

УДК 631.53

**РАЗВИТИЕ МИКРОФЛОРЫ ХРАНИМОГО ЗЕРНА
И ЕЕ ПОДАВЛЕНИЕ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ****Аммосов Иннокентий Николаевич***старший преподаватель, Арктический государственный агротехнологический университет, г. Якутск, Россия***Дондоков Юрий Жигмитович***кандидат технических наук, доцент, Арктический государственный агротехнологический университет, г. Якутск, Россия***Дринча Василий Михайлович***доктор технических наук, профессор, Арктический государственный агротехнологический университет, г. Якутск, Россия, vdrincha@list.ru*

Аннотация. Представлены основные свойства микрофлоры в хранимом зерне основных культур. Определен вред от активности микроорганизмов в зерновой массе. Предложены рекомендации по выбору параметров аэрирования, при котором замедляется или исключается развитие микрофлоры в зерновой массе.

Ключевые слова: Зерно, зернохранилище, микрофлора хранимого зерна, бактерии, грибы, дрожжи, влажность, температура.

**DEVELOPMENT OF STORED GRAIN MICROFLORA AND
ITS SUPPRESSION DURING STORAGE****Ammosov Innokentiy Nikolaevich***Senior Lecturer, Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia***Dondokov Yuriy Zhigmitovich***Candidate of Technical Sciences, Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia***Drincha Vasilii Michailovich***Doctor of Technical Sciences, Professor, Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia, vdrincha@mail.ru*

Abstract. The main properties of the microflora in the stored grain of the main crops are presented. The harm from the activity of microorganisms in the grain mass was determined. Recommendations are proposed for the choice of aeration parameters, which slows down or eliminates the development of microflora in the grain mass.

Keywords: Grain, grain storage, microflora of stored grain, bacteria, fungus, yeasts, temperature.

Введение. Развитие микрофлоры является одним из важнейших факторов, вызывающих повреждение и порчу хранимого зерна. Особенно это касается районов с влажным и теплым климатом. При интенсивном развитии микрофлоры в хранимом зерне оно быстро покрывается плесенью и становится непригодным для употребления в пищу человеком или животными.

Существенную опасность для хранящегося зерна, содержащего микрофлору, представляет тепловой нагрев. Эта проблема становится особенно острой в связи с увеличением емкости зернохранилищ. Даже при хорошей теплоизоляции зернохранилищ повышение температуры зерна происходит в процессе его дыхания, а также дыхания микрофлоры. С увеличением температуры и/или влажности дыхание зерна и микрофлоры резко усиливается, в свою очередь вызывая дальнейшее повышение его температуры и приводя к существенной потере сухого вещества.

Аэрация оказывает существенное влияние на состояние зерновой массы в процессе его хранения. В последнее время в научной литературе все больше акцент делается на рассмотрение зерновой массы и ее компонентов как зерновой экосистемы. При этом параметры процесса аэрации оптимизируются с учетом биотических и абиотических факторов.

В практике зерновых хозяйств аэрирование зерна зачастую осуществляется недостаточно эффективно, так как специалисты не могут определить приоритетность проблем потери качества зерна, а что самое главное причины их обуславливающие [1, 4, 8].

Правильный выбор технологий хранения зерна для исключения вредного воздействия микрофлоры на его качество в процессе хранения требует аналитической оценки микрофлоры типичной для зерна в процессе его хранения.

Целью статьи является анализ особенностей развития микрофлоры в зерне в процессе хранения и подавление ее в процессе хранения.

Материалы и методы исследования. Основным методом исследований являлся аналитический метод обобщения развития микрофлоры в зерновых материалах. Материалы исследований получены в процессе проведения многолетних экспериментальных исследований аэрации зерновых материалов основных с.-х. культур в различных климатических условиях.

Для оценки влажности и температуры зерна, а также аэрируемого воздуха использовали стандартные методики.

Результаты и обсуждение. Из всех видов зерновых микроорганизмов наиболее распространенными и оказывающими пагубное воздействие на хранящееся зерно являются грибы [2, 5, 7].

Грибы - это вездесущие нефотосинтезирующие эукариотические организмы, которые в основном живут на мертвых органических материалах [9, 10]. Некоторые виды грибов являются полезными источниками пищи и промышленных продуктов, но другие вызывают порчу почти любого органического материала, с которым они вступают в контакт. Паразитические грибы живут на растениях и животных. Мицелиальный рост характерен для многих грибов. Грибы размножаются бесполовыми спорами, половыми спорами или теми и другими. Грибы встречаются там, где органические материалы доступны в качестве питательных веществ. Репродуктивные клетки грибов, или споры, встречаются практически повсюду: на земле и в большом количестве в воздухе. Репродуктивная спора гриба обычно представляет собой одну клетку диаметром от 3 до 30 мкм. Когда спора попадает на подходящий субстрат, она прорастает и отправляет выступ, называемый зародышевой трубкой. Эта трубка превращается в длинную нитевидную нить - гифу. По мере развития гифа разветвляется в клубок гиф, который называется мицелием. Гифы гриба проникают в зародышевые ткани семени и они теряют всхожесть.

Существует две группы грибов: полевые и амбарные, которые. Полевые грибы повреждают урожай в поле, особенно в увлажненном климате, они попадают в хранилище в процессе перевозки зерна. Если зерно хранится при влажности < 22%, то полевые грибы в зернохранилищах гибнут в течение несколько месяцев. Особым случаем является традиционный способ хранения кукурузы в початках. Если в процессе аэрации расход воздуха будет недостаточным для быстрой сушки влажной кукурузы, полевые грибы могут продолжать развиваться. Полевые грибы относятся к таким родам, как *Alternaria*, *Cladosporium*, *Helminthosporium* и *Fusarium*. Полевые грибки могут вызвать обесцвечивание зерен и снизить качество семян перед хранением. Грибы *Fusarium* образуют микотоксины в зерне, делая его непригодным для употребления в пищу.

Амбарные грибы являются источниками наибольших потерь зерновых материалов в процессе их хранения. Большинство из них способны развиваться при достаточно низкой относительной влажности воздуха 70-75%. Развитие грибов и последующее их вредное воздействие усиливается при повышении влажности зерна. Одним из лимитирующих факторов развития амбарных грибов является влажность зерна (табл. 1) [9, 12].

Таблица 1

Минимальные значения влажности зерна для развития грибов*

Грибы	Культуры	Влажность при 20 °С	Порча
<i>Aspergillus restrictus</i>	пшеница, кукуруза сорго соя	13,5% 14% 12%	Убивает и обесцвечивает зародыш
<i>Aspergillus</i>	пшеница, кукуруза	14%	То же, что и выше плюс появле-

<i>glaucus</i>	сорго соя	14,5% 12,5%	ние запахов и слеживание, корко- образование
<i>Aspergillus candidus</i>	пшеница, кукуруза сорго соя	15% 16% 14,5%	Убивает и обесцвечивает зародыш очень быстро, нагрев зерна до 55 °С, быстрая порча
<i>Aspergillus flavus</i>	пшеница, кукуруза сорго соя	18% 19% 17%	То же, что и выше плюс образование незначительного количества канцерогенных токсинов
<i>Aspergillus ochraceus</i>	пшеница, кукуруза сорго соя	18% 16% 14,5%	Убивает и обесцвечивает зародыш, образование незначительного количества канцерогенных токсинов
<i>Penicillium</i>	пшеница, кукуруза сорго соя	16,5% 17% 16%	Убивает и обесцвечивает зародыш и целое зерно, вероятно очень токсичен животным, особенно птице

*наиболее оптимальными температурами для развития для приведенных грибов является диапазон: 26...30 °С, минимальные температуры: *A. restrictus* 5 °С, *A. glaucius* 0 °С, *A. candidus* 10 °С, *A. flavus* 10 °С, *A. Penicillium* - 5 °С.

Токсинное воздействие грибов, приведенное в табл.1 было выявлено в 50-х годах прошлого века. Токсинное воздействие грибов *Aspergillus flavus* было установлено только в 1961 г, когда на фермах в Англии погибли сотни тысяч индеек.

Для оценки активности микрофлоры и сохранения качества зерна, технологически целесообразно учитывать влажность межзернового пространства или равновесную относительную влажность воздуха (РОВВ), соответствующую определенной влажности зерна. Это связано с тем, что различные виды зерновых масс могут содержать различное количество влаги при одном и том же значении РОВВ. Активность микрофлоры и чувствительность зерна к снижению качества коррелирует с РОВВ. Дополнительным термином, часто используемым в зерновой микробиологии, является активность воды. Активность воды (a_w) и РОВВ численно эквивалентны, но РОВВ выражается в процентах, а активность воды в виде десятичной дроби от РОВВ; например, для активности воды 0,8 = 80% РОВВ.

Микроорганизмы не могут размножаться при условии, что РОВВ < 65%. В практике принято, что для защиты хранящегося зерна от плесени максимальное значение РОВВ не должно превышать 70%. Благоприятные условия возникают, когда влажность зерна или относительная влажность межзерновой атмосферы поднимается выше определенного порога. Обычно считается, что этот порог составляет около 75% относительной влажности (критическая относительная влажность воздуха) или соответствующее равновесному содержанию влаги в зерне (например, для пшеницы она составляет около 14%, а для масличных культур 7-9%), которую часто называют критической влажностью. При значениях, превы-

шающих критические микрофлора активизируется и начинает расти, что сопровождается активным дыханием и выделением метаболического тепла и воды. В результате чего снижение качества зерна происходит по экспоненциальной зависимости.

Содержание влаги в зерне является жизненно важным фактором, определяющим тип бактерий или грибов, способных к размножению, и скорость, с которой они могут развиваться.

Дрожжи – это общее название грибов, которые в основном одноклеточные, а термин плесень - относится к грибам, преимущественно мицелиальным. Грибы способны вырабатывать различные ферменты, разлагают органические материалы, особенно сложные углеводы, на небольшие молекулы, которые могут легко усваиваться. Споры грибов, как правило, устойчивы к ультрафиолетовым лучам солнечного света. Большинство видов грибов хорошо развивается в слегка влажной среде с относительной влажностью выше 70% и температурами в диапазоне от 20 до 35°C. Некоторые виды грибов развиваются при температуре от - 6 до 50°C. Они лучше всего растут в кислой среде с рН около 5,0. Грибы не растут в зерне, хранящемся при низкой влажности и температуре. Рост грибов обычно прекращается при относительной влажности воздуха 70% и температуре 0°C [6, 12].

Отрицательное влияние на хранение зерна и семян оказывают частые его колебания влажности в пределах безопасной, обусловленные перепадами относительной влажности воздуха. Влияние равновесной относительной влажности воздуха на развитие бактерий, дрожжей и плесневых грибов представлено на рис. 1 [12].

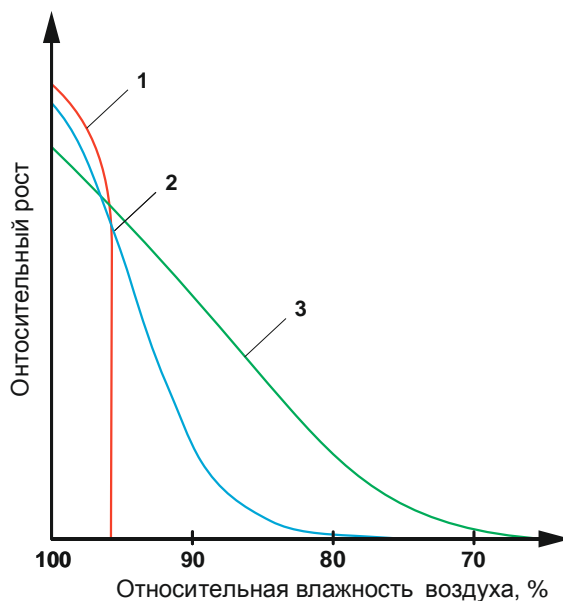


Рис. 1. Влияние равновесной относительной влажности воздуха на развитие бактерий (1), дрожжей (2) и плесневых грибов (3).

В сухом и здоровом зерне споры микрофлоры на зерне находятся в состоянии покоя и остаются неактивными пока не наступят благоприятные условия для их роста.

Бактерии лучше всего размножаются при активности воды, близкой к единице, и практически прекращают развитие при активности воды $< 0,95$. Дрожжи занимают промежуточный диапазон и растут при низкой активности воды, например при $0,85$. Грибы более устойчивы к засушливой среде, подавляющее большинство ингибируется при активности воды ниже $0,70$, очень немногие виды грибов сохраняют некоторый рост при активности воды всего $0,65$.

Для определения возможности развития грибов в зерновом хранилище следует провести оценку наличия спор грибов в зерне. Образцы зерна должны быть взяты из зерновой массы и отдельные зерна, высеянные на питательную среду. Развитие грибов можно контролировать, имея базовые знания о характеристиках грибов, обеспечив правильный состав субстрата, оптимальную температуру инкубации, соответствующее освещение.

Одним из главных абиотических факторов, влияющим на развитие микрофлоры в зерне является температура. Несмотря на то, что многие виды микрофлоры выживают при относительно низких температурах, большинство зерновой микрофлоры потребует для развития достаточно высокие температуры. Зерновая микрофлора в зависимости от температуры ее развития может быть разделена на три группы (табл. 2).

Таблица 2

Интервалы температур микрофлоры хранимого зерна

Группы микрофлоры	Интервалы		
	Минимум °С	Оптимум °С	Максимум °С
Психрофильные (холоднолюбивые)	-8...0	10...20	25...30
Мезофильные	5...25	20...40	40...45
Термофильные (теплолюбивые)	25...40	50...60	70...80

Основным и важнейшим фактором, определяющим развитие микрофлоры в экосистеме хранилища, является влажность.

Количество влаги в зерне зависит от их химического состава и её критическое значение составляет: для пшеницы, ржи и ячменя – $14,5...15,5\%$, кукурузы – $13...14\%$, проса – $12...13\%$, бобовых – 16% , подсолнечника – $7...9\%$. Наряду с критической влажностью часто используется термин безопасная влажность зерна. Это, по эмпирическому правилу, обычно примерно на 1% ниже, чем критическая влажность и указывает уровень, до которого можно безопасно хранить зерно без «спонтанного» развития микрофлоры.

При превышении критической или безопасной влажности зерна появляется свободная влага, активизирующая деятельность ферментов и усиливающая их гидролитическую функцию. В обмен вступает крахмал, а с последующим увеличением количества свободной воды – белковые вещества. Вследствие чего повышается дыхание семян, активизируется их жизнедеятельность, и они могут набухать.

По данным немецких исследователей [3], потери сухого вещества зерна в процессе дыхания при температуре 20 °С в три раза больше, чем при 10 °С, примерно во столько же раз выше в зерне влажностью 22% по сравнению с зерном влажностью 18% (рис. 2).

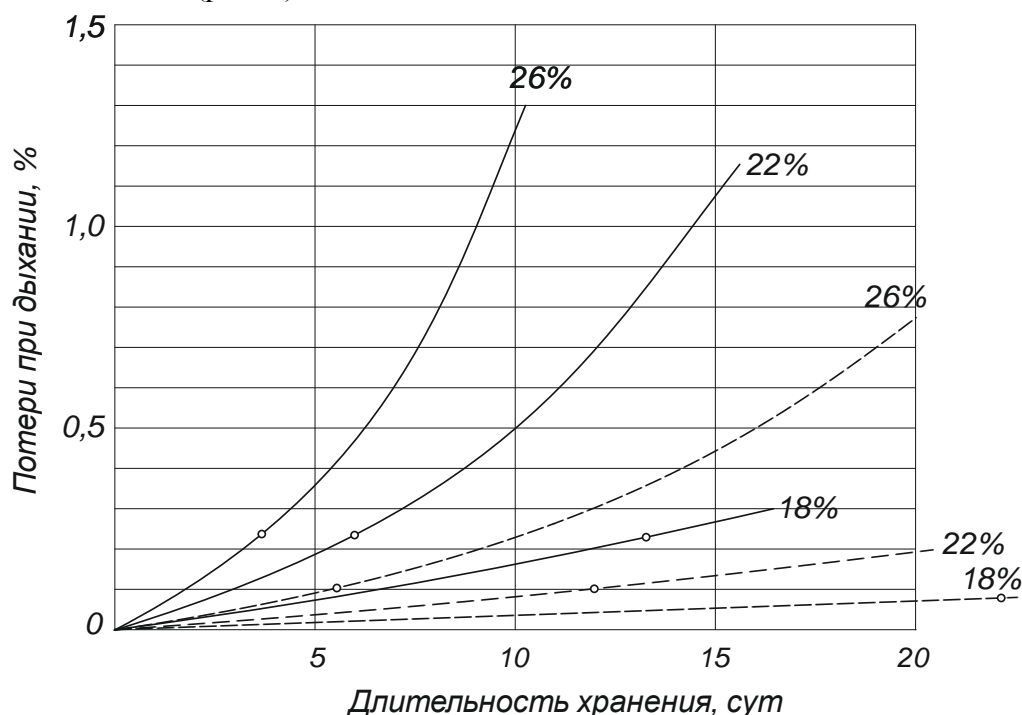


Рис. 2. Потери сухого вещества при дыхании озимой пшеницы: ---- хранение при температуре 10 °С; — хранение при температуре 20 °С; o - максимальное время хранения зерна по Бевеу (без принудительного охлаждения)

В процессе хранения зерна с течением времени потери сухого вещества при дыхании возрастают, так как к собственному дыханию зерна присоединяется еще дыхание развивающихся микроорганизмов (плесневые грибы и др.).

Различные виды микрофлоры можно разделить на три группы в зависимости от их требования к влажности [9, 11].

Гидрофиты развиваются при высокой относительной влажности воздуха от 90 до 100%, что соответствует очень высокому содержанию влаги в зерне.

Мезофиты виды грибов, которые имеют промежуточную потребность во влаге в пределах от 80 до 90% относительной влажности воздуха. Он содержит

некоторые из самых опасных видов грибов, таких как представители рода *Aspergillus* (*A. flavus*, *A. niger*, *A. fumigatus*) и *Penicillium* (*P. luteum*, *P. rugulosum*, *P. glaucum*).

Ксерофиты виды грибов, развивающиеся при довольно сухих условиях и относительной влажности воздуха от 70 до 80%. Присутствие этих ксерофитных грибов важно, так как может начаться развитие микрофлоры. с этими видами даже в зерне безопасной влажности. В случае интенсивного развития грибов в процессе дыхания образуется вода, которая повышает влажность окружающей среды, вызывая тем самым развитие мезофитных грибов, которые наносят основной ущерб зерну. *Aspergillus glaucus* и *A. candidus* – это два грибка, которые могут развиваться при относительной влажности воздуха от 70 до 75%, в то время как *A. echinulatus* и *A. Restrictus* могут развиваться при относительной влажности воздуха до 65%.

Состав воздуха и особенно концентрация кислорода в нем влияют на развитие микрофлоры в хранимом зерне. Большинство организмов, составляющих микрофлору зерна, являются аэробными для которых необходим кислород для дыхания. К ним относятся грибы, ответственные за выработку микотоксинов. Если зерновой бункер или контейнер для хранения зерна имеют требуемый уровень герметичности, то в процессе дыхания грибов потребляется кислород и заменяется углекислым газом до тех пор, пока кислорода практически не останется, в это время грибы перестают развиваться. Такой уровень герметичности труднодостижим, особенно в больших зернохранилищах, где необходима тщательная герметизация.

Применение герметизированных хранилищ для борьбы с микрофлорой возможно применять при средней влажности зерна, поскольку все мезофитные грибы являются аэробными. Требуемый уровень герметичности зернохранилищ, особенно большого объема труднодостижим, в связи с чем применение этого способа на практике сдерживается.

При высокой влажности зерна гидрофитные бактерии и актиномицеты могут развиваться анаэробно, образуя ферментированное, кислое зерно. Этот подход нельзя применять для продовольственного зерна, но он может быть применен к кормовому зерну с высокой влажностью в герметических хранилищах.

Для семенного и продовольственного зерна, повышенной влажности зараженного микрофлорой и закладываемого на хранение наиболее оптимальным является способ естественной или искусственной сушки зерна. В случае поступления зерна с влажностью 14...16% рекомендуется применять активное вентилирование зерна, которое позволит охладить зерно и довести его до кондиционной влажности в течение 7...10 дней в зависимости от климатических условий и выбора параметров аэрационной установки.

Для кормового зерна повышенной влажности (>16%) можно применять низкотемпературную или высокотемпературную сушку, различные системы аэрации, а также при высокой влажности зерна (>20%) использовать способ консервирования органическими кислотами.

Заключение. Микрофлора состоит из микроскопических грибов, актиномицетов и бактерий; они всегда присутствуют в экосистеме зерновой массы. Однако, несмотря на повсеместное присутствие микрофлоры в хранящемся зерне повреждение не происходит, если уровень влажности зерна не превышает безопасного уровня. В сухом и здоровом зерне споры микрофлоры на зерне находятся в состоянии покоя и остаются неактивными до тех пор, пока условия не станут благоприятными для их роста.

Из всех видов микрофлоры в хранимом зерне наиболее опасны плесневые грибы, которые начинают развиваться в зерне с влажностью 15...16% (некоторые виды плесени могут развиваться и при влажности семян 13%), а так как зародыш всегда имеет более высокую влажность, чем зерновка в целом, то болезненному воздействию прежде всего подвергается зародыш. Эти грибы вызывают плесневение зерна и составляют основную часть зерновой микрофлоры в процессе хранения.

С целью исключения поражения грибной плесенью зерно злаковых культур следует хранить при влажности на 2...3% ниже критической, а для масличных и некоторых других культур – на 1...3%.

Зерно и особенно семенной материал с влажностью выше критической не следует закладывать на хранение, потому что уход за ними потребует особого внимания и существенных затрат труда и средств.

Список литературы

1. Аммосов И.Н. Технологические аспекты подавления насекомых-вредителей зерна аэрированием / Аммосов И.Н., Дринча В.М., Борисенко И.Б. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 537-544
2. Анискин В.И. Консервация влажного зерна / В.И. Анискин. М., Колос, 1968, 286 с.
3. Баум А.Е. Применение искусственного охлаждения воздуха при хранении зерна за рубежом / Баум А.Е. М., Элеваторная промышленность, 1977, 27 с.
4. Блоховцов В.Д. О некоторых способах обеспечения сохранности зерна в условиях крестьянских (фермерских) хозяйств края / В.Д. Блоховцов. Ставрополь: Кн. изд-во, 1999, 23 с.

5. Дринча В.М. Экосистемный подход к процессам хранения зерна \ Дринча В.М., Аммосов И.Н. В сборнике: Ларионовские чтения -2022. Сб. научно-исследовательских работ по итогам научно-практической конференции. 2022, С. 172-180.
6. Дринча В.М. Влияние условий хранения семян на их долговечность / Дринча В.М., Аммосов И.Н. В сборнике: Ларионовские чтения-2022. Сб. научно-исследовательских работ по итогам научно-практической конференции. 2022. С. 162-171
7. Казанина М.А.; Воронкова В.Я.; Петровская В.А. Справочник по хранению семян и зерна / М.А. Казанина, В.Я. Воронкова, Петровская В.А. Минск: Ураджай, 1991. - 200 с.
8. Мельник Б. Е. Активное вентилирование зерна / Б.Е. Мельник. М.: Колос, 1986. – 159 с.
9. Трисвятский Л.А. Хранение зерна / Л.А. Трисвятский. М. Колос, 1975, 399 с.
10. Bala V.K. Drying and Storage of Cereal Grains. Second Edition. John Wiley & Sons, Ltd. 2017, 354 p.
11. The mechanics and physics of modern grain aeration management. Edited by Shlomo Navarro and Ronald Noyes. CRC Press LLC. 2002, 647 p.
12. The WA Guide to High Moisture Harvest Management, Grain Storage and Handling. CBH group SEPWA. 2006, 68 p.

© Аммосов И.Н., Дондоков Ю.Ж., Дринча В.М., 2022