,05 <sup>1</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00
Биотроф	3,73±0,07	0,13±0,00	9,44±0,06 <sup>1</sup>	2,84±0,05 <sup>1</sup>	0,00±0,00	0,15±0,01 <sup>1</sup>
Биотроф 111	3,60±0,06	0,12±0,00	10,93±0,07	2,31±0,06	0,00±0,00	0,07±0,00 <sup>1</sup>
Биосиб	3,64±0,07	0,12±0,00	8,87±0,06 <sup>1</sup>	2,37±0,05 <sup>1</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00
Через 17 суток хранения при доступе воздуха						
Без добавок	3,68±0,06	0,12±0,00	10,99±0,06	1,33±0,05	0,00±0,00	0,00±0,00
Magniva Platinum 1	4,11±0,07 <sup>1</sup>	0,18±0,00 <sup>1</sup>	1,66±0,13 <sup>1</sup>	8,06±0,04 <sup>1</sup>	0,00±0,00	0,12±0,05 <sup>1</sup>
Magniva Platinum 2	4,06±0,05 <sup>1</sup>	0,16±0,00 <sup>1</sup>	3,19±0,08 <sup>1</sup>	7,76±0,06 <sup>1</sup>	0,00±0,00	0,15±0,05 <sup>1</sup>
Sila Prime	3,68±0,05	0,14±0,00 <sup>1</sup>	12,03±0,06 <sup>1</sup>	3,65±0,06 <sup>1</sup>	0,22±0,06 <sup>1</sup>	0,14±0,05 <sup>1</sup>
BioCrimp	4,13±0,05 <sup>1</sup>	0,17±0,00 <sup>1</sup>	0,63±0,08 <sup>1</sup>	7,51±0,06 <sup>1</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00
Биотроф	6,82±0,06 <sup>1</sup>	0,08±0,00 <sup>1</sup>	0,56±0,06	0,00±0,00 <sup>1</sup>	0,29±0,04 <sup>1</sup>	0,00±0,00
Биотроф 111	3,65±0,05 <sup>1</sup>	0,10±0,00	11,87±0,06 <sup>1</sup>	2,42±0,0 <sup>1</sup>	0,00±0,00 <sup>1</sup>	0,10±0,01 <sup>1</sup>
Биосиб	3,68±0,07	0,14±0,00 <sup>1</sup>	13,23±0,15 <sup>1</sup>	3,92±0,05 <sup>1</sup>	0,00±0,00	0,00±0,00

Негативная сторона этого процесса заключается в том, что уксусная кислота придаёт силосу резкий запах, а в недиссоциированном состоянии, то есть при высокой активной кислотности силоса, и очень кислый его вкус (Смирнов, 1983), что снижает поедаемость корма скотом.

Необходимо отметить, что указанные результаты были получены в лабораторных условиях, в которых постоянно поддерживалась оптимальная для силосования температура (+25°C). Профессор Ф. Вайсбах (Вайсбах, 2012) полагает, что при практическом силосовании в регионах с умеренным климатом это явление вряд ли будет иметь место. Однако как поведут себя препараты, включающие в себя культуру *Lactobacillus buchneri*, в условиях жаркого климата Юга России, где, собственно, и сконцентрированы основные посевы кукурузы ещё предстоит установить.

Широкомасштабная проверка эффективности указанных препаратов необходима ещё и потому, что молочная кислота, как эндогенная, так и введённая с кормом, ускоряет рост животных. То есть, силос с большим содержанием молочной кислоты, прежде всего, интересен для использования в мясном скотоводстве, а также кормления высокопродуктивных молочных коров, у которых в процессе лактации отмечается заметная потеря живой массы (Vanbelle et al., 1985).

К особенностям препаратов Magniva Platinum 1, Magniva Platinum 2 и BioCrimp можно отнести и то, что при длительном (117 суток) сроке силосования кукурузы они обуславливают достоверное ( $P < 0,05$ ) увеличение содержания аммиака в сухом веществе корма. Причём содержание аммиака возрастает не только по отношению к обычному силосу, но и к силосу, приготовленному с препаратами Биотроф, Биотроф 111, Биосиб и Sila-Prime, включающим в себя классические штаммы молочнокислых бактерий.

Подобное явление наблюдали при силосовании с препаратами молочнокислых бактерий проявленной массы люцерны (Нугматжанов, 1984). Автор объясняет это явление тем, что при дефиците сахара микроорганизмы для своего энергетического обмена уже начинают потреблять углеродный скелет аминокислот. Освобождённый при этом аммиак из-за дефицита энергии остаётся не использованным и выделяется в окружающую среду. Очевидно, нечто подобное может происходить и в кукурузном силосе под влиянием культуры *Lactobacillus buchneri*, которая, в отличие от других молочнокислых бактерий, получает преимущественное развитие уже на поздних этапах силосования, когда основное количество растительного сахара уже сброжено. На это указывает и то, что при 35-суточном сбраживании кукурузы, когда культура *Lactobacillus buchneri* ещё развивается наряду с другими видами молочнокислых бактерий, она не способствует существенному увеличению содержания аммиака в корме. Следует отметить и то, что не один из внесённых препаратов молочнокислых бактерий не способствовал и сколько-нибудь заметному снижению содержания аммиака в полученном корме. Это объясняется тем, что кукуруза в силу своих биологических особенностей быстро подкисляется и при спонтанном силосовании, в результате внесенные препараты не приводят к получению дополнительного эффекта (Romero et al., 2018).

Увеличение срока силосования кукурузы с 35 до 117 суток привело к заметному улучшению аэробной стабильности полученного корма. После указанного срока ферментации даже обычный кукурузный силос хранился на воздухе практически без изменения своих биохимических показателей в течение 17 суток. Естественно, что высокую аэробную стабильность приобретал и силос, приготовленный почти со всеми бактериальными препаратами. Однако в данном случае главную роль в обеспечении аэробной стабильности корма играют уже не используемые препараты, а биологические особенности дрожжей - главных возбудителей этого процесса.

Известно, что если небольшое количество дрожжей будет привито к достаточному количеству питательного раствора, то дрожжи размножаются почкованием. При этом время их регенерации будет постоянным до того момента, пока каждая клетка может развиваться свободно и, если развитие клеток не лимитируется недостатком питательных веществ или накоплением продуктов обмена. В том и другом случае наблюдается постепенное замедление роста, то есть дрожжи постепенно приходят в состояние покоя. На осуществление процесса брожения это их состояние не оказывает влияния. Более того, в состоянии покоя дрожжи наиболее интенсивно и сбраживают сахар в этиловый спирт и  $\text{CO}_2$ . Тут важно другое – чем дольше дрожжи находятся в состоянии покоя после размножения, тем большим является период до наступления нового размножения. То есть, в этом случае отмечается длительный инкубационный период до наступления нового почкования. В литературе это явление называют старением дрожжей (Люерс,

1938), которое, по сути, является дегенерацией дрожжей, связанной с их истощением. Именно длительным пребыванием дрожжей в состоянии покоя и связанным с этим продолжительным инкубационным периодом до их нового размножения при поступлении воздуха в толщу корма и объясняется высокая устойчивость силоса после 117-ти суточной ферментации к аэробной порче.

Исключение составил препарат Биотроф на основе *Lactobacillus plantarum*, под влиянием которого аэробная стабильность корма и спустя указанный срок силосования ухудшилась. Об этом, в частности, свидетельствует то, что за 17-суточный срок на воздухе в нём практически полностью были разрушены молочная и уксусная кислоты, вследствие чего рН силоса возрос с 3,73 до 6,82, обусловив возникновение маслянокислого брожения.

Пока ещё трудно с достаточной убедительностью объяснить, чем обусловлена столь разная восприимчивость силоса, приготовленного с препаратом Биотроф, по отношению ко всем другим вариантам силоса. По имеющимся данным (Auerbach, 1996), при использовании препаратов на основе гомоферментативных молочнокислых бактерий ухудшение аэробной стабильности силоса связано с уменьшением накопления в нём уксусной кислоты, обладающей фунгицидным действием. Однако в нашем опыте количество образовавшейся в силосе с препаратом Биотроф уксусной кислоты даже несколько превышало её содержание в обычном силосе и силосе, приготовленном с препаратами Биотроф 111, Sila Prime и Биосиб, которые, как и силос, приготовленный с препаратами Magniva Platinum 1, Magniva Platinum 2 и BioCrimp были устойчивы к аэробной порче. Степень подкисления силоса с препаратом Биотроф также была довольно близкой с обычным силосом и с силосом приготовленным с другими бактериальными препаратами (рН 3,73, против рН 3,59 и 3,60-4,05), что во всех случаях обеспечивало перевод почти всей содержащейся в корме уксусной кислоты в недиссоциированное состояние. Количество дрожжей во всех вариантах силоса, как и в случае с 35-ти суточным силосованием кукурузы, также не превышало критического значения и в силосе с препаратом Биотроф составляло  $2,38 \cdot 10^3/\text{г}$ , против  $6,06 \cdot 10^3/\text{г}$  в обычном силосе и  $2,01 \cdot 10^1 - 5,98 \cdot 10^3/\text{г}$  в силосе, приготовленном с другими биологическими препаратами. Можно предположить, что ухудшение аэробной стабильности силоса, приготовленного с препаратом Биотроф, элементарно вызвано какими-то отклонениями при проведении исследований, и по этой причине требует дальнейшего уточнения.

### Заклучение

Аэробная стабильность силоса из кукурузы восковой спелости зерна зависит от срока хранения в анаэробных условиях. При продолжительном сроке силосования ( $\geq 117$  суток) ввиду особенностей развития дрожжей – главных возбудителей аэробной порчи – и обычный силос получается стабильным при хранении на воздухе. В этом случае бактериальные препараты можно не применять, поскольку как созданные на основе классических штаммов молочнокислых бактерий (Биотроф, Биосиб) и культуры *Bacillus subtilis* (Биотроф 111) препараты, так и препараты, созданные на основе классических штаммов молочнокислых бактерий и культуры *Lactobacillus buchneri*, уже не дают дополнительного эффекта по сохранности питательных веществ полученного корма. Более того, препараты, созданные на основе классических штаммов молочнокислых бактерий и культуры *Lactobacillus buchneri* (Magniva Platinum 1, Magniva Platinum 2 и BioCrimp), из-за чрезмерного накопления уксусной кислоты могут даже уже оказывать негативное влияние на потребление силоса крупным рогатым скотом. При непродолжительном сроке силосования кукурузы (30-35 суток), что часто наблюдается при круглогодичном скармливании силоса скоту, обычный силос, как правило, не стабилен при хранении на воздухе. Главным условием повышения аэробной стабильности силоса является накопление в нём достаточного количества уксусной кислоты, обладающей фунгицидным действием. С этой целью необходимо применять препараты, созданные на основе классических штаммов молочнокислых бактерий и культуры *Lactobacillus buchneri* (Magniva Platinum 1, Magniva Platinum 2 и BioCrimp), способствующих заметному увеличению накопления уксусной кислоты. Препараты, созданные на основе классических штаммов молочнокислых бактерий (Биотроф, Биосиб) и культуры *Bacillus subtilis* (Биотроф 111), не способствуют заметному улучшению аэробной стабильности кукурузного силоса.

### Список литературы

1. Бондарев В.А., Победнов Ю.А., Дедаев Г.А., Ермолаев В.И., Клименко В.П., Францева А.А., Бабич А.А., Олишинский С.И., Бехацкая Т.Я., Жукова В.П., Грицун А.В., Беспмятнов А.Д., Польшикова М.В., Чепурной А.Г. Силосование кукурузы в фазе восковой спелости зерна: рекомендации. М.: ВИК, 1991. 16 с.
2. Вайсбах Ф. Будущее консервирование кормов. // Проблемы биологии продуктивных животных. 2012. № 2. С. 49-70.
3. Герасимов Е.Ю., Иванов О.Н., Кучин Н.Н. Силосование кукурузы // Карельский научный журнал. 2014. № 4. С. 163-169.
4. Гибадуллина Ф.С. Прибыль определяют объёмистые корма. // Нива Татарстана. 2011. № 3-4. С. 19-21.
5. Косолапов В.М., Бондарев В.А., Клименко В.П., Кричевский А.Н. Приготовление силоса и сенажа с применением биологических препаратов Биосиб и Феркон. М.: ВИК, 2009. 160 с.
6. Лаптев Г., Ёылдырым Е., Победнов Ю. Технология качественных объёмистых кормов. Риго: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. 139 с.
7. Лаптев Г.Ю., Хамитова Н. Р. Аэробная стабильность силоса. // Сельскохозяйственные вести. 2013. № 2. С. 30.
8. Люерс Г. Химия пивоварения. М.-Л.: Пищепромиздат, 1938. 415 с.
9. Мальцева О.Ю., Мещерякова О.Л., Новикова И.В., Степанова Д.С., Степанова М.С., Корнеева О.С. Влияние бактерицидных культур на сохранность зелёных кормов. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79. № 3. С. 174-179.
10. Нугматжанов К.Г. Микробиологические способы повышения качества корма. Алма-Ата: Кайнар, 1984. 120 с.
11. Победнов Ю.А. Основы и способы силосования трав. СПб.: ООО «Биотроф», 2010. 192 с.
12. Смирнов В.А. Пищевые кислоты (лимонная, молочная, винная). М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1983. 389 с.
13. Шмидт В., Веттерау Г. Производство кормов. М.: Колос, 1975. 352 с.
14. Auerbach H. Verfahrensgrundlagen zur Senkung des Risikos eines Befalls von Silagen mit *Penicillium roqueforti* und einer Kontamination mit Mykotoxinen dieses Schimmelpilzes. Landbauforschung Völkenrode, 1996. Sonderheft 168. 167 s.
15. Borreani G., Tabacco E. Effect of silo management factors on aerobic stability and extent of spoilage in farm maize silages. // In: Proceedings of the XVI International Silage Conference. Helsinki, 2012. P. 71-72.
16. Da Silva N.S., Nascimento C.F., Nascimento F.A., de Resende E.D., Daniel J.I.P. Fermentation on and aerobic stability of rehydrated corn grain silage treated with different doses of *Lactobacillus buchneri* or a combination of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici*. // J. Dairy Sci. 2018. Vol. 101. Issue 5. P. 4158-4167.
17. Driehuis F., Spoestra S.F., Cole S.C.J., Morgan R. Improving aerobic stability by inoculation with *Lactobacillus buchneri* // In: Proceeding of the XI<sup>th</sup> International Silage Conference. Aberystwyth, 1996. P. 106-107.
18. Honig G. Determination of aerobic deterioration. System Völkenrode. – Braunschweig-Völkenrode, 1985. – 2 s.
19. Jans F. Milchsäurebakterien in Maissilage für Milchkühe. // Agrarforschung. 1994. Bd. 1. H. 3. S. 141-144.
20. Filya I., Muck R.E., Contreras-Govea F.E. Inoculant effects on alfalfa silage: fermentation products and nutritive value. // J. Dairy Sci. 2007. Vol. 90. nr 11. P. 5108-5114.
21. Muck R.E. Microbiology of ensiling. // In: Proceedings of the XVI International Silage Conference. Helsinki, 2012. P. 73-86.
22. Pahlow G. Siliermitteleinsatz bei Maissilage? // Mais. 1988. H. 3. S. 28-29.
23. Romero J.I., Joo Y., Park J., Tiezzi F., Gutierrez-Rodriguez E., Castillo M.S. Bacterial and fungal communities, fermentation, and aerobic stability of conventional hybrids and brown midribs ensiled at low moisture with or without a homo- and heterofermentative inoculants. // J. Dairy Sci. 2018. Vol. 101. nr 4. P. 3057-3076.
24. Rouel M., Wyss U. Aerobe Stabilität von Maissilagen // Agrarforschung. 1994. nr 1. P. 393-396.
25. Vanbelle M., Bertin G., Hellings Ph. Recent developments in biological methods of silage conservation. // In: International Symposium Grobfutterkonservierung. Forage conservation. Brno, 1985. P. 104-114.

### References (for publications in Russian)

1. Bondarev V.A., Pobednov Yu.A., Dedaev G.A. et al. *Silosovanie kukuruzi v faze voskovoi spelosti zerna* (Silage of corn in the phase of wax ripeness of grain). Moscow: VIC Publ., 1991. 16 p.
2. Gerasimov E.Yu., Ivanov O.N., Kuchin N.N. [Silage of corn]. *Karelskii nauchnii jurnal - Karelian Scientific Journal*. 2014. 4: 163-169.
3. Gibadullina F. S. [Profit is determined by voluminous feed]. *Niva Tatarstana - Niva of Tatarstan*. 2011. 3-4: 19-21.
4. Kosolapov V. M., Bondarev V. A., Klimentko V. P., Krichevsky A. N. *Prigotovlenie silosa i senaja s primeneniem biologicheskikh preparatov Biosib i Ferkon* (Preparation of silage and haylage using biosib and ferkon biological preparations). Moscow: VIC Publ., 2009. 160 p.

5. Laptev G. Yu., Khamitova N.R. [Silage aerobic stability]. *Selskohozyaistvennie vesti - Agricultural news*. 2013. 2: 30.
6. Laptev G., Yildirim E., Pobednov Y. *Tehnologiya kachestvennih obemistih kormov* (Technology of high-quality bulky feed). Riga: LAP LAMBERT Acad. Publ., 2019. 139 p.
7. Luers G. *Khimiya pivovareniya* (Chemistry of brewing). Moscow-Leningrad: Pishchepromizdat Publ., 1938. 415 p.
8. Maltseva O. Yu., Meshcheryakova O. L., Novikova I. V., Stepanova D. S., Stepanova M. S., Korneeva O. S. [The effect of bactericidal crops on the safety of green fodder]. *Vestnik Voronejskogo gosudarstvennogo universiteta inženierih tehnologii - Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2017. 79(3): 174-179.
9. Nigmatyanov K. G. *Mikrobiologicheskie sposobi povisheniya kachestva korma* (Microbiological methods of improving forage quality). Alma-Ata: Kainar, 1984. 120 p.
10. Pobednov Yu. A. *Osnovi i sposobi silosovaniya trav* (Fundamentals and methods of grass silage). St. Petersburg: OOO Biotrof Publ., 2010. 192 p.
11. Schmidt V., Wetterau G. *Proizvodstvo kormov* [Production of feed]. Moscow: Kolos Publ., 1975, 352 p.
12. Smirnov V. A. *Pischevie kisloti (limonnaya, molochnaya, vinnaya)* (Food acids (citric, lactic, tartaric)). Moscow: Light and food industry Publ., 1983. 389 p.
13. Weissbach F. [The future of feed preservation]. *Problemi biologii produktivnih zivotnih - Problems of Productive Animal Biology*. 2012, 2: 49-70.

DOI: 0.25687/1996-6733.prodanimbiol.2021.1.87-94

### **Study of factors determining aerobic stability of silage from corn harvested in the phase of waxy ripeness of the grain**

<sup>1</sup>Pobednov Yu.A., <sup>1</sup>Mamaev A.A., <sup>1</sup>Osipyan B.A., <sup>2</sup>Kuchin I.V., <sup>2</sup>Yurtaeva K.E.

<sup>1</sup> *Williams Federal Science Center of Fodder Production and Agroecology, Moscow oblast, Lobnya, Scientific town;* <sup>2</sup> *LLC «Lallemand-Yeast», St. Petersburg, Russian Federation.*

**ABSTRACT.** Silage from corn harvested in the waxy ripeness phase of the grain is susceptible to aerobic spoilage, which causes an increase in nutrient losses and a decrease in feed quality from the moment the trench for feeding animals is opened. Careful grinding of plants that improves their compaction, compliance with the rules of silage intake from trenches contribute to increasing its aerobic stability, but do not completely solve the problem of aerobic spoilage. Studies have shown that the aerobic stability of corn silage largely depends on its shelf life under anaerobic conditions. Prolonged fermentation of the mass ( $\geq 117$  days) in hermetic conditions ensures the production of stable feed in the air and without the use of biological preparations. In this case, lactic acid bacteria no longer lead to further improvement of the aerobic stability of the feed. When preserving corn for 30-35 days, which is often observed when silage is fed to livestock all year round, silage without biological preparations is usually not stable when stored in the air. It is necessary to increase the accumulation of acetic acid in the feed, which has a fungicidal effect, to increase aerobic stability. For this purpose, it is necessary to use preparations based on classic strains of lactic acid bacteria and *Lactobacillus buchneri* culture (Magniva Platinum 1, Magniva Platinum 2 and BioCrimp). Preparations based on homofermentative lactic acid bacteria (Biotrof, Biosib) and *Bacillus subtilis* culture (Biotrof 111) do not improve the aerobic stability of corn silage.

*Keywords: corn, silage, aerobic spoilage, period of storage, acetic acid, lactic acid bacteria preparations.*

**Problemy biologii produktivnykh zivotnykh - Problems of Productive Animal Biology, 2021, 1: 87-94**

Поступило в редакцию: 28.12.2021

Получено после доработки: 25.01.2021

**Победнов Юрий Андреевич**, д. с.-х. н., зав. лаб., тел. 8(967)031-70-33, yuropobednow@yandex.ru;  
**Мамаев Антон Александрович**, к. с.-х. н., ст.н.с., тел. 8(916)451-60-20, anton.mamaev@inbox.ru;  
**Осипян Белла Альбертовна**, к. с.-х. н., ст.н.с., тел. 8(916)039-36-35, bellaosipyan@mail.ru;  
**Кучин Иван Владимирович**, к. с.-х. н., вед. спец. тел. 8(916)365-00-44, ikuchin@lallemand.com;  
**Юртаева Ксения Евгеньевна**, к. с.-х. н.-тех. конс., тел. 8(985)474-31-12, kyurtaeva@lallemand.com