

## **Трибуна молодого ученого**

УДК 633.2:631.4

### ***ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ МАССЫ ИЗМЕЛЬЧЕННЫХ ТРАВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СИЛОСОВАННЫХ КОРМОВ***

***А.В. Брезгунов, аспирант***

(Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси)

Затраты на заготовку травяных кормов для скота на стойловый период составляют значительную часть от всех затрат на материальное производство в сельскохозяйственных предприятиях, и в силу ограниченного периода времени для их заготовки требуется мобилизация всего ресурсного потенциала хозяйств. Вместе с тем анализ данных статистической отчетности свидетельствует о том, что при заготовке травяных кормов потери достигают до 40 % и более от выращенного и убранного урожая.

Большие потери обусловлены несовершенством применяемой в республике технологии приготовления силосованных кормов, что определяет их низкую энергетическую ценность и, как следствие, существенно больший расход кормов на производство единицы животноводческой продукции (мяса и молока) в сравнении с нормативным, что, в свою очередь, обуславливает высокую себестоимость продукции.

Общезвестно, что для получения высококачественных силосованных кормов необходимо выполнить три основных требования:

- как можно быстрее заполнить хранилище, чтобы масса не успела сильно разогреться;
- как можно лучше уплотнить массу, чтобы кислород в оставшемся в массе воздухе после герметизации использовался в течение короткого промежутка времени для дыхания растительных клеток;
- как можно лучше герметизировать хранилище, чтобы не допустить поступления воздуха в корм в процессе его брожения.

Несоблюдение любого из этих требований неизбежно ведет к большим потерям питательных веществ как в процессе заполнения хранилища, так и в процессе брожения и хранения корма.

Практически весь объем силоса и сенажа в республике заготавливается в горизонтальных хранилищах (траншеях), построенных 30 лет и более назад. В результате длительного использования и воздействия

агрессивной среды бетон начал разрушаться и стал хорошо проницаем для воздуха. Днища траншей и нижние части боковых стенок закольматировались, а дренажные устройства, где они предусматривались, вышли из строя. Размеры траншей проектировались большими, исходя из удовлетворительной и постоянно растущей технической оснащенности хозяйств в тот период.

Применяемая в настоящее время технология, предусматривающая послойное заполнение траншей и уплотнение загружаемой массы трамбованием тракторами, при больших размерах траншей и постоянно снижающейся технической и ресурсной обеспеченности хозяйств не позволяет быстро заполнять траншеи. В результате масса сильно разогревается в процессе загрузки, и высокая температура сохраняется в течение длительного периода времени (до двух и более месяцев) после окончания загрузки и герметизации хранилища, что ведет к большим потерям питательных веществ в процессе брожения и денатурации белка, т.е. к снижению его переваримости.

Если же масса разогрелась, то даже при условии непроницаемости полотнища из полиэтиленовой пленки, уложенной на поверхности массы, герметизировать хранилище не представляется возможным, так как под действием температурных градиентов атмосферный воздух проникает в хранилище через грунт и боковые стенки траншей (даже если они облицованы бетонными плитами).

Для наблюдения за температурой массы в процессе загрузки траншей и в период брожения корма закладывались индикаторы температуры на различной глубине и разном расстоянии от стенки траншеи. Наблюдения в процессе загрузки массы и до стабилизации процесса подъема температуры производили через несколько часов, а после прекращения роста температуры – через сутки или несколько суток в зависимости от скорости процесса снижения температуры.

На рис. 1 показано изменение температуры во времени в одном из сечений траншеи, заполненной по традиционной технологии. Как видно из приведенных данных, наиболее интенсивно температура снижается в пристенных зонах, а интенсивность процесса нежелательного брожения (как признак – увеличение температуры) возрастает с удалением от стенок траншеи. При этом температурные градиенты между точками, расположенными на расстоянии 0,2 м и 2,6 м от стенки траншеи достигают 17° С. Аналогичный характер распределения температуры наблюдается и в других сечениях и траншеях.

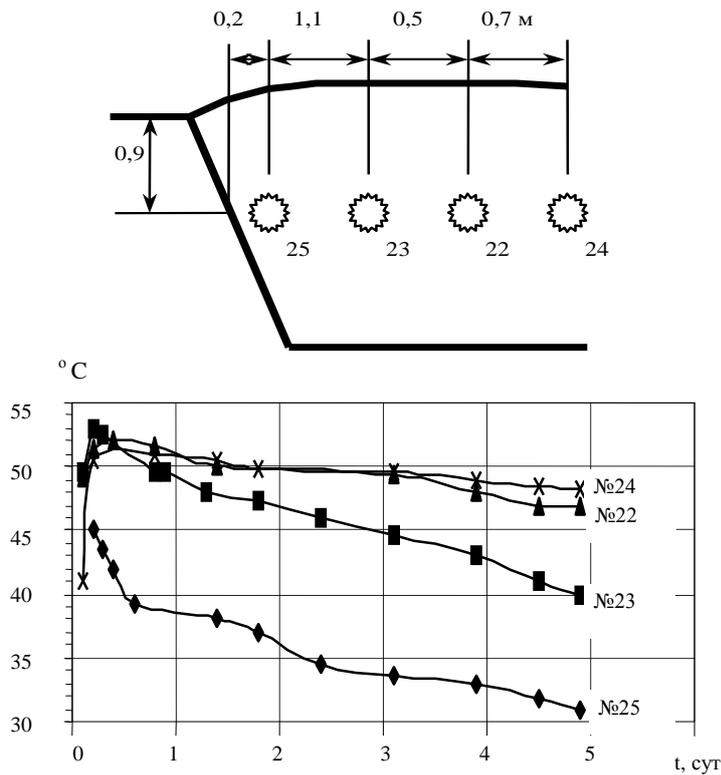


Рис. 1. Схема расположения индикаторов и графики изменения температуры в траншее, заложенной по традиционной технологии в э/б «Заречье» (2001г.).

Наблюдения за температурой в точках, равноудаленных от поверхности массы и стенок траншей, свидетельствуют о том, что перепад температур обусловлен не только теплообменом, но, в основном, поступлением атмосферного воздуха в траншею через грунт, прилегающий к стенкам траншеи, бетон стенок и швы между плитами под действием температурных градиентов, за счет чего и происходит охлаждение массы в пристенных зонах траншей.

Естественно, что интенсивность поступления атмосферного воздуха в хранилище зависит от величины температурных градиентов и воздухопроницаемости массы, что во многом определяет качество корма. Для разработки модели воздухообмена в хранилищах в процессе брожения корма, обоснования инженерных приемов для снижения влияния воздухообмена на ухудшение качества корма необходимо знать воздухопроницаемость массы при различной ее плотности и влажности. Данные о воздухопроницаемости массы из измельченных трав в литературных источниках отсутствуют. Поэтому вопрос изучения воздухопроницаемости массы измельченных трав, используемой для приготовления силосованных кормов, является актуальным.

Для изучения воздухопроницаемости зеленой массы и грунта при различной плотности и влажности была изготовлена лабораторная установка, принципиальная схема которой показана на рис. 2.

Основными частями лабораторной установки являются измерительный цилиндр 1 с водой, измерительный цилиндр 2 с воздухом, рабочий цилиндр 3 с исследуемым образцом и пьезометр 4. Рабочий цилиндр 3 имеет съемную верхнюю крышку для загрузки исследуемого образца и фиксации его высоты (плотности). Штуцеры 10 и 11 служат для подвода и отвода фильтрующегося через образец воздуха.

Принцип работы установки и методика определения коэффициента воздухопроводимости аналогичны принципу работы приборов и методике определения коэффициентов фильтрации в лабораторных условиях (прибор Тима, трубка Каменского и др.). Рабочий цилиндр 3 заполняется известным объемом массы из измельченных трав или грунта, т.е. с известной их плотностью, фиксируемой после заполнения верхней крышкой 8 рабочего цилиндра. В верхней и нижней частях рабочего цилиндра расположены жесткие штампы 9 со скважностью, превышающей скважность исследуемых образцов.

В процессе опыта после освобождения зажима 7 вода из измерительного цилиндра 1 переходит в цилиндр 2, вытесняя находящийся в нем воздух, который по соединительному шлангу 6 поступает в рабочий цилиндр 3 и фильтрует через исследуемый образец. В результате эксперимента установлено, что скорость фильтрации воздуха через массу из измельченных трав и грунтов при различной их плотности и влажности пропорциональна градиенту напора. Это свидетельствует о том, что процессы фильтрации воздуха (процесс воздухопроницаемости) так же, как и процессы фильтрации воды в грунте, подчиняются закону Дарси. Поэтому коэффициент воздухопроницаемости аналогично коэффициенту фильтрации воды в грунтах определялся по известной формуле:

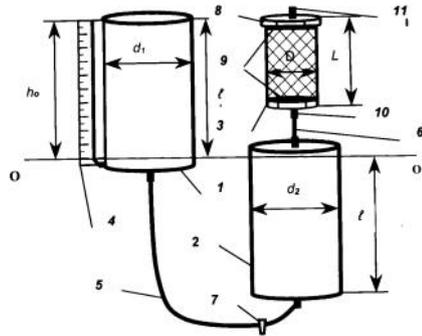


Рис. 2. Схема лабораторной установки для определения воздухопроницаемости:

- 1 - измерительный цилиндр с водой;
- 2 - измерительный цилиндр с воздухом;
- 3 - рабочий цилиндр; 4 - пьезометр;
- 5 и 6 - соединительные шланги;
- 7 - зажим; 8 - съемная крышка,
- 9 - жесткие штампы, 10 и 11 - штуцеры.

$$K_{\text{в}} = 2,3 \cdot L \cdot \frac{d_1^2}{D^2} \cdot \text{tg}^{\alpha},$$

где  $K_{\text{в}}$  – коэффициент воздухопроницаемости образца, см/с;  
 $L$  – высота образца в рабочем цилиндре (путь фильтрации), см;  
 $d$  – внутренний диаметр измерительных цилиндров,  $d_1=d_2$ , см;  
 $D$  – диаметр образца (внутренний диаметр рабочего цилиндра), см;  
 $\text{tg} \alpha$  – тангенс угла наклона экспериментальной зависимости функ-

ции  $\lg \frac{h_0}{h_0 - h_i}$  во времени, определяется по формуле:

$$\text{tg}^{\alpha} = \frac{\lg \frac{h_0}{h_0 - h_i}}{t_i},$$

где  $h_0$  – первоначальный напор при  $t_0=0$ , см;

$h_0-h_i$  – падение уровня за промежуток времени  $t_i$  (с) от начала опыта до положения уровня  $h_i$ .

Для определения  $\text{tg} \alpha$  строились графики зависимости во времени  $t$   $\lg \frac{h_0}{h_0 - h_i}$

На рис. 3 показана временная зависимость для образца массы из измельченных трав с влажностью  $W = 75\%$  (отношение массы воды к массе сырого образца) и плотностью  $\rho=0,906 \text{ т/м}^3$ . Линейная зависимость этой функции характерна и для всех исследуемых образцов массы из измельченных трав и грунтов.

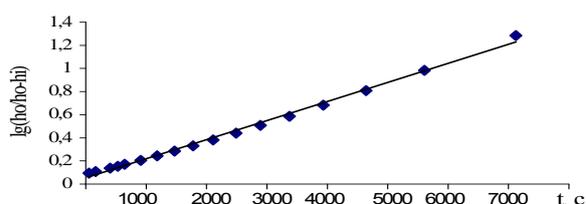


Рис. 3. Изменение функции  $\log_{10}[h_0/(h_0-h_i)]$  во времени.

Для лучшего представления процессов воздухопроводимости образцов из различных материалов произвели пересчет плотности образцов в пористость по формулам:

$$n=1-m,$$

где n-пористость материала;

m — объем твердых частиц, определяется по формуле:

$$m = \frac{\rho_d}{\rho_s},$$

где  $\rho_s$  -плотность частиц грунта или травы, принимаем для супеси  $2,7 \text{ т/м}^3$  и для измельченной травы  $1,6 \text{ т/м}^3$ ;  $\rho_d$  -плотность скелета (сухого) грунта или травы в естественном сложении, определяется по формуле:

$$\rho_d = \frac{\rho}{\frac{W}{100} + 1},$$

где  $\rho$  - плотность образца,  $\text{т/м}^3$ ;

W - весовая влажность образца, отношение массы воды к массе сухого материала %.

Опыты с образцами из массы измельченных трав (использовался костреч безостый в фазе трубкования, длина резки принималась согласно средним производственным результатам для силосования злаков 20–30 мм) и грунта (легкая супесь, образцы отбирались из пристенных зон траншей в экспериментальной базе ПОСМЗиЛ) при различной плотности и влажности, на основании которых построены графики зависимости коэффициента воздухопроницаемости от пористости образца при различной влажности (рис. 4).

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать выводы:

несмотря на то, что процесс воздухопроницаемости в грунтах и массе

из измельченных трав в зависимости от градиента давления (напора) подчиняется одному и тому же закону, но характер процесса снижения воздухопроницаемости при изменении плотности (пористости) имеет для них принципиальные различия;

- при увеличении плотности (снижении пористости) как в грунтах, так и в массе из измельченных трав снижается воздухопроницаемость, однако характер этого процесса для них сильно отличается;
- так как грунты состоят из несжимаемых частиц, то снижение воздухопроводимости в водоненасыщенных грунтах происходит до определенного значения пористости, определяемого предельно возможной пористостью, которую можно достигнуть в результате уплотнения. При этом воздухопроницаемость в грунтах в сильной степени зависит и от влажности, которая определяет их активную пористость;
- в массе из измельченных трав активная пористость определяется структурой агрегатов ее твердой фазы, содержащей замкнутые поры, воздух из которых может быть отжат лишь при больших давлениях, в том числе при давлениях, развивающихся при высушивании массы. Однако и при этом агрегаты, в силу специфического структурного строения и упругих свойств, не позволяют с помощью применяемых механизмов для уплотнения достигнуть такого снижения пористости, как в грунтах. Вместе с тем, за счет сильной сжимаемости (деформации) самих агрегатов при уплотнении достигается значительно более резкое снижение эффективной пористости и воздухопроницаемости массы в сравнении с грунтами;
- воздухопроницаемость массы из измельченных трав с влажностью 65-82 % резко снижается при уплотнении, при уменьшении пористости от 0,82 до 0,75...0,76. При дальнейшем уплотнении интенсивность процесса снижения воздухопроницаемости резко замедляется;
- для массы из провяленных трав при влажности менее 65 % воздухопроницаемость снижается при уплотнении незначительно и даже при максимально возможном уплотнении коэффициенты воздухопроницаемости составляют чрезвычайно большую величину (3000 м и более в сутки). Это свидетельствует о том, что обеспечить существенное снижение воздухопроницаемости массы из провяленной травы при приготовлении сенажа за счет уплотнения в горизонтальных хранилищах (траншеях) по применяемой в настоящее время технологии невозможно. Поэтому не представляется возможным обеспечить требуемую герметизацию и исключить воздухообмен в траншеях в процессе брожения корма;

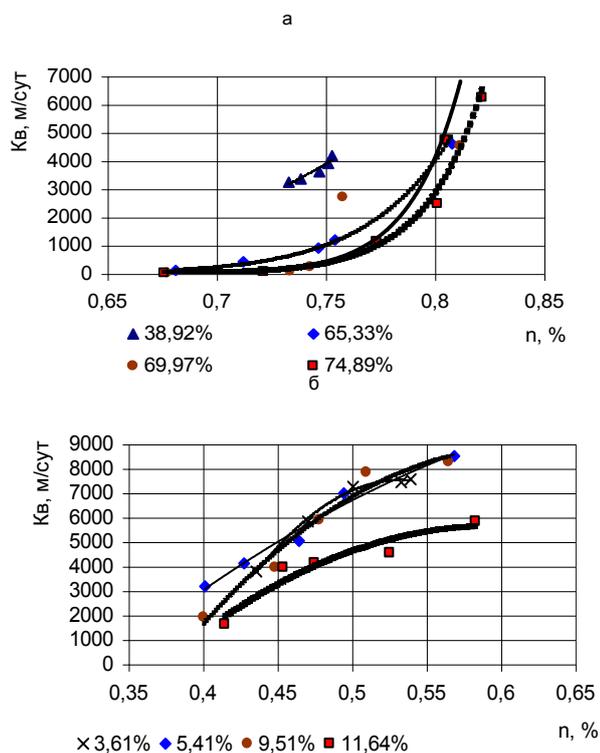


Рис. 4. Зависимость коэффициента воздухопроницаемости от пористости образца при различной влажности:  
 а – для массы измельченных трав (кострец безостый);  
 б – для массы грунта (легкая супесь).

- учитывая указанные обстоятельства, можно объяснить тот факт, что за рубежом в последние 30 лет разрабатываются технологии, предусматривающие приготовление силосованных кормов в воздухопроницаемых оболочках из синтетических материалов, несмотря на их высокую стоимость. При этом считают, что большие затраты окупаются за счет значительного снижения потерь питательных веществ и повышения энергетической ценности этих кормов.