

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА ЗЕРНОВОЙ МАССЫ ПРИ ХРАНЕНИИ

Аннотация: в статье приводятся результаты обзора отечественной и зарубежной литературы, в которой рассматриваются вопросы изменения качества зерновой массы при хранении. Проведен анализ дыхания и критической влажности зерновой массы, выделения тепла в зерновой массе, роли микроорганизмов в выделении тепла, а также проанализированы данные о выделении влаги в зерновой массе, влияния концентрации кислорода на интенсивность процессов тепло- и влаговыделения, влияния наличия сорных семян на интенсивность процессов тепло- и влаговыделения, изучены данные об амбарных вредителях и их влияния на интенсивность процессов тепло- и влаговыделения в зерновой массе.

Abstract: the article presents a review of domestic and foreign literature, which addresses changes in the quality of grain mass storage. The analysis of respiratory and critical moisture content of grain mass, heat generation in the grain mass, the role of microorganisms in the evolution of heat, and also analyzed the data on the allocation of moisture in the grain mass, the effect of oxygen concentration on the intensity of heat and vlagovydeleniya, the effect of the presence of weed seeds in the intensity of heat and vlagovydeleniya, studied data on granary pests and their impact on the intensity of heat and vlagovydeleniya in grain weight.

Ключевые слова: зерновая масса, растительное сырьё, технологические свойства, аминокислотный состав, способы модификации, алейроновое зерно.

Важнейшими факторами, влияющими на сохранность зерна и его товароведно - технологические характеристики, являются: влажность зерна, относительная влажность воздуха, температура зерновой массы и окружающей среды, доступ воздуха к зерновой массе, микробиологическая обсеменённость, заражённость вредителями, продолжительность хранения и ряд других. Сложность процессов в зерновой массе при хранении оставляют актуальной проблему противодействия неблагоприятным изменениям качества и пищевой ценности зерна. Известны труды многочисленных исследователей явлений пожелтения, трещинообразования, образования микотоксинов, появления скрытой зараженности в процессе хранения.

Накопленные данные получили обобщение, количественную оценку и дальнейшее развитие в новом и перспективном пути решения проблем и принятия практических решений при управлении процессом хранения - в использовании систем поддержки принятия решения и экспертных систем (ЭС), объединённых с моделями работы экосистемы.

Экспертная система по управлению процессом хранения QualiGrain, основанная на оценке качества зерна, была разработана и внедрена усилиями 17 организаций 4 европейских стран: Франции, Англии, Германии и Дании. Главные её структурные элементы, как и любой ЭС: интерфейс пользователя, расширяемая база знаний, вычислительное ядро. Главная трудность при создании таких систем - необходимость применения изменяемой базы знаний к фиксированному вычисляющему ядру. Хотя количественно допустимые показатели хранения - разные для разных культур, но они соотносятся сходным образом в моделях, основанных на факторах, определяющих как потребительские показатели качества, так и теплообменные процессы при хранении.

Главной целью управления процессом хранения зерна является отсутствие ухудшения показателей качества зерна. Анализ современного уровня теоретического описания совокупности процессов, протекающих при хранении зерновой массы риса, показал, что не получил должного развития подход, учитывающий температурно-влажностный режим как комплекс взаимосвязанных нестационарных пространственно-неоднородных полей. Описание зерновок риса, представляющих собой живой организм, только физическими законами без учёта биохимического фактора, очень ограничено. Для изучения возможной длительности хранения риса, причин образования трещин в зерне и ряда других необходим учёт нестационарности и градиентов полей температуры и влаги в зерне и межзерновом пространстве.

Как известно, зерно риса, как и других зерновых культур, представляет собой коллоидное капиллярно-пористое тело. Перспективным представляется математическое моделирование тепломассообменных процессов в зерновой массе риса, определяющих его потребительские свойства, на основе синергетических методов анализа. Зерновая масса является синергетически активной распределённой средой. Разработана модель системы «зерновая масса - стенки ёмкости - окружающая среда» на основе теории многофазной фильтрации и синергетического подхода к мультистабильным активным средам, с использованием источников тепло-, влаго- и газовой выделений как функций состояния зерновой массы (температуры, относительной влажности воздуха и концентрации кислорода в межзерновом пространстве, и т.д.).

На основе модели тепломассообмена, идентифицированной для зерновой массы риса, разработана модель прогнозирования потребительского качества риса-зерна при хранении, включающая регрессионные зависимости характеристик качества от полей температуры, влажности, плесневой и бактериальной микрофлоры, химического состава межзерновой атмосферы.

Сложность организации хранения больших масс зерна риса и продуктов его переработки является следствием их физиологических и физико-химических свойств. Интенсивность разнообразных процессов в живых компонентах зерновой массы зависит от факторов, формирующих качество зерна, в том числе, от условий окружающей среды и режимов хранения. Если условия хранения благоприятствуют активизации обмена веществ в клетках зерна и микроорганизмов, то это неизбежно приводит к потерям в массе зерна и может сопровождаться значительным снижением его качества или полной его порче. Это явление обычно сопровождается повышением температуры зерновой массы и известно на практике как самосогревание зерна.

Для правильной организации борьбы со всеми видами потерь и ухудшением качества зерна, создания эффективной техники и систем управления хозяйствами зернохранилищ, необходимо применение математического моделирования процессов выделения и распространения тепла и влаги в зерновой массе, а также процессов газообмена и жизнедеятельности живых компонентов зерновой массы.

На сохранность качества зерна при хранении зерновой массы негативное влияние оказывает процесс самосогревания. Контроль состояния зерновой массы при хранении осуществляется с помощью термометрии, которая позволяет обнаруживать активную фазу процесса самосогревания, часто сопровождаемую опасным неуправляемым ростом температуры, что в конечном итоге приведет к ухудшению качества зерна. Латентные очаги самосогревания при доступе кислорода в процессе выгрузки зерновой массы из ёмкости могут инициировать пожар и взрыв на предприятии.

Анализ современного уровня теоретического описания совокупности процессов, протекающих при хранении зерна показал, что до сих пор не сформулировано математической модели процессов тепломассопереноса, адекватной всем наблюдаемым на практике явлениям в зерновой массе при хранении.

Существующие модели тепломассобменных процессов при хранении зерна хорошо описывают процессы распространения тепла и влаги при отсутствии очагов самосогревания. Модели, созданные для описания процессов самосогревания, содержат очень большие допущения и не соответствуют даже качественно многим наблюдаемым процессам. Например, не учитываются следующие явления, существенно влияющие на процесс самосогревания: замедление темпов самосогревания при высокой температуре или недостатке кислорода; перераспределение влаги в емкости вследствие естественной конвекции; влаговыделение в очаге самосогревания и т.д. Все это сужает область адекватности моделей, приводит к неверной локализации очага и заниженным оценкам опасности его развития.

В связи с этим, актуальной является разработка математической модели, учитывающей все известные взаимосвязанные процессы при самосогревании зерна. При моделировании процессов самосогревания перспективным представляется привлечение математического аппарата синергетики для описания зерновой массы как активной мультистабильной среды. При известных условиях зерновая масса из среды, в которой тепло из более теплых в более холодные слои передается теплопроводностью, превращается в активную среду, которая сама интенсивно выделяет тепло и влагу в зависимости от собственной температуры, влажности и состава воздуха межзернового пространства. При достижении больших температур либо недостатке кислорода в межзерновом пространстве происходит иннактивация физиологических процессов и уменьшение влаго- и тепловыделения.

Таким образом, зерновая масса может иметь следующие состояния биологической активности: устойчивое неактивное, активизации физиологических процессов и инактивации всех процессов жизнедеятельности вплоть до разрушения биологической природы зерна. Поведение зерновой массы в каждом из состояний специфично и определяется активностью составляющих её живых компонентов. Для эффективного описания подобных процессов необходимо привлечение математического аппарата синергетического подхода к мультистабильным активным средам, который успешно применялся в последние десятилетия в технике, химии, биологии, экологии, таких разделах физики как теория горения, кипения и сверхпроводимости.

С помощью полученной модели возможно как наиболее адекватное обоснование режимов безопасного хранения зерна в условиях неоднородности и изменения во времени режимных параметров (температуры, влажности и концентрации кислорода), так и моделирование всех стадий процессов самосогревания, самоконсервации, ликвидации самосогревания с помощью активного вентилирования. Моделирование полей температуры и влажности в емкости с зерновой массой позволит предсказывать изменение всхожести зерна, его пищевых, кормовых и посевных качеств, изменение белкового, углеводного и липидного комплексов зерна.

Зерновой массой принято называть совокупность зерен основной культуры, различных фракций примесей минерального и органического происхождения, микроорганизмов и воздуха межзерновых пространств. Кроме этих постоянных компонентов в отдельных партиях зерна встречаются насекомые и клещи.

Свойства зерновых масс, определяющие их качество как объекта хранения можно подразделить на:

- физико-механические — геометрическая форма и размеры зерновок, удельная плотность, скважистость, сыпучесть, масса 1000 зерен;
- физико-химические — теплофизические свойства, сорбционные и гигроскопические свойства;
- физиологические свойства - интенсивность дыхания отдельных компонентов зерновой массы, активность ферментных систем, состояние плодовых

оболочек и т.д.

К характеристикам зерновой массы также относят состав и содержание в ней примесей, зараженность микроорганизмами, клещами и насекомыми.

Важное значение при организации хранения имеет самосортирование зерновых масс, особенно ярко проявляющееся при загрузке силосов элеваторов. Самосортирование является следствием сыпучести зерновой массы и неоднородности по относительной плотности слагающих массу компонентов. В результате самосортирования происходит расслоение зерновой массы - щуплые и битые зерна основной культуры, а также семена сорных растений концентрируются вблизи стенок силоса.

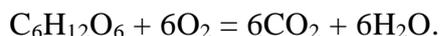
Скважистость зерновой массы s , т.е. доля занятого воздухом объема зерновой массы, обусловлена размерами зерновок, их формой, упругостью, состоянием поверхности, содержанием примесей. Скважистость зерновой массы имеет как технологическое (обеспечивает проведение активного вентилирования и газации), так и физиологическое значение (влияет на состав газовой среды и дыхание живых компонентов зерновой массы).

Исключительно важную роль в процессах послеуборочной обработки и хранения играют также сорбционные свойства зерновки и зерновой массы.

Зерно представляет собой живой организм; в созревшем зерне свою жизнедеятельность продолжают клетки эмбриона и алейронового слоя. Для поддержания своей жизнедеятельности они извлекают энергию главным образом из реакции диссимиляции сахаров, запас которых пополняется в результате гидролиза или окисления более сложных запасенных веществ (для пшеницы - крахмала). Этот процесс называется дыханием зерна.

Интенсивность дыхания зерновой массы является интегральным показателем ее физиологического состояния. Она представляет собой суммарный эффект от дыхания собственно зерна, дыхания компонентов примесей, вредителей, микрофлоры и насекомых.

Хотя при дыхании зерновой массы происходит множество взаимосвязанных химических процессов, их конечный результат может быть представлен в упрощенном виде окислением гексозы:



При недостатке кислорода зерно и микроорганизмы получают необходимую для жизни энергию из реакции брожения:



Следствием дыхания зерновой массы является тепло- и влаговыделение в ней. В реакции 1 при распаде одного моля гексозы выделяется 2870кДж энергии, а в 2 - 234кДж (2702 и 118 по данным). Е.А. Агрономов, В.И. Калмыков, Л.А. Трисвятский и многие другие приводят экспериментальные подтверждения того, что в процессе прорастания семян большая часть высвободившейся энергии участвует в росте и дифференцировании тканей, а в покоящихся зернах практически все тепло выделяется в окружающую среду. Выделяемой или поглощаемой энергией в других процессах, идущих в зерновой массе можно пренебречь.

Реакция аэробного дыхания для зерна является более предпочтительной, т.к. в ней для получения того же количества энергии, что и в реакции анаэробного дыхания, расходуется гораздо меньше гексозы, кроме того, образующийся в 2 этиловый спирт угнетает жизненные функции живых организмов. На это прямо указывают и результаты опытов по Я.Я. Никитинского, в которых зерно длительное время находившееся в

анаэробных условиях теряло всхожесть.

С понижением температуры интенсивность дыхания зерна резко падает. Даже в зерне с повышенной влажностью при температуре до 10°C не наблюдается резкой интенсификации дыхания, характерной для критической влажности зерна, что используется при хранении зерновых масс в охлажденном состоянии. Критическая влажность отчетливо проявляется начиная с 18°C.

Как и во всяком другом организме вода в зерне является средой, при участии которой совершаются реакции обмена веществ. Зерно относится к капиллярнопористым коллоидным системам, для которых характерны различные формы связи влаги с материалом, обуславливающие подвижность воды.

Влажность материала, при которой происходят конформационные превращения органических макромолекул, структурная перестройка воды и появление несвязанных молекул воды, следствием чего является усиление биохимических превращений, называется критической влажностью.

Для пшеницы критической является влажность 14.5-15.5%. Зерно с влажностью на грани критической дышит в 2-4 раза интенсивней сухого, при дальнейшем повышении влажности интенсивность дыхания зерновой массы возрастает экспоненциально, по сообщению - 30 раз и более.

В многочисленных работах выявлено, что, как и интенсивность дыхания самого зерна, так и степень зараженности микроорганизмами зависит от температуры и влажности зерновой массы.

Известно, что при самосогревании и порче зерна происходит смена его микрофлоры. Проведены опыты по самосогреванию зерна, пораженного только какой-либо одной культурой плесневых грибов, что позволяет оценить вклад каждой из них в повышение температуры при самосогревании.

Экспериментально установлены оптимальные для жизнедеятельности и критические режимы температуры, влажности, содержания кислорода для всех основных видов микроорганизмов, живущих в зерновой массе пшеницы. Описаны процессы смены одних микроорганизмов другими с изменением температуры, влажности и содержания кислорода.

При благоприятных для развития микроорганизмов условиях (температура не менее 20°C, влажность больше критической, наличие кислорода) они начинают интенсивно развиваться и становятся наиболее существенным источником объемного тепловыделения в зерновой массе. Особенно большой интенсивностью дыхания и тепловыделения обладают плесневые грибы. Как показали исследования, между дыханием и интенсивностью тепловыделения присутствует корреляционная связь, что можно использовать для косвенной оценки теплового режима хранения зерна.

Кратковременное хранение при неудовлетворительных условиях заметно влияет на потенциальную продолжительность хранения зерна. Зерно, до некоторой степени зараженное плесенью хранения, если хранить его в условиях, допускающих дальнейший рост грибов, будет заражаться еще сильнее и терять качество быстрее, чем здоровые семена, в тех же условиях.

Таким образом, тепловыделение в зерне зависит не только от текущей температуры, влажности зерна и концентрации кислорода в межзерновом пространстве, но и от степени зараженности микрофлорой.

Со временем часть сухого вещества зерна превращается в углекислый газ и воду. Экспериментально установлено, что в зависимости от условий и срока хранения убыль от дыхания в сухом веществе зерна может достигать нескольких процентов.

Известно, что при интенсивном дыхании в отсутствие активного вентилирования возможно значительное увлажнение зерновой массы, что является одной из причин,

приводящих к явлению «отпотевания» зерен. В свою очередь, увлажнение зерновой массы способствует развитию микроорганизмов и приводит к дальнейшему увеличению интенсивности дыхания.

Недостаток кислорода сильно снижает интенсивность жизнедеятельности всех компонентов зерновой массы. На этом явлении основано хранение сырого зерна в бескислородной среде.

В процессе хранения зерно, микроорганизмы и насекомые потребляют кислород межзернового пространства, таким образом, если зерновую массу поместить в герметичный контейнер, в ней могут быстро установиться бескислородные условия.

Научные основы хранения зерна без доступа воздуха в нашей стране начали разрабатывать в тридцатые годы Я.Я. Никитинский, Н.П. Михаловский и др., первые зарубежные опыты относятся к 1918 году, но широкий интерес вопрос бескислородного хранения вызвал только в 50-е годы. В опытах Я.Я. Никитинского по самоконсервированию зерна, в результате дыхания зерновой массы, хранимой в герметических условиях, концентрация CO₂ в межзерновом пространстве достигала 83%, а содержание кислорода понижалось до нуля. Аналогичные исследования были проведены позже и за рубежом. Обобщая их, М.Б. Хайд указывает, что при влажности зерна больше критической микроорганизмы могут израсходовать весь кислород межзернового пространства и перейти в состояние покоя. Большинство насекомых погибает уже когда содержание кислорода снижается до 2% объема воздуха межзернового пространства. Однако грибы могут размножаться при содержании кислорода до 0,2%. Если кислорода содержится от 0,5% до 1%, некоторые микроорганизмы, включая ряд видов дрожжей, при соответствующей температуре могут размножаться и вызывать порчу зерна. Без кислорода, если влажность зерна превышает 16%, происходит дальнейшее анаэробное выделение углекислого газа до содержания его в воздухе межзерновых пространств порядка 95%.

Если емкость, в которой хранится зерно, открыта для доступа кислорода воздуха только сверху, то углекислый газ скапливается в нижних слоях зерновой массы. Это означает, что при прочих равных условиях тепловыделение в верхних слоях будет выше. Видимо это является одной из причин того, что самосогревание зерна прошедшего послеуборочное дозревание чаще возникает именно в верхних слоях, о чем сообщает Трисвятский, Соседов Н.И. и Швецова В. А., зарубежные авторы.

Мелкие и щуплые зерна обладают большей гигроскопичностью, как и поврежденные зерна и остатки ядра вследствие большей активности поверхности. В связи с этим влажность отдельных семян может колебаться в широких пределах (от 20 до 70%) и в партиях со средней влажностью ниже критической, влажность отдельных семян может превышать эту величину. Интенсивность дыхания и влажность семян сорных растений также как правило значительно выше, чем зерна основной культуры.

На основе экспериментальных данных выявлено, что чем больше в зерновой массе семян сорных растений, то тем больше зерно подвержено самосогреванию. Наличие сорных семян может ускорять самосогревание даже больше, чем повышение средней влажности зерна.

Клещи, долгоносики и прочие амбарные вредители повреждают зерно, помимо этого, по некоторые из видов насекомых регулярно вносят в заражаемое ими зерно большое количество плесеней хранения

В ряде работ О.П. Подъяпольской установлено, что поврежденное зерно гораздо легче поражается микроорганизмами, а значит и становится более склонным к самосогреванию. То, что при контролируемых условиях температуры, доступа кислорода и влажности интенсивность дыхания гораздо выше у поврежденного зерна пшеницы экспериментально установили еще в 1918 году Бейли и Гурджар

Амбарные вредители имеют определенные требования к температуре, влажности, пище и содержанию кислорода, которые непосредственно влияют на их численность, а следовательно, и на их способность причинять вред. В работе Л. Беленького также изучалось влияние амбарных вредителей на стойкость зерна при хранении. В работе В.И. Сулькина, помимо влияния градиента температуры и влажности, исследовано влияние содержания битых зерен, численности популяции насекомых, высоты насыпи, освещенности на миграцию и закономерности распределения насекомых в зерновой массе.

Насекомые-вредители не имеют устойчивости к низким температурам. Температуры, которые не сразу убивают насекомых, косвенно вызывают гибель многих вредителей зерна, лишая их активности и возможности питаться. Температуры выше 35 °С также неблагоприятны для большинства видов вредителей зерна.

Процессы жизнедеятельности насекомых также зависят от наличия влаги в их пище. До определенного предела увеличение влажности зерна способствует быстрому увеличению численности насекомых. Выше этого предела ведущая роль переходит к микроорганизмам, которые уничтожают большинство видов насекомых.

Наличие посторонних примесей значительно повышает способность вредителей развиваться в зерновой массе.

Множество авторов указывает на концентрацию насекомых в слоях с повышенным содержанием примесей и битых зерен. Известно также, что битые зерна легко повреждаются микроорганизмами, обладают повышенным (в 10 и более раз) влаго- и тепловыделением, легче теряют всхожесть при хранении.

Известно явление миграции насекомых в аэрируемые участки зерновой массы: скопление на поверхности, у выходных отверстий, на стенках хранилища.

Р.Т. Коттон, Д.А. Уилбур, опираясь на данные многочисленных исследований, утверждают, что часто зерновая масса влажностью от 11 до 14% внешне в хорошем состоянии, не считая присутствия насекомых, часто становится настолько горячей, что это не может быть объяснено только тепловыделением зерна и микроорганизмов. В этих случаях дополнительным источником тепла служит метаболизм насекомых. В связи с этим, авторы предлагали различать два типа самосогревания зерна - «самосогревание сухого зерна», вызванное насекомыми (влажность зерна не выше критической), которое приводит к повышению температуры до 42°С и «самосогревание влажного зерна», вызываемое микроорганизмами в зерне с влажностью больше критической.

Влага, образующаяся в результате метаболизма насекомых не вся перемещается с конвективными потоками верхние слои зерновой массы. Часть влаги может накапливаться в гнездах внутри самой зерновой массы в количествах, достаточных для того, чтобы создались очень благоприятные условия для развития плесневых грибов и развития самосогревания влажного зерна. Таким образом, начавшееся «самосогревание сухого зерна» может инициировать «самосогревание влажного зерна».

При незавершенном процессе послеуборочного дозревания партии свежесобранного зерна в первые месяцы после уборки обладают повышенным тепловыделением и неустойчивы в хранении. Зерно, хранящееся в течение длительного промежутка времени при той же температуре и влажности отличается по влаго- и тепловыделению от того, в котором еще идут процессы послеуборочного дозревания. Замечено, что некоторые стадии послеуборочного дозревания могут идти с поглощением тепла, при одновременном сильном увлажнении, особенно нижних слоев.

Изучение свойств зерновой массы и влияния на нее условий окружающей среды показало, что интенсивность всех протекающих в ней физиологических процессов зависит от одних и тех же факторов, важнейшими из которых являются: влажность зерновой массы и

содержание влаги в окружающей среде, температура зерновой массы и окружающих ее объектов, доступ воздуха к зерновой массе.

Перечисленные факторы закономерно воздействуют на жизнедеятельность всех живых компонентов зерновой массы: зерна, микроорганизмов, семян сорных растений, насекомых и клещей. Основываясь на этом влиянии, в практике хранения зерна применяются три основных режима, при которых жизнедеятельность всех компонентов зерновой массы замедлена:

- хранение зерновых масс в сухом состоянии,
- хранение зерновых масс в охлажденном состоянии,
- хранение зерновых масс без доступа воздуха.

Кроме того, применяют много технологических приемов, способствующих обеспечению сохранности зерновых масс и применению вышеуказанных режимов: сушка и очистку зерновых масс от примесей, их активное вентилирование, обеззараживание от вредителей, химическое консервирование и др.

Режим хранения зерновых масс в сухом состоянии основан на пониженной физиологической активности многих компонентов зерновой массы при недостатке в них воды. В зернах и семенах с влажностью в пределах до известной «критической» из-за отсутствия свободной воды, которая могла бы принимать участие в процессах обмена веществ, физиологические процессы проявляются лишь в форме замедленного дыхания. Отсутствие свободной воды не дает возможности развиваться микроорганизмам, клещам и прочим амбарным вредителям. Режим хранения в сухом состоянии является наиболее приемлемым для долгосрочного хранения зерновых масс.

Режим хранения в охлажденном состоянии основан на чувствительности всех живых компонентов зерновой массы к пониженным температурам. Жизнедеятельность семян, микроорганизмов, насекомых и клещей при пониженных температурах снижается или совсем приостанавливается. Даже при хранении сухого зерна его охлаждение дает заметный дополнительный эффект и увеличивает степень консервации сухой зерновой массы.

Временное хранение в охлажденном состоянии партий сырого и влажного зерна, которые не представляется возможным высушить в короткое время, является основным и почти единственным методом сохранения их от порчи.

При температуре воздуха ниже температуры зерновой массы применяют пассивное охлаждение, устраивая естественную приточно-вытяжную вентиляцию в хранилищах и непосредственно в емкостях, загруженных зерном.

Это метод приносит заметную пользу, не требуя затрат энергии, однако не всегда дает достаточный эффект, что привело к необходимости применять активные методы охлаждения: пропуск через зерноочистительные машины, снабженные аспирационными установками, транспортеры и нории; обработка с помощью стационарных или передвижных установок для активного вентилирования.

Применение активного вентилирования (продувания воздухом зерновой массы без ее перемещения) с учетом состояния зерновой массы и нагнетаемого воздуха приводит к очень благоприятным результатам. Так, применяя холодный воздух, можно за несколько часов охладить всю зерновую массу и тем самым ее консервировать. Это особенно важно, если надо ликвидировать процесс самосогревания. Используя сухой воздух с различной температурой, можно снизить влажность зерна. Периодическое продувание семенного зерна способствует сохранению его всхожести, а продувание свежубранного зерна сухим теплым воздухом - его послеуборочному дозреванию. Кроме того, при охлаждении зерновых масс активным вентилированием исключается травмирование зерна, что всегда происходит во время пропуска зерновых масс через зерноочистительные машины и

перемещения его транспортными механизмами. В результате вентилирования обеспечивается равномерная температура во всей зерновой массе и таким образом предотвращается перемещение влаги.

Бесспорные преимущества активного вентилирования в деле предупреждения самосогревания зерна и быстрой ликвидации обнаруживаемых очагов убедительно доказаны в течение многих лет. Однако, слишком большой поток воздуха или чрезмерный перепад температур могут причинить больше вреда, чем пользы, т.к. охлаждение зерновой массы связано с ее увлажнением.

Потребность всех живых компонентов зерновой массы в кислороде позволяет консервировать ее путем изоляции от атмосферного воздуха или в специальной среде, не содержащей кислород. При хранении в бескислородной среде партий зерна как с влажностью до критической, так и выше хорошо сохраняются мукомольные и хлебопекарные качества, пищевое и фуражное достоинства, но неизбежна частичная или полная потеря всхожести. Создание бескислородных условий достигается обычно одним из трех методов: естественное накопление углекислого газа (автоконсервация); введение в зерновую массу газов, вытесняющих воздух из межзерновых пространств (обычно используют углекислый газ); созданием в зерновой массе вакуума.

При хранении зерновых масс с повышенной влажностью, которые не могут быть быстро просушены, а также для уничтожения насекомых, клещей и микроорганизмов, подавления процесса самосогревания иногда применяют химическое консервирование.

Управление качеством зерна риса и развитие современных способов его хранения требует разработки методов прогнозирования качества зерна на основе математического моделирования процессов распространения тепла и влаги в зерновой массе, а также процессов газообмена и жизнедеятельности живых компонентов зерновой массы. Сложность процессов в зерновой массе при хранении оставляют актуальной проблему противодействия неблагоприятным изменениям качества и пищевой ценности зерна.

Литература:

1. Трисвятский Л.А. Хранение зерна. - М.: Агропромиздат, 1986. - 350 с.
2. Влага в зерне / А.С. Гинзбург, В.П. Дубровский, Е.Д. Казаков и др. - М.: Колос, 1969. - 224 с.
3. Влага в зерне / А.С. Гинзбург, В.П. Дубровский, Е.Д. Казаков и др. - М.: Колос, 1969. - 224 с.
4. Егоров Г. А. Управление технологическими свойствами зерна. - Воронеж: Воронежский государственный университет, 2000. - 348 с.
5. Кретович В.Л. Биохимия растений: Учеб. - М.: Высш. шк., 1986. - 503 с.
6. Кретович В.Л. Биохимия зерна и хлеба. - М.: Наука, 1991. - 136 с.
7. Калмыков В.И. Влияние послеуборочного дозревания и уплотнения слоев пшеницы на стойкость при хранении. // Основные факторы, действующие на сохранность зерна. Под ред. проф. П.А. Козьмина. М.Л.: Снабтехиздат, 1933. - С.85 - 94.
8. Соседов Н.И., Швецова В.А., Вакар А.В. Изменение качества пшеницы при самосогревании. - Сообщения и рефераты ВНИИЗ, вып. 3. М., 1951. - С. 1 - 4.
9. Делидович В.Н. О размещении и хранении свежубранного зерна. // Сообщения и рефераты ВНИИЗ. 1953 г. Выпуск четвертый. - С. 1 - 5.
10. Халабуда Т. В. Роль плесневых грибов в процессе самосогревания зерна. // Вопросы хранения зерновых запасов. М. - 1953. (Труды ВНИИЗ, выпуск XXV, - С. 33 - 55.

CHANGE IN THE QUALITY OF GRAIN MASS STORAGE