

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Красноярский государственный аграрный университет

О.В. Позднякова, М.А. Янова, В.В. Матюшев, Т.И. Аникиенко

КАЧЕСТВО ЗЕРНА И УСЛОВИЯ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ

*Рекомендовано Сибирским региональным учебно-методическим центром
высшего профессионального образования для межвузовского использования
в качестве учебного пособия для студентов специальности
260201.65 «Технология хранения и переработки зерна», бакалавров и магистров
по направлению подготовки 260100.62 и 260100.68
«Технология продуктов питания»*

Красноярск 2009

ББК 36. 821 я73

Рецензенты:

Колесникова В.Л., канд. биол. наук, заместитель начальника отдела растениеводства агентства сельского хозяйства Администрации

Красноярского края

Щербак О.П., заместитель директора ФГУ «Красноярский референтный центр Россельхознадзора»

П47 Позднякова, О.В. Качество зерна и условия его формирования: учеб. пособие / О.В. Позднякова, М.А. Янова, В.В. Матюшев, Т.И. Аникиенко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2009. – 140 с.

В учебном пособии рассмотрены вопросы, охватывающие условия формирования качества зерна, технологические процессы, протекающие в зерне и семенах при хранении, требования, предъявляемые к зернохранилищам, режимы и способы хранения зерновых масс, влияние природно-климатических и агротехнических факторов на состав и качество зерна.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальности 260201.65 «Технология хранения и переработки зерна», бакалавров и магистров по направлению подготовки 260100.62 и 260100.68 «Технология продуктов питания».

ББК 36. 821 я73

© Позднякова О.В., Янова М.А.,
Матюшев В.В., Аникиенко Т.И., 2009

© Красноярский государственный
аграрный университет, 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. ЗЕРНОВАЯ МАССА КАК ОБЪЕКТ ХРАНЕНИЯ	10
1.1. Показатели качества партий зерна. Потребительские достоинства зерна.....	10
1.2. Состав зерновой массы.....	13
1.3. Физические свойства зерновой массы.....	16
1.3.1. Сыпучесть.....	16
1.3.2. Самосортирование.....	18
1.3.3. Скважистость.....	21
1.3.4. Сорбционные свойства	23
1.3.5. Гигроскопические свойства.....	25
1.3.6. Термоустойчивость, теплофизические и массообменные свойства.....	28
1.4. Физиологические свойства зерновой массы.....	33
<i>Контрольные вопросы</i>	37
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ЗЕРНЕ И СЕМЕНАХ ПРИ ХРАНЕНИИ	39
2.1. Долговечность зерна и семян.....	39
2.2. Дыхание зерна.....	39
2.3. Факторы, влияющие на интенсивность дыхания зерна при хранении.....	40
2.4. Послеуборочное дозревание.....	42
2.5. Прораствание зерна и семян при хранении.....	43
<i>Контрольные вопросы</i>	43
3. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХО- ДЯЩИЕ В ЗЕРНОВОЙ МАССЕ ПРИ ХРАНЕНИИ	45
3.1. Влажность	45
3.2. Температура зерна.....	51
3.3. Самосогревание зерновых масс.....	55
3.4. Микрофлора.....	60
3.5. Вредители хлебных запасов.....	73
3.6. Примеси.	81
3.7. Биологические факторы.....	86
<i>Контрольные вопросы</i>	93

4. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ЗЕРНОХРАНИЛИЩАМ	94
4.1. Технологические процессы зернохранилищ.....	94
4.2. Технологические линии для приемки и обработки зерна	95
4.3. Способы хранения зерна и типы зернохранилищ.....	96
4.4. Оборудование, применяемое в зернохранилищах.....	98
<i>Контрольные вопросы</i>	98
5. РЕЖИМЫ И СПОСОБЫ ХРАНЕНИЯ ЗЕРНОВЫХ МАСС	99
5.1. Общая характеристика режимов.....	99
5.2. Хранение зерна в сухом состоянии.....	101
5.3. Хранение зерна в охлажденном состоянии.....	103
5.4. Способы охлаждения зерновых масс.....	105
5.5. Хранение зерна без доступа воздуха.....	106
<i>Контрольные вопросы</i>	107
6. ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ И АГРО- ТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СОСТАВ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА	108
6.1. Внутренние и внешние факторы качества зерна.....	108
6.2. Генотип и качество зерна.....	109
6.3. Сорт и его значение.....	109
6.4. Влияние географического фактора, климата и почвы.....	111
6.5. Разнокачественность зерна.....	114
6.6. Влияние минеральных удобрений на качество зерна.....	115
6.7. Влияние химизации на производство зерна.....	117
6.8. Влияние орошения на качество зерна.....	120
6.9. Механические повреждения зерна при уборке урожая и при хранении.....	123
6.10. Влияние метеорологических факторов на качество зерна	124
6.11. Способы увеличения белковости зерна.....	126
<i>Контрольные вопросы</i>	129
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	130
Лабораторная работа 1. Определение угла естественного откоса зерновой массы.....	130
Лабораторная работа 2. Определение угла трения зерновой	

массы по наклонной плоскости.....	131
Лабораторная работа 3. Определение скважности зерновой массы.....	132
Лабораторная работа 4. Определение влажности зерна методом высушивания.....	134
Лабораторная работа 5. Определение засоренности зерна и чистоты семян.....	136
Лабораторная работа 6. Определение зараженности и поврежденности вредителями.....	137
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	139

ВВЕДЕНИЕ

Качество зерна формируется как на стадии производства, так и в процессе обработки (сушка, очистка, активное вентилирование). К основным факторам, активно влияющим на повышение качества, относятся: состояние селекции и семеноводства, количество и качество средств производства, технология и организация производственных процессов, своевременная и эффективная послеуборочная обработка, уровень стандартизации, системы экономического стимулирования производства и реализации, регулярное наблюдение за состоянием качества зерна, развитая инфраструктура. Улучшение потребительских свойств зерна должно восприниматься каждым тружеником зернового подкомплекса АПК как один из наиболее существенных факторов увеличения производства продовольствия.

Целенаправленное воздействие на качество зерна, как резерв увеличения ресурсов, требует четкого знания, с одной стороны, требований к качеству зерна, как сырью соответствующих отраслей промышленности (мукомольной, крупяной, пивоваренной, комбикормовой, крахмалопаточной, пищевконцентратной и других), с другой стороны – закономерностей изменения тех потребительских свойств, которые оказывают влияние на формирование массы зерна, а также ассортимента готовой продукции зернового подкомплекса АПК.

Зерно, как объект выращивания, обработки, хранения и как сырье ряда отраслей перерабатывающей промышленности, в технологическом аспекте обстоятельно изучено и описано в трудах отечественных ученых и практических работников сельского хозяйства и пищевой промышленности. В них соблюдается принцип системного подхода к оценке потребительских свойств зерна. Оценивается оно по многим признакам, в совокупности характеризующих биологические физико-химические и технологические свойства. Предлагаются различные агротехнические приемы, интенсивные технологии, обеспечивающие получение стабильных урожаев высококачественного зерна. В зависимости от состояния потребительских свойств зерна обосновываются способы его обработки и режимы хранения, доведение свойств в процессе обработки до соответствующих кондиций.

Учеными и практическими работниками установлено, что чем выше качество зерна, тем эффективнее его производство, меньше затраты на хранение, тем больше из него можно получить доброкачественных продуктов разнообразного ассортимента.

А.Ф. Морозов и А.Н. Пугачев, внесшие значительный вклад в разработку рекомендаций по снижению потерь зерна при уборке урожая, многочисленные причины потерь сводят в три группы: биологические, непредвиденные и организационные.

К потерям по *биологическим* причинам они отнесли неустойчивость сортов зерна к повреждению его болезнями и вредителями, нестойких к полеганию и осыпанию, быстро снижающих хлебопекарные и семенные качества зерна.

Потери по *непредвиденным* причинам происходят в результате засухи, суховеев, наводнений, ливневых и затяжных дождей, ураганов и бурь, града, заморозков.

Потери зерна по *организационным* причинам они разделили на ряд подгрупп: агрономические, технические, технологические, природно-хозяйственные и экономические.

К *агрономическим* отнесены: неправильный подбор сортов по их биологическим свойствам для данной природно-производственной зоны, нарушение агротехнических требований, неправильный выбор срока начала уборки, ослабление борьбы с вредителями и болезнями; к *техническим* – конструктивные недостатки той или иной уборочной машины в целом или ее отдельных рабочих органов; к *технологическим* – нерациональный способ уборки, неправильно выбранная высота среза, нарушение технологического процесса уборки; к *природно-хозяйственным* – неудачный выбор полей по расположению, рельефу, плодородию; плохой контроль за качеством работы и др.; к *экономическим* – непродуманная система оплаты труда, отсутствие четкого и тщательного учета собранного зерна.

Следует добавить к этому перечню *отсутствие количественно-качественного учета* зерна в хозяйствах. Это серьезный недостаток, порождающий безответственность, а иногда и прямые злоупотребления. Десятки миллионов тонн зерна, остающегося в хозяйствах без количественно-качественного учета зерна по существу являются безучетными.

Завершающим циклом возделывания культуры является уборка урожая с минимальными потерями и сохранением качества зерна. Поскольку на комбайнах нет средств автоматического контроля, зачастую происходит снижение качества убранного зерна из-за чрезмерного повышения производительности уборочных агрегатов, что объясняется, главным образом, несовершенством системы оплаты труда, так как за качество уборки у комбайнеров нет экономических

стимулов. Заработная плата комбайнерам начисляется за количество убранных гектаров, а также за намолот зерна (бункерный вес) без учета его качества и прямых потерь в поле.

Сезонность зернового производства и необходимость иметь в течение всего года достаточные запасы зерна для выработки пищевых продуктов, а также семян для посева, зерна для кормления скота и птицы требуют правильной организации хранения многих миллионов тонн зерна и продуктов его переработки в сельском хозяйстве, отрасли хлебопродуктов, отраслях пищевой промышленности, в системе торговли и общественного питания, чтобы не допустить потерь, снижения качества или порчи зерна.

В разработку научных основ хранения зерна и зерновых продуктов большой вклад внесли Герой Социалистического Труда академик А.И. Опарин, академики Б.Л. Исаченко, Н.М. Кулагин и А.В. Лыков, профессора В.Л. Кретович, Л.А. Трисвятский, Б.Е. Мельник, Е.Д. Казаков и другие.

Вопросы предотвращения потерь зерна и продукции при хранении и перемещении наибольшее освещение получили в работах профессоров Л.А. Трисвятского и Б.Е. Мельника. Причины потерь зерна и продукции в массе они подразделили на две большие группы: биологические и механические.

К биологическим потерям они отнесли расход сухого вещества при дыхании зерна, прорастание и самосогревание зерна, уничтожение его грызунами и птицами.

К механическим потерям отнесли: травмы, распыл и просыпи зерна.

Признано, что лишь некоторые виды потерь зерна являются неизбежными, другие потери образуются в результате неправильного хранения. Например, неизбежными потерями являются расход сухого вещества при дыхании зерна и неучтенный распыл, возникающий при перемещении партий зерна. Однако эти два вида потерь при рациональной организации хранения весьма незначительны, исчисляемые сотыми и тысячными долями процента. Исходя из природы только этих потерь, установлены нормы естественной убыли зерна и зерновых продуктов при хранении и перевозках.

Заслуживает внимания имеющееся в литературе предложение А. Крылова о классификации потерь, который рекомендует классифицировать их с учетом трех групп факторов общественного производства: технического, общественно-экономического и организационно-экономического. Причем каждую из перечисленных групп факторов он

предлагает разделить на объективные и субъективные. Такой подход к классификации потерь позволяет определить две группы потерь зерна и других сельскохозяйственных культур.

К первой группе относятся субъективные факторы и условия, порождающие потери: бесхозяйственность, безответственность, некомпетентность и халатность участников сельскохозяйственного производства, т.е. человеческий фактор.

Ко второй группе относятся причины объективного характера: несовершенство материально-технической базы воспроизводства продукции, а также технологии, организации производства, функционирования хозяйственного механизма.

Качество зерна в процессе производства зависит от многих факторов, но наибольшее влияние оказывают: погодные условия, окультуренность почв и приемы их обработки, предшественники, удобрения, селекция и семеноводство, нормы, сроки и способы посева, вредители, болезни и сорняки, величина урожая, полегание посевов, способы и сроки уборки, послеуборочная обработка зерна, наблюдения за состоянием его качества. Ценность зерна определяется его химическим составом, так как содержание тех или иных веществ и их соотношение в значительной степени характеризует пищевые, кормовые и технологические достоинства зерна. В пособии предлагается рассмотреть влияние каждого из указанных факторов на качество зерна.

1. ЗЕРНОВАЯ МАССА КАК ОБЪЕКТ ХРАНЕНИЯ

1.1. Показатели качества партий зерна. Потребительские достоинства зерна

Совокупность свойств зерна, которые обуславливают его пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с целевым назначением, дают представление о качестве зерна.

Качество зерна характеризуется многими показателями, оценивающими какое-либо свойство зерна. Одни из показателей являются наиболее важными, другие имеют второстепенное значение. Часть показателей необходимо определять только в отдельных партиях зерна у одной или нескольких культур, а другие должны определять в каждой партии.

Все показатели качества можно разделить на три группы.

Общие показатели определяются при оценке качества всех партий зерна любой культуры, используемых по любому назначению. К этой группе относят так называемые признаки свежести (цвет, запах), зараженность вредителями, влажность и засоренность.

Обязательные показатели определяют при оценке качества партий зерна отдельных культур или партий, используемых по целевому назначению. В эту группу показателей входят пленчатость и содержание ядра у крупяных пленчатых культур (кроме ячменя); стекловидность пшеницы и риса; количество и качество клейковины у пшеницы; натура у пшеницы, ржи, ячменя и овса и ряд других показателей.

Дополнительные показатели определяются в партиях какого-либо конкретного целевого назначения. К этой группе относят показатели химического состава (белок, крахмал и т.д.), содержание микроорганизмов и др. Оценку таких показателей качества зерна в лабораториях хлебоприемных предприятий не проводят, а в лабораториях зерноперерабатывающих предприятий проводят только частично. Это связано с их большой трудоемкостью, наличием сложной аппаратуры и реактивов.

При оценке качества зерна все показатели можно подразделить на пять групп по способам их определения: ботанико-физиологические, органолептические, физические, химические и технологические.

К *ботанико-физиологическим* относят: название культуры и ее вида; форму возделывания (озимая, яровая); сорт; морфологические

особенности (тип, подтип); всхожесть и энергию прорастания. Ряд этих показателей определяют при осмотре партии, а такие, как сорт и форма возделывания, можно определить по документам.

Органолептические показатели качества зерна (цвет, запах) определяют при помощи органов чувств или специальных анализаторов. Эти показатели характеризуют свежесть зерна, полноценность потребительских свойств. Под воздействием неблагоприятных условий созревания, уборки, перевозки, сушки или хранения эти показатели могут значительно измениться.

Физические показатели предназначены для определения физических свойств зерна, которые лежат в основе различных приемов перемещения, очистки и переработки зерна. К ним относят форму зерна, линейные размеры, крупность, выполненность и щуплость, массу 1000 зерен, натуру, стекловидность, трещиноватость и ряд других показателей.

Химические показатели характеризуют количество, качество и неравномерность распределения разнообразных химических веществ. Такие показатели предназначены для оценки питательной ценности, правильной организации хранения партий зерна; порядка и режима переработки зерновой массы (влажность, зольность, клейковина, кислотность и т.п.).

Технологические показатели учитывают совокупность природных особенностей зерна для более точной характеристики качества зерна как сырья для определенной отрасли промышленности и целевого назначения. К этим показателям относят выход и качество готовой продукции, затраты на производство единицы массы готовой продукции.

Показатели качества необходимы и для ведения торговли. Покупатель и продавец, зная качество зерна, определяют его рыночную стоимость и приходят к соглашению.

В целом качество партии устанавливают на основании результатов лабораторных анализов.

Потребительские достоинства зерна и семян различных культур базируются, прежде всего, на ценности их с точки зрения химического состава, возможности обеспечить потребителя необходимыми питательными веществами, на совокупности свойств, дающих возможность получения максимальных выходов готовой продукции хорошего качества при наименьших затратах.

Ценность зерна и семян различных культур, прежде всего, обусловливается их химическим составом, поскольку содержание определенных веществ и их соотношение во многом определяют пищевые, кормовые, семенные и технологические качества зерна, следовательно, и целесообразность его использования.

Пищевая ценность зерна и продуктов его переработки определяется способностью удовлетворять потребности организма человека в необходимых для роста и развития органических и минеральных веществах, в обеспеченности организма энергетическими ресурсами, которые должны поддерживать нормальный ход физиологических процессов. Однако простого набора этих веществ недостаточно. Продукты питания должны быть полноценными, т.е. сбалансированными по содержанию биологически активных соединений.

Например, белки, жиры и углеводы должны находиться в соотношении соответственно 1:1:4. В свою очередь, пищевую ценность белков определяет их аминокислотный состав, поскольку все белки, поступающие с пищей в организм человека, подвергаются ферментативному гидролизу, и образовавшиеся аминокислоты используются организмом для синтеза различных белков, необходимых для роста и развития человека.

Полноценность белков определяют по аминокислотному составу. Некоторые аминокислоты, необходимые для образования белка, могут синтезироваться в организме человека и животных из других аминокислот – они носят название заменимых. Другие не могут быть образованы в организме, они должны поступать извне, поэтому их называют незаменимыми. К незаменимым аминокислотам относят восемь аминокислот: лизин, лейцин, триптофан, метионин, треонин, фенилаланин, валин, аргинин.

Для детей незаменимой аминокислотой дополнительно является гистидин. При недостатке незаменимых аминокислот задерживается рост и развитие организма, нарушается обмен веществ, развиваются различные заболевания. Белки, содержащие все незаменимые аминокислоты в достаточном количестве, называют полноценными белками. Если в белке отсутствует одна или несколько аминокислот, то белок является неполноценным.

Пищевая ценность белков определяется и степенью их доступности. Иногда они находятся в клетках с очень прочными стенками, не доступными воздействию пищеварительных ферментов, поэтому усвоение их в организме практически невозможно. Такими, напри-

мер, являются для человеческого организма белки алейронового слоя зерна злаковых культур.

Содержание в зерне углеводов, усваиваемых организмом человека, также в значительной степени определяет его пищевые и кормовые достоинства. Чем больше крахмала содержится в зерне и продуктах его переработки, тем выше пищевые и кормовые достоинства зернопродуктов при прочих равных условиях. Клетчатка и целлюлоза не усваиваются организмом человека и в целом снижают энергетическую ценность зернопродуктов, но, тем не менее, эти вещества в небольших количествах необходимы человеку для нормального функционирования пищеварительной системы.

Зерно и продукты его переработки являются для человека и животных одним из поставщиков жира и в том числе не синтезируемых человеческим организмом незаменимых насыщенных жирных кислот – линолевой, линоленовой, арахидоновой и др.

Пищевая ценность различных зерновых культур определяется и содержанием других полезных веществ, доля которых в зерне довольно мала, но их роль и значение для питания человека также существенна. К ним принадлежат минеральные вещества, объединенные в группу микроэлементов, и витамины.

При характеристике потребительских достоинств, кроме пищевой ценности, принимают во внимание и то, насколько эффективно будет использовано то или иное зерно при переработке. Для этих целей производится оценка технологических свойств зерна.

1.2. Состав зерновой массы

Самое общее понятие о зерне как о большом количестве зерен или семян той или иной культуры обозначают термином "зерновая масса".

В каждой партии зерна содержится огромное количество зерен. Так, например, в 1 кг пшеницы содержится порядка 40 тыс., а в 1 т – 40 млн зерен.

Каждое зерно индивидуально и различается своими размерами, формой, массой, химическим составом и многими другими характеристиками.

Характеристики отдельных зерен с учетом отдельных обстоятельств влияют на качество зерна всей партии.

Под *партией зерна* понимают однородную по внешним признакам и показателям качества зерновую массу.

Зерновая масса формируется в процессе уборки урожая, поэтому она в своем составе кроме зерен (семян) данной культуры содержит и примеси органического и минерального происхождения, количество и состав которых зависит от агротехники возделывания, условий и способов уборки и транспортирования урожая.

Органические примеси могут быть представлены частями растений (части стеблей и колоса, солома и др.), зерном (семенами) других культур, семенами дикорастущих растений, битым зерном, органической пылью. Эти примеси по многим признакам резко отличаются от основного зерна, они более активны в физиологическом отношении и отрицательно влияют на качество всей партии и ее сохранность.

Минеральные примеси (галька, песок, комочки земли, минеральная пыль и др.), как и другие, не только снижают технологические и потребительские достоинства партии, но и являются балластом, требующим для своего размещения дополнительной вместимости зернохранилищ и снижающим степень использования грузоподъемности транспорта.

Постоянно в зерновой массе присутствуют микроорганизмы (бактерии, плесневые грибы, дрожжи, актиномицеты и др.). Количество их в 1 г ее исчисляется от десятков и сотен тысяч до миллионов экземпляров.

Микрофлора зерновой массы представлена сапрофитными (включая и эпифитные), фитопатогенными и патогенными для животных и человека микроорганизмами. Численность эпифитной микрофлоры всегда велика. Типичными представителями эпифитов являются бактерии рода *Pseudomonas* (*Ps. herbicola*, *Ps. fluorescens* и др.).

Многочисленными исследованиями доказано, что в свежесобранном зерне, при правильной его уборке, количество бактерий достигает 96...99%, остальное составляют дрожжи, плесневые грибы и актиномицеты.

Наблюдаемые колебания численности эпифитной микрофлоры зависят от культуры, погодных условий, стадии спелости.

Микроорганизмы в основном размещены на поверхности семян, но часть эпифитов при благоприятных условиях (повышенная влажность воздуха при созревании, хранение с высокой влажностью) может проникнуть в плодовую и семенную оболочки, алейроновый слой

и зародыш, образуя так называемую субэпидермальную микрофлору, продукты жизнедеятельности которой пагубно действуют на зародыш.

Зерно относится к сыпучим материалам, то есть к двухфазным системам – "твердое тело + газ". Между твердыми частицами зерновой массы имеются пространства (скважины), заполненные воздухом. Воздух межзерновых пространств играет большую роль в процессе обработки и хранения зерна.

Он по своим характеристикам (температуре, относительной влажности, химическому составу, давлению) может сильно отличаться от атмосферного воздуха, что всегда следует учитывать при работе с зерном.

Зерновая масса является благодатной средой для жизнедеятельности многих насекомых и клещей. Вред от них и других зерновых вредителей огромен: потери зерна могут достигать 10% от общих потерь.

Итак, в состав любой зерновой массы входят:

1) зерна (семена) основной культуры, а также зерна (семена) других культур, которые по характеру использования и ценности сходны с зерном основной культуры;

2) примеси органического и минерального происхождения (в том числе и семена дикорастущих и культурных растений, не отнесенные к основному зерну);

3) микроорганизмы;

4) воздух межзерновых пространств.

Кроме этих постоянных компонентов в отдельных партиях зерна, зараженных вредителями, появляются насекомые и клещи. Поскольку зерновая масса для них является средой, в которой они существуют и влияют на ее состояние, их следует рассматривать как пятый, дополнительный и совсем нежелательный компонент зерновой массы.

Так как большую часть зерновой массы составляют живые организмы (зерно и семена культурных, дикорастущих растений, живые клетки органических примесей, микроорганизмы и в отдельных случаях насекомые) и зерновая масса относится к сыпучим материалам, ее поведение при хранении весьма специфично и зависит от многих обстоятельств, в том числе и от ее свойств.

В зернохранилище поступает множество партий зерна и семян зерновых, бобовых, масличных и кормовых культур, различных по внешним признакам и показателям качества. Но, несмотря на большое разнообразие партий зерна, свойства их как объектов хранения во многом сходны.

По своей природе свойства зерновой массы могут быть разделены на две группы – физические и физиологические. Следует учитывать, что свойства обеих групп зачастую взаимосвязаны.

1.3. Физические свойства зерновой массы

1.3.1. Сыпучесть

Структура зерновой массы обеспечивает ее легкую подвижность, т.е. *сыпучесть*. Хорошая сыпучесть зерновых масс позволяет довольно легко перемещать их с помощью норий, конвейеров и пневмотранспортных установок, загружать в различные по размерам и форме зернохранилища и, наконец, перемещать их, используя принцип самотека. Принцип самотека позволяет при минимальном количестве транспортного оборудования создавать поточно-производственные системы по обработке и переработке зерна, в которых поднятые норией или пневмотранспортом вверх продукты самотеком последовательно проходят через систему машин, предназначенных для выполнения определенной технологической задачи.

Обычно сыпучесть характеризуют углом естественного откоса или углом трения.

Под *углом естественного откоса* понимают угол между диаметром основания и образующей конуса, получающегося при свободном падении части зерновой массы на горизонтальную плоскость.

Под *углом трения* понимают наименьший угол, при котором зерновая масса начинает скользить по какой-либо поверхности. Чем меньше значения этих углов, тем легче течение продукта.

Различают продукты легкосыпучие и трудносыпучие.

У легкосыпучих продуктов силы притяжения между частицами незначительны и они легко побуждаются к истечению под действием силы тяжести. Характерными представителями таких продуктов являются зерно пшеницы, ячменя, ржи, кукурузы, проса, сорго, семена подсолнечника и сои, гороха и др.

Связи на поверхности частиц легкосыпучих продуктов характеризуются коэффициентом внутреннего трения, т.е. трения зерен друг о друга. В зависимости от культуры и состояния зерновой массы по влажности, засоренности, выполненности и другим признакам значения коэффициента внутреннего трения значительно разнятся.

Связи для трудносыпучих продуктов характеризуют коэффициентом внутреннего трения и коэффициентом сцепления. Силы сцеп-

ления здесь достаточно высоки и препятствуют свободному истечению. К таким продуктам можно отнести муку, крахмал, шрот, различные гранулированные сыпучие материалы. Если в массе наряду с большими частицами находятся маленькие (размером менее 0,25 мм), между частицами возникает сцепление, что приводит к снижению сыпучести.

Вопросы хранения, истечения и перемещения по транспортным коммуникациям для легкосыпучих продуктов решаются гораздо проще, чем для трудносыпучих.

При проектировании зернохранилищ и зерноперерабатывающих предприятий следует руководствоваться следующими рекомендациями по характеристике продуктов на основании угла естественного откоса:

- очень сыпучий продукт – 25...30 град;
- сыпучий продукт – 30...38 град;
- достаточно сыпучий продукт 38...45 град;
- связанный продукт – 45...55 град;
- очень связанный продукт – 55 град.

Сыпучесть в процессе хранения может ухудшаться из-за уплотнения зерновой массы. При самосогревании или слеживании она может быть утрачена полностью. Следовательно, значительное уменьшение сыпучести указывает на неблагоприятные условия хранения зерна.

Наименьшим углом трения и естественного откоса, т.е. наибольшей сыпучестью обладают зерновые массы, состоящие из семян шарообразной формы с гладкой поверхностью (горох, соя, просо, люпин). Зерно с цветочными пленками, изъеденное, щуплое, со сморщенной и шероховатой поверхностью, продолговатое и тонкое имеет меньшую сыпучесть.

У большинства культур после механической обработки оболочки зерна становятся более гладкими, что повышает сыпучесть зерновой массы.

С увеличением влажности зерновой массы сыпучесть ее значительно понижается и угол естественного откоса увеличивается.

Примеси, как правило, снижают сыпучесть зерновой массы.

Органическая примесь усиливает внутреннее трение в зерновой массе, уменьшая сыпучесть. Наличие солоmistых частиц и других крупных примесей может вызвать забивание самотечных отверстий силосов, бункеров и зерносушилок. Поэтому следует очистить зерно от этих примесей до его подачи на зерносушилки и в элеватор.

Своеобразно проявляет себя зерно как сыпучий материал при заполнении и опорожнении силоса. Силос (бункер) будет заполняться зерном до тех пор, пока конус не достигнет точки поступления зерна. Для полного использования объема конус надо разравнивать каким-либо способом.

Для обеспечения истечения зерна из силоса (бункера) необходимо предусматривать в нижней его части выпускную воронку конусообразного типа с наклоном стенок под углом, превышающим угол естественного откоса. Необоснованное увеличение угла приводит к завышению потери вместимости силоса.

Установлено, что наибольшее давление на стенки силоса наблюдается в его средней по высоте части, при этом в момент выпуска оно резко возрастает и может превышать первоначальное в несколько раз. Вертикальное давление на дно силоса не пропорционально высоте слоя зерна, так как значительные усилия воспринимают стенки силоса. По мере хранения горизонтальные давления несколько уменьшаются, вертикальные возрастают до 25% от начального. Коэффициент трения, возникающего между поверхностью стенки силоса и движущимся зерном (коэффициент внешнего трения), обратно пропорционален величине горизонтального давления. Поэтому, чем более гладкая поверхность или чем больше сыпучесть зерновой массы, тем больше величина горизонтальных давлений и тем прочнее должны быть стенки.

1.3.2. Самосортирование

Зерновая масса довольно неоднородна. В ее состав входят крупные выполненные (основная часть), мелкие, щуплые и дробленые зерна, различные примеси.

При транспортировании и пересыпании в частях образующейся насыпи концентрируются фракции с близкими физическими свойствами. Такое неравномерное расслоение компонентов зерновой массы по отдельным участкам насыпи называют *самосортированием*. Самосортирование происходит по крупности, плотности, сыпучести, аэродинамическим свойствам.

На самосортирование большое влияние оказывает способ пересыпания зерна.

При вертикальном осыпании наиболее крупные и тяжелые зерна и минеральные примеси с большой удельной массой отвесно падают

вниз и быстрее других достигают места падения. Легкие зерна и компоненты зерновой массы с меньшей удельной массой опускаются медленнее, отбрасываются потоками воздуха в разные стороны и скапливаются по поверхности конуса, образуемого зерновой массой. Это наглядно подтверждают данные опытов И. Красницкого.

Особенно значительное самосортирование происходит при загрузке силосов, в результате чего у стен скапливаются, главным образом, мелкие и щуплые зерна, легкие примеси, пыль и микроорганизмы, а в центральной части силоса размещаются наиболее крупные, выполненные зерна и тяжелые минеральные примеси. При опорожнении силоса самосортирование усиливается. При этом характер самосортирования зависит от характера истечения, а тот, в свою очередь, – от формы силоса, отношения его высоты к поперечному сечению и местоположения загрузочного и выпускного отверстий.

В опытах с массой сухой пшеницы С.Г. Герасимов установил три характерных случая истечения: нормальное, асимметричное и симметричное.

При *нормальном истечении* в первую очередь движется вертикальный слой зерна над выпускным отверстием. Постепенно в этот слой втягиваются верхние боковые слои. Качество центрального столба зерновой массы лучше, чем боковых слоев (больше объемная и удельная масса и масса 1000 зерен, меньшее количество легких примесей, пыли). Такое истечение наблюдается в силосах с симметрично расположенными загрузочными и выпускными отверстиями и относительно большим диаметром.

Асимметричный характер истечения наблюдается в силосах с большим диаметром при несимметричном расположении загрузочного и выпускного отверстий.

Зерно истекает центральным столбом, в который вовлекаются боковые слои, причем в первую очередь со стороны наибольшего скопления зерна.

Симметричное истечение наблюдается в узких силосах. Оно характеризуется одновременным движением всей зерновой массы с несколько более быстрым движением центрального столба. На характер истечения влияет и влажность зерна. Так, при выпуске зерновой массы с повышенной влажностью симметричного истечения не бывает.

Аналогичны соображения С. Боуманса. Он выделяет два основных вида истечения сыпучих продуктов из силоса: центральный поток и массовый поток.

Центральный поток – это такой вид выпуска из силоса, при котором не происходит движения продукта вниз по отношению к стене силоса. Продукт выходит за счет полного разрыхления его над отверстием, при этом образуется центральный столб или воронка. Истечение продукта продолжается за счет потери уплотнения насыпи в центральной воронке.

Когда воронка достигнет поверхности насыпи, образуется конусная впадина. Продукт по поверхности впадины располагается приблизительно под углом естественного откоса и скользит с верхней части насыпи в центр воронки.

Продукт, первым поступивший в силос, выходит из него последним (первый на входе, последний на выходе). При одновременном заполнении и опорожнении силоса это особенно неблагоприятно, так как продукт, не находящийся в движении (в пассивной зоне), будет оставаться в силосе более длительное время, что чревато ухудшением качества и усилением самосортирования.

Массовый поток характеризуется тем, что вся масса продукта перемещается одновременно в направлении к выпускному отверстию. Сечения потока остаются в основном горизонтальными, и продукт, который вошел в силос первым, первым и выходит (первый на входе, первый на выходе). Массовый поток возможен при трех условиях:

- выпускная воронка слишком крутая и гладкая;
- на продукт, находящийся в выпускной воронке, давит продукт, имеющийся в центральной части силоса;
- выпускное отверстие достаточно большое.

Достоинства этого вида истечения заключаются в том, что расслоение продукта ограничено и уменьшается опасность завала продукта.

Значительное самосортирование зерновой массы наблюдается при заполнении и опорожнении силосов.

Самосортирование происходит также при перемещении зерна по ленточным конвейерам, при перевозках в автомобилях и вагонах. От толчков и встряхиваний легкие примеси, семена в цветковых пленках, щуплые зерна перемещаются вверх к поверхности насыпи, а тяжелые опускаются вниз.

При переброске зерна зернопультотом самосортирование происходит вследствие разной удельной массы и разной парусности зерна. Наиболее выполненные с наибольшей удельной массой зерна отлетают дальше от зернопюльта, щуплые зерна располагаются ближе и еще ближе – различные легкие примеси.

Самосортирование наблюдается при перемещении рассыпных комбикормов. Более тяжелые ингредиенты (соль, дробленые зерна) перемещаются вниз, а легкие (отруби, мука) – вверх. Это приводит к тому, что в отдельных слоях комбикормов концентрируются фракции с показателями качества, резко отличными от средних показателей комбикорма. Отсюда возможны случаи отравления животных.

В муке и крупе самосортирование не наблюдается.

Самосортирование в процессе хранения зерна имеет отрицательное значение, так как благодаря ему в различных частях насыпи создаются различные условия хранения. В местах скопления пыли, щуплых и поврежденных зерен образуются участки с повышенной биологической активностью, что создает предпосылки самосогревания зерна. Могут возникать участки с низкой скважистостью, что отрицательно отразится на эффективности сушки или активного вентилирования. Неравномерно рассортированная масса зерна затрудняет настройку машин на оптимальный режим работы при переработке зерна.

Самосортирование усложняет методики отбора проб для анализа качества зерна. Чтобы максимально снизить отрицательный эффект от самосортирования, надо стремиться закладывать на хранение зерно очищенное и, по возможности, более или менее выровненное.

В практике работы с зерном имеет место и положительное использование принципа самосортирования. Например, он реализован в ряде зерноочистительных машин, таких, как сортировальные стоны, камнеотделительные машины, сортирующие горки, зернопульты. Высокопроизводительные зернопульты используются в некоторых хозяйствах АПК для быстрой очистки зерна от легких примесей.

1.3.3. Скважистость

Скважистость S есть отношение объема, занятого промежутками (скважинами) между твердыми частицами зерновой массы, к общему объему, занятому зерновой массой, выраженное в процентах:

$$S = ((W - V) / W) \times 100\%,$$

где W – общий насыпной объем, зерновой массы;

V – истинный объем твердых частиц зерновой массы.

Скважистость может быть выражена также формулой

$$S = 100 - t = 100 - ((V / W) \times 100\%),$$

где t – плотность зерновой массы.

Зерновая масса обладает меньшей скважистостью, укладывается более плотно, если она имеет в своем составе крупные и мелкие зерна. Выровненные зерна, а также шероховатые или со сморщенной поверхностью укладываются менее плотно. При прочих равных условиях тонкие и короткие зерна укладываются более плотно, чем зерна другой формы. Крупные примеси обычно увеличивают скважистость, мелкие легко размещаются в межзерновых пространствах и уменьшают ее.

Чем влажнее зерно, тем выше его скважистость. При увлажнении зерна, сложенного в хранилище, оно набухает, увеличивается в объеме, в связи с этим зерновая масса несколько уплотняется, и, следовательно, скважистость уменьшается. Одновременно значительно снижается сыпучесть и создаются предпосылки к слеживанию.

Чем больше скважистость, тем большая вместимость зернохранилищ требуется.

Скважистость зависит от формы и размера зернохранилища, высоты насыпи, продолжительности хранения. С увеличением этих параметров скважистость уменьшается до определенного предела.

Таким образом, зная объем, занимаемый зерновой массой, и процент ее скважистости, легко установить объем находящегося в скважинах воздуха. При активном вентилировании это количество воздуха принимается за один обмен.

Скважистость влияет на воздухо- и газопроницаемость, сорбционные свойства зерновой массы, аэродинамическое сопротивление воздушному потоку, объемную массу зерна, теплопроводность.

Благодаря скважинам зерновые массы можно обрабатывать газами: при активном вентилировании – наружным, искусственно охлажденным и подогретым воздухом; при сушке – горячим (теплоносителем) и атмосферным воздухом; при химической обработке зерна – газообразными отравляющими веществами, при консервации зерна в процессе хранения – инертными газами. Кислород воздуха межзерновых пространств способствует сохранению жизнеспособности семян. Воздух, перемещающийся по скважинам, способствует передаче тепла путем конвекции и перемещению влаги через зерновую массу в виде пара.

Главный минус скважистости в том, что в скважинах создаются условия, благоприятные для развития микроорганизмов и вредителей хлебных запасов.

В связи с самосортированием скважистость в различных участках зерновой массы может быть неодинаковой. Это приводит к неравномерной обеспеченности отдельных участков зерновой массы воздухом.

Скважистость муки, отрубей, рассыпных комбикормов, мелкой дробленой крупы значительно больше, чем у зерна (40...60%). Газопроницаемость же их плохая, так как отдельные скважины очень малы.

В процессе хранения плотность муки, крупы и рассыпных комбикормов увеличивается, что приводит к слеживанию и сводообразованию этих продуктов. При хранении затаренной в мешки готовой продукции для предотвращения слеживания в нижних рядах мешки из нижних рядов периодически перекалывают в верхние и наоборот.

1.3.4. Сорбционные свойства

Сорбционные свойства характеризуют способность зерна поглощать (сорбировать) из окружающей среды газы и пары различных веществ и отдавать их (десорбция). В зависимости от свойств сорбентов и поглощаемых веществ сорбцию подразделяют на адсорбцию, абсорбцию, хемосорбцию и капиллярную конденсацию.

Адсорбция характеризуется поглощением паров и газов поверхностными слоями адсорбента; *абсорбция* – поглощением их жидкостью с образованием раствора; *хемосорбция* сопровождается химической реакцией поглощаемого вещества с адсорбентом; при *капиллярной конденсации* образуется жидкость в капиллярах, порах, микротрещинах сорбента при давлении пара над ним, меньшем давления насыщенного пара над плоской поверхностью.

Все эти виды сорбционных явлений имеют место в зерновой массе, и очень часто их невозможно расчленить. Степень сорбционной способности зерновой массы характеризуется сорбционной емкостью. Она довольно значительная, что можно объяснить следующими причинами:

1) капиллярно-пористым строением самого зерна. У зерна различных культур объем, занимаемый микро- и макрокапиллярами, составляет 5...12% и более. Диаметр микрокапилляров 10^{-7} см, диаметр макрокапилляров $10^{-3} \dots 10^{-4}$ см. На внутренней поверхности стенок капилляров имеется большое количество активных центров (участков), обладающих свободной энергией, которая обеспечивает поглощение и удержание молекул паров или газов. Площадь активной поверхности капилляров очень велика. Общая активная поверхность

зерна 200...250 м²/г, что примерно в 200 тыс. раз больше видимой поверхности зерна;

2) наличием в зерне коллоидных веществ, способных поглощать влагу;

3) наличием в зерновой массе скважин, через которые в нее могут проникнуть парообразные и газообразные вещества.

Сорбированные пары и газы при определенных условиях могут полностью или частично улетучиваться из зерновой массы в окружающее пространство, что называют *десорбцией*.

Сорбционные свойства, в зависимости от их влияния на качество и сохранность зерновой массы при ее транспортировании, обработке и хранении, условно разделяют на две группы: сорбцию и десорбцию различных газов и паров; сорбцию и десорбцию паров воды (гигроскопические свойства).

Сорбция и десорбция различных паров и газов

При хранении и перевозках зерновые массы легко сорбируют пары и газы веществ, содержащихся в воздухе. Если вещества относятся к вредным или имеют запах, не свойственный зерну, отдельные партии зерна от контакта с ними могут оказаться дефектными. Зерно хорошо сорбирует пары нефтепродуктов, эфирных масел семян и частей сорных растений (таких, как полынь, чеснок, кориандр и др.), газы отравляющих веществ, применяемых для газации зерна. В зависимости от длительности контакта с этими парами и газами зерно может приобрести относительно стойкий, не свойственный ему запах, вкус его может измениться. Некоторые из сорбируемых веществ (например, фумиганты) могут вступить в химическое взаимодействие с веществами зерна (хемосорбция).

Характерно, что зерно быстро (в течение нескольких часов) сорбирует, но очень долго десорбирует пары и газы многих веществ.

Удаление отдельных газов (азота, диоксида углерода и др.) и паров (аммиака, карболовой кислоты) весьма затруднительно. Отрицательные последствия сорбции зерновыми массами газов и паров различных веществ могут быть довольно значительными. Во-первых, зерно с посторонними, не свойственными ему запахами, следует хранить отдельно от нормального, что снижает степень использования вместимости зернохранилищ и повышает расходы на хранение. Во-вторых, для восстановления пищевых и товарных достоинств зерна

необходимо удалить из зерновой массы газы и пары вредных веществ и не свойственные зерну запахи, что связано с дополнительными затратами времени, труда и средств.

Чтобы исключить или по возможности свести отрицательные последствия к минимуму, следует транспортные средства и хранилища содержать в чистоте, принимаемое зерно сразу очищать от примесей, для газации использовать фумиганты, быстро и полностью удаляемые из зерновой массы.

1.3.5. Гигроскопические свойства

Зерно обладает способностью поглощать из окружающей среды пары воды и отдавать их обратно. Это свойство называют *гигроскопичностью* и при оценке его используют понятие "*гигроскопическая влажность*".

По Е.Д. Казакову: "Гигроскопичностью обладают смачиваемые водой вещества (гигрофилы), материалы капиллярно-пористой структуры, хорошо растворимые в воде вещества, особенно химические соединения, образующие с водой кристаллогидраты. Гигроскопическая влажность возрастает с увеличением влагосодержания воздуха и достигает максимума при относительной влажности 100%. Все условия гигроскопичности у зерна налицо. Зерно содержит гидрофильные вещества (белки, слизи), в нем огромное количество микропор, растворимые в воде вещества (сахара, свободные аминокислоты, витамины, ферменты), присутствуют кристаллогидраты (некоторые белки, ферменты)". Из компонентов зерна наиболее гидрофильны белки, удерживающие до 180...240% воды от своей массы. Крахмал поглощает до 70% воды, а жир гидрофобен и практически не удерживает влагу. При снижении относительной влажности воздуха зерно отдает влагу в окружающую среду.

При хранении зерна в производственных условиях наблюдается изменение его влажности. При этом могут происходить следующие процессы:

– влага из зерна будет переходить в воздух (испарение, десорбция, сушка) и зерно подсохнет, это произойдет в том случае, если парциальное давление водяного пара у поверхности зерна ($P_{пз}$) больше, чем парциальное давление пара в атмосферном воздухе ($P_{пв}$), т.е. ($P_{пз} > P_{пв}$);

– влага из воздуха будет сорбироваться зерном, когда $P_{пз} < P_{пв}$. Чем больше разность между парциальными давлениями паров воды в воздухе и у поверхности зерна (или наоборот), тем быстрее идет процесс перераспределения влаги.

Через некоторое время в результате перераспределения влаги парциальное давление пара в воздухе и у поверхности зерна станет равным и наступит динамическое равновесие. Влажность зерна, соответствующая состоянию равновесия, называют равновесной влажностью. Ее используют для выбора режимов активного вентилирования, сушки, для выявления условий безопасного хранения зерна, при которых жизнедеятельность всех живых компонентов зерновой массы низка. Равновесная влажность зерна зависит от его сорбционных свойств, от состояния воздуха, его относительной влажности и температуры.

Так, при прочих равных условиях равновесная влажность неодинакова для зерна различных культур, что связано с отличиями их сорбционных свойств (структуры, химического состава).

Максимальной равновесной влажности зерно и семена достигают при относительной влажности воздуха 100%. Таким образом, максимальные значения равновесной и гигроскопической влажности равны. Семена пшеницы увлажняются в этих условиях до 30...34%, а подсолнечника – до 17...19%. Дальнейшее увлажнение зерна возможно только в результате впитывания капельно-жидкой влаги. Минимальная равновесная влажность зерна 7...10% в производственных условиях устанавливается при относительной влажности воздуха 15...20%. Оптимальная равновесная влажность зерна пшеницы при температуре 20°C, обеспечивающая длительное хранение, – 14,3%, что соответствует относительной влажности воздуха 70%. Следует отметить, что отдельные части зерна обладают различной гигроскопичностью из-за особенностей его строения и химического состава. Так, зародыш зерна пшеницы обладает наибольшей скоростью сорбции и более высокой гигроскопичностью. За ним следует оболочка и эндосперм. Мелкие и щуплые зерна обладают большей гигроскопичностью, чем выполненные зерна, так как отношение размера зародыша к размеру зерновки и отношение площади поверхности к массе зерна у щуплых и битых зерен больше. Битые зерна обладают большей гигроскопичностью вследствие большей активной поверхности.

Изменение равновесной влажности зерна в зависимости от относительной влажности воздуха при постоянной температуре неравномерно.

Так как между изменением температуры и относительной влажности воздуха существует прямая связь, то при работе с зерном практическое значение имеет величина относительной влажности воздуха. При повышении или снижении температуры воздуха на 1°С его относительная влажность соответственно снижается или повышается на 4...5% .

В естественных условиях температура, а следовательно, и относительная влажность воздуха постоянно изменяются, как в течение суток, так и в различные периоды года. Как следствие, происходит непрерывное изменение влажности в поверхностных слоях зерна толщиной 1...2 см, контактирующих с атмосферным воздухом.

По данным Б.А. Карпова, амплитуда изменения влажности в этом слое в течение года составляет 6...8%, в 10 см от поверхности насыпи 1% и в 20...40 см около 0,5%.

Такие колебания влажности влияют на состояние хранящегося зерна. Так, в осенне-зимний период зерно несколько увлажняется, весной и летом подсыхает. Эти изменения массы и качества зерна в периферийных слоях сказываются на всей зерновой массе.

Процесс сорбции зерном, контактирующим с атмосферным воздухом, длится несколько суток. Установлено, что зерно достигает равновесной влажности при стационарном режиме на 7-22 сутки, причем в начальный период влажность зерна изменяется довольно интенсивно.

При хранении значение равновесной влажности при данной температуре служит показателем биологической активности зерна и семян при этой температуре. "Безопасный" уровень равновесной влажности для зерновых культур соответствует равновесной относительной влажности 70% и ниже. Даже незначительное увеличение относительной влажности воздуха выше 70...75% сопровождается резким повышением влажности зерна. При хранении в этих условиях будут быстро развиваться микроорганизмы, начинается самосогревание зерна с последующей его порчей и потерей.

Внутри зерновой массы значение относительной влажности воздуха межзерновых пространств изменяется крайне медленно, так как ее уровень определяет влага зерна, и воздух находится в равновесном состоянии по отношению к влажности зерна. Это обусловлено тем, что зерно содержит в 10000...20000 раз большее количество воды, чем воздух межзерновых пространств.

Свежеубранная зерновая масса состоит из компонентов, сильно различающихся по влажности. В ней наблюдается одновременно кон-

тактный влагообмен и сорбционный, в результате чего происходит выравнивание влажности компонентов. Недозревшее зерно и более влажные примеси подсыхают, а созревшее зерно увлажняется.

Увлажнение зерна может быть существенным, что вызовет нежелательные процессы в зерновой массе при хранении.

Вследствие самосортирования в зерновой массе отдельные ее участки могут иметь повышенную влажность. Чтобы максимально снизить отрицательные последствия этого, необходимо свежееубранное зерно немедленно подвергать очистке для удаления различных примесей. В процессе же хранения необходимо вести систематический контроль за изменением влажности в различных слоях насыпи.

При сорбции (поглощении паров воды) и десорбции (удалении поглощенных водяных паров) между кривыми изотермы влажности зерна образуется петля гистерезиса. Она показывает, что влажность зерна при одной и той же относительной влажности воздуха в цикле сорбции-десорбции различна. Наибольшее расхождение между изотермами сорбции и десорбции наблюдается на участке с относительной влажностью воздуха от 20 до 80%.

По данным Г.Б. Пузырина и А.Я. Венгерова, разница в равновесной влажности по изотермам сорбции и десорбции зерна пшеницы и пшеничной муки достигает 1,2...1,3%. Установлено также, что величина гистерезиса незначительно зависит от температуры.

Мука и крупа обладают большей сорбционной способностью, так как белок и крахмал (гидрофильные вещества) не защищены оболочками и быстрее поглощают пары и газы. Но в них при одинаковых с зерном условиях хранения равновесная влажность всегда будет меньше, так как капиллярная влага почти отсутствует.

Малая газопроницаемость муки и дробленых круп способствует тому, что влажность внутренних слоев в мешках, штабелях или в силосе при хранении почти не изменяется. Высокие сорта муки менее гигроскопичны, чем мука второго сорта и обойная.

Рассыпные комбикорма обладают высокой гигроскопичностью, так как большая часть их ингредиентов (соль, мел, сухой свекловичный жом и др.) имеет повышенную гигроскопичность. Гранулированные комбикорма менее гигроскопичны и сохраняют свое высокое качество длительное время.

1.3.6. Термостойчивость, теплофизические и массообменные свойства

Термостойчивость – способность зерна к сохранению в процессе сушки семенных, продовольственных и других качеств.

В практической работе возможны случаи потери зерном этих качеств. Например, при неправильной сушке или в результате самоогревания происходит тепловая денатурация белковых веществ зерна. Это приводит к резко отрицательным последствиям: частичной или полной утрате семенного достоинства, ухудшению технологического качества зерна при помоле, потере клейковиной упругих свойств.

Денатурация изменяет первоначальные свойства белковых веществ. Происходит уменьшение их растворимости, гидрофильности, ферментной активности, увеличение асимметрии белковой молекулы, изменение заряда частиц и т.д. Губительно сказывается денатурация на активности ферментов (при нагревании свыше 50...55°C). Это происходит в результате нарушения пространственной конфигурации центра фермента – вещества белковой природы. Степень денатурации белковых веществ A зависит от температуры t , влажности W и продолжительности нагревания τ , т.е.

$$A = f / (t, W, \tau).$$

Денатурация происходит при обязательном участии воды. В ходе денатурации вода присоединяется к белку и, таким образом, денатурация является бимолекулярной реакцией. По закону бимолекулярной реакции скорость реакции прямо пропорциональна произведению концентрации обоих реагирующих веществ. Этим закономерностью объясняется понижение стойкости белковых веществ к тепловой денатурации с увлажнением зерна. Так, граница безопасной температуры зерна пшеницы по денатурации глиадина составляет при влажности 12% около 80°C, при влажности 18% – около 50°C. Установлено, что различие в термостойкости сухого и сырого зерна основано на неодинаковой скорости тепловой денатурации белков, причем с повышением влажности на 3...4% или температуры на 10°C скорость их денатурации возрастает в 2...4 раза.

При температуре выше 60°C заметно ухудшается качество крахмала. Происходит его частичный распад с образованием декстринов, что приводит к понижению качества муки и снижению всхожести семян.

Жиры более устойчивы к нагреву, но при температуре выше 70°C и они подвергаются частичному разложению.

На зерно могут отрицательно влиять и пониженные температуры. В случае промораживания зерна говорят о его *морозостойкости*.

Термоустойчивость и морозостойкость зерна зависят от сочетания ряда факторов: состояния белкового комплекса, состояния влаги в зерне, в свою очередь, зависящих от культуры и сорта, влажности, степени зрелости зерна и др.

Термоустойчивость и морозостойкость характеризуются соответственно максимальной или минимальной температурой и длительностью ее воздействия, при которых еще не наблюдается ухудшение определенных показателей качества зерна. Показатели эти оценивают косвенно, например, по энергии прорастания, всхожести и жизнеспособности, количеству и качеству клейковины, трещиноватости, изменению химического состава и др.

Роль фактора времени в тепловом воздействии на зерно выявлена в работе С.Д. Птицына. С увеличением продолжительности температурного воздействия энергия прорастания и всхожесть семян пшеницы снижалась в зависимости от сочетания влажности и температуры зерна.

Таким образом, при оценке термоустойчивости семян нельзя ограничиваться указанием только предельно допустимой температуры нагрева зерна вне связи со временем и условиями сушки, а оправдано применение характеристики термоустойчивости.

Теплопроводность – способность тела проводить тепло. Характеризуется коэффициентом теплопроводности.

Коэффициент теплопроводности λ выражается в Вт/(м x К). Характеризуется количеством теплоты, проходящей в единицу времени через единицу поверхности при изменении температуры на один градус на единицу длины материала:

$$\lambda = Q / ((F \times \tau \times (t_2 - t_1) / l),$$

где Q – количество передаваемой теплоты, кДж;

F – площадь поверхности, м²;

τ – время, с;

$(t_2 - t_1)$ – разность температур, К;

l – линейный размер, м.

Коэффициент теплопроводности зависит от структуры, плотности, температуры, влажности, влагосодержания материала. С повы-

шением температуры и влагосодержания материала теплопроводность возрастает.

Зерно – плохой проводник тепла. По данным отечественных исследователей, коэффициент теплопроводности зерна пшеницы в среднем равен 0,4 Вт/(м x К), а зерновой массы – 0,1...0,2 Вт/(м x К), то есть в 2...4 раза меньше. Значительно более низкая теплопроводность зерновой массы объясняется тем, что межзерновые пространства в массе зерна заполнены воздухом, теплопроводность которого почти в 8 раз меньше, чем у зерна.

Теплопроводность зерновой массы в 3...4 раза меньше, чем у воды, и в сотни раз меньше, чем у металлов.

Температуропроводность характеризуется скоростью изменения (выравнивания) температуры в данном материале. Характеризуется коэффициентом температуропроводности (потенциалопроводности), который для зерновой массы можно определить по формуле

$$a = \lambda / (c \times \gamma),$$

где a – коэффициент температуропроводности, м²/с;

λ – коэффициент теплопроводности зерна, Вт/(м x К);

c – удельная теплоемкость, Дж/(кг x К);

γ – натура зерна, кг/м³.

Коэффициент температуропроводности зерновой массы довольно низок и колеблется в пределах $17 \times 10^{-6} \dots 19 \times 10^{-6}$ м²/с.

Коэффициент температуропроводности зависит от влажности и температуры зерна. Г.А. Егоров показал, что для зерна с повышением влагосодержания он вначале увеличивается, а затем уменьшается. А.В. Лыков считает, что здесь максимум соответствует переходу от одной формы связи поглощенного вещества к другой.

Теплоемкость – определяется количеством тепла, затраченного для нагревания тела в данном интервале температур.

Определяющее уравнение для теплоемкости тела имеет вид

$$C = Q / T_2 - T_1,$$

где C – теплоемкость тела, Дж/К;

Q – количество тепла, затраченного на нагревание тела в интервале температур от T_1 до T_2 , Дж;

T_1, T_2 – начальная и конечная температура, К.

Теплоемкость зерновой массы характеризуют удельной теплоемкостью, т.е. количеством тепла, необходимого для повышения температуры 1 кг зерна на 1 К.

Определяющим уравнением для удельной теплоемкости является следующее:

$$c = C / m,$$

где c – удельная теплоемкость, Дж/(кг x К);

C – теплоемкость зерновой массы, Дж/К;

m – масса зерна, кг.

Теплоемкость зерна зависит от его влажности. При повышении влажности теплоемкость его увеличивается, поскольку теплоемкость воды почти втрое превышает теплоемкость сухого вещества зерна, и для нагревания той же зерновой массы требуется значительно больший расход энергии. Теплоемкость зерна почти в 2 раза больше теплоемкости воздуха.

Удельная теплоемкость сухого вещества зерна примерно равна 1504...1545 Дж/(кг x К). Удельную теплоемкость зерна определяют при расчете процесса сушки и выборе максимально допустимой температуры зерна при его нагреве.

Указанные теплофизические характеристики зерна имеют важное значение для охлаждения и сушки влажного зерна с целью повышения длительности его безопасного хранения.

На основе фундаментальных исследований Казариан и Холл установили, что теплофизические свойства зерна мало зависят от температуры.

Изложенный материал позволяет сделать заключение, что зерновая масса имеет низкую теплопроводность и температуропроводность даже при изменении влажности. Это обусловлено органическим составом массы и наличием воздуха в межзерновых пространствах.

Зерновая масса в естественных условиях медленно прогревается и медленно охлаждается, то есть обладает большой теплоинерционностью. Это ее свойство имеет в процессе хранения положительное и отрицательное значения.

Положительное значение заключается в том, что благодаря большей теплоинерционности зерновая масса способна долгое время сохранять постоянную температуру. Это важно при хранении зерна в охлажденном состоянии, когда в массе зерна резко затормаживаются все физиологические процессы и, следовательно, увеличивается длительность безопасного хранения зерна.

Отрицательное значение проявляется в тех случаях, когда на хранение заложено зерно с высокой температурой или когда при определенных обстоятельствах активизируются в зерне физиологические процессы, сопровождающиеся выделением тепла. Сохранение или на-

копление тепла сопровождается сохранением или повышением температуры зерновой массы, что может привести к ее самосогреванию.

Длительность сохранения постоянной температуры зависит от условий хранения зерна и, в первую очередь, при прочих равных условиях, от высоты насыпи. В силосах температура зерна изменяется медленнее, чем в складах.

С теплофизическими свойствами зерновой массы тесно связано открытое академиком А.В. Лыковым явление *термовлагопроводности* – направленное перемещение влаги в зерновой массе, обусловленное градиентом температур. Влага из зоны с повышенной температурой вместе с потоком тепла перемещается в менее нагретые участки. Интенсивность термовлагопроводности характеризуется термоградиентным коэффициентом δ , показывающим, какой градиент влажности создается при температурном градиенте, равном единице. Если градиент влажности выразить в % / м, то δ выражается в % / К.

Явление термовлагопроводности всегда имеет место, так как в зерновой массе всегда есть перепады температур, которые являются следствием разной температуры зерна отдельных партий при формировании из них крупных партий; различия температуры стен и пола зернохранилищ и засыпаемого в них зерна; суточных перепадов температуры; влияния тепловых потоков в зернохранилищах. Явление термовлагопроводности наблюдается в зерновой массе с любой влажностью и в любом направлении.

Неравномерность влажности по отдельным участкам зерновой массы, обусловленная термовлагопроводностью, может при хранении способствовать возникновению очагов самосогревания, при сушке снижать ее эффективность.

Поэтому нужно добиваться максимального выравнивания температуры в зерновой массе, предупреждая возникновение перепадов температуры.

Теплофизические свойства муки, крупы и отрубей характеризуются низкой теплопроводностью и температуропроводностью. Поэтому, чтобы обеспечить сохранность в течение длительного времени, перед хранением их следует охлаждать.

Продуктам переработки зерна тоже свойственно явление тепло-влагопереноса. При перепаде температур влага перемещается по направлению потока теплоты и может конденсироваться. Чтобы предотвратить негативные последствия этого, нижний ряд мешков с продуктами следует укладывать на деревянные поддоны.

1.4. Физиологические свойства зерновой массы

Зерновые культуры относятся к семейству злаков (*Poaceae* или *Gramineae*). Семейство, в свою очередь, относится к отделу цветковых, или покрытосеменных растений (*Magnoliophyta* или *Angiospermae*). От всех остальных отделов высших растений, за исключением голосеменных, цветковые отличаются способностью образовывать семена, т.е. представители обоих этих отделов являются растениями семенными, в то время как все остальные растения являются бессемянными.

Семя представляет собой необычное образование. Формирование его начинается многообещающе: мужское и женское ядра сливаются с образованием зиготы, увлекая за собой три других ядра, начинается клеточное деление, формируется суспензор, поступают сахара и откладываются полимеры – казалось бы, все налажено и готово для мощного взрыва ростовых процессов, но неожиданно картина необъяснимым образом меняется. Вода уходит или испаряется, дыхание падает почти до нуля и многие клетки, сформированные вокруг зародыша, отмирают. Развитие зародыша останавливается, несмотря на наличие богатейших запасов питательных веществ в эндосперме или семядолях. Семя переходит в состояние покоя. Оно отделяется от материнского растения и становится самостоятельной единицей – зачатком нового растения. Одной из загадочных особенностей семян является их способность в какой-то момент резко и кардинально менять ход метаболизма от процессов, связанных с формированием семени и отложения запасных веществ, к процессам гидролиза этих веществ и их использования на рост зародыша при прорастании.

Ничего подобного у других растений и у животных не происходит. Твердые компоненты зерновой массы представлены в основном живыми организмами. Все живые организмы (в том числе и зерновой массы) подразделяются на три группы:

- производители – зеленые растения, которые создают органические вещества из неорганических; в зернохранилищах они представлены семенами основной культуры, дикорастущих растений и частями растений;

- потребители – позвоночные, членистоногие и др., для которых живые организмы первой группы являются пищей; к ним относятся человек, домашние животные, в зерне – вредители хлебных запасов;

- разрушители – микроорганизмы, для которых живые организмы являются субстратом для их развития; к ним относится большая группа бактерий и грибов.

В хранящейся зерновой массе производители и разрушители находятся в состоянии покоя, потребители могут присутствовать либо отсутствовать.

Внешняя среда – температура, атмосферное давление, относительная влажность воздуха, содержание кислорода и диоксида углерода – может изменяться. Под влиянием этих изменений может быть нарушен покой разрушителей. В зерновой массе активизируются процессы, которые могут привести к порче зерна.

Жизненные функции любого организма характеризуются происходящими в них обменными процессами. Интенсивность этих процессов и связанного с ними дыхания зависит от содержания воды. В зеленых растениях содержание воды доходит до 80% и более, обмен веществ в них идет активно.

Во время созревания влажность зерна снижается, замедляются обменные процессы, снижается интенсивность дыхания.

Огромное значение в жизни семян имеет способность находиться в состоянии покоя.

Различают два вида покоя. В одних случаях семена не прорастают вследствие отсутствия необходимых внешних условий (например, воды). Такой покой называют *вынужденным*. Наряду с вынужденным покоем многие семена обладают свойством не прорасти при самых благоприятных условиях, т.е. находиться в органическом покое. Этот вид покоя связан со свойствами самого семени и представляет собой снижение или полное отсутствие прорастания в условиях, обычно благоприятных для семян данного вида, или же резкое сужение диапазона условий, при которых семена могут прорасти.

Способность семян длительное время сохранять жизнеспособность, не переходя к прорастанию, представляет собой одно из наиболее важных приспособительных свойств растений. Оно позволяет им переживать неблагоприятные периоды года, поэтому в почве создается запас семян, что является важным условием сохранения видов.

Снятие органического покоя при сухом хранении семян широко распространено и является почти универсальным способом у зерновых культур.

Для семян большинства зерновых культур выдерживание при 15...20°C в течение 1-2,5 месяцев достаточно, чтобы получить максимальное прорастание.

Следует отметить, что у некоторых растений контроль над процессом прорастания практически отсутствует. Достаточно влаги по-

пасть в семена, как начинается прорастание. Так, в дождливую погоду прорастает полегшее или скошенное в валки зерно.

По завершении послеуборочного дозревания зерно находится в состоянии вынужденного покоя. Этот покой обеспечивается низкой влажностью, температурой и содержанием кислорода. Из состояния вынужденного покоя зерно выводит повышение влажности при достаточной температуре и доступе кислорода. При низкой влажности состояние покоя сохраняется в широком диапазоне температуры и содержания кислорода. Интенсивность процессов в организме колеблется под действием внутренних и внешних факторов. Наибольшие колебания связаны с действием внешней среды.

В зависимости от интенсивности процессов, происходящих в организме, А.М. Голдовский различает два состояния: жизнедеятельное и нежизнедеятельное. К *жизнедеятельному состоянию (биозу)* относят также замедленную и ограниченную (гипобиоз) жизнедеятельность. Нежизнеспособное состояние (анабиоз) – это состояние обратимого прекращения жизнедеятельности. К *нежизнедеятельному состоянию* относят также промежуточное состояние между анабиозом (абиозом) и биозом – мезабиоз (табл. 1).

Преобразования веществ в клетке могут происходить только при условии постоянного обмена веществ с окружающей средой. В этом обмене, прежде всего, участвуют вода и растворенные в ней вещества, а также газы (кислород, диоксид углерода, пары воды).

Обмен веществ является самой главной функцией живой материи, поскольку именно этот процесс поставляет все необходимые для жизнедеятельности вещества и энергию.

Таблица 1 – Характерные черты состояния организмов
(по Голдовскому А.М.)

Процессы, характеризующие состояние организмов	Нежизнедеятельное состояние		Жизнедеятельное состояние	
	Анабиоз (абиоз)	Мезабиоз	Гипобиоз	Биоз

Особенности обмена	Незначительные разрушительные процессы, не являющиеся диссимилиацией	Диссимилиация (процессы распада веществ)	Сочетания ассимиляции и диссимилиации (синтетических и разрушительных) процессов обмена веществ	
Функционирование жизнеспособных структур клеток	Не функционируют	Одностороннее катаболическое действие ферментноактивных структур	Ослабленное ограниченное	Полное
Реактивность	Отсутствует (аррелятивность)		Пониженная (гипореактивность)	Полная

В состоянии биоза сложная структура живой клетки неустойчива и для ее поддержания необходима непрерывная затрата энергии (поддерживающая энергия). Энергия необходима также и для осуществления большинства функций живой клетки (функциональная энергия).

Источником энергии служит расщепление органических веществ клетки – диссимилиация. Этот процесс расщепления (катаболический) включает множество реакций и в итоге является экзергоническим, т.е. освобождающим энергию.

Ассимиляция включает большое число реакций, по преимуществу биосинтетических (анаболических). В целом ассимиляция представляет собой эндергонический процесс, т.е. идущий с потреблением энергии.

Различают две основные формы диссимилиации – дыхание и брожение. При переходе семян к полной жизнедеятельности происходит прорастание.

Контрольные вопросы

1. Показатели качества партий зерна. Общие показатели. Обязательные показатели. Дополнительные показатели.
2. Показатели качества зерна по способам их определения.
3. Состав зерновой массы. Партия зерна. Зерновая масса.
4. Органические и минеральные примеси партии зерна.

5. Микроорганизмы, насекомые и клещи в зерновой массе.
6. Воздух межзерновых пространств.
7. Физические свойства зерновой массы.
8. Сыпучесть. Угол естественного откоса. Угол трения. Легкосыпучие и трудносыпучие продукты.
9. Характеристика продуктов на основании угла естественного откоса.
10. Самосортирование. Нормальное, асимметричное и симметричное истечения.
11. Основные виды истечения сыпучих продуктов из силоса.
12. Скважистость. Формулы для расчета скважистости.
13. Сорбционные свойства. Особенности адсорбции, абсорбции, хемосорбции и капиллярной конденсации.
14. Сорбционная емкость. Десорбция. Сорбция и десорбция различных паров и газов.
15. Гигроскопические свойства. Изменение влажности зерна при хранении в производственных условиях.
16. Термоустойчивость, теплофизические и массообменные свойства.
17. Морозостойкость зерна.
18. Теплопроводность. Температуропроводность. Теплоемкость. Термовлагопроводность. Термоградиентный коэффициент.
19. Физиологические свойства зерновой массы.
20. Живые организмы зерновой массы (производители, потребители, разрушители).
21. Жизнедеятельное и нежизнедеятельное состояние зерна. Характеристика обменных процессов, происходящих при анабиозе, мезабиозе, гипобиозе и биозе.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ЗЕРНЕ И СЕМЕНАХ ПРИ ХРАНЕНИИ

2.1. Долговечность зерна и семян

Период, в течение которого зерно и семена сохраняют свои потребительские свойства (семенные, технологические и продовольственные), называют *долговечностью*.

Различают биологическую (тот промежуток времени, в течение которого сохраняется способность к прорастанию хотя бы единичных семян) и хозяйственную долговечность (тот период хранения семян, в течение которого они остаются кондиционными по всхожести и отвечают требованиям государственного нормирования по посевным качествам).

Технологическая долговечность – это срок хранения товарных партий зерна, обеспечивающих их полноценные свойства на пищевые, фуражные или технические нужды.

Долговечность семян зависит от:

- 1) принадлежности их к тому или иному ботаническому виду;
- 2) условий обработки;
- 3) условий хранения.

Семена всех растений в зависимости от их биологической долговечности делят на 3 группы:

1. Микробиотики – сохраняют всхожесть от нескольких дней до 3 лет.
2. Мезобиотики – от 3 до 15 лет.
3. Макробиотики – от 15 до 100 лет.

Самую высокую всхожесть сохраняют семена от 3 до 5 лет.

2.2. Дыхание зерна

В хранящихся зернах и семенах энергия появляется в результате распада и преобразования содержащихся в них веществ, т.е. диссимиляции органических веществ и сахаров. Расходуемые при этом сахара пополняются в организме в результате гидролиза или окисления более сложных запасных веществ.

Диссимиляция сахаров в организме происходит аэробно, т.е. окислением или анаэробным брожением. При хранении зерна и семян в них наблюдаются оба вида диссимиляции, т.е. аэробное и анаэробное дыхание.

Аэробное дыхание характеризуется присутствием кислорода и в результате расщепления сахаров образуются H_2O и CO_2 и выделяется энергия.

Анаэробное дыхание – это типичное спиртовое брожение. Гексозы расщепляется на этиловый спирт и CO_2 . Энергия выделяется с меньшей степенью.

При нормальном хранении зерна, при достаточном доступе воздуха к зерну преобладает аэробное дыхание. Зерну свойственно и анаэробное дыхание как приспособительный фактор к неблагоприятным условиям.

В результате диссимиляции в отдельных зернах и семенах происходят изменения:

- 1) потеря в массе сухих веществ зерна;
- 2) увеличение количества гигроскопической влаги в зерне и повышение относительной влажности воздуха межзерновых пространств;
- 3) изменение состава воздуха межзерновых пространств;
- 4) выделение тепла.

Зерно и семена, отделенные от растений, не обладают способностью восстанавливать вещества, теряемые при дыхании, следовательно, их дыхание при хранении ведет к потере органических веществ, т.е. убывает масса сухих веществ. Вода, выделяемая в процессе дыхания, удерживается зерном и увеличивает его влажность. Это приводит к интенсивному газообмену и создает предпосылки для развития микроорганизмов. Влагонасыщенность воздуха межзерновых пространств может возрасти до предела и приводить к образованию кондиционной влаги на поверхности зерен (отпотевание). В покая-

щихся зернах почти все тепло выделяется в окружающую среду, а образующееся в зерновой массе тепло вследствие плохой теплопроводности остается в зерновой массе и способствует самосогреванию.

2.3. Факторы, влияющие на интенсивность дыхания зерна при хранении

При хранении на зерно оказывают воздействие:

1. Факторы, влияющие на интенсивность дыхания в любой зерновой массе: влажность, температура и степень аэрации.
2. Факторы, имеющие существенное значение только при хранении отдельных партий зерна, имеющих специальные особенности.

Значение этих факторов

1. Влажность зерновой массы. Чем зерно влажнее, тем интенсивнее оно дышит. Интенсивность дыхания очень сухого зерна с влажностью 11-12% практически равна нулю. Зерно с влажностью 30% и более, находящееся в неохлажденном состоянии при доступе воздуха, теряет в массе сухого вещества в сутки 0,05-0,2%.

Температура. Снижение температуры значительно ослабляет интенсивность дыхания всех живых компонентов зерновой массы и способствует увеличению сроков ее сохранности. Чем ниже температура, тем меньше интенсивность дыхания. Основным источником холода является суточный перепад температуры воздуха и обработка массы активным вентилированием.

При температуре зерна 5°C и ниже жизнедеятельность всех компонентов зерновой массы резко снижается, а в зерне с влажностью до 16% полностью прекращается. Однако у сырого зерна в таких случаях происходит замерзание свободной воды и образующиеся кристаллы льда вызывают разрыв клеток. Весной в переохлажденных партиях зерна возможно сильное отпотевание и пластовое самосогревание, поэтому семенное зерно не охлаждают ниже 3-5°C.

Газовый состав воздуха межзерновых пространств. Только в присутствии кислорода возможно аэробное дыхание зерновой массы повышенной влажности. Это прежде всего относится к семенам, имеющим критическую влажность или выше ее.

На жизнеспособность сухого зерна даже большие концентрации CO_2 и полное отсутствие кислорода не оказывают существенного влияния длительное время.

При длительном хранении насыпи без перемещения и искусственного продувания в межзерновых пространствах иногда создаются условия для накопления CO_2 и потери O_2 . Это зависит от степени герметичности хранилища.

Поскольку при анаэробном дыхании выделение тепла уменьшается в 30 раз и не могут активно развиваться микроорганизмы, герметизация зерновой массы и хранение ее без доступа кислорода является одним из технологических приемов консервации сырого зерна.

2. Из факторов, имеющих значение для отдельных партий зерна, необходимы следующие:

- состояние зрелости;
- условия уборки и транспортировки урожая;
- целостность зерна;
- энергия дыхания;
- выполненность и крупность зерна.

1) Недозрелые зерна и семена обладают значительно большей интенсивностью дыхания, чем нормально вызревшие. Зерновая масса с незрелыми семенами крайне неустойчива и легко подвергается порче.

2) При неблагоприятных погодных условиях резко снижается стойкость зерна при хранении, вследствие физиологической особенности зерна. Зерно, прошедшее стадию прорастания на корню, а затем высушенное, также обладает повышенной интенсивностью дыхания. Меньшая стойкость подточенных и начавших прорасти зерен является следствием активации ферментов в начальных стадиях прорастания и развития на зерне микроорганизмов.

3) Нарушение целостности зерна, повреждение оболочек, дробление на части приводит к увеличению интенсивности дыхания. Объясняется это явление механическим раздражением клеток, большой пораженностью битых зерен микроорганизмами и более свободным доступом воздуха к клеткам.

4) Наибольшая энергия дыхания наблюдается у сортов кукурузы, имеющих крупные зародыши.

5) Щуплые зерна дышат значительно интенсивнее, чем выполненные и крупные, так как у них большая активная поверхность. Щуплые зерна обладают большей гигроскопичностью, чем выполненные.

2.4. Послеуборочное дозревание

Дозревание заключается в повышении жизнеспособности семян, их всхожести и энергии прорастания, в некоторых случаях – в улучшении технологических качеств.

Факторы, влияющие на послеуборочное дозревание:

- влажность;
- температура;
- степень аэрации;
- состав воздуха и межзерновых пространств.

1. Послеуборочное дозревание происходит, если синтетические процессы в семенах преобладают над гидролитическими при низкой влажности зерна. Для успешного совершения послеуборочного дозревания зерна влажность должна быть уменьшена до критической или в ее пределах. Улучшение качества зерна является следствием комплекса биохимических процессов, происходящих в клетках и тканях зерна при его низкой влажности. В свежееубранном зерне повышенная влажность приводит к увеличению поверхностной активности.
2. Семена дозревают при положительной температуре +15°С,+30° С.
3. Ускорить процесс дозревания можно применением воздушно-солнечной сушки.
4. Наиболее короткий срок дозревания у семян, хранившихся в среде кислорода. Наиболее длительный – в азоте. Воздух при дозревании: подводит к семенам кислород и одновременно способствует отводу тепла и влаги. Послеуборочное дозревание зависит от сорта семян.

2.5. Прорастание зерна и семян при хранении

Прорастание при хранении недопустимо. Факторы, при которых возможно прорастание: влага, воздух и тепло.

Развитие семени начинается с набухания, т.е. с физиологического процесса, при котором влага поглощается гидрофильными коллоидами (белками и крахмалом). Объем зерна увеличивается. Степень набухания, а также его интенсивность зависят от химического состава зерна, проницаемости его оболочек. Семена, богатые белками, могут поглощать до 150% влаги от их веса; богатые углеводами – до 80%;

богатые жирами – до 140%. Семена могут прорасти при низких положительных температурах.

Основным фактором, тормозящим процесс прорастания, является более низкая влажность семян, чем требуется для прорастания. Максимально возможной равновесной влажности 30–36% недостаточно для начала процесса прорастания. В результате прорастания происходит потеря сухого вещества, выделение значительного количества тепла, ухудшение качества зерна.

Контрольные вопросы

1. Долговечность зерна и семян.
2. Биологическая, хозяйственная и технологическая долговечность.
3. Факторы, влияющие на долговечность семян.
4. Классификация семян по их биологической долговечности.
5. Аэробное и анаэробное дыхание зерна.
6. Процессы, происходящие при диссимиляции в зернах и семенах.
7. Факторы, влияющие на интенсивность дыхания зерна при хранении.
8. Послеуборочное дозревание. Факторы, влияющие на послеуборочное дозревание.
9. Прорастание зерна и семян при хранении.

3. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В ЗЕРНОВОЙ МАССЕ ПРИ ХРАНЕНИИ

3.1. Влажность

Вода в зерне является важнейшим фактором всех биологических и физико-химических процессов, а также технологического достоинства. Многогранность функций воды в зерне с охватом всех его тканей и соединений означает обязательное участие воды в формировании физических, биологических и физико-химических свойств и признаков зерна.

Формы и энергия связи воды со скелетными веществами зерна различны. В соответствии с классификацией, предложенной академиком П.А. Ребиндером, различают три формы связи влаги с материалом: химическую, физико-химическую и физико-механическую.

Химически связанная влага входит в состав молекул материала в точных количественных соотношениях. Вода как таковая исчезает и входит в состав нового вещества. Энергия связи влаги очень велика и выделить такую воду можно путем химического воздействия или прокаливанием материала.

Физико-химически связанная влага представляет собой адсорбционно и осмотически связанную влагу. Она входит в состав материалов в различных не строго определенных соотношениях. При этом

вода меняет свои свойства. Энергия связи средней интенсивности. Вода может быть удалена из материала высушиванием.

Физико-механически связанная влага представляет собой структурно связанную влагу, находящуюся в микро- и макрокапиллярах, и влагу смачивания. Энергия связи низкая. Вода механически удерживается в зерне. Основная масса физико-механически связанной влаги является свободной и сохраняет свои свойства. Удаляется при высушивании. Физико-механически связанную влагу называют *свободной*.

Содержание воды в зерне характеризуется *влажностью*. Стандартное определение влажности: *влажность* – это физико-механически и механически связанная с тканями зерна вода, удаляемая в стандартных условиях определения. Е.Д. Казаков считает, что правильнее будет такое определение: "Влажность зерна – биологически, физико-химически и физико-механически связанная с тканями зерна вода, удаляемая в стандартных условиях ее определения".

Вода, обладающая пластичностью и богатством форм физико-химического взаимодействия с жидкими веществами клетки, приобретает такое же, как белок, изначально первостепенное значение в обмене веществ, лежит в основе всех жизненных процессов зерна как всякого живого организма.

Жизнедеятельность зерна возможна лишь при наличии достаточного количества свободной влаги. Наоборот, анабиоз возможен при отсутствии свободной влаги. Различные соотношения свободной и связанной влаги обуславливают промежуточные состояния (мезабиоз, гипобиоз).

Во время роста и развития растения вода играет чрезвычайно важную роль. Она является основой жизнедеятельности живого организма. Это наиболее важный компонент живой клетки. Все синтетические процессы происходят в жидкой среде.

Вода также является участницей многих биохимических реакций, происходящих в организме. Все гидролитические реакции в растениях происходят с обязательным участием воды. Вода является конечным продуктом при окислительных процессах.

Не менее важна в растениях роль воды как терморегулятора. Обладая высокой теплоемкостью и теплотой парообразования, вода стабилизирует температуру организма, позволяет ему противостоять вредному воздействию резких колебаний температуры.

Обезвоживание семян при созревании переводит их в состояние, близкое к анабиозу. В то же время вода является вредным фактором, приводящим к порче хранящегося зерна.

При достижении зерном "критической" влажности оно переходит от анабиоза к мезабиозу, при этом начинаются диссимиляционные процессы, которые усиливаются с увеличением влажности зерна. При определенной влажности в благоприятных условиях начинаются синтетические процессы, заканчивающиеся прорастанием.

Существующими ГОСТами установлены четыре состояния зерна по влажности: сухое, средней сухости, влажное, сырое.

Сухое зерно находится в состоянии неполного анабиоза. Полный анабиоз возможен при глубоком высушивании и обычных температурах, а также при охлаждении до низких температур или при сочетании высушивания и охлаждения.

В природе полный анабиоз встречается при благоприятном сочетании условий внешней среды. Известны случаи сохранения жизнеспособности семян растений, находящихся в полном анабиозе в течение многих лет.

При неполном анабиозе разрушительные процессы имеют место, но протекают они с небольшой интенсивностью. Жизнеспособность сохраняется при этом в течение длительного времени, хотя и менее длительного, чем при полном анабиозе.

В природе часто встречается неполный анабиоз, так как в атмосфере всегда содержится влага, вследствие чего глубокое высушивание и переход к полному анабиозу становится невозможным.

Зона полного и неполного анабиоза характеризуется наличием только связанной воды. Связанная вода является плохим растворителем, находится под большим давлением и по своим свойствам приближается к свойствам твердого тела. Поэтому при наличии только связанной влаги биохимические процессы прекращаются (при полном анабиозе) или протекают с очень слабой интенсивностью (при неполном анабиозе).

Переход от неполного анабиоза к полному и наоборот происходит постепенно, резкой границы между этими состояниями нет.

При достижении влажности критического уровня (средней сухости) в зерне появляется свободная влага, биохимические процессы усиливаются, в интенсивности дыхания отмечается скачок.

Само понятие "свободная влага" является довольно условным. Эта влага менее прочно, чем связанная, удерживается зерном.

Е.Д. Казаков отмечает, что в зерне нет свободной воды, т.е. воды, не связанной с его тканями. Вся вода в зерне с той или иной степенью прочности связана с сухим скелетом зерна.

Состояние анабиоза при охлаждении связывается с исключением свободной воды из биохимических взаимодействий в клетке при замерзании воды и превращении ее в формы, подобные льду.

Переход к анабиозу с сохранением жизнеспособности при охлаждении возможен лишь при сохранении целостности жизнеспособных структур. Если организм содержит небольшое количество влаги, находящейся в связанном состоянии, то он может выдержать температуры, даже близкие к абсолютному нулю. В сухом состоянии жизнедеятельные структуры устойчивы к охлаждению. Чем ниже влажность организма, тем до более низких температур он может быть охлажден для перехода в состояние анабиоза.

При охлаждении организмов, содержащих значительные количества воды, происходят побочные процессы, которые могут вызвать разрушение жизнеспособных структур. К таким процессам можно отнести:

- во-первых, образование кристалликов льда, которые могут вызвать механические повреждения структур;

- во-вторых, уменьшение количества воды, приводящее к повышению концентрации солей во внутриклеточном содержимом, что может оказывать неблагоприятное химическое воздействие на вещества структур;

- в-третьих, из-за неодинакового влияния охлаждения на разные жизненные процессы возможно нарушение их согласованности;

- в-четвертых, в сложных организмах возможно нарушение связей отдельных органов друг с другом.

При полном анабиозе ферментативные процессы, по-видимому, не протекают, газообмен не обнаруживается. В случае доступа кислорода воздуха возможны лишь медленные, чисто химические процессы окисления веществ.

Однако при существующих условиях хранения воздушно-сухих семян (при неполном анабиозе) дыхание семян является неизбежным. Необходимо лишь снижать его интенсивность до минимума, чтобы уменьшить потери.

Переход от анабиоза к жизнедеятельности при увлажнении сухого зерна связан с появлением свободной влаги. При превышении влажности зерна, соответствующей верхнему уровню анабиоза, резко увеличивается интенсивность дыхания. С повышением влажности

увеличивается набухание геля, повышается количество свободной воды в промежутках остова геля, усиливается связь промежутков.

Если в зерне содержится воды больше, чем необходимо при анабиозе, но меньше, чем это необходимо для прорастания, зерно находится в состоянии мезабиоза. В этом состоянии отмечается односторонний обмен, заключающийся в разрушительных диссимиляционных процессах, при отсутствии или незначительной ассимиляции. При этом не исключается наличие "местных" процессов синтеза в отдельных участках клеток, например, в ходе набухания, но эти местные синтезы не имеют характера той нормальной ассимиляции, которая охватывает всю клетку и в сочетании с диссимиляцией является основой жизнедеятельности при гипобиозе и биозе.

При длительном пребывании в мезабиозе организмы отмирают. Объясняется это тем, что жизнеспособные структуры клеток разрушаются, во-первых, в результате ферментативных процессов диссимиляционного характера, во-вторых, вследствие сильного поражения микроорганизмами.

При мезабиозе саморегулирующаяся система клеток не действует, односторонние диссимиляционные процессы, по-видимому, не могут подавлять микробы, нет полной ответной реакции на их вторжение, поэтому организм поражается микроорганизмами. При хранении влажного зерна поражение его микроорганизмами играет решающую роль в ухудшении его качества.

Сам факт отмирания организмов при задержке в мезабиозе указывает на особый характер этого состояния. Повышение интенсивности дыхания зерна приводит к ускорению отмирания.

Состояние мезабиоза оказывается патологическим, если пребывание в нем более длительно, чем в природных условиях.

При достижении определенной степени набухания протоплазмы клеток (верхняя граница мезабиоза) наступает переход к жизнедеятельности. Переход от анабиоза, вызванного низкими температурами, к жизнедеятельности происходит путем возвращения организма к обычным для его жизнедеятельности температурам.

Естественно, что при переходе от анабиоза к жизнедеятельности кроме воды и тепла нужен кислород.

Переход высохшего зерна к жизнедеятельности происходит не сразу, нужно время, чтобы образовались продукты распада запасных веществ, снизилась вязкость протоплазмы, произошли процессы, уст-

раняющие помехи к прорастанию (например, присутствие ингибиторов роста).

Из всего вышесказанного можно заключить, что на хранение следует закладывать сухое зерно.

Однако даже в сухой зерновой массе влажность отдельных зерен может колебаться от 8...10 до 40% и более. Такой разброс по влажности можно объяснить в первую очередь неоднородностью зерновой массы по спелости. Более зрелое зерно имеет более низкую влажность.

При созревании зерно проходит две фазы:

– первая фаза – восковая спелость; эндосперм восковидный, упругий, оболочки желтые, влажность до 30%;

– вторая фаза – твердая спелость: эндосперм твердый, на изломе мучнистый или стекловидный, оболочки плотные, кожистые, окраска типичная, влажность снижается до 8...16% (может достигать до 22%).

Установлено, что даже в пределах одного колоса влажность зерна различается. Н.И. Соседов приводит данные о том, что влажность зерен пшеницы в пределах одного колоса варьирует от 10,2 до 42,6%. При этом наиболее влажные зерна расположены в верхней и нижней частях колоса. При хорошей погоде в последующие от начала уборки урожая дни различия по влажности отдельных зерен в колосе значительно сглаживаются.

Неоднородность по влажности усугубляется тем, что семена в поле прорастают неодновременно: чем хуже качество посевного материала, тем неоднороднее зерновая масса по спелости и по влажности. Если ждать, когда созреют все колосья, то осыпание зерна, происходящие в нем процессы могут привести к механическим и биологическим потерям.

Кроме того, влажность зерен на поле зависит от времени суток. Наиболее влажные зерна ночью и утром, а наиболее сухие и однородные по влажности – в период с 11 до 17 часов.

На неоднородность зерновой массы по влажности большое влияние оказывают содержащиеся в ней зеленые части растений, семена сорных трав, влажность которых может достигать до 70% и более.

По данным ВНИИЗ, в первые 18 часов после уборки в зерновой массе за счет сорбционных процессов происходит перераспределение влаги, в результате чего влажность зерна может значительно повыситься.

Происходит выравнивание влажности и между отдельными зернами. Н.И. Соседов и сотрудники показали, что влага от сырого зерна к сухому легче всего передается контактным путем. Но влажность зерновой массы не становится однородной из-за явления сорбционно-

го гистерезиса. Несмотря на самое тщательное перемешивание, зерно, имевшее первоначально высокую влажность, всегда остается на 1,5...2,0% более влажным, чем смешанное с ним сухое зерно.

При отсутствии непосредственного контакта между сухими и влажными зернами перераспределение влаги происходит за счет перемещения воздуха межзерновых пространств. При этом процесс перераспределения влаги происходит значительно медленнее.

Выравнивание влажности ускоряется при тепловой сушке и активном вентилировании зерна.

Повышенная влажность зерновой массы или отдельных ее частей приводит к интенсификации диссимиляционных процессов в самом зерне, усилению жизнедеятельности микроорганизмов. Это приводит к снижению или полной потере всхожести, уменьшению массы зерна, накоплению тепла, повышению температуры, влажности и в конечном счете к глубокой порче зерновой массы.

В заключение следует остановиться на том, что при работе с зерном экономические затраты напрямую зависят от его влажности.

Расчеты показывают, что при перевозке зерна влажностью 14,5% в вагоне грузоподъемностью 70 т приходится оплачивать перевозку двух тонн "лишней" воды, по сравнению с перевозкой этого же зерна влажностью 12%.

Кроме того, натура зерна зависит от влажности – чем выше влажность, тем ниже натура. Поэтому для более влажного зерна необходима большая емкость, чем для более сухого.

При повышении влажности сыпучесть зерна снижается. Это влечет за собой увеличение высот этажей зернообрабатывающих предприятий.

3.2. Температура зерна

Общие положения. Известно, что влажность и температура зерна являются основными, определяющими факторами интенсивности биохимических и микробиологических процессов в хранящейся зерновой массе.

В практике хранения зерна важно добиться замедления его жизненных функций. Это достигается при снижении температуры и называется термоанабиозом. Различают два вида термоанабиоза: психроанабиоз (хранение при температурах, близких к 0°C) и криоанабиоз (хранение при температурах ниже 0°C). В практике хранения зерна преимущественно используется психроанабиоз. В некоторых случаях,

обычно в северных регионах страны, может использоваться и криоанабиоз. Иногда психроанабиоз называют первой степенью охлаждения зерна, а криоанабиоз – второй степенью охлаждения. Естественно, что от степени охлаждения зависит интенсивность всех физиологических процессов в зерновой массе.

Температурные границы, жизнедеятельности зерновой массы. Пониженные температуры замедляют жизнедеятельность всех живых компонентов зерновой массы – семян основной культуры, других культурных и дикорастущих растений, микроорганизмов, насекомых и клещей. Благоприятная температура для обменных процессов всех этих компонентов лежит в интервале значений от 15 до 40°C.

На основании многочисленных данных о влиянии температуры зерна на интенсивность его дыхания можно констатировать, что при температуре около 0°C интенсивность дыхания зерна снижается до практически неуловимых значений, что еще раз подтверждается данными ВНИИЗ. Установленная закономерность характерна для зерна любой влажности. Н.П. Козьмина отмечает, что даже при содержании воды до 25% и выше охлаждение до температуры, близкой к 0°C, настолько тормозит процесс дыхания, что он уже не может оказать отрицательного влияния на хранящееся зерно. При этом и биологические потери резко снижаются.

Охлаждение зерна с 25 до 10...15°C понижает величину биологических потерь более чем в 4 раза, а до 5°C – в 35 раз.

Влияние температуры на свойства зерновой массы

Ранее указывалось, что критическая влажность зерна, выше которой появляется слабосвязанная влага и резко возрастает интенсивность дыхания зерна, определяет границы устойчивого его хранения. Критическая влажность зерна не является постоянной величиной.

Она значительно увеличивается с понижением температуры, так как от температуры зависит равновесная влажность зерна. По данным И.Я. Бахарева, равновесная влажность зерна различных культур повышается на 1,4% при снижении температуры с 30 до 0°C. Следовательно, температура влияет на гигроскопические свойства зерна и на изменение уровня критической влажности в процессе хранения.

Изменение многих свойств зерна в зависимости от температуры хранения является следствием интенсивности его жизнедеятельности.

При повышенных температурах в зерновой насыпи даже при непродолжительном хранении влажного и сырого зерна происходит на-

столько интенсивная жизнедеятельность зерна и микроорганизмов, что она приводит к глубокому изменению свойств зерна: изменяется его цвет, оно теряет блеск и может потемнеть, изменяется запах зерна – от нормального до амбарного и гнилостного, уменьшается сыпучесть зерновой массы вплоть до полной ее потери, снижается скважность зерновой насыпи, снижается натура зерна и т.д. Ухудшаются практически все свойства зерна. Изменения свойств тем сильнее, чем дольше хранится зерно при повышенной температуре.

При пониженных температурах в пределах первой степени охлаждения свойства зерна практически не изменяются. В то же время охлаждение сырого зерна до второй степени (промораживание) может привести не только к потере его всхожести вследствие гибели клеток зародыша, но и к изменению физических свойств зерна, оно может полностью потерять сыпучесть, превратиться в сплошной смерзшийся монолит, не поддающийся традиционным технологическим операциям.

В процессе теплового воздействия зерно может снизить исходное качество и полностью потерять жизнеспособность.

Зависимость максимально допустимой температуры зерна от влажности в общем виде выражают уравнением

$$\theta = \theta_0 - (K \times W),$$

где θ – максимально допустимая температура зерна при влажности W , °С;

θ_0 – максимально допустимая температура зерна при влажности $W = 0$, °С;

K – коэффициент, зависящий от свойств зерна.

θ_0 может достигать 100...120°С. Коэффициент K при $W = 20...30\%$ равен 2...2,5.

Если зерно находится в нагретом состоянии небольшое время, например, в пневмогазовых рециркуляционных зерносушилках, нагревание допускается на 5...10°С выше, чем в зерносушилках шахтного типа.

Влияние температуры на потребительские достоинства зерна

Изменения показателей качества зерна под влиянием температуры и влажности приводят в конечном счете к изменению потребительских достоинств зерна. В общем виде влияние температуры на

потребительские достоинства зерна на основании многочисленных исследований можно представить следующим образом:

- охлаждение зерна до температуры $0...10^{\circ}\text{C}$ способствует сохранению качества зерна и семян практически любой влажности;

- промораживание зерна повышенной влажности может привести к потере всхожести и энергии прорастания зерна, что снижает его семенные достоинства;

- при температурах $15...30^{\circ}\text{C}$ в свежесобранном зерне с низкой влажностью проходят процессы послеуборочного дозревания, в нем заканчиваются процессы вторичного синтеза, что приводит к улучшению всех показателей качества зерна;

- при температурах выше 15°C в зерне с повышенной влажностью преобладают процессы гидролиза, интенсифицируются процессы жизнедеятельности всех компонентов зерновой массы, начинается самостимулирующийся процесс самосогревания с дальнейшим увеличением температуры и влажности зерна. В зерне происходят глубокие биохимические и микробиологические изменения, которые могут привести к полной потере качества зерна и его порче. Глубина этих изменений зависит от температуры зерна и длительности процесса;

- непосредственное термическое воздействие (сушка) может оказывать разнообразное влияние на зерно. При оптимальных режимах ускоряется послеуборочное дозревание, повышаются всхожесть и энергия прорастания зерна, улучшаются мукомольные и хлебопекарные качества, сохраняется питательная ценность, улучшается товарный вид зерна;

- при превышении предельных значений основных параметров процесса сушки качество зерна может ухудшиться вследствие разрушения под действием высоких температур белкового, углеводного, липидного комплексов, ферментов, витаминов. Может произойти также закал оболочек, подгорание зерна, резко увеличиться трещиноватость зерна крупяных культур.

Источники повышения температуры в зерне

Температура хранящегося зерна различна как во времени, так и в пространстве. В отдельных участках зерновой насыпи она постоянно изменяется под действием различных процессов и факторов. Для правильной работы с зерном, прогнозирования изменений температуры зерновой массы и проведения соответствующих технологических

операций необходимо знать, по каким причинам может измениться температура хранящегося зерна.

Основные источники повышения температуры в зерне следующие: температура окружающей среды и жизнедеятельность компонентов зерновой массы.

Температура зерновой массы в период заготовки и уборки зерна напрямую зависит от температуры воздуха. В южных регионах температура зерна в этот период составляет 20...30°C и даже больше. При такой температуре в свежесобранном зерне (особенно с повышенной влажностью) начинается процесс самосогревания, и температура зерна быстро возрастает.

Из внешних источников тепло очень медленно проникает в зерновую массу, поэтому суточные колебания температур атмосферного воздуха сказываются только на глубине нескольких сантиметров периферийных слоев насыпи зерна и практически не сказываются на поведении его при хранении. Сезонные колебания температуры атмосферного воздуха вызывают изменения температуры зерна на глубине нескольких метров (2...3), они в конечном счете могут привести к перераспределению влаги в массе хранящегося зерна за счет термопроводности и интенсификации процессов жизнедеятельности в отдельных участках зерновой насыпи.

Основным источником повышения температуры в хранящейся зерновой массе является дыхание ее живых компонентов. Большая часть тепла, выделяемая при дыхании, задерживается в зерновой массе вследствие низкой тепло- и температуропроводности, и именно эта теплота является главной причиной самосогревания. Как правило, тепло аккумулируется в локальных местах тепловыделения (с повышенной физиологической активностью зерновой массы), что может привести к очаговому самосогреванию.

Существенной причиной повышенной температуры зерна в насыпи является сушка. Температура зерна после сушки не должна превышать более чем на 8...10°C температуру атмосферного воздуха. Так как сушка зерна проводится преимущественно в период его уборки и заготовки при высокой температуре атмосферного воздуха, особенно в южных регионах, после сушки зерно имеет повышенную температуру, физиологическую активность и поэтому необходимо принимать меры по его охлаждению.

Итак, одним из определяющих факторов состояния зерновой массы в процессе хранения является температура.

3.3. Самосогревание зерновых масс

Дыхание живых компонентов зерновой массы сопровождается выделением тепла. Вследствие плохой тепло- и теплопроводности образующееся тепло может задерживаться в ней и приводить к самосогреванию (или самонагреванию). Таким образом, самосогревание зерновой массы – следствие ее физиологических свойств.

Температура зерновой массы при запущенных формах самосогревания достигает 55...65°C, а в редких случаях 70...75°C. Затем зерновая масса постепенно естественно охлаждается. Однако вышеперечисленные качества и потеря массы сухих веществ на несколько процентов приводят к тому, что теряются все потребительские свойства. Зерна и семена темнеют («обугливаются»), зерновая масса теряет сыпучесть и превращается в монолит. Полностью утрачиваются посевные хлебопекарные и другие технологические качества. В некоторых случаях зерно приобретает токсические свойства.

Даже при меньшей температуре (25...30°C) заметны ухудшения качества и потеря массы сухих веществ на несколько процентов. Вот почему необходимо понимать процесс теплообразования в зерновой массе, уметь своевременно обнаруживать начало процесса и быстро его ликвидировать. Конечно, самое правильное – организовать хранение зерновых масс так, чтобы исключить возможность самосогревания. Образование и накопление тепла в зерновой массе происходит вследствие следующих причин: интенсивного дыхания зерна основной культуры, а также зерен и семян, входящих в состав примесей; активного развития микроорганизмов; интенсивной жизнедеятельности насекомых и клещей.

Перечисленные источники теплообразования очень существенны. Однако самосогревание может быть вызвано жизнедеятельностью одних микроорганизмов, среди которых важнейшие и устойчивые продуценты тепла – плесневые грибы. Обладая огромной интенсивностью дыхания и теплообразовательной способностью, развивающийся мицелий использует на свои нужды всего 5...10% освобожденной энергии. В результате жизнедеятельности самого зерна, когда различными приемами с его поверхности удаляют микрофлору, даже при довольно высокой влажности (20% и несколько более) самосогревание не наблюдается. Для примера приведем данные А. Миэ о повышении

температуры в стерильных и нестерильных, сильно увлажненных, начавших прорасти семенах подсолнечника. Они хорошо иллюстрируют роль микрофлоры в теплообразовании в зерновой массе.

При массовом развитии в насыпях зерна клещей и насекомых им принадлежит существенная роль в теплообразовании. Она особенно заметна, когда влажность зерновой массы низка, и это не позволяет активно развиваться микроорганизмам. Насекомые служат причиной самосогревания партий сухого зерна в тропической и субтропической зонах, когда температура зерновой массы близка к оптимальной для их развития. При температуре 25...35 °С и влажности зерна пшеницы 9...17% интенсивность дыхания долгоносиков превышает интенсивность дыхания зерна в 20...130 тыс. раз (показатели рассчитаны на 100 г сухого вещества зерна и 100 г жуков). Существенную роль в образовании тепла во влажных и неохлажденных зерновых массах играют и клещи. Велика также роль семян сорных растений.

Развитие процесса самосогревания и его виды

Развитие самосогревания характеризуется типичной кривой. Если по оси ординат точно фиксирована температура, то по оси абсцисс срок развития процесса выражают в часах, сутках или неделях при сохранении характера кривой. Это объясняется тем, что скорость развития процесса зависит от состояния зерновой массы, ее влажности, физиологической активности и т.д. Например, в свежесобранном зерне с повышенной влажностью, значительным содержанием примесей и более высокой первоначальной температурой (15...20°С) процесс развивается очень быстро. При меньших влажности и температуре зерновой массы развитие самосогревания замедляется, и нижний отрезок кривой по продолжительности выражает в неделях.

Необходимо обратить внимание еще на начальную температуру возникновения процесса. Самосогревание начинается в зерновой массе или каком-то ее участке при температуре не ниже 10°С. Это объясняется малой способностью к газообмену и генерации тепла живыми компонентами зерновой массы при низкой положительной температуре. При более высоких температурах возрастает термогенез, образование тепла превышает его отдачу в окружающее пространство и в зерновой массе возникает очаг самосогревания. Затем тепло перемещается на соседние участки насыпи, что, в свою

очередь, способствует активации физиологических процессов и теплообразованию. При запущенных формах самосогревания вся зерновая масса, помещенная в бункер, склад или силос элеватора, оказывается в греющемся состоянии.

Быстрое нарастание температуры в зерновой массе при любом начальном темпе самосогревания происходит, когда ее температура достигает оптимальной для мезофильной микрофлоры и особенно плесневых грибов (25...30°C). В данных условиях резко повышается интенсивность дыхания зерна и семян. Таким образом, идущий вверх отрезок кривой от 25...30 до 50...60°C характеризует быстрое развитие процесса. После достижения температурного максимума, при котором прекращается жизнедеятельность даже самых теплолюбивых (термофильных) бактерий, самосогревание прекращается, но зерновая масса оказывается совсем испорченной.

В начале самосогревания увеличивается численность микрофлоры, и прежде всего за счет *E. herbicola*. С повышением температуры в интервале 24...35°C общее количество микроорганизмов уменьшается и на смену появляются микрококки и плесневые грибы. Дальнейшее повышение температуры сопровождается вытеснением *E. herbicola*, бурным развитием микрококков, плесневых грибов и спорообразующих бактерий при значительном снижении общей численности микроорганизмов. Если процесс самосогревания останавливают сушкой или охлаждением на каком-то этапе, соответственно этому будет и микрофлора зерновой массы.

Характеризуя процесс самосогревания, принято подразделять его на три вида: гнездовое, пластовое и сплошное.

Гнездовое самосогревание. Может возникнуть в любой части зерновой массы в результате одной из следующих причин: увлажнение какого-то участка зерновой массы при неисправности крыш или недостаточной гидролизации стен хранилищ; засыпка в одно хранилище (или закроем) зерна с различной влажностью, в результате чего создаются очаги (гнезда) повышенной влажности; образование в зерновой массе участков с повышенным содержанием примесей и пыли (а следовательно, и микроорганизмов) в результате ссыпания вместе резко разнородного по содержанию примесей зерна; скопление насекомых и клещей на одном участке насыпи.

Пластовое самосогревание. Получило свое название потому, что греющийся слой возникает в насыпи зерна в виде горизонтального или вертикального пласта. В зависимости от того, в каком участке

насыпи образуется греющийся пласт, различают самосогревание верховое, низовое и вертикальное. Природа любого пластового самосогревания одна и та же, оно происходит вследствие термовлагопроводности, свойственной зерновой массе. Перепады температур, испытываемые периферийными частями насыпи, создают условия для перемещения и конденсации влаги. Поэтому пластовое самосогревание возникает недалеко от поверхности насыпи или в слоях, близко находящихся от пола и стен хранилища.

Верховое самосогревание. Чаще всего наблюдается поздней осенью и весной. Даже при небольшой высоте насыпи (1...1,5 м) греющийся слой образуется на расстоянии 15...25 см от поверхности, при большей высоте он возникает на глубине 70...150 см. Верховому самосогреванию осенью особенно подвержено свежееубранное зерно, если его своевременно недостаточно охладили. При таких условиях вследствие активно протекающих физиологических процессов воздух межзерновых пространств нагревается и увлажняется. Поднимаясь в верхние участки насыпи, он соприкасается с несколько охладившимся верхним слоем зерна, в результате чего происходит конденсация водяных паров. Температура увлажнившегося слоя, особенно его нижней части, еще благоприятна для развития микробов и способствует усилению жизнедеятельности самого зерна.

Весной и в начале лета температура внутренней части зерновой массы низкая, зимняя, а поверхностные слои прогреваются теплым воздухом, возможны также конденсация водяных паров и усиленное развитие физиологических процессов. Весеннее верховое самосогревание особенно характерно для теплой ранней весны после зимы с большими морозами. При резком перепаде температур верховое самосогревание в данный период наблюдается в сухих и даже длительно хранившихся зерновых массах. При верховом самосогревании в связи с тепломассообменными свойствами зерновой массы температура ее внутренних участков, находившихся ниже греющегося слоя, повышается медленно.

Низовое самосогревание. Развивается горизонтальным пластом в нижней части зерновой массы на расстоянии 20...50 см от пола. Это наиболее опасный вид пластового самосогревания, так как тепло, образующееся в нижних участках насыпи, легко перемещается в лежащие выше слои, и вся зерновая масса за короткий период подвергается самосогреванию. Низовое самосогревание обычно воз-

никает ранней осенью при загрузке свежееубранного неохлажденного зерна в склады с холодными полами.

Вертикальное самосогревание. Более характерно для зерновых масс, хранящихся в металлических бункерах, силосах элеватора, но встречается и в складах при увлажнении какой-либо стены, соприкасающейся с зерновой массой. Иногда такое самосогревание вызывается охлаждением или нагревом одной из стен склада. При хранении семян в закромах одна из стен которых наружная, может произойти вертикально-пластовое самосогревание. Оно исключается, если стена закрома на 50...60 см удалена от наружной стены склада.

Сплошное самосогревание. Характеризует такое состояние, при котором греется вся зерновая масса, кроме самых периферийных участков. Сплошное самосогревание возникает сразу в зерновых массах с высокой влажностью, содержащих большое количество различных примесей, в том числе частей растений и недозревших зерен. Даже кратковременное хранение осенью такого зерна насыпью слоем 1 м без немедленного охлаждения приводит к бурному развитию процесса. Колебания температуры, обнаруживаемые в том или ином участке, существенной роли не играют.

В связи с возможностью возникновения самосогревания в любой зерновой массе и в различных ее участках, а также вследствие резко отрицательного влияния процесса на качество зерна и семян необходимо систематическое наблюдение за состоянием хранимых партий. Низкая температура в насыпях свидетельствует о благополучном хранении. Начавшийся процесс самосогревания сам по себе не прекращается и проходит все стадии повышения температуры. Только активное вмешательство человека с применением тех или иных технических средств обеспечивает его ликвидацию. Самосогревание должно быть выявлено своевременно и прекращено в самом начале.

Не всякое повышение температуры зерновой массы свидетельствует о начале самосогревания. Зерновые массы обладают большой тепловой инерцией. Поэтому установленная в какой-то момент температура насыпи, заметно отличающаяся от температуры воздуха в складе, может быть следствием тепловой инерции.

3.4. Микрофлора

Место микроорганизмов в живой природе. В живой природе сейчас клеточные организмы делят на 5 царств: *Monera* (прокариоты,

находящиеся на самом примитивном уровне клеточной организации), *Protista* (микроскопические, в основном одноклеточные организмы), *Plantae* (растения), *Animalia* (животные), *Mycota* (грибы), различающиеся способом питания.

Различают типы питания:

- фототрофный (*Plantae*: растения, водоросли, *Monera*: цианобактерии (синезеленые водоросли))
- осмотрофный (*Mycota*: грибы, *Monera*: цианобактерии (синезеленые водоросли))
- голозойный (*Animalia*: животные, *Protista* – простейшие).

Микроорганизмы – мельчайшие, невидимые невооруженным глазом живые организмы, которые объединены общими признаками. Основной признак – чрезвычайно малые размеры от нескольких микрометров (10^{-6} м) до 0,1 микрометра.

Большинство микроорганизмов – одноклеточные, но встречаются и многоклеточные, однако дифференциация клеток на ткани и органы у них отсутствует. При благоприятных условиях клетки бактерий могут делиться через каждые 20-30 минут, время удвоения клеток дрожжей *Saccharomyces* – около 1,6 ч.

Большое разнообразие физико-биологических свойств позволяет микроорганизмам расти на различных питательных средах и в разных условиях. Микробы встречаются повсюду – в воздухе, в воде и в почве. Особенно много микроорганизмов в почве. Из-за жизнедеятельности микроорганизмов органические остатки (растения, умершие животные и насекомые и др.) превращаются в минеральные вещества, необходимые для питания растений. Микроорганизмы в почве, разлагая белковые вещества, повышают плодородие почвы, так как продукт их жизнедеятельности (аммиак) окисляется нитрифицирующими бактериями вначале до азотистой, а затем и до азотной кислоты. Соли же азотистой кислоты – нитраты – усваиваются высшими растениями. Многие микроорганизмы фиксируют азот из воздуха, обогащая тем самым почву, что повышает урожайность сельскохозяйственных культур.

Роль микроорганизмов почвы и ризосферы в питании растений.

Симбиотрофизм растений и микроорганизмов

Рост и развитие растений, формирование на них плодов и семян происходит в условиях среды, насыщенной микроорганизмами. Известно, что почва особенно богата различными представителями

микробиологического мира. При любом методе учета микробного населения почвы обнаруживают в 1 г ее от нескольких десятков миллионов до миллиардов различных представителей микрофлоры. Колебания в пределах этих больших величин зависят от вида почвы, ее структуры, плодородия и других причин. Как правило, чем больше содержится в почве органических остатков, тем больше в ней и микроорганизмов. Так, в одном грамме подзолистой почвы на целине содержатся 300...600 млн микробов, а в одном грамме окультуренных черноземов и сероземов – до 3 млрд.

Установлено, что на участках почвы, окружающих корни растений, в ризосфере, микробное население во много раз больше, чем на участках, удаленных от корней.

Повышенное содержание микроорганизмов в ризосфере растений объясняется тем, что для них в зоне корней создаются благоприятные условия для пищевых (трофических) связей растений с микроорганизмами (симбиотрофизм). Растения выделяют через корни органические соединения (сахара и кислоты), корни сбрасывают отмершие клетки эпидермиса, отмирают корневые волоски и отдельные участки корней. Вся эта органическая среда способствует развитию микроорганизмов.

Экспериментально доказано, что часть микробного населения почвы (некоторые бактерии и грибы) из ризосферы постепенно переходит на наземные органы растений – стебли и листья – и развивается на них. Такие микроорганизмы питаются продуктами жизнедеятельности растений, выделяемыми ими на поверхность своих тканей, либо проникают во внутренние части растения. Первые не способны наносить заметный вред растениям и за свое существование на поверхности их органов получили название *эпифитных*. Вторые, развиваясь, вызывают определенные заболевания растений, угнетают или губят их совсем, т.е. являются типичными *паразитами*.

Видовой состав микроорганизмов зерновых масс

Как указывает профессор Л.А. Трисвятский, в составе каждой партии зерна обязательно находят такие группы микроорганизмов, как различные бактерии и плесневые грибы. Во многих образцах находят актиномицеты и родственные им организмы, а также дрожжи.

По образу жизни, а следовательно, и воздействию на зерновую массу встречающиеся в ней микроорганизмы можно условно разделить на три группы:

- сапрофитные,
- фитопатогенные,
- патогенные для животных или человека.

Подавляющую часть микробов в зерновой массе составляют сапрофиты, т.е. микроорганизмы, нуждающиеся в различных органических соединениях. Некоторые из представителей этой группы способны при известных условиях питаться органическими веществами зерна и его частями, а в процессе питания частично или полностью разрушать зерно, изменяя его физические свойства и химический состав.

В отдельных аномальных партиях зерна обнаруживают фитопатогенные микроорганизмы, вызывающие заболевания растений и их отдельных органов.

Совсем редко в зерновую массу попадают микроорганизмы, патогенные для животных или человека. Однако возможность их наличия в зерновых массах должна учитываться в практике работы с зерном.

Сапрофитные микроорганизмы:

- дрожжи: белые и розовые из рода *Torula*, дрожжи верхового брожения (сахаромицеты);
- плесневые грибы (полевые грибы): *Alternaria*, *Cladosporium*, *Dematium*, *Trichothecium* и др.;
- бактерии: картофельная палочка, сенная палочка, гнилостная палочка; бактерии кислотных брожений; кокки; микрококки;
- бактерии хранения мукоровые: *mikor mucedo* и др;
- бактерии хранения аспергивные: *A. niger*, *A. glaucus* и др.

Микроорганизмы, патогенные для животных или человека:

- бактерии, вызывающие заболевания у животных и у человека (зоонозы): возбудители туляремии, бруцеллеза, сибирской язвы, сапа и др.
- бактерии, вызывающие болезни у человека: возбудители столбняка, газовой гангрены и др.
- грибы, вызывающие микозы у человека и животных.

Фитопатогенные микроорганизмы:

- бактериозы, вызывающие щуплость зерна: *Bact. translucens*, *Bact. Atrofaciens*;
- микозы: различные виды головни злаковых, спорынья;
- различные виды фузариума: *Nigrospora*, *Diplodia*, *Zeal* и др.

К типичным эпифитам отнесены микроорганизмы, населяющие здоровые растения в процессе их развития, в ходе формирования зерна. Остальные сапрофитные микроорганизмы, попадающие на растения и зерно из почвы случайно (с воздухом, пылью или осадками) и

при уборке урожая, отнесены к прочим сапрофитам. При известных условиях некоторые сапрофиты обладают способностью вести полупаразитический образ жизни на растениях, и поэтому абсолютно строгого разграничения быть не может. Так, к полупаразитам могут быть отнесены некоторые грибы, например, *Alternaria*.

Изменение качества хранящихся партий зерна могут вызывать только сапрофитные микроорганизмы и некоторые полупаразитные микроорганизмы, которые (находясь в благоприятных условиях) могут существенно ухудшить качество зерна. Другие группы микроорганизмов в зерновых массах могут влиять на эффективность их использования в качестве флоры кормов, муки, крупы и др.

Жизнедеятельность микроорганизмов

Ежегодно в мировом хозяйстве при хранении теряют 1...2% сухих веществ зерна в результате активной жизнедеятельности его микрофлоры, главным образом бактерий и плесневых грибов. Потери массы сопровождаются и огромными потерями качества.

Наибольшее воздействие микроорганизмов наблюдают в зонах с повышенной влажностью, когда убираемый урожай представляет благоприятную среду для развития сапрофитной (в том числе и эпифитной) микрофлоры. Несвоевременное доведение зерновых масс до состояния, исключающего развитие микроорганизмов, вызывает потери массы и качества зерна, и в первую очередь его посевных достоинств.

Факторов, влияющих на состояние и развитие сапрофитных микроорганизмов, очень много. Решающее значение имеют: средняя влажность зерновой массы и влажность ее отдельных компонентов (основного зерна, примесей и воздуха межзерновых пространств), температура и степень аэрации. Существенную роль играют целостность и состояние покровных тканей зерна, его жизненные функции, количество и видовой состав примесей. Здесь приведен минимум сведений, необходимых для правильной организации хранения зерновых масс.

Свойственная зерновой массе микрофлора сохраняется длительное время даже в условиях, исключающих ее активное развитие. Правда, численность микроорганизмов постепенно уменьшается, видовой состав изменяется в процентном отношении.

В свежееубранном зерне к типичным эпифитным бактериям, образующим споры, относятся представители семейства *Entruhanteriacae* (род *Erwinieae*) и *Pseudomonadaceae* (род *Pseudomonas*). Среди них преобладает *E. herbicola* – подвижная мелкая (1...3 мкм) палочка (факультативный анаэроб), создающая плотных средах колонии золотистого цвета. В значительно меньших количествах присутствуют *P. fluorescens* – тоже палочки (строгие аэробы), образующие на плотных средах бесцветные или сероватые колонии, вызывающие флюоресценцию среды. Иногда на зерне находят *E. herbicola rubrum*, создающие колонии красноватого цвета.

Перечисленные бактерии не могут разрушать (гидролизовать) оболочки зерна и не участвуют непосредственно в его порче. Лишь в свежееубранной зерновой массе, обладая большей способностью к газообмену, они выделяют много тепла, чем и способствуют возникновению самосогревания.

Эпифитные бактерии гибнут при активном развитии на зерне кокковых форм и плесневых грибов. Это позволяет считать *E. herbicola* биологическим индикатором, характеризующим состояние зерновой массы. По ее содержанию судят о свежести данной партии зерна и продолжительности ее хранения.

Спорообразующие бактерии в зерновой массе представлены главным образом картофельной (*Bac. meseniericus* и сенной (*Bac. subtilis*) палочками (считают что они идентичны). Будучи типичными сапрофитами и обладая высокоустойчивыми спорами, эти палочки сохраняются в зерновой массе длительное время. В единичных экземплярах бактерии всегда обнаруживаются на свежееубранном и хранившемся зерне. Относительная численность их сильно возрастает при длительном хранении, а в партиях сильно запыленного или подвергавшегося самосогреванию зерна резко возрастает и абсолютная численность.

Картофельная и сенная палочки активно участвуют в процессе самосогревания и форсируют его в зоне высоких температур (30...40°C). Споры их очень устойчивы: они выдерживают нагревание до 109...113°C в течение 45 мин, а кипячение – несколько часов. При помолу зерна значительная часть их попадает в муку. Если споры не подавляют в процессе приготовления теста (для этого повышают его кислотность), то при выпечке хлеба они сохраняются. При известных условиях (медленном охлаждении хлеба после выпечки или хранении его при повышенных положительных

температурах) палочки бурно размножаются в мякише, хлеб портится. Такой порок печеного хлеба называют тягучей, или картофельной, болезнью. При ее развитии мякиш теряет упругость, делается липким и тянущимся, в нем появляются тонкие серебристые нити, образуются очень неприятные запах и вкус. Хлеб становится не пригодным для употребления. Разрушение хлеба и образование запаха происходят под действием активных ферментов, гидролизующих белки и крахмал.

Микрофлора зерновой массы почти полностью состоит из аэробных микроорганизмов, количество строгих анаэробов в ней ничтожно. В связи с этим при хранении в обычных хранилищах (складах и даже силосах элеваторов), на токах и в бунтах при других благоприятных факторах (температуре и влажности) всегда существуют условия для развития микробов. Только полная герметизация зерновой массы и отсутствие запаса в ней кислорода исключают возможность развития аэробных микроорганизмов.

Основную часть микрофлор зерновой массы составляют мезофильные микроорганизмы (минимум развития при температуре 5...10°C, оптимум – при 20...40 и максимум – при 40...45°C). Следовательно, понижение температуры зерновых масс при хранении до 8...10°C и ниже значительно задерживает развитие микроорганизмов.

Низкие температуры оказывают в основном лишь консервирующее действие на микрофлору. Часть ее, например, многие плесневые грибы, может медленно развиваться в этих условиях и даже при более низкой температуре (0...5°C). Некоторое снижение всхожести сырых семян кукурузы при температуре 5°C объясняется в основном не действием низкой температуры, а результатом повреждения зародыша плесневыми грибами. Однако для этого требуются месяцы.

Влажность – важнейшее условие, определяющее возможность развития микроорганизмов в зерновой массе. При относительно равномерном распределении влаги в зерновой массе интенсивное развитие микроорганизмов наблюдают только при влажности выше критической. Чем больше свободной влаги в зерне и примесях, тем интенсивнее развиваются микроорганизмы. Но в связи с тем что среди микробов, находящихся в зерновой массе, присутствуют ксерофиты, мезофиты и гидрофиты, динамика развития отдельных представителей микрофлоры зависит от важности зерна.

Наименее требовательны к влаге плесневые грибы. Их активное развитие при других благоприятных условиях (оптимальной температуре, доступе кислорода и др.) возможно при влажности зерна ос-

новых культур 15... 16% и более, так как среди плесневых грибов, распространенных на зерне, много ксерофитов (*Aspergillus restrictus*, *Asp. glaucus*, *Asp. repens*, *Asp. Candidas*) и мезофитов (другие виды *Aspergillus*, *Penicillium*, представители муконовых, кладоспориум, альтернария и др.). Колонии бактерий и дрожжей образуются только при влажности 18% более.

Некоторые плесневые грибы-ксерофиты способны медленно развиваться в зерне с влажностью на уровне критической и даже менее ее. Это особенно заметно при температуре, близкой к оптимальной (15...20°C и более). Так, *Asp. restrictus* медленно развивается на зерне ржи при влажности 14...15%. Все ксерофиты из рода *Aspergillus* растут на зерне кукурузы при влажности 13... 14%, постепенно воздействуя на зародыш.

Очень важный и решающий фактор в начальный период развития микроорганизмов – неравномерность распределения влаги в зерновой массе. При средней влажности, не выходящей за уровень критической, в ней возможны более увлажненные участки. Это особенно характерно для свежесобранной зерновой массы, где влажность компонентов (отдельных зерен, семян сорных растений и т.д.) может быть различной.

Исключительно благоприятные условия для бурного развития микроорганизмов создаются при образовании в зерновой массе конденсационной (капельно-жидкой) влаги. Она появляется на поверхности зерен и очень хорошо используется бактериями и спорами плесневых грибов. В данном случае возможно развитие микроорганизмов при влажности зерновой массы ниже критической. Таким образом, снижение влажности зерна до уровня ниже критической и предупреждение образования в зерновой массе капельно-жидкой влаги – надежное средство защиты от активного воздействия микроорганизмов.

Травмированные зерна (дробленые, колотые, с поврежденными оболочками и т.д.) способствуют активному развитию микроорганизмов. При нарушении покровных тканей внутренние части зерна становятся доступными для питания многих микроорганизмов, не способных разрушать клетчатку, ускоряется развитие плесневых грибов.

На численность микрофлоры, ее видовой состав и возможность развития влияют количество и состав примесей: чем больше примесей в зерновой массе, тем значительнее и ее насыщенность микроорганизмами. Особенно обильной микрофлорой отличаются испорчен-

ные и битые зерна, органический и минеральный сор. В зависимости от засоренности зерновой массы пшеницы от 31 до 66% микрофлоры находится в примесях.

Решающее влияние на состояние и качество зерновой массы называют плесени хранения. Несмотря на малую численность, в свежесобранном зерне при активном развитии они занимают преобладающее положение: содержание плесневых грибов возрастает в сотни и тысячи раз, изменяются признаки свежести партии зерна, понижается всхожесть и выделяется огромное количество тепла. Кроме того, среди них имеются штаммы, образующие микотоксины. Больше всего токсинов накапливают аспергилловые грибы (например, *Aspergillus flavus* образует афлатоксины). Как в свежесобранной, так и в долго хранившейся зерновой массе всех культур сначала развиваются плесневые грибы. Они более приспособлены к существованию, чем бактерии и дрожжи, объясняется следующими свойствами плесеней: способностью размножаться при меньшей влажности зерновой массы, в том числе и относительной влажности воздуха межзерновых пространств; невысоким температурным оптимумом (20...40°C) и способностью хорошо развиваться при более низкой температуре (15...20°C); аэробным характером дыхания (при обычных способах хранения в зерновой массе достаточный запас кислорода); большим ассортиментом гидролитических ферментов, способных интенсивно воздействовать на покровные ткани зерна и содержащиеся в нем вещества.

При активном развитии плесневых грибов в зерновой массе изменяется и их видовой состав. Так называемые «полевые» плесени, характерные для эпифитной микрофлоры зерна (*Cladosporium* и др.), исчезают и вместо них развиваются типичные плесени хранения, а среди последних, прежде всего представители родов *Aspergillus* и *Penicillium*. Присутствие большого количества плесеней хранения и отсутствие «полевых» свидетельствуют о том, что в зерновой массе идут или происходили активные микробиологические процессы. Такие зерновые массы при дальнейшем хранении менее устойчивы.

Известно, что значительная часть микроорганизмов зерна при его переработке переходит в продукты – муку, отруби, крупу. При этом чем совершеннее технология подготовки зерна к помолу и развитии технологии помола, тем меньше микроорганизмов попадает, в конечном счете, в хлеб.

С массовым развитием мини-производств, в частности – мини-мельниц и мини-пекарен, широко используются упрощенные схемы

подготовки зерна к помолу и самого помола, исключаящие или плохо исполняющие операции гидротермической обработки зерна перед размолотом и поверхностной обработки зерна при его переработке. Это приводит к тому, что в готовую продукцию попадают наиболее жизнеспособные споры картофельной (*Bac. mesentericus*) и сенной (*Bac. subtilis*) палочек.

В зерновую массу в процессе уборки, помимо сапрофитов, могут попадать фитопатогенные микроорганизмы – возбудители микозов зерновых культур: твердая или мокрая головня в виде головневых мешочков или заспоренного зерна, спорынья в виде склероциев рожков, щуплое фузариозное зерно и др.

Наиболее важное место среди фитопаразитов занимают грибы. Грибные болезни зерновых культур (микозы) довольно широко распространены в природе и наносят большой ущерб сельскому хозяйству. Микозы не только резко снижают урожайность, ухудшают качество зерна и продуктов его переработки, но нередко придают им ядовитые свойства. Пищевые и кормовые отравления грибкового происхождения получили название микотоксикозов. Из числа фитопатогенных грибов наиболее частыми возбудителями микотоксикозов являются спорынья, грибы рода *Fusarium* и некоторые другие.

Особенно широко распространены головневые заболевания, встречающиеся во всех районах, где культивируют злаки. Частота заболеваний зависит от природных условий, количества выращиваемых неустойчивых к головне сортов зерновых культур, качества проводимых в хозяйствах мероприятий против головни.

Головневые грибы продуцируют в растениях-хозяевах огромное количество спор, которые обладают плотной оболочкой, состоящей из веществ хитиновой природы, пигментов, углеводов, и окрашены в черный, коричневый, желтый или фиолетовый цвета. Оболочка защищает спору от губительных факторов внешней среды: высокой и низкой температуры, обезвоживания, солнечной радиации. Споры разных видов головневых грибов могут сохранять свою жизнеспособность в течение 20 лет и более.

В настоящее время распространена *твердая (мокрая) головня* пшеницы, ячменя, ржи, возбудителями которой являются соответственно виды *Tilletia caries*, *T. hordei*, *T. secaris*. Споры твердой головни отнесены к вредной примеси, наличие головневых мешочков и головневого зерна в продовольственном зерне строго нормируется. Допустимое содержание головни в муке – не более 0,05%. Для счистки про-

довольственного зерна от мешочков и спор на мукомольных заводах применяют сепарирование воздухом и мойку. Для удаления запаха триметиламина применяют мойку и тепловую сушку зерна. Однако сухая очистка и мойка не обеспечивают необходимую чистоту семян.

Зерно, пораженное *пыльной головней*, не подлежит посеву, но может быть использовано на продовольственные и фуражные цели после специальной обработки.

Пузырчатая головня кукурузы широко распространена во всех районах кукурузосеяния и вызывает большие потери урожая. *Спорынья* не только снижает урожай, но, попадая в продовольственное и фуражное зерно, может вызвать сильные отравления человека и животных. Описано большое количество токсинов спорыньи и их производных, обладающих высокой биологической активностью. Токсины представлены в основном эрготалкалоидами, производными лизергиновой кислоты. Накопление алкалоидов в рожках спорыньи, в зависимости от влияния внешних факторов, может быть весьма различным. Этим объясняется то, что ядовитость спорыньи не всегда постоянна. Под действием света, воздуха, повышенной влажности воздуха содержание токсинов в спорынье при хранении снижается, а через 1,5-2 года полностью теряется.

Ввиду ядовитых свойств, рожки спорыньи относят к вредной примеси, содержание их в зерне, предназначенном для продовольственных целей, не должно превышать вместе с другими вредными примесями 0,05% от массы зерна.

Возбудителями болезни зерновых культур, объединенных названием *фузариозов*, являются грибы из рода *Fusarium*, относящиеся к классу несовершенных грибов. Род *Fusarium* в целом представляет обширную, биологически неоднородную группу грибов. Среди них встречаются паразиты растений, полупаразиты и сапрофиты, живущие на растительных остатках в почве.

Кроме сапрофитных и фитопатогенных микроорганизмов, на свежееубранное зерно могут попадать патогенные микробы – возбудители инфекционных заболеваний человека и животных. Наиболее вероятно попадание на зерно возбудителей болезней, способных передаваться от больных животных человеку (зоонозов). Источниками этих микроорганизмов и переносчиками инфекций на зерно являются главным образом больные сельскохозяйственные животные или животные – бактерионосители, а также грызуны и птицы.

Зерно – неблагоприятная среда для развития патогенных микроорганизмов, но в течение определенного периода зерно может выполнять роль косвенного передатчика той или иной инфекции. Несмотря на случайность попадания патогенных микроорганизмов на зерно, необходимо учитывать такую возможность. При работе с зерном следует соблюдать правила гигиены. Нужно строго выполнять специальные инструкции по очистке и дезинфекции зернохранилищ, мукомольных заводов, складов и других помещений, предназначенных для хранения и переработки зерна. Особенно строго следует соблюдать указанные меры по отношению к зерну, поступающему из районов, где отмечены случаи инфекционных заболеваний.

*Содержание микроорганизмов в зерновой массе.
Пути накопления микрофлоры в зерновой массе*

Если зерновая масса хранится в нормальных условиях, исключая возможность активного развития микроорганизмов, то наблюдается постепенное отмирание микроорганизмов в ней и изменение процентного соотношения между отдельными видами микроорганизмов.

Когда нет благоприятных условий для размножения микроорганизмов, уменьшается количество *Bact. herbicola*, сохраняются споры плесневых грибов и спорообразующие бактерии. Но даже очень длительное хранение (в течение нескольких лет) не избавляет зерновую массу от микроорганизмов. Изменение в количестве и составе микрофлоры зерна при долгосрочном хранении ведет не только к снижению общей численности микроорганизмов, но и к изменениям в качественном составе – потере бесспорных форм бактерий.

В благоприятных условиях, когда возможно развитие микроорганизмов в свежесобранном и долго хранившемся зерне всех культур, обычно прежде всего развиваются плесневые грибы из группы плесней хранения. Они более приспособлены к существованию в зерновой массе, чем находящиеся в ней бактерии, дрожжи и актиномицеты.

Микроорганизмы проникают в зерновую массу и накапливаются там различными путями, главным из которых является поступление из почвы.

Особенно богата микрофлорой почва, контактирующая с корнями растений (ризосфера), в которой преобладают неспорообразующие бактерии родов *Ezwinia* и *Pseudomonas*, маслянистые и гнилост-

ные бациллы, но содержатся и сапрофитные мицелиальные грибы, некоторые виды дрожжей, а также могут присутствовать и фитопаразиты – возбудители болезней растений.

В колосья и на зерновки микроорганизмы из почвы, из воды и воздуха заносятся ветром, осадками, мигрирующими насекомыми, грызунами и птицами, а также в процессе вегетации – когда микроорганизмы из ризосферы переходят на надземную часть растений, поселяются на стеблях, листьях и переходят на завязь и созревающее зерно в колосе.

Накопление микрофлоры в зерновой массе при ее хранении происходит из-за близости температурно-влажностных условий хранения к критическому уровню условий развития микроорганизмов, из-за дефектности зерна (наличия испорченных, травмированных и др.), степени начальной заселенности микрофлорой и продолжительности хранения (в аэробных условиях).

Начальное количество микроорганизмов в зерновой массе зависит от способов и условий уборки, транспортировки к месту хранения, хранения перед обработкой и послеуборочной обработки зерна.

Так, обсемененность зерна различными микроорганизмами может резко возрасти в процессе уборки, особенно при прямом комбайнировании, так как пыль, песок, почва и сорные примеси попадают сразу в зерновую массу, собираемую в бункер.

Раздельная уборка позволяет собирать зерно более вызревшее, более сухое и с меньшим содержанием примесей, так как зерно вымолачивается из валков, в которых значительная часть примесей (особенно наиболее заселенные микроорганизмами частицы земли) уже просыпалась на землю.

При транспортировке убранного урожая к местам временного хранения (перед послеуборочной обработкой зерна и формированием партий) количество микроорганизмов в массе зерна может значительно увеличиться из-за загрязненности транспортных средств, используемых погрузочных механизмов (которые травмируют зерно) и из-за увлажнения осадками.

Условия временного хранения зерна также могут существенно изменить количество микрофлоры в нем. Так, например, временное хранение зерна на площадках, предварительно не обеззараженных, не защищает его от пыли и осадков, которые могут вызвать даже само-

согревание и прораствание зерна. Временное хранение зерна под навесами и в зерноскладах также может вызвать бурное развитие в нем микроорганизмов: при закладке зерна на хранение в профилактически не обеззараженные помещения, при наличии проникновения осадков через крышу, при температуре зерна более 25°C, при влажности зерна более 20%, при наличии большого количества травмированных и (или) неполноценных зерен и при значительной продолжительности временного хранения.

Содержание микроорганизмов в зерновой массе сильно зависит также и от условий и технологии послеуборочной обработки зерна – сушки, очистки, охлаждения и др. Чем меньше будет травмироваться зерно, тем меньше будет содержание сорной и зерновой примесей, чем меньше будет влажность зерна по сравнению с его равновесной влажностью, чем меньше будет температура сохраняемого зерна, чем меньший урон зерну причинят разные (особенно насекомые) вредители хлебных запасов и чем более зрелое зерно будет заложено на хранение, тем меньше неспорообразующих микробов останется в зерновой массе, а число спорообразующих стабилизируется на одном уровне.

*Зерновая масса – ценный питательный субстрат
для микроорганизмов*

К типичной зерновой микрофлоре относят грибы родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* и некоторые другие. Подобные грибы редко выявляют на созревающем и свежееубранном зерне, но зачастую обнаруживают на хранящемся зерне, что при определенных условиях становится основной причиной его самосогревания и порчи. Указанная группа грибов получила название плесеней хранения. Условное деление грибной флоры зерна на полевые грибы и плесени хранения основано на их различии в потребностях к содержанию воды в субстрате. Если полевые грибы – гидрофилы, то многие виды грибов рода *Aspergillus* нетребовательны к влаге (ксерофилы) и могут развиваться при влажности, совпадающей с нижним стандартным уровнем того или иного продукта (зерна). Исследования тысяч образцов зерна хлебных злаков (ячменя, пшеницы, овса, риса, сорго, кукурузы и др.), взятых из промышленных хранилищ, показали, что с начальными стадиями его порчи были постоянно связаны ксерофилы (*Aspergillus restrictus* и *Aspergillus glaucus*), способные развиваться при критической и ниже критической влажности зерна.

Отмечено, что ксерофильные виды чаще развиваются на сухих субстратах. Другие, более требовательные к влаге виды плесеней хранения развиваются позднее, когда вследствие роста ксерофилов возрастает влажность зерновой массы. Такие грибы, как *Asperus fumigatus*, *Asp. niger* начинают развиваться при достижении хранящимся зерном равновесной влажности, соответствующей относительной влажности воздуха 90% и более.

3.5. Вредители хлебных запасов

Видовой состав распространенных на территории России вредителей хлебных запасов включает в себя ряд видов животных (как беспозвоночных, так и позвоночных), группы некоторых видов клещей, насекомых (некоторых видов жуков и бабочек), птиц (воробьев и голубей) и млекопитающих – мышевидных грызунов.

Вредители широко распространены по всем климатическим зонам России и наносят огромный вред. Хранящееся зерно и зерновые продукты являются превосходной средой обитания и одновременно пищей для насекомых и клещей. Они обладают высокой степенью приспособляемости к условиям обитания, большой плодовитостью и сравнительно коротким циклом развития.

Для большинства насекомых – вредителей хлебных запасов, характерна способность к круглогодичному размножению при наличии пищи, благоприятной окружающей температуры и влажности. Короткий цикл развития от яйца до жука (1-3 месяца), высокая плодовитость (от 300 до 1200 яиц в течение жизни), большое количество поколений в год при оптимальных условиях жизни обеспечивают катастрофически быстрое нарастание численности насекомых и клещей.

Насекомые, в отличие от грызунов, хорошо приспособлены для жизни в сыпучей зерновой массе. Большинству из них свойственно явление *танатоза*: при механическом раздражении вредители поджимают ноги и усики и становятся совершенно неподвижными. Это спасает их от повреждений при перемещении зерна.

Мягкие личинки долгоносиков, точильщиков, некоторых бабочек развиваются внутри зерна и не травмируются. Личинки насекомых, развивающихся в межзерновом пространстве, защищены твердым хитиновым покровом.

Для мышевидных грызунов, особенно для крыс, характерны высокая видовая пластичность (высокий уровень приспособляемости к

изменяющимся условиям их жизни), высокая внутривидовая организованность и даже способность к самообучению.

Для птиц (особенно для воробьев) также характерна быстрая приспособляемость к изменяющимся условиям жизни.

Известно около 40 основных видов насекомых и клещей, причиняющих вред зерну, хранящемуся в складах и элеваторах.

По данным ФАО (международной продовольственной организации ООН), не менее 5...10% мировых запасов зерновых культур уничтожается ежегодно вредными насекомыми.

Обследования, проведенные этой организацией еще в 1947 г., показали, что в 29 странах общие потери зерна составили более 25 млн т, из которых 50% повреждены вредными насекомыми.

Установлено, что личинка рисового долгоносика за период своего развития до окукливания превращает в углекислоту и воду 14 мг зерна и выделяет 14 мг экскрементов. Один жук-долгоносик поедает около 2/3 эндосперма зерна пшеницы.

Семена гороха, в которых гороховая зерновка прошла полный цикл развития, теряют в массе по сравнению со здоровыми семенами от 12 до 35%. При повреждении семян гороха личинками второго возраста семена теряют в массе от 2 до 5%.

Проведенные наблюдения показали, что в 1 кг пшеницы с температурой 23...24°C, влажностью 13,9% и при наличии в ней от двух до ста жуков амбарного долгоносика в течение одного месяца заметных потерь в массе не было. При наличии в одном килограмме пшеницы от 100 до 200 жуков амбарного долгоносика потери в массе в течение одного месяца составляют 4...5 г.

Зерна ржи, ячменя, пшеницы и риса, в которых развивались жуки амбарного долгоносика, теряют в массе до 50% и в большей своей части лишаются мучнистого содержимого.

Опытным путем установлено, что один жук амбарного долгоносика может съесть в течение всей своей жизни (за 200-250 дней) около одного грамма зерна, а его потомство в несколько тысяч жуков в течение одного года может уничтожить килограмм зерна.

Ощутимые потери наносят мышевидные грызуны. Одна крыса за год может уничтожить 22...37 кг зерна и во много раз больше испортить различных продуктов, мешкотары и других предметов, разрушить строения и техническое оборудование.

Большой вред запасам зерна причиняют птицы (воробьи, дикие голуби). Один воробей съедает ежедневно 12...13 г зерна.

Вредители хлебных запасов могут также вызвать потерю качества хранящегося зерна.

Вредители-насекомые выделяют большое количество тепла, достаточное для того, чтобы вызвать самосогревание партий зерна сухого и средней сухости. Кроме того, в результате их жизнедеятельности (повреждение покровных пленок зерновок, продукты выделений и др.) создаются благоприятные условия для интенсивного развития микроорганизмов, сопровождающегося выделением в окружающую среду большого количества тепла и влаги.

Одним из переносчиков бактерий, вызывающего самосогревание и порчу зерна, является амбарный долгоносик. Скапливаясь в зерне в большом количестве, долгоносики загрязняют его своими экскрементами, а выделением паров воды при дыхании вызывают повышение влажности и температуры и, как следствие, самосогревание зерна.

Зерна, поврежденные долгоносиками, становятся доступными для повреждения рыжим и суринамским мукоедами, клещами. Долгоносики ухудшают пищевые, товарные и семенные качества зерна.

Всхожесть зерна при наличии 14% зерен, поврежденных амбарным долгоносиком, снижается на 9%, при 10% поврежденных зерен – на 7%, повышается содержание зольности, азота и белкового вещества. Повышение содержания минеральных веществ в поврежденном зерне объясняется увеличением общего массового количества оболочек зерен в навеске. Повреждая зерно, амбарный долгоносик выедает его внутренние части и оставляет почти нетронутыми оболочки, имеющие в своем составе большое количество минеральных веществ. Одновременно по этой же причине в поврежденном зерне наблюдается уменьшение количества крахмала.

Некоторые вредители – клещи, гусеницы молей и огневки – питаются в поверхностном слое зерна, выедают в основном зародыш, отчего зерно теряет всхожесть. Имеются данные, что одна гусеница зерновой огневки *Ephestia elutella* Hb. за период своего развития может уничтожить до 47 зародышей пшеницы.

Семена гороха при массовом заражении гороховой зерновкой теряют всхожесть: у крупных сортов – до 55%, у мелких – до 85%.

Гусеницы мельничной и южной амбарной огневки загрязняют пищевые продукты шелковистой паутиной, которую они ткут на поверхности продуктов.

Хлебный точильщик не только поедает и загрязняет продукты, но и прогрызает мешки. При массовом заражении этим вредителем

ткань мешков настолько ослабевает, что штабели мешков с продукцией обрушиваются.

В результате вредоносной деятельности хлебных клещей сильно снижается всхожесть зерна и ухудшаются его пищевые качества.

Крысы и мыши не только уничтожают большое количество продуктов, но и являются источниками распространения среди людей и животных инфекционных болезней.

Особенно опасны в этом отношении крысы, распространяющие такую страшную болезнь, как чума. Чуму с погибшей крысы переносят на человека крысиные блохи.

Крысы и мыши также могут заразить людей туляремией, которая передается человеку клещами, паразитирующими на грызунах, а также слепнями, мухами-жигалками и домовыми мухами.

Воробьи, голуби и другие птицы, посещающие места хранения зараженных партий зерна и зернопродуктов, являются переносчиками амбарных клещей на незараженные партии зерна и зернопродуктов. Голуби являются также источниками распространения такой опасной болезни, как орнитоз.

Вредители хлебных запасов – насекомые и клещи – при благоприятных условиях для их существования интенсивно питаются, дышат и размножаются.

Насекомые и клещи находятся в зерновых массах, продуктах переработки зерна (муке, крупе, комбикормах) и хранилищах, где они расселяются в трещинах элементов конструкций (стенах опор, полах), то есть там, где возможно скопление остатков продуктов: просыпей, органической пыли и т.д. При большой зараженности хранилища насекомых легко обнаруживают даже при беглом осмотре.

Таким образом, зерно или продукты его переработки могут заразить вредители, ранее находившиеся в хранилищах. Иногда хранилище, подготовленное к приему продуктов, заражается от помещенных в него зараженных партий зерна.

Насекомые и клещи различных стадий развития могут длительное время находиться без пищи. Поэтому естественного и полного обеззараживания хранилищ, не загруженных продуктами в течение нескольких месяцев, обычно не происходит.

Повышенная влажность воздуха и температура, пониженная по сравнению с оптимальной, позволяют насекомым и клещам более длительное время существовать без пищи. Если хранилище не очи-

щено от органических остатков, зараженность сохраняется в течение года или нескольких лет.

Зерновые продукты и хранилища могут оказаться зараженными в результате заноса вредителей грызунами и птицами. На их покровах очень часто обнаруживают большое количество клещей, а иногда и мелких насекомых. Кроме того, вредители могут попасть в хранилище вместе с инвентарем и тарой, иногда их заносит сильный ветер от недалеко расположенных зараженных объектов. Поэтому необходимо соблюдать правила эксплуатации хранилищ и обращения с зерновыми массами.

Температура – важнейший фактор, определяющий возможность и интенсивность развития насекомых и клещей в зерновых продуктах и хранилищах. Нижний температурный предел активного существования перечисленных вредителей находится на уровне 6...12°C, верхний – 36...42°C. Между указанными порогами лежат оптимальные температурные точки развития каждого вида. За их пределами как в сторону низких, так и в сторону высоких температур наступает депрессия: насекомые и клещи становятся почти совсем неподвижными. При низкой температуре наступает холодовое оцепенение, при повышенной – состояние тепловой депрессии. Дальнейшее отклонение от температурных порогов приводит насекомых к гибели.

Для большинства вредителей температурный оптимум находится в пределах 26...29°C. У клещей он различается больше. Для мучного клеща оптимальны более низкие температуры (14...23°C), для клеща Родионова – 29...35°C. Отклонение от температурного оптимума в сторону повышения или понижения значительно увеличивает срок прохождения фаз развития или приостанавливает его совсем.

Среди вредителей зерна существуют более и менее теплолюбивые. Наиболее теплолюбивы зерновой точильщик, рисовый долгоносик, южная амбарная огневка, амбарная моль, суринамский мукоед и клещ Родионова. Низкий температурный оптимум характерен для притворяшки-вора и мучных клещей. При температуре 12...16°C размножение насекомых сильно задерживается, особенно увеличиваются сроки выхода личинок из яиц, продолжительность их развития.

Большинство насекомых плохо переносит температуру 10...11°C. В этих условиях прекращаются спаривание и кладка яиц, задерживается развитие всех фаз, насекомые становятся малоподвижными и вяло питаются. Длительное пребывание при низкой тем-

пературе приводит к медленному отмиранию. При температуре около 0°C наступает окоченение, а при более низкой – смерть насекомых.

Более устойчивы к пониженным температурам клещи. Мучной, удлиненный и волосатый клещи при температуре около 10°C еще питаются, размножаются и передвигаются. Однако продолжительность их эмбрионального и личиночного развития возрастает в несколько раз по сравнению с оптимальными условиями.

Нахождение в течение суток при температуре минус 15°C губельно для насекомых и клещей. Исключение составляют гипопусы, выживающие в этих условиях дольше 120 дней. Температуру минус 1...1,5°C амбарные долгоносики выдерживают более 70 дней, рисовые – 16, суринамские мукоеды – 26, хрущаки – 17 дней. Действие низкой температуры проявляется тем значительнее, чем быстрее были охлаждены зерновая масса или другие продукты, содержащие вредителей.

При температуре более 35°C прекращается кладка яиц. Температура выше 38...40°C вызывает тепловое оцепенение, более высокая (48...55°C) – гибель насекомых. Однако уничтожение вредителей высокой температурой требует довольно длительного времени и находится на границе безопасного нагревания зерновой массы, обеспечивающего сохранение ее технологических и посевных качеств. Поэтому для обеззараживания зерно и семена сушат очень осторожно.

Находясь в зерновой массе, насекомые и клещи перемещаются на участки с более благоприятной для них температурой. Это нередко приводит к повышенному образованию тепла в той или иной части насыпи. Возможность миграции учитывают и при проверке зерновой массы на зараженность. Точечные пробы отбирают из различных участков насыпи (в верхнем, среднем и нижнем слоях), каждую из них отдельно исследуют на наличие вредителей.

Меньше, чем температура, но все же существенно на развитие насекомых и клещей влияет влажность зерновой массы. Содержание воды в теле вредителей составляет 48...67%, в личинках и гусеницах – 63...70%. Поэтому только при наличии в продуктах известного минимума влаги насекомые и клещи могут существовать и размножаться.

Пополнение запасов воды в их организме совершенно необходимо в связи с потерей ее (при дыхании, выделении вместе с экскрементами и т.д.). Количество влаги в теле вредителей зависит от влажности потребляемой пищи. При влажности зерна 11...18%

содержание воды в теле жуков амбарного долгоносика изменяется от 48,29 до 53,16%. Аналогичные данные получены и по другим видам жуков. Однако у разных видов вредителей потребность во влаге неодинакова. Она зависит от вида пищи (зерно той или иной культуры, мука, крупа, отруби), температуры и других факторов.

Для более или менее длительного существования насекомым требуется меньшая влажность продукта, чем для завершения нормального цикла развития. Поэтому различают понятия: выживаемость вида при данных условиях влажности и влажность, при которой насекомые или клещи нормально размножаются.

Устойчивость насекомых при неблагоприятной температуре зависит от влажности среды, в которой они находятся. При температуре 0...10°C выживаемость амбарного долгоносика тем дольше, чем выше влажность зерна. Лишь при температуре минус 15°C долгоносики погибают независимо от влажности зерновой массы. Большинству клещей для массового развития необходима влажность выше критической.

Насекомым и клещам необходим кислород. Наиболее интенсивный газообмен наблюдается в фазе личинки и взрослого насекомого, наименьший и часто очень незначительный – у куколок.

Очень малый газообмен, а иногда и отсутствие его характерны для гипопусов клещей. При недостатке кислорода в отдельных слоях насыпи (например, может быть иногда в силосах элеваторов и высоких бункерах) насекомые и клещи перемещаются на участки, более насыщенные воздухом нормального состава, то есть к поверхности насыпи и стенам хранилища.

Примесь в зерновой массе травмированных зерен и мелких органических частиц способствует развитию насекомых (кроме проходящих фазы развития внутри зерна) и клещей. Механически поврежденные зерна и семена, их мелкие частицы и органическая пыль служат доступной питательной средой. Хлебные и волосатые клещи, многие другие насекомые не могут питаться целыми, нетравмированными зернами.

Вредители хлебных запасов предпочитают неосвещенные части насыпей продуктов и затененные участки в хранилищах. Летающие формы совершают перелеты в ночное время. Некоторые из них (большой мучной хрущак) вылетают на яркий источник света. При недостатке тепла клещи на некоторое время выползают на поверхность, обогреваемую солнцем. Однако при сильной солнечной радиа-

ции вредители перегреваются и обезвоживаются, поэтому они переползают в затененные участки.

Насекомых и клещей в хранящихся зерновых массах и самих хранилищах уничтожают различными препаратами (отравляющими, действующими на нервную систему или разрушающими хитиновые покровы). В зависимости от хозяйственных и технических возможностей применяют разнообразные средства и способы дезинсекции.

Механическими способами (например, пропуском через зерноочистительные машины, сепарированием воздуха) из зерновой массы удаляют большую часть вредителей, но полное обеззараживание невозможно. При дальнейшем хранении без создания консервирующих условий (понижение температуры и др.) зараженность вновь растет. Интенсивные или многократные механические воздействия сопровождаются травмированием зерна, и тем самым создаются благоприятные предпосылки к большему развитию вредителей.

Несмотря на различную вредоносность насекомых, развитие их в зерновых продуктах всегда очень опасно и приводит к потерям массы и качества. Наличие клещей в партиях зерна и семян также снижает их ценность, однако не связано с такими потерями и во многих случаях не ухудшает посевные качества и продовольственные свойства зерна. Это объясняется изложенными выше данными: большой потребностью во влаге, неспособностью питаться целыми, неповрежденными зёрнами и т.д.

При обнаружении зараженности единичными экземплярами клещей партии семян с влажностью до критической, хранящиеся в хозяйстве для своих нужд, вероятно, правильнее и дешевле не подвергать специальной обработке. Их можно успешно сохранить до сева, а склад подготовить к приему зерна нового урожая.

3.6. Примеси

Видовой состав примесей. Основными группами примесей в массе зерна зерновых и зернобобовых культур является зерновая примесь и сорная примесь.

Зерновая примесь – примесь неполноценных зерен основной культуры, а также зерна других культурных растений, допускаемая при приемке.

Сорная примесь зерна – примесь органического и неорганического происхождения, подлежащая удалению при использовании зерна по целевому назначению.

Для семян масличных культур, заготавливаемых и поставляемых для переработки, основными группами примесей являются масличные и сорные примеси.

В реальных условиях заготовки и поставок зерна и семян масличных культур примеси будут всегда присутствовать, так как убрать, высушить, очистить и переместить (сдать) массу зерна (семян) невозможно без того, чтобы в массу основного зерна не попали бы примеси – частицы земли, песка, травмированных зерновок, частиц растений, колосовых частиц, семян сорняков, семян неосновной культуры и др. При послеуборочной обработке (сушке) некоторая часть зерна (семян) повреждается из-за чрезмерного местного перегрева, а при уборке урожая в неблагоприятных условиях значительная часть зерна прорастает или промораживается. При нарушении условий хранения зерна и семян масличных культур могут образоваться поврежденные самосогреванием или насекомыми – вредителями хлебных запасов и клещами – целые скопления зерен и семян.

Перечень основных и особенных (свойственных данному виду зерна) составляющих зерновой и сорной примесей, особенности их составляющих фракций

Фракции сорной примеси – минеральная примесь, органическая примесь (примесь растительного и животного происхождения, в том числе части стеблей, стержней колоса, частицы листьев и др.) и вредная примесь.

Минеральная примесь – комочки земли, галька, песок и т.д. Эти примеси иногда появляются в зерновой массе при уборке урожая, когда срезающая часть машины захватывает комочки земли. Возможно попадание таких примесей и при перевозке зерна в загрязненных транспортных средствах, при хранении, если не соблюдается санитарный режим в хранилищах.

Органическая примесь. К этой группе относят части стеблей растений, стержней, колоса, остей и цветочных пленок (солома, мякина, солома и т.д.). На них скапливается много пыли и микроорганизмов, а так как она состоит в основном из одревесневшей клетчатки, то не представляет большой кормовой ценности.

Проход через сита с мелкими отверстиями (для пшеницы и ржи это сито с отверстиями диаметром 1 мм) состоит из мелких семян сорняков, кусочков семян и т.д. Эта примесь является благоприятной средой для развития вредителей зерна, а мелкие частицы минеральной примеси, содержащиеся в проходе через сита, могут придать хруст продукту. Эту примесь надлежит удалить полностью перед использованием зерна по целевому назначению.

Семена культурных растений, не отнесенные к зерновой примеси, отличаются от зерна основной культуры по химическому составу, морфологическим признакам. Попав в продукты переработки, эти семена могут ухудшить их качество.

Влияние семян дикорастущих растений на качество и сохранность было отмечено выше. Для зерна, произрастающего в разных районах страны, характерно наличие семян определенных сорняков, по которым часто можно судить о месте производства зерна.

Наряду с этим известны и сорняки-космополиты, т.е. встречающиеся всюду. Есть и сорняки-спутники, которые засоряют посевы какой-либо культуры. Будучи сходными с основным зерном по размеру, они трудноотделимы. При очистке и при посеве сорняки попадают с зерном этой культуры в почву (например, овсюг в партиях овса).

Зерна основной культуры с явно испорченным ядром (эндоспермом) – зерна загнившие, заплесневевшие, обуглившиеся, поджаренные. У таких зерен полностью обесценен эндосперм, в них могут содержаться вещества с неприятным запахом и вкусом, они могут быть токсичны, их необходимо относить к сорной примеси. Внешним признаком порчи зерна является измененный цвет оболочек, а при разрезе видно явно испорченное ядро, которое чаще всего бывает бурым, буро-коричневым, темно-коричневым или черным. Эта фракция способствует дальнейшей порче зерна при хранении, снижает его технологические качества и резко ухудшает качество получаемых продуктов.

Зерна основной культуры, изъеденные вредителями, – зерна, от которых осталась одна оболочка, поэтому они не представляют пищевой и полной кормовой ценности.

Вредная примесь – спорынья, головня, угрица, вязель разноцветный, горчак розовый, горчак-софора, мышатник, плевел опьяняющий, гелиотроп опушенноплодный и триходесма инканум (седа). Перечисленные примеси относятся к этой фракции как содержащие ядовитые для человека и животных вещества или настолько

горькие, что, попадая в незначительных количествах в муку, они придают горечь и печеному хлебу.

Состав вредной примеси полностью перечислен в стандартах на зерно.

Общее содержание сорной примеси и таких фракций в ней, как вредная, минеральная примесь, испорченные зерна данной культуры, нормируются стандартами на зерно, заготавливаемое и отпускаемое на перерабатывающие предприятия.

При покупке у сельхозпроизводителей зерна и семян масличных культур (кроме клещевины) содержание сорной примеси учитывают при натуральных скидках и надбавках к массе зерна и при денежных расчетах.

Фракции зерновой примеси – зерна, изъеденные вредителями, и битые зерна основной культуры. В этих зернах сохранилась часть эндосперма, они могут быть использованы, но они нестойки при хранении, так как быстро увлажняются, на них легко развиваются микроорганизмы и они являются доступной пищей для клещей и насекомых.

По многим государственным стандартам, введенным в последние годы, выделяют (при разборе навески) все битые и изъеденные зерна основной культуры, а затем 50% их количества относят к зерновой примеси и 50% к основному зерну.

Проросшие зерна основной культуры – это зерна с вышедшим наружу корешком или ростком или утратившие их, но деформированные вследствие прорастания и с измененным цветом оболочек.

Зерна, поврежденные самосогреванием или сушкой, заплесневевшие, с измененным цветом оболочек и с затронутым ядром (эндоспермом), нестойки для хранения отрицательно влияют на качество продуктов переработки.

Зерна основной культуры, раздутые при сушке, кроме увеличенного объема характеризуются измененной структурой оболочек и эндосперма, появлением в нем трещин и пустых полостей.

Щуплые – сильно недоразвитые зерна данной культуры, обычно меньшего размера, со складчатой поверхностью, имеют сильно развитую оболочку и слабо развитый эндосперм. Появляются в результате неблагоприятных условий созревания, например, при суховеях. При переработке партии зерна они снижают выход продукции.

Захваченные морозом зерна основной культуры – зеленые, сморщенные, белесоватые, деформированные или сильно потемневшие. Эта фракция учитывается в зерновой примеси, например, пше-

ницы. Такие зерна снижают выход продукта и ухудшают его качество. Они нестойки при хранении.

Недозрелые – зеленые зерна основной культуры (зерна с незаконченным процессом дозревания). Они появляются чаще всего как результат неоднородного развития растений в поле. В оболочках таких зерен еще имеется хлорофилл, содержатся в большом количестве водорастворимые вещества и ферменты в активном состоянии. Зеленые зерна при хранении нестойки, а при переработке снижают мукомольные качества партии зерна и отрицательно влияют на хлебопекарные достоинства муки.

Следует учитывать, что зерна многих сортов ржи, чечевицы, некоторых сортов сои и гороха имеют зеленую окраску в стадии полной спелости, но они отличаются от незрелых зеленых зерен.

Давленные зерна основной культуры появляются в результате механических повреждений. Давленные зерна являются более доступной пищей для вредителей, служат благоприятной средой для развития микроорганизмов и уменьшают выход продукции. К зерновой примеси относят зерна других культурных растений, которые по химическому составу и по использованию близки к зернам основной культуры. Например, в пшенице к зерновой примеси относят зерна ржи, ячменя и полбы.

Шелушенные зерна – это зерна, потерявшие пленки (у гречихи – плодovou оболочку). Эту фракцию учитывают только в составе зерновой примеси у пленчатых культур.

Поскольку зерновая примесь отрицательно влияет на технологические достоинства зерна и его стойкость при хранении, ее содержание нормируется при продаже зерна государству, при отпуске на перерабатывающие предприятия и при переработке.

Зерновая примесь в значительно меньшей степени, чем сорная, отражается на качестве зерна и вырабатываемых из него продуктов, тем не менее при продаже зерна производится скидка с цены при содержании ее сверх базисных кондиций. Скидка с физической массы за зерновую примесь не производится.

Сорная и зерновая примеси зерна различных культур несколько различаются, поэтому их состав подробно указан в стандартах на зерно этих культур.

Засоренность зерна определяют выделением крупных примесей из пробы анализом навески (выделенной из средней пробы) и, в слу-

чае необходимости, путем выделения вредных и особо учитываемых примесей из дополнительных навесок.

Фракции вредной примеси – грибы-паразиты (микозы) – головня и спорынья; примеси животного происхождения – нематоды, поражающие зерно; семена дикорастущих растений – плевел опьяняющий, горчак ползучий, софора лисохвостная, термопсис ланцетный (мышатник), вязель разноцветный, гелиотроп опушенноплодный, триходесма седая.

Распределение примесей в зерновой массе. Всякое перемещение зерновой массы сопровождается ее самосортированием. С практической точки зрения определение закономерностей распределения примесей в хранящейся зерновой массе необходимо, например, для разработки более объективных методов оценки качества зерна (при наблюдении за сохранностью) и технических средств – пробоотборников.

В Кубанском филиале ВНИИЗ под руководством В.И. Саулькина были проведены исследования по установлению зависимостей распределения примесей в зерновой массе, хранящейся в зерноскладе, в зависимости от культуры, исходной однородности, по высоте слоя и в площади насыпи.

Показано, что существенного различия между средними значениями содержания примесей не наблюдается, следовательно, в среднем, на содержание примесей в насыпи зерна пшеницы, заложенной на хранение в зерносклад, способ формирования насыпи зерна существенно не влияет.

Было исследовано распределение сорной и зерновой примесей в зерновых массах риса, кукурузы и пшеницы, хранящихся в зерноскладах. Установлено, что сорная и зерновая примеси в массе зерна различных культур, хранящихся в зерноскладах, распределяются случайным образом (по высоте, площади и объему насыпи) и могут быть описаны законом нормального распределения.

На основе выявленных закономерностей распределения примесей и насекомых – вредителей хлебных запасов и с учетом закономерности циклического изменения температуры и относительной влажности воздуха межзернового пространства в массе зерна различных культур можно существенно усовершенствовать существующую систему контроля качества зерна на основе отбора точечных проб из насыпи. Это позволит резко сократить (почти в 10 раз) количество точечных проб, отбираемых из насыпи, разработать схему случайного отбора точечных проб, разработать ручные пробоотборники.

Содержание и состав примесей влияет на качество заготавливаемого и поставляемого зерна, а также на формирование партий по признаку "состояние зерновых, бобовых и масличных культур", учитывающему три уровня чистоты – "чистое", "средней чистоты" и "сорное".

Кроме того, качественный уровень зерна, заготавливаемого и поставляемого, нормируется комплексом ГОСТов, в которых (в так называемых базисных и ограничительных нормах) оговаривается уровень сорной и зерновой примесей, в том числе и отдельных их фракций.

Вследствие того, что примеси заселены микроорганизмами во много раз больше, нежели зерно основной культуры, то и сохранность партии, ее устойчивость в хранении в значительной степени зависит от качества и "набора" составляющих примесей. При переработке зерна примеси не только ухудшают качество вырабатываемой из него готовой продукции, но и существенно влияют (особенно при сокращенных технологиях переработки) на санитарно-гигиеническое состояние муки и крупы.

3.7. Биологические факторы

Биологические факторы, влияющие на стойкость зерна при хранении, можно условно разделить на две группы:

- биологические факторы, определяемые природой зерна (химический состав, морфологическое и анатомическое строение);
- биологические факторы из внешних источников. К последним относят факторы неизбежные, прочно взаимосвязанные с хранящимся зерном (микроорганизмы) и слабосвязанные с зерновой массой, наличие которых можно избежать (вредители хлебных запасов).

Далее рассматриваются биологические факторы, определяемые природой зерна.

При хранении зерновых масс в производственных условиях изменения *белкового комплекса* незначительны. Четырехлетнее хранение пшеницы в силосах элеватора не ухудшает ее мукомольных и хлебопекарных свойств, содержание сырой клейковины изменяется настолько мало, что его можно считать стабильным. Свойства белков клейковины изменяются незначительно, отмечается только небольшое укрепление клейковины. При дальнейшем хранении эти изменения становятся более существенными.

На устойчивость белков при хранении влияют исходные свойства и признаки, например, стекловидные сорта пшеницы обладают большей устойчивостью белков.

Многочисленными исследованиями установлено, что при длительном хранении зерна происходит постепенная денатурация белков, что может привести к снижению его потребительских свойств и к потере семенами жизнеспособности.

В процессе хранения даже при оптимальных условиях углеводов, хотя и очень медленно, но расходуются на дыхание зерна и микроорганизмов.

Многими исследователями установлено, что при влажности зерна 15% и выше расход углеводов и, в первую очередь, крахмала, увеличивается, что приводит к снижению сухой массы зерна. Общее содержание сахаров в зерне пшеницы склонно к повышению. При хранении увеличивается содержание восстанавливающих сахаров при уменьшении количества невосстанавливающих сахаров.

Изменения углеводов в процессе хранения практически идентичны для разных культур.

Изменения в *липидном комплексе* при хранении зерна и семян могут быть следствием окислительных процессов, вызывающих прогорклый вкус и запах, а также гидролитических процессов с образованием свободных жирных кислот.

Зерно эффективно защищено от окислительного действия кислорода воздуха, так как содержит активные антиоксиданты. При хранении зерна редко наблюдается его прогоркание. При хранении же масличных культур прогоркание является серьезной проблемой.

С повышением температуры и влажности в хранящемся зерне расщепляются липазы с образованием свободных жирных кислот. Гидролиз липидных фракций зерна происходит быстрее, чем белков и углеводов, поэтому увеличение кислотного числа масла (жира) при сохранении других показателей качества зерна указывает на ненормальное состояние хранящегося зерна.

Окисление и гидролиз липидных фракций происходит и при хранении продуктов переработки зерна – муки, крупы, отрубей, комбикормов. Например, муку из цельного зерна можно хранить в течение довольно короткого срока, так как она быстро прогоркает.

Под действием жирных кислот клейковина становится чрезмерно крепкой, крошащейся, снижается и всхожесть семян.

В зерне даже с влажностью ниже критической все же протекают, хотя и медленно, процессы окислительного и гидролитического изменения липидной фракции. Существенность этих изменений зависит от количества липидов в хранящемся зерне.

Ферменты в зерне содержатся в малых количествах, но их роль в процессах хранения очень велика. Количество, состав и активность ферментов зависят в первую очередь от культуры, химического состава и состояния зерна. Активность протеолитических ферментов, например, особенно велика в зерне, пораженном клопом-черепашкой, и в муке из такого зерна. При сопоставлении протеаз зерна пшеницы, ржи и тритикале установлено, что наиболее активны протеазы ржи. Наиболее активная липаза содержится в семенах клещевины.

По мере созревания зерна и в период его послеуборочного дозревания наблюдается закономерное снижение активности ферментов. Активность ферментов зерна, хранящегося с влажностью ниже критической и при невысоких температурах, минимальна. При повышении влажности зерна все ферменты активизируются, что приводит к интенсификации жизнедеятельности зерновой массы. Особенно быстро эти процессы происходят в дефектном зерне: морозобойном, проросшем, недозрелом и т.д.

Исключительно важным свойством ферментов является обратимость их действия, открытая выдающимся отечественным биохимиком А.И. Опариным. При одних условиях фермент катализирует реакцию расщепления вещества, а при других условиях вызывает синтез веществ. Считается, что ферменты, адсорбированные протоплазмой живой клетки, осуществляют преимущественно синтез веществ, а находящиеся в клеточном соке в растворенном состоянии – гидролиз.

Вода содержится в любом зерне. Зерно и семена как объект хранения принципиально отличаются от других продуктов растениеводства тем, что при влажности 7...15% (уровень зависит от химического состава культуры) вся влага в них находится в связанном состоянии и практически не участвует в процессах жизнедеятельности (критическая влажность). Интенсивность жизнедеятельности всех живых компонентов зерновой массы повышается при влажности выше критической. Влажность имеет важное значение и при переработке зерна.

Строение зерна влияет на интенсивность процессов, происходящих при его хранении, так как химический состав и физические свойства зерна с разным *морфологическим* и *анатомическим* строением различны.

Морфологическое строение зерна различных культур в пределах групп злаковых и бобовых практически одинаково. Масличные культуры отличаются более разнообразным морфологическим строением. В то же время даже при одинаковом морфологическом строении разных культур размеры зерновок, их форма, состояние поверхности, процентное соотношение отдельных частей зерна имеют большие различия, что, в конечном счете, влияет на их стойкость при хранении.

У зерна и семян не только разных сортов, но и в пределах одного сорта, интенсивность дыхания и стойкость при хранении может быть различны. Наибольшей интенсивностью дыхания обладают семена с более крупным зародышем. Сорта мягких пшениц обычно дышат более интенсивно, чем твердых. Этим объясняется различная стойкость при хранении зерна одной и той же культуры.

Следует отметить, что в пределах групп зерновки некоторых культур (овес, рис, просо, ячмень, сорго) покрыты сверху цветочными чешуями (пленчатые культуры). Они имеют большую механическую прочность, цветочные пленки в некоторой степени препятствуют проникновению в ядро микроорганизмов, повреждению зерна вредителями хлебных запасов, что служит положительным фактором сохранности зерна.

В то же время в пленчатых культурах замедляется процесс тепло- и влагообмена между зерном и воздухом межзернового пространства. В некоторых случаях это положительный фактор (при увеличении относительной влажности воздуха межзернового пространства влажность зерна будет повышаться медленнее), а в других – отрицательный (медленнее подсыхает и охлаждается зерно при активном вентилировании, увеличивается расход энергетических затрат при сушке, быстрее возрастают влажность и температура при активизации жизнедеятельности зерна, быстрее идет самосогревание и т.д.).

Тепло- и влагообмен, характер физиологических и микробиологических процессов в зерновой массе зависят от ее скважистости. Для практики обработки и хранения зерна важна не только общая скважистость, но и структура скважин. Например, скважистость зерновой массы пшеницы, гороха, проса, льна примерно одинакова (35...45%), а структура скважин различна. Небольшие по размерам межзерновые пространства у мелкосеменных культур имеют и небольшие по сечению каналы, которые затрудняют перемещение по ним воздуха. В первую очередь это вызывает повышение энергетических затрат при активном вентилировании. При хранении такого зерна все процессы

тепло- и влагообмена замедлены, что имеет практическое значение при хранении зерна.

К биологическим факторам сохранности следует отнести и *специфические особенности некоторых культур*, в первую очередь масличных и риса. Наиболее лабильной фракцией, реагирующей на условия хранения, является липидная фракция, что и вызывает особенности в хранении маслосемян. В.Г. Щербаков отмечает, что в масличных семенах, имеющих повышенную влажность, гидролитические процессы достигают огромной интенсивности. Обилие запасных веществ для этих процессов приводит к индуцированному синтезу гидролитических ферментов, активность их резко возрастает. В результате гидролитического распада масла посевные и технологические качества семян понижаются. Вследствие активирования фермента липазы и усиления гидролиза жиров образуются свободные жирные кислоты, в масло начинают переходить нежировые вещества, изменяющие его цвет, вкус и запах. Масличные семена требуют немедленной обработки после уборки и в первую очередь снижения влажности ниже критической. При хранении масличных семян требуется особенно тщательный контроль за их состоянием – влажностью и температурой.

Рис-зерно является специфической культурой для хранения. Основными показателями качества риса-зерна продовольственного назначения являются органолептические признаки, содержание зерен с пожелтевшим эндоспермом, общий выход крупы, в том числе целого и дробленого зерна, а также кулинарные достоинства. На общий выход крупы, целого и дробленого ядра влияет прочность и стекловидность зерновки. В эндосперме риса в процессе уборки, сушки, транспортировки и хранения появляются микротрещины, возрастает трещиноватость, что обуславливает образование дробленого ядра при обрушивании и шлифовании зерна.

Для сохранности качества риса-зерна требуются особые условия хранения. Неблагоприятные условия приводят к увеличению мучнистости эндосперма, снижению прочности ядра, что сказывается на результатах переработки. Глубокие изменения в липидном комплексе риса-зерна, хранящегося с повышенной влажностью и температурой, могут вызвать посторонний запах и неприятный привкус. При хранении сырого и влажного риса-зерна с повышенной температурой в нем быстро появляются продукты распада белковых веществ (свободные аминокислоты) и углеводов (восстанавливающие сахара) как под дей-

ствием собственных ферментов, так и за счет ферментного аппарата микроорганизмов, и в первую очередь плесневых грибов. Появление в зерне риса свободных аминокислот и восстанавливающих сахаров создает условия для протекания меланоидиновой реакции, приводящей к появлению желтой окраски эндосперма. Поэтому даже кратковременное хранение риса-зерна повышенной влажности в конечном счете приведет при дальнейшем хранении к появлению пожелтевших зерен. Для сохранения качества риса-зерна его влажность должна быть снижена до 13...14%. Температура хранения 10...20°C тормозит, но не прекращает пожелтения эндосперма риса-зерна повышенной влажности при последующем хранении. Главным способом предохранить рис от пожелтения является его немедленная тепловая сушка до влажности 13...14% и хранение при пониженных температурах.

На качество хранящегося зерна существенно влияют биологические факторы из внешних источников, такие, как грибы, дрожжи, бактерии, насекомые, клещи, грызуны и птицы. Степень порчи зерна в значительной степени зависит от интенсивности развития этих факторов, типа и состояния зернохранилища. Вполне понятно, что воздействие внешних биологических факторов на зерно необходимо максимально ограничивать.

Старение зерна

Действие биологических факторов сохранности, глубина процессов, происходящих в зерне, зависят как от условий, так и от продолжительности хранения. Вопросы долговечности и старения зерна изучались многими исследователями. Как отмечалось ранее, зерно и семена очень стойки при хранении, могут сохранять качество в течение многих лет. Тем не менее, хранящееся зерно, как и любой живой организм, постепенно стареет, что проявляется в снижении его всхожести и технологических достоинств. Постепенные биологические изменения запасных веществ зерна и их взаимодействие вызывает старение зерна. Полного и однозначного объяснения причин потери семенами жизнеспособности при длительном хранении пока нет. Н.П. Козьмина считает, что одним из биохимических механизмов старения семян, потери ими всхожести является прекращение транскрипции РНК и репликации ДНК. При увеличении срока хранения зерна уменьшается содержание РНК и ДНК в его зародыше. Например, зародыш овса после семи лет хранения проявляет пониженную

способность к синтезу простых белков. Высокомолекулярные альбумины совсем не синтезируются, а часть простых белков подвергается деградации. Изменение жирнокислотного и фракционного состава липидов сопровождается увеличением количества свободных жирных кислот, угнетающих жизнедеятельность зерна.

По мере потери зерном всхожести активность протеаз падает. Установлено, что в процессе хранения повышается активность ингибитора протеаз и, соответственно, понижается общая активность гидролаз, расщепляющих запасные питательные вещества эндосперма. Л. Бартон показывает, что увеличение концентрации кислот оказывает на эмбриональные ткани зародыша токсическое действие. Это приводит к трансформации ядерного материала и к появлению мутаций.

Сохранность мукомольно-хлебопекарных качеств зерна при долгосрочном хранении зависит от его исходных свойств и признаков. Л.А. Трисвятский указывает, что хорошо дозревшие, высушенные и охлажденные партии зерна пшеницы выдерживают десятилетний срок хранения без существенных изменений мукомольно-хлебопекарных качеств. Дальнейшее их хранение приводит к укреплению клейковины.

При длительном хранении крупяных культур ядро становится хрупким, что снижает качество вырабатываемой крупы. В масличных культурах распадаются и окисляются жиры, что уменьшает выход и качество масла. Таким образом, химические и биологические факторы являются решающими для сохранения питательной ценности и качества зерна. Стабильность хранения зерна зависит от сбалансированного отношения всех веществ зерна и их связи с внешней физической и биологической средой.

Контрольные вопросы

1. Факторы, влияющие на процессы, происходящие в зерновой массе при хранении.
2. Влажность зерновой массы.
3. Химически связанная влага. Физико-химически связанная влага. Физико-механически связанная влага. Свободная влага.
4. Влажность зерна. Состояния зерна по влажности.
5. Температура зерна.
6. Термоанабиоз. Виды термоанабиоза.
7. Температурные границы жизнедеятельности зерновой массы.
8. Влияние температуры на свойства зерновой массы.

9. Влияние температуры на потребительские достоинства зерна.
10. Источники повышения температуры в зерне.
11. Самосогревание зерновых масс.
12. Причины образования и накопления тепла в зерновой массе.
13. Развитие процесса самосогревания и его виды.
14. Гнездовое, пластовое и сплошное самосогревания.
15. Микрофлора зерновой массы.
16. Видовой состав микроорганизмов зерновых масс.
17. Болезни зерновых культур: твердая головня, пыльная головня, пузырчатая головня, спорынья, фузариозы.
18. Содержание микроорганизмов в зерновой массе. Пути накопления микрофлоры в зерновой массе.
19. Вредители хлебных запасов.
20. Примеси зерновой массы. Видовой состав примесей.
21. Влияние биологических факторов на качество зерна.
22. Изменения белкового и липидного комплексов, углеводов, ферментов, воды при хранении зерновых масс в производственных условиях.
23. Старение зерна.

4. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ЗЕРНОХРАНИЛИЩАМ

4.1. Технологические процессы зернохранилищ

Вместимость должна быть достаточной, чтобы в нормальных условиях в них можно было разместить все закупаемое зерно, а также переходящие остатки от урожаев предшествующих лет. Зернохранилища должны изолировать зерновую массу от водных атмосферных осадков, а также влажного и теплого воздуха. К стенам и положению зернохранилища предъявляются два основных требования: малая теплопроводимость и хорошая гигроскопичность.

При высокой теплопроводимости стены не могут уберечь зерно от колебаний температуры. При резком понижении температуры на внутренней поверхности стен происходит конденсация водяных паров. При хранении зерно должно быть изолировано от вредителей хлебных запасов, щелей, углублений. Необходимо предусматривать возможность проведения активного вентилирования и газацию зернохранилища. Стены должны быть газонепроницаемыми. Все операции должны быть максимально механизированы. Зернохранилища должны быть оборудованы зерноочистительным и зерносушильным оборудованием. Состав и производительность этого оборудования должны соответствовать качеству поступающего зерна. Для весового контроля устанавливают весы. Для осуществления количественной и качественной сохранности зерна зернохранилища должны быть надежными в строительном отношении. Их конструкции должны выдерживать давление на стены и днища.

Зернохранилища облегчают проведение следующих операций с зерном: приемку, обработку, формирование крупных однородных партий, внутренние перемещения, отпуск. В зависимости от функций зерно принимают с автомобильного, железнодорожного или водного транспорта. В процессе обработки зерна в зернохранилищах улучшают его качество и повышают стойкость при хранении, одновременно доводят до кондиции. Зерно очищают на зерноочистительных машинах. В процессе очистки из зерна выделяются примеси органического и минерального происхождения, в том числе семена сорняков. В некоторых случаях зерно сортируют и комбинируют. Сушат зерно для удаления лишней влаги, так как влажное зерно не может длительное время без ухудшения качества. Для уничтожения вредителей хлебных запасов проводят газацию или пропуск зерна через зерносушилку. Для удаления затхлого запаха и охлаждения зерна проводят активное вентилирование, перемещают зерно из одного склада в другой или пропускают его через зерноочистительные машины. Для получения на мукомольных заводах муки с высокими хлебопекарными качествами необходимо формировать специальные партии, смешивая в определенном соотношении зерно различного качества (тип, подтип, количество клейковины, стекловидность), применяя различные способы дозирования.

Сущность поточного метода заключается в организации приемки, очистки, сушки и охлаждения зерна до размещения его на длительное хранение:

1) технологическую схему обработки определяют с учетом исходного качества зерна и его целевого назначения;

2) режим обработки зерна по отдельным процессам определяют с учетом биологических особенностей зерна;

3) одинаковую, близкую производительность всех машин и оборудования технологической линии обеспечивают в результате подбора машин и оборудования по расчетно-эксплуатационной производительности;

4) для нормальной работы и максимальной загрузки машин необходимо на каждой технологической линии после выгрузки зерна предусматривать соответствующие накопительные бункера, установки активного вентилирования;

5) зерно, поступившее от комбайна, следует очищать от грубых примесей, затем отправлять на технологическую линию;

6) для своевременного охлаждения партии зерна в зернохранилищах следует оборудовать установки активного вентилирования.

4.2. Технологические линии для приемки и обработки зерна

Существуют две схемы:

1) универсальная – характеризуется приемкой и обработкой зерна различного качества (для элеваторов);

2) специальная – принимает и обрабатывает зерно определенного качества (применяют при построении технологического процесса специализированных линий на базе сушильно-очистительных, прямо-очистительных, молотильно-очистительных и других рабочих зданий).

Технологические линии также бывают:

1) *универсальные*, преимуществом которых является возможность приемки и обработки зерна различных культур и различного качества. Они более выгодны при эксплуатации, так как могут обрабатывать зерно в течение всего года, но такие линии оснащены большим количеством дорогостоящего оборудования и строительство обходится дороже;

2) *специальные*. Они намного дешевле, загружены меньше в течение года и это снижает их технико-экономические показатели.

В зависимости от производственных сооружений технологические линии делят на элеваторные, башенные, заводские и цеховые.

1. *Элеваторные* технологические линии являются наиболее современными. В их состав входят: элеватор с полным набором оборудования для послеуборочной обработки фактически всех культур. Эти линии обеспечивают механизацию погрузочно-разгрузочных работ. На них комплексно механизированы и частично автоматизированы такие процессы, как взвешивание, очистка, сушка. На них (элеваторах) обеспечивается высокая степень увязки машин и оборудования по производительности и предусмотрена профилактические средства предотвращения порчи зерна.

2. *Башенные* технологические линии относятся к специализированным линиям, могут принимать и обрабатывать зерно только определенного качества или одной культуры. Они не имеют оперативных и накопительных бункеров, поэтому их эффективность зависит от правильного подбора машин и механизмов по производительности. В состав башенных технологических линий входят склады для зерна, поэтому сложнее обеспечить дистанционный контроль качества зерна (измерение температуры).

3. *Заводским и цеховым* технологическим линиям присуща сезонность в работе. Период их работы сравнительно непродолжителен. Желательно, чтобы заводские и цеховые технологические линии были универсальны. Для обработки семенного зерна их оснащают техническим и транспортирующим оборудованием, а также другими средствами механизации и автоматизации.

4.3. Способы хранения зерна и типы зернохранилищ

При напольном хранении зерно размещают насыпью или в таре на полу склада при небольшой высоте слоя (не более 4-5м) и только в складах с наклонными полами (высота слоя достигает 8-9м). Кроме зерна в напольных складах можно хранить в мешках муку, крупу и другие продукты. Недостатки: малый коэффициент использования кубатуры здания, в связи с этим повышенная стоимость. Такие зернохранилища трудно механизировать.

В силосах элеватора зерно хранят при высоте слоя до 30-40м. Зерно в силосах мало соприкасается с воздухом, поэтому оно слабо аэрируется. Зерно размещают только сухое, если с повышенной влажностью, то его хранят кратковременно при условии наличия установки активного вентилирования, и чтобы зерно прошло послеуборочное дозревание. Кубатура используется лучше и дешевле механи-

зирать трудоемкие работы, сооружение дорогостоящее, однако затраты быстро окупаются.

В зависимости от высоты стен по отношению к размерам в плане различают несколько видов хранилищ:

1) заком – часть пространства в зернохранилище напольного хранения, огражденная стенами небольшой высоты по отношению к размерам в плане и имеющая плоский, слегка наклонный пол;

2) бункер – это заком с днищем в виде опрокинутой пирамиды;

3) силос – это заком, вместимость которого и высота стен в 1,5 раза больше, чем размеры в плане, а дно конусное.

Зернохранилища бывают двух типов: элеваторы и склады. Склады по степени механизации классифицируются на немеханизированные (без стационарной механизации), с частичной механизацией и механизированные.

В немеханизированных складах используют передвижную механизацию. Частично механизированные оборудованы верхним и нижним стационарным конвейером для загрузки зерна в склад и его выгрузки. Механизированные склады имеют верхний и нижний стационарный конвейер под наклонные и горизонтальные полы.

В период массового поступления зерна в некоторых случаях устраивают асфальтированные площадки, бунты и навесы. Асфальтированные площадки располагают перед зерновыми складами. В период временного размещения зерна его очищают на передвижных зерноочистительных машинах.

Бунтовая площадка представляет собой временное сооружение со стенами из щитов, досок, мешков или других подручных материалов. Их устраивают на асфальтированные площадки и укрывают сверху брезентом.

Навес – это хранилище без стен, но с крышей и асфальтовым или другим полом.

Существуют хранилища специального назначения (для определенных культур или для семенного зерна). Для обработки и хранения этих продуктов требуются специальные режимы работы оборудования, например, для хранения кукурузы в початках применяют силос уменьшенной высоты.

4.4. Оборудование, применяемое в зернохранилищах

Поступившее зерно разгружают при помощи авторазгрузчиков, вагоноразгрузчиков, стационарных, плавучих, передвижных, пневма-

тических установок. Перемещают зерно при помощи транспортирующих механизмов: для вертикального (снизу вверх) перемещения зерна применяют норрии. Для горизонтального – различные конвейеры (ленточные, скребковые и другие). Сверху вниз перемещают самотечные трубы.

Очищают зерно в зерноочистительных машинах (ворохоочистителях, воздушно-ситовых сепараторах, триерах, передвижных зерноочистительных машинах).

Сушка. На приемных предприятиях применяют рециркуляционную сушку зерна. Внедряют прямоточные и противоточные рециркуляционные сушилки, а шахтные сушилки реконструируют на рециркуляционный способ сушки (зерно проходит через нагретый воздух). Влажное зерно при хранении продувают атмосферным воздухом при помощи установок активного вентилирования. Для количественного учета применяют весы: автомобильные, железнодорожные, элеваторные, ковшовые, автоматические и другие. А также используют оборудование для определения влажности, температуры, уровня заполнения бункеров, ковшов.

Контрольные вопросы

1. Требования, применяемые к зернохранилищам.
2. Технологические процессы зернохранилищ.
3. Использование поточного метода обработки зерна.
4. Технологические линии для приемки и обработки зерна.
5. Элеваторные, башенные, заводские и цеховые технологические линии.
6. Способы хранения зерна.
7. Типы зернохранилищ.
8. Оборудование, применяемое в зернохранилищах.

5. РЕЖИМЫ И СПОСОБЫ ХРАНЕНИЯ ЗЕРНОВЫХ МАСС

5.1. Общая характеристика режимов

Режимы и способы хранения зерновых масс основаны на свойствах последних. Однако для успешной организации хранения мало понимать сущность и значение каждого свойства зерновой массы в отдельности. Лишь правильное использование взаимосвязей этих свойств и взаимодействия между зерновой массой и окружающей средой (хранилищем и элементами его конструкции, паровоздушной

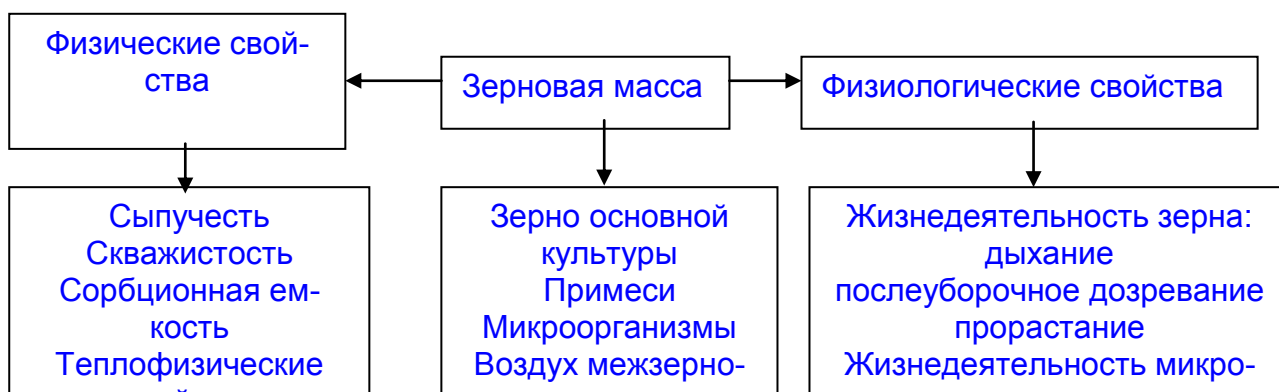
средой в нем, атмосферой, окружающей хранилище, и т.д.) обеспечивает наибольшую технологическую и экономическую эффективность при хранении.

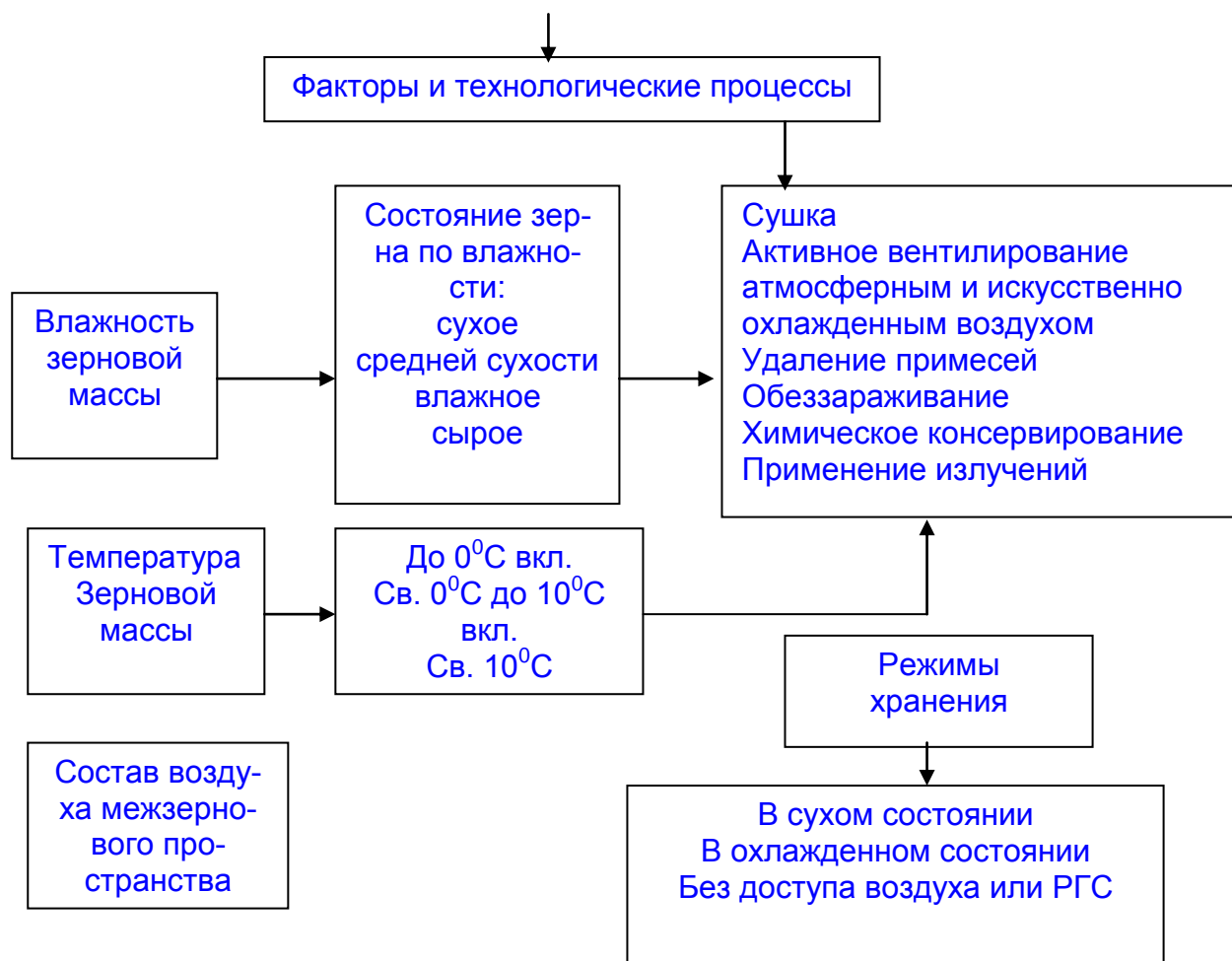
Важнейшие факторы, влияющие на состояние и сохранность зерна, следующие: влажность зерновой массы и окружающей ее среды; температура зерновой массы и окружающей ее среды; доступ воздуха к зерновой массе (степень аэрации). Данные факторы положены в основу режимов хранения. Применяют три следующих режима хранения зерновых масс: в сухом состоянии, то есть с влажностью до критической; в охлажденном состоянии (когда температура зерна понижена до пределов, значительно тормозящих жизненные функции компонентов зерновой массы; без доступа воздуха (в герметическом состоянии).

Кроме того, обязательно используют вспомогательные приемы, направленные на повышение устойчивости зерновых масс при хранении. К таким приемам относят очистку от примесей перед закладкой на хранение, активное вентилирование, химическое консервирование, борьбу с вредителями хлебных запасов, соблюдение комплекса оперативных мероприятий и др. На рисунке показаны состав зерновой массы, ее свойства и взаимосвязи между ними, факторами сохранности и применяемыми режимами.

Выбор режима хранения определяется многими условиями, в числе которых учитывают: климатические условия местности, в которой находится хозяйство; типы зернохранилищ и их вместимость; технические возможности, которыми располагает хозяйство для приведения партий зерна в устойчивое состояние; целевое назначение партий; качество зерна; экономическая целесообразность применения того или иного режима и приема.

Наибольшая технологическая эффективность и наибольшее сокращение издержек при хранении достигают только в том случае, если при выборе режима учитывают многообразие условий, влияющих на устойчивость зерновой массы. Лучшие результаты получают при комплексном использовании режимов, например, хранение сухой зерновой массы при низких температурах с использованием для охлаждения наружного холодного сухого воздуха во время естественных перепадов температур.





*Взаимосвязь между свойствами зерновой массы и
окружающими ее условиями*

5.2. Хранение зерна в сухом состоянии

Основы режима. Режим базируется на принципе ксероанабиоза. Обезвоживание любой партии зерна и семян до влажности ниже критической приводит все живые компоненты, за исключением насекомых-вредителей, в анабиотическое состояние. При этих условиях исключаются повышенный газообмен в зерне и семенах, развитие микроорганизмов и клещей.

Режим хранения в сухом состоянии – основное средство поддержания высокой жизнеспособности семян в партиях посевного ма-

териала всех культур и качества зерна продовольственного назначения в течение всего срока хранения. Данный режим наиболее приемлем для долгосрочного хранения зерна и семян. Систематическое наблюдение за состоянием таких партий, их своевременное охлаждение и достаточная изоляция от внешних воздействий (резких колебаний температуры наружного воздуха и его повышенной влажности) позволяют хранить зерно с минимальными потерями несколько лет.

Зерновые массы, хорошо подготовленные к хранению (очищенные от примесей, обеззараженные и охлажденные), в складах хранят без перемещения четыре-пять лет и в силосах элеваторов два-три года. Партии сухого зерна и семян успешно перевозят железнодорожным, речным и морским транспортом на дальние расстояния. Зерно и семена повышенной влажности транспортируют на небольшие расстояния и в течение очень короткого времени.

Однако при неумелом уходе за зерновыми массами или при отсутствии его возможна порча партий зерна и семян с влажностью и ниже критической. Основной причиной порчи служит развитие насекомых – вредителей хлебных запасов, способных существовать и даже размножаться в зерне с влажностью ниже критической. Целесообразно охлаждать и сухие зерновые массы, снижая их температуру до пределов, исключающих активную жизнедеятельность насекомых. Другая причина порчи сухой зерновой массы – образование капельно-жидкой влаги и повышение влажности в каком-то ее участке вследствие перепадов температур и явления термовлагопроводности. Таким образом, хранение зерновых масс в сухом состоянии не исключает необходимости систематического наблюдения и ухода за ними.

Способы сушки. Значимость режима хранения зерновых масс в сухом состоянии привела к распространению различных способов сушки зерна всех культур. Зерносушение – специальная отрасль знаний, так как только технически и биологически грамотное проведение данного приема обеспечивает нужную технологическую эффективность при наиболее экономных затратах топлива, электрической энергии, рабочей силы и т.д.

Все способы сушки зерна и семян основаны на их сорбционных свойствах. Если зерновую массу или отдельные зерна и семена поместить в среду, где будет происходить отдача влаги в виде пара или даже жидкости (что бывает реже), т.е. создать условия для десорбции, то можно наблюдать процесс высушивания.

Продолжительность высушивания и эффект влагоотдачи зависят как от самого объекта сушки (семян той или иной культуры, их влажности и т.д.), так и от состояния и свойств агента сушки – той среды, которая обладает значительной влагоемкостью. В связи с этим довольно детально изучены свойства зерна и семян различных культур (отдельно семян и их массы) и свойства агентов сушки при различных параметрах.

Влагоотдающая способность семян неодинакова. Она зависит не только от их размеров, но и анатомических особенностей. При всех прочих равных условиях зерно гречихи обладает большей влагоотдающей способностью, чем зерно пшеницы, которое легче отдает влагу, чем зерно кукурузы. Наиболее низкой влагоотдающей способностью отличаются семена бобовых, и среди них кормовых бобов (в пять-семь раз медленнее, чем зерно пшеницы). Чем плотнее и менее пористы оболочки и остальные части зерновки или семени, тем меньше их влагоотдающая способность. На подобное свойство влияют и размеры семени. У крупных семян масса внутреннего содержимого, приходящаяся на единицу поверхности (через которую испаряется влага), значительно больше, чем у мелких.

Все способы сушки зерна и семян разделяют на две группы: без специального использования тепла (без подвода тепла к высушиваемому объекту); с использованием тепла.

Примером способов первой группы служит сушка путем контакта зерновой массы с водоотнимающими средствами твердой консистенции (сухой древесиной, активированным углем, сульфатом натрия и др.) или обработка зерновой массы достаточно сухим природным воздухом. Второй способ (с подводом тепла) основан на создании условий, обеспечивающих повышение влагоемкости паровоздушной среды, окружающей зерно. В этом случае агентом сушки (теплоносителем) служит воздух, влагоемкость которого значительно повышается в результате нагрева. Наиболее распространенный способ с использованием тепла – сушка в специальных устройствах – зерносушилках и сушка на солнце (воздушно-солнечная).

Из способов сушки, относимых к первой группе, в сельскохозяйственном производстве применяют химическую (сушку сульфатом натрия) и сушку природным воздухом с использованием для этого установок активного вентилирования зерновых масс. Сушка сульфатом натрия предложена для семян бобовых культур. Природный – высушенный озерно-морской минерал мирабилит, или технический

сульфат натрия – обладает хорошей водопоглотительной способностью. Сушку ведут равномерно смешивая агент с семенами перелопачиванием или используя зернопогрузчики. При влажности 20-24% семена за весь период перемешивают два раза, при большей влажности – три-четыре раза в течение суток в первый период сушки. Продолжительность сушки 5-10 суток, в зависимости от исходной влажности семян культуры, состояния наружного воздуха и других факторов. Для доведения влажности семян до кондиционной расход безводного сульфата натрия составляет (кг/т): при влажности семян 20% – 60, 25% – 120, 30% – 180, 35% – 240. Влажность химиката 1-5%.

Смешивание ведут на площадках под навесами, так как присоединение воды к химикату в процессе сушки сопровождается выделением тепла, вследствие чего повышается температура смеси.

5.3. Хранение зерна в охлажденном состоянии

Основы режима. Данный режим основан на принципе термоанабиоза. Чувствительность живых компонентов зерновой массы к пониженным температурам позволяет резко снижать их жизнедеятельность или приостанавливать совсем. Хранению в охлажденном состоянии способствует большая тепловая инерция зерновых масс. На основе этого свойства даже в средней зоне страны в большей части насыпи зерна в складах пониженную температуру сохраняют с осени до конца весны, в силосах элеваторов – в течение всего года.

Зерновые массы находятся в охлажденном состоянии первой степени, если температура всех слоев насыпи ниже 10°C, более глубоким (вторая степень), а следовательно, и более консервирующим считают охлаждение, если температура зерновой массы ниже 0°C.

Для охлаждения зерна используют не только атмосферный воздух, но и искусственно охлажденный при помощи холодильных установок. Применение искусственного холода позволяет быстро охладить партии зерна и семян, предупредить потери, возникающие вследствие активного развития микроорганизмов и насекомых.

Искусственное охлаждение целесообразно в первую очередь для риса, клещевины, подсолнечника и семян овощных культур. Хранение зерна с использованием искусственного холода (до 10-12°C) распространено в Японии. Практически все государственные запасы риса в этой стране хранят в складах с кондиционированием воздуха.

Режим хранения зерна в охлажденном состоянии применяют в странах средней и северной зон земного шара (соответственно и в Южном полушарии), используя естественные суточные перепады температуры воздуха. Охлаждение до возможных пределов проводят и в странах с жарким климатом, так как снижение температуры зерновой массы с 30-35° до 15-20°С имеет огромное значение.

В нашей стране режим хранения в охлажденном состоянии – главный (наряду с хранением в сухом состоянии). Этому способствует географическое положение многих основных районов, где производят зерно, и многих крупных населенных промышленных центров, где его потребляют и хранят в больших количествах. В районах Москвы, Санкт-Петербурга, Воронежа, Владивостока, Саратова среднее количество дней в году с температурой ниже 0°С – 120-150; зоне Астаны, Новосибирска, Омска, Оренбурга – 150-180; в Иркутске и Чите – 180-210. Даже в Запорожье и Ставрополье число дней с температурой ниже 0°С превышает 100-120.

Если учесть, что зерновая масса любой влажности хорошо сохраняется и при температурах 5-10°С, то при пониженной температуре зерно можно хранить почти весь год на большей части территории нашей страны. Такой технологический прием, как активное вентилирование, позволяет особенно эффективно использовать перепады температуры воздуха в течение суток.

Для партий зерна и семян с повышенной влажностью, особенно посевного материала при отсутствии своевременной сушки, охлаждение – важнейший прием, обеспечивающий их сохранность. Однако при значительном охлаждении зерновых насыпей (до температуры минус 20°С и более) создаются условия для большого перепада температур весной, что обычно приводит к самосогреванию в верхнем слое насыпи. Недопустимо избыточное охлаждение посевного материала, так как в партиях семян с повышенной влажностью снижается всхожесть. Температура от минус 10 до минус 20°С губительно действует на семена злаковых при влажности более 18-20%.

В районах с суровыми зимами целесообразно защищать зерновые массы в хранилищах от переохлаждения своевременным повышением высоты слоя насыпи и правильной эксплуатацией зернохранилищ. Особо ценные партии посевного материала, в которых желательно сохранить всхожесть семян в самом верхнем слое насыпи, укрывают брезентами, рогожами или мешками.

С наступлением весеннего потепления во всех зернохранилищах принимают меры для сохранения в зерновой массе низкой температуры

на возможно длительный период. Для этого при первом потеплении закрывают окна, двери и вентиляционные приспособления. На летние режимы хранения переходят постепенно, в противном случае возможны конденсация водяных паров в верхних слоях насыпи, увлажнение зерновой массы и ее самосогревание. Наступление тепла особенно опасно для охлажденных партий зерна с повышенной влажностью.

5.4. Способы охлаждения зерновых масс

Зерновые массы охлаждают более холодным атмосферным или специально охлажденным воздухом. Охлаждение атмосферным воздухом можно разделить на две группы: пассивное и активное.

Пассивное охлаждение. Зерновую массу не перемещают и принудительно не нагнетают в нее воздух. Пониженной температуры достигают проветриванием зернохранилищ и устройством в них приточно-вытяжной вентиляции. Открывая окна и двери склада (летом и осенью – в ночные часы, при наступлении устойчивой холодной и сухой погоды – круглосуточно), снижают температуру воздуха в складе и отчасти в зерновой массе. Однако вследствие низкой тепло- и температуропроводности зерновой массы ее внутренние участки охлаждаются очень медленно и при достаточной влажности развитие самосогревания опережает возможность охлаждения всей насыпи даже высотой 1 м.

Эффективность пассивного охлаждения усиливают устройством приточно-вытяжных каналов непосредственно в складах. Но и это помогает далеко не всегда, так как при данной системе вентиляции через зерновую массу проходит недостаточно воздуха, чтобы ее охладить. Иногда такая вентиляция, поставляя внутрь насыпи новые объемы воздуха, а следовательно, и кислорода, может способствовать активации физиологических процессов и развитию самосогревания. Кроме того, установка труб и каналов в хранилищах и непосредственно в зерновой массе сокращает полезную емкость хранилища и осложняет механизацию перемещения зерна. Проветривание складов (без устройства каналов в насыпях) применяют широко, так как при хранении огромных масс зерна оно приносит значительную пользу, при этом не требуется расхода механической энергии и больших затрат труда.

Активное охлаждение. К таким методам относят перелопачивание, пропуск через зерноочистительные машины, транспортеры и но-

рии, активное вентилирование при помощи стационарных или передвижных установок.

Перелопачивание. Наиболее старый и примитивный метод охлаждения. Зерновую массу перебрасывают с одного места на другое лопатами из дерева, фанеры или легкого металла. Соприкасаясь с окружающим воздухом, зерно и примеси охлаждаются, при этом обновляется и запас воздуха межзерновых пространств. Однако даже при больших перепадах температуры кратковременность общения зерновой массы с воздухом при разовом перелопачивании не обеспечивает достаточного охлаждения.

Перелопачивание чаще всего применяют, когда в зерновой массе идет самосогревание. Однако именно в данный период оно наименее эффективно. В результате неполного охлаждения, но достаточной аэрации в зерновой массе физиологические процессы проходят интенсивнее, вследствие чего отмечается бурное накопление тепла. Поэтому часты случаи, когда после перелопачивания самосогревание усиливается. Кроме того, перелопачивание всегда сопровождается травмированием зерна ударами лопаты и трением о нее. Пыль, содержащаяся в зерновой массе, вызывает необходимость пользоваться респираторами, защитными очками и т.д. При солнечной сушке зерна перелопачивание необходимо.

Перемещение. Значительно больший эффект охлаждения, с меньшими затратами труда, чем перелопачивание, дает перемещение зерновых масс на последовательно установленных транспортерах или через зерноочистительные машины, снабженные вентиляторами (сепараторы, аспирационные колонки, комбинированные агенты и т.д.). При этом, чем длиннее путь зерна, тем больше оно соприкасается с воздухом и тем интенсивнее охлаждается.

Возможно и комбинированное охлаждение зерна.

5.5. Хранение зерна без доступа воздуха

Основы режима. Такой способ хранения основан на принципе аноксианабиоза. Отсутствие кислорода в межзерновых пространствах и над зерновой массой значительно уменьшает интенсивность ее дыхания, в результате зерна основной культуры и семена сорных растений переходят на анаэробное дыхание и постепенно гибнут. Практически полностью прекращается жизнедеятельность микроорганизмов, так как подавляющая масса их состоит из аэробов. Исключается возможность развития клещей и насекомых, также нуждающихся в кислороде. Таким образом, резко сокращаются потери массы зерна.

В бескислородной среде с влажностью до критической хорошо сохраняются технологические и кормовые качества зерновой массы. С увеличением влажности продовольственные и кормовые достоинства несколько понижаются: темнеют оболочки, появляются спиртовой и кислый запахи, увеличивается кислотное число жира. Без доступа воздуха посевной материал хранят только при влажности значительно ниже критической, когда семена находятся в состоянии глубокого анабиоза, иначе неизбежна потеря всхожести.

Бескислородную среду создают одним из трех путей: естественным накоплением диоксида углерода и потерей кислорода вследствие дыхания живых компонентов, отчего и происходит самоконсервация (автоконсервация) зерновой массы; введением в зерновую массу газов (диоксида углерода, азота и некоторых других), вытесняющих воздух из межзерновых пространств; созданием в зерновой массе вакуума. В сельском хозяйстве используют первый путь. Для создания режима хранения зерновых масс без доступа воздуха требуются полностью герметизированные хранилища. Такие хранилища промышленного типа созданы. Массовое хранение зерна без доступа воздуха осуществляют в грунте.

Контрольные вопросы

1. Режимы и способы хранения зерновых масс.
2. Общая характеристика режимов.
3. Хранение зерна в сухом состоянии.
4. Способы сушки.
5. Хранение зерна в охлажденном состоянии.
6. Методы активного охлаждения.
7. Способы охлаждения зерновых масс.
8. Хранение зерна без доступа воздуха.

6. ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ И АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СОСТАВ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА

6.1. Внутренние и внешние факторы качества зерна

Накоплен огромный фактический материал о химическом составе зерна разных культур, выращиваемых в различных природно-климатических условиях. Выявлены очень широкие границы изменения содержания отдельных веществ в зерне. Так, количество белков в зерне пшеницы может изменяться от 9 до 25%, содержание масла в семянке подсолнечника – от 28,0 до 60%.

Возникает вопрос: от чего зависит содержание того или иного вещества в зерне? Урожай и его качество определяются соотношением и совокупностью действия внешних и внутренних факторов. В эти факторы входят:

1. Биологический потенциал:

- генотип;
- степень зрелости (всхожесть, энергия прорастания, дозревание);
- репродукция;
- состояние (свежесть, прорастание, самосогревание).

2. Внешние условия (в поле и после уборки):

- климат;
- погодные условия;
- агротехника (обработка почвы, предшественники, удобрения, борьба с сорняками, вредителями и болезнями);
- послеуборочная обработка и хранение.

Большое разнообразие природно-климатических условий, дифференцированные требования к сортам различных культур в зависимости от погодно-климатических особенностей районов выращивания зерна, трудности обеспечения растениеводства сельскохозяйственными машинами и аппаратами, минеральными удобрениями, пестицидами и другими химическими веществами, ограниченные возможности приобретения новых сортов семян и применения передовых методов агротехники, и, наконец, сложный химический состав зерна, огромное разнообразие биологически скоординированных во времени, пространстве и последовательности непрерывно протекающих в нем с различной интенсивностью физико-химических и биохимических процессов, – все это составляет неустойчивую основу технологического качества зерна: мукомольного, хлебопекарного и других зерноперерабатывающих производств.

6.2. Генотип и качество зерна

Урожай и его качество определяются соотношением и совокупностью действия внешних и внутренних факторов. К внешним факторам относят климат, состав почвы и совокупность агротехнических мероприятий, к внутренним – природные особенности злаковых растений, то, что составляет их биологическую сущность, их наследственные признаки.

Совокупность внутренних факторов, обуславливающих наследственные признаки организмов, называют генотипом, иначе генотип – это совокупность всех генов, определяющих развитие признаков и свойств растений.

Совокупность всех признаков и свойств растения, сформировавшихся на основе генотипа в процессе развития во взаимодействии с условиями внешней среды, называют фенотипом.

Генотип и фенотип проявляют себя в ботанических отличиях видов и сортов зерновых культур, оказывающих большое влияние на химический состав и биохимические свойства зерна. Вид представляет собой основную классификационную единицу, введенную шведским естествоиспытателем Линнеем. Это группа особей, обладающих общими морфофизиологическими свойствами, занимающих определенное пространство (ареал), способных к скрещиванию друг с другом и биологически (репродуктивно) изолированных от других таких же групп особей. Так, виды мягкой и твердой пшеницы сильно различаются по своим биохимическим и технологическим свойствам.

6.3. Сорт и его значение

В сельскохозяйственной практике и в перерабатывающей промышленности широко распространено понятие сорта. Сортные особенности – один из важных факторов, определяющих семенные, технологические и пищевые достоинства зерна и получаемых из него изделий.

На долю сорта приходится 25-30% урожая. Урожайность зерновых культур за 25 лет (1950-1975 гг.) повысилась за счет селекции на 30-35%, а последующие 20 лет (1975-1995 гг.) – на 20-25%. Специалисты США и Западной Европы считают, что 50% прироста урожая зерновых культур достигается за счет внедрения новых сортов и гибридов, а 50% – за счет совершенствования технологии их выращивания.

Сорт сельскохозяйственной культуры – это совокупность культурных растений, созданная путем селекции, обладающая определен-

ными наследственными морфологическими, биологическими и хозяйственными признаками и свойствами. В рамках общего понятия сорта различают местный и селекционный сорта.

Местный сорт, сорт народной селекции, продолжительное время возделываемый в данной местности. Селекционный – сорт, созданный определенными методами селекции, районированный или прошедший станционное сортоиспытание.

Для сорта характерен комплекс морфологических, биологических и хозяйственных признаков и свойств, под которым понимают урожайность, выносливость к морозам, устойчивость против поражения болезнями и вредителями, требования к почве и ее составу, требования к влаге, свету, температуре, скороспелость, неосыпаемость, стойкость к полеганию, величину, форму и окраску зерна, характерные особенности химического состава, стойкость при хранении, выходы муки и требуемую затрату энергии на размол, хлебопекарные, макаронные и другие технологические особенности и т.д. Новый сорт имеет тем большую ценность, чем оптимальнее и на более высоком уровне в нем сочетаются самые важные биологические, хозяйственные и технологические свойства.

Присущие сорту ценные свойства могут проявиться лишь при определенных условиях выращивания на агрофоне, обеспечивающем наиболее широкое раскрытие потенциальных возможностей сорта. Соотношение между генетическими и внешними факторами складывается так, что при оптимальных условиях выращивания решающее влияние на конечный результат – урожайность и качество зерна – оказывает генетический фактор (сорт). При неблагоприятных условиях сорт отходит на второй план, и примат остается за внешними условиями.

Селекция и ее теоретическая основа – генетика открывают широкие возможности не только для выведения более совершенных и продуктивных сортов, но и для создания новых растений, полнее отвечающих потребностям человека. Получена новая зерновая культура тритикале – гибрид пшеницы и ржи. Неприхотливость в возделывании тритикале унаследовала от ржи, а хорошие хлебопекарные и вкусовые качества от пшеницы. В зерне тритикале удачно сочетается высокое содержание белка и незаменимой аминокислоты – лизина; белки тритикале хорошо усваиваются организмом человека и сельскохозяйственных животных.

У разных сортов зерновых культур физические и химические свойства крахмала различны. Это особенно хорошо видно на примере мозгового и круглого гороха. Крахмал мозгового и круглого гороха существенно различается по соотношению амилозы и амилопектина – главных составных частей крахмала, а также по атакуемости амилазой: у мозговых сортов гороха крахмал атакуется амилазой гораздо быстрее. Различия в развариваемости риса тоже зависят от различного соотношения амилазы и амилопектина в крахмале. Установлены различия в содержании амилазы и ее активности у разных сортов зерновых культур. Особенно важны различия в содержании амилазы в зерне разных сортов ячменя, применяемого для изготовления солода в пивоваренной и спиртовой промышленности.

Образование любого соединения в клетке – конечный этап многозвенной цепи сложных взаимосвязанных процессов. Каждое из звеньев может в определенных условиях лимитировать общую эффективность всей цепи процессов в целом. Таким образом, опираясь на знание природы звеньев, определяющих ход процессов и на средства их регулирования, умело используя генетические приемы, человек превращает сорт и его потенциальные возможности в могучий фактор повышения урожайности, изменяет в нужном направлении химический состав зерна и его технологические достоинства.

6.4. Влияние географического фактора, климата и почвы

Взаимосвязь с окружающей средой – обязательное условие существования злаковых растений, как и всех живых организмов. Под окружающей средой следует понимать сочетание факторов, влияющих на растение: воды, температуры, почвы, света, ветра, а также животных, растений и человека. Многолетний режим погоды, наблюдающийся в данной местности, т.е. совокупность и последовательность смены погоды, называется климатом. Климат и почва – основные природные условия, в которых растет и развивается злаковое растение, находясь в тесном взаимодействии с ними. Пшеница может прорасти при температуре 1-2°C. Кукуруза же для прорастания требует 8-10°C, а рис – не менее 11-13°C. Отсюда видно, что пшеница может с успехом культивироваться значительно севернее кукурузы, а кукуруза – севернее риса. Географический фактор сказывается и на сроках созревания зерна разных культур, культивируемых в одной климатической зоне. Так, в центральных районах РФ рожь достигает

восковой спелости в среднем в третьей декаде июля. За рожью поспевают пшеница, затем ячмень, овес и в завершение – гречиха.

Высокое технологическое хлебопекарное достоинство зерна пшеницы также тесно связано с географическим размещением ее посевов. При исследовании большого количества проб мировой коллекции ВИР установлено, что наибольшую силу, устойчивость теста к замесу и высокую смесительную ценность имеет зерно пшеницы, репродуцированное в условиях Сибири. На юго-западе европейской части России даже в благоприятные годы пшеничное зерно не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к сильной пшенице. Химический состав зерна, его биохимические и технологические свойства в значительной степени зависят от климатических и почвенных условий (количества солнечных дней и осадков в течение вегетационного периода, состава удобрений и т.д.).

В масле подсолнечника отмечают меньшее содержание ненасыщенных жирных кислот в южных широтах и более высокое – в северных холодных широтах и горных местностях. Соответственно изменяется йодное число масел: на севере и в горах оно выше, на юге – ниже. Содержание белка и его фракционный состав в семенах бобовых культур также подвержены изменению в связи с изменяющимися условиями выращивания. В условиях жаркого и засушливого климата в семенах бобовых происходит увеличение солерастворимых белков и уменьшение водорастворимых. Установлена следующая общая закономерность: при культивировании в одной и той же местности химический состав растений и их плодов в пределах вида колеблется в узких пределах. Однако отклонения от наиболее часто повторяющихся погодных условий приводят к заметным изменениям химического состава зерна: в холодное лето химический состав изменяется в сторону, характерную для зерна более северных широт, в жаркое – зерна южных широт.

Влияние климатических и почвенных условий на химический состав зерна впервые в 1865 г. исследовал профессор Московского университета Н.Е. Лясковский. Он установил, что содержание белка в зерне увеличивается при передвижении с запада на восток и с севера на юг в районы с большим количеством солнечных дней. Изучали изменения химического состава зерна пшеницы и ячменя в зависимости от географического фактора. Выяснено, что особенно богато белком зерно пшеницы, произрастающей в Поволжье (Саратовская и другие области), Западной Сибири (Омская и Новосибирская области).

Исследования показали, что формулировка Н.Е. Лясковского о географической изменчивости химического состава зерна относится только к Русской равнине.

Температурный фактор также действует в определенных границах, так как с ним связано содержание в почве гумуса, количество которого увеличивается лишь при температуре почвы не выше 30°C (оптимальная температура его накопления в почве 25°C). При более высокой температуре почвы перегной не только не образуется, но даже разлагается. Районы, богатые осадками, хотя и находятся на востоке, как правило, содержат мало белка в связи с вымыванием легкорастворимых соединений азота.

Исследования, проведенные в районах Северного Кавказа и других областях страны за несколько лет, показали, что при среднесуточных температурах 21-23°C в период налива семян подсолнечника даже при небольшом количестве осадков масличность повышается, а при увеличении температуры до 28°C и значительном количестве осадков – снижается. Дождливая погода в период созревания зерновых культур приводит к так называемому стеканию зерна. Зерно, находившееся в это время в состоянии молочной или восковой спелости, становится впоследствии невыполненным, щуплым, урожай значительно снижается. Дождевание на ранних стадиях развития резко изменяет течение некоторых физиологических процессов – снижается приток ассимилятов, происходит гидролиз ранее накопленного крахмала, продукты его вымываются дождевой водой, что отрицательно сказывается на ходе накопления сухого вещества. На более поздних стадиях созревания зерна влияние осадков заметно снижается. При экспериментальном дождевании на стадии молочной и восковой спелости в зерне наблюдали увеличение количества общего фосфора.

По степени устойчивости сбора зерна с 1 га на европейской территории РФ зерновые культуры можно расположить в следующем убывающем порядке: озимая рожь, яровой ячмень, озимая пшеница, яровая пшеница. При этом районы наибольшего распространения яровой пшеницы в основном расположены в зоне наименее устойчивых урожаев. Таким образом, озимую рожь, а затем и яровой ячмень можно рассматривать как более надежные, неприхотливые культуры.

6.5. Разнокачественность зерна

Физические и биохимические свойства зерен изменяются в зависимости от их положения в соцветии. Линейные размеры зерен

пшеницы в колосе, их масса, содержание белковых веществ, выход и качество клейковины увеличиваются при движении снизу колоса к середине и постепенно уменьшаются к его вершине. В средней части колоса формируется зерно с более высокими биохимическими, физическими и технологическими показателями, что обуславливает лучшие мукомольные, хлебопекарные и пищевые свойства зерна, большую жизнеспособность и биологическую полноценность.

Наибольшее абсолютное содержание азота обнаружено в зерновках, сформировавшихся в средней части колоса. Процентное содержание азота несколько возрастает при переходе зерновок от верхней к нижней трети колоса, причем разница между отдельными зернами в пределах колоса может быть значительной – от 12,0 до 17,5% белка. Зерно кукурузы из нижней части початка имеет обычно наибольшую массу и наибольшее абсолютное содержание азота, а в верхушечной части – наоборот. Процентное содержание азота в пределах початка во всех зернах остается практически на одном и том же уровне.

Разные сроки посева и предшественники при всех прочих условиях оказывают заметное влияние на урожайность, стойкость против болезней и вредителей, физические, биохимические и технологические свойства зерна всех культур. Обнаружена связь между сроком начала весенней вегетации и качеством зерна. Качество зерна озимой пшеницы в годы с ранней весной хуже, чем в годы с поздней. Все сказанное приводит к разнокачественности зерна и семян в пределах района, хозяйства и даже одного поля. Разнокачественность сказывается даже в партиях с высокой выровненностью по размерам зерна в различиях, порой значительных, по физическим, химическим, биохимическим, технологическим и семенным свойствам зерна.

Наиболее четко дифференцированы по размерам зерна содержание клетчатки и зольность. Оба показателя обратно пропорциональны размерам зерна: зольность и содержание клетчатки наиболее крупной фракции всегда ниже, а мелкой – выше, чем в партии зерна в целом. Например, лучшие мукомольные достоинства у крупного зерна по сравнению с мелким прежде всего по потенциальным выходам сортовой муки.

Соотношение по остальным химическим показателям и физическим свойствам (кроме линейных размеров и массы 1000 зерен) зерна неодинакового размера носит более сложный характер. Одни линейные размеры не могут стать основой четко различаемой оценки разнокачественного зерна. Необходимо по-разному рассматривать зерно

мелкое, но нормально развитое, и зерно щуплое. Их физические, биохимические и технологические свойства неодинаковы: мелкое, нормально развитое зерно по всем показателям ближе к здоровому, чем щуплое.

Если не принимать во внимание щуплое зерно, можно наблюдать, что изменения состава и качества в зависимости от размеров зерна при общей тенденции к их ухудшению в мелком зерне могут быть выражены в разной степени. Вместе с тем в этих изменениях нет строгой закономерности вследствие большой биологической изменчивости зерна на корню под влиянием большого числа факторов.

Из разнокачественности зерна вытекает целесообразность отдельной его переработки или различной подготовки перед размолотом. Исследован технологический эффект при переработке трех сортов пшеницы с различной исходной качественной характеристикой. Зерно для помолов готовили по двум схемам: по первой схеме каждая проба пшеницы проходила гидротермическую подготовку по оптимальным, экспериментально установленным режимам, смешивание производили перед I драной системой; по II – зерно помольной (смешанной) партии очищали от примесей и проводили его гидротермическую обработку в одном потоке.

Зерно размалывали по полной схеме трехсортного помола со снятием количественного баланса всего процесса и качественного баланса муки. При отдельной подготовке зерна к помолу получен большой выход муки (78%) по сравнению с помолом зерна, прошедшим совместную подготовку (77,4%), при снижении средневзвешенной зольности на 0,11%, что позволило увеличить выход муки высоких сортов. Подготовка проб пшеницы к помолу влияет и на хлебопекарное достоинство муки, которое по всем показателям лучше при отдельной подготовке зерна к помолу.

6.6. Влияние минеральных удобрений на качество зерна

Применение минеральных удобрений – одного из ведущих элементов интенсивного земледелия – оказывает большое влияние не только на повышение плодородия почвы и урожайности, но и на биохимические свойства и качество зерна.

Особую заботу земледельцев вызывают азот, фосфор и калий, которые усваиваются растениями из почвы, но доступные формы составляют 1-2% от общего запаса тех же элементов, находящихся в

недоступной для растений форме. В богатых почвах типа черноземов этих недоступных запасов хватило бы на сотни и даже тысячи урожаев, но их невозможно быстро перевести в усвояемый вид, не разрушив почвы. Чтобы преодолеть этот дефицит, в почву вносят органические и минеральные удобрения.

В среднем по основным зернопроизводящим районам страны прибавка урожая зерна в результате применения минеральных удобрений (азотных, фосфорных, калийных) составила (ц/га): по озимой ржи 7,0; озимой пшенице 6,7; яровой пшенице 4,5; кукурузе 11,6; яровому ячменю 6,8; овсу 7,1; гречихе 4,0; просу 4,0.

Минеральные удобрения могут резко изменить химический состав зерна. Соответствующий подбор доз удобрений с учетом химического состава почвы наряду с повышением урожайности приводит к значительному улучшению качества и технологического достоинства зерна пшеницы. Внесение только фосфора и фосфорно-калийных удобрений без азота способствует повышению урожая зерна, но не дает эффекта или даже несколько снижает содержание в нем белка.

Такая же картина наблюдается при внесении минеральных удобрений под другие культуры. Вместе с тем в ряде случаев отмечалось, что азотные удобрения, особенно при больших дозах, приводили к ухудшению хлебопекарных свойств зерна пшеницы ввиду ослабления клейковины.

Установлено, что азотные удобрения, повышая содержание клейковины, влияют на ее качество по-разному в зависимости от сорта и сопутствующих погодных условий в период налива, созревания и уборки зерна. В условиях повышенной температуры и недостатка влаги качество зерна, выращенного с применением удобрений, по сравнению с контрольным (без удобрений) улучшается; при созревании и уборке в дождливом году – ухудшается, а в ряде случаев остается без изменения. Фосфорные удобрения на фоне достаточного содержания азота могут существенно повысить содержание белка в растениях и зерне.

При длительном применении удобрений на кислой почве азотные удобрения понижают содержание и качество белка, а одновременное использование фосфорных удобрений не только погашает отрицательное влияние азотных, но и увеличивает содержание белка и улучшает его качество. Таким образом, при выяснении влияния внешней среды на качество белка и клейковины необходимо, прежде всего, учитывать погодные условия периода налива и созревания зер-

на. Руководствоваться средними метеорологическими условиями за вегетационный период в данном случае нельзя. Необходимо также иметь в виду сортовые особенности зерна, состав и соотношение минеральных удобрений, сроки и дробность их внесения.

Интенсивность накопления сахарозы в зерне пшеницы также зависит от видов органических и минеральных удобрений, однако решающая роль принадлежит метеорологическим особенностям года урожая. Для пивоваренных свойств ячменя большое значение имеет экстрактивность зерна. При одном и том же удобрении содержание белка, крахмала и экстрактивность ячменя однозначно не изменяются. Однако при снижении относительной экстрактивности выход экстракта с 1 га всегда значительно возрастает как результат увеличения урожая. Пленчатость ячменя всегда находится в обратной зависимости от урожайности и натуры.

6.7. Влияние химизации на производство зерна

Наряду с механизацией и автоматизацией производства, созданием и внедрением в практику высокопродуктивных сортов и разработкой интенсивной технологии производства зерна успешное развитие земледелия во многом определяется его химизацией.

Необходимость широкого применения средств химизации при производстве зерна диктуется уменьшением природного плодородия почвы и большими его потерями на всех этапах выращивания, уборки урожая, хранения, транспортирования и переработки.

Известны данные о мировых потерях основных культур от сорняков, вредителей и болезней растений. Болезни, вызываемые грибами, нематодами, бактериями и вирусами, приводят к 10-25% потерям общего количества зерна. Если учесть еще потери, вызываемые сорняками, то ущерб еще до сбора урожая зерна составляет 24-40%. После сбора урожая при перевозках и хранении теряется от 5 до 25% (в зависимости от урожая, технической оснащенности зернохранилищ и общей культуры организации хранения). В США, Канаде, Австралии и др. цивилизованных странах потери зерна при хранении не превышают 2-4%, у нас считается около 15% – в 5-7 раз больше. Можно быть уверенными, что в условиях глубокого развала организованности и технической обеспеченности агропромышленного комплекса в России эти цифры еще больше.

Если бы удалось избавиться хотя бы от половины таких потерь, можно было бы не только прокормить тех, кто недоедает, но и улучшить качество питания большинства людей. Ученые давно пришли к выводу, что без применения химии люди не смогут обеспечить себя продуктами питания.

Выращивание зерна и других сельскохозяйственных культур требует применения до десяти агрохимических операций по их обработке – протравливание семян, внесение в почву минеральных удобрений, химическая борьба с сорняками, насекомыми, грибковыми заболеваниями, грызунами и т.д., обработка для подсушивания растений на корню, удаление листьев, дезинфекция хранилищ и другие производственные мероприятия.

Велика роль минеральных удобрений. Растения получают из почвы только 0,5% своей массы, необходимой им для питания (не считая воды). Причем в той форме, в которой растение может извлечь необходимые ему вещества из почвы – способные переходить в почвенный раствор и доступные растению для всасывания и ассимиляции. Остальное хлебное растение синтезирует само за счет реакции фотосинтеза в листьях из диоксида углерода CO_2 и воды. Но эти 0,5% продуктов питания ему абсолютно необходимы. Без них растение не способно осуществить фотосинтез и формировать зерно.

Без помощи химии – без минеральных удобрений и различных пестицидов – люди будут обречены на повсеместный голод и массовую гибель в результате оскудения плодородия до самого низкого уровня. Но есть и вторая сторона вопроса. Минеральные удобрения и все другие химические средства, применяемые в сельском хозяйстве, могут загрязнять почву и переходить в состав зерна, затем в хлебопродукты и в виде ксенобиотиков (чуждые и вредные организму вещества) в желудочно-кишечный тракт, вызывая его дисфункцию (нарушение свойственных ему физиологических процессов) и способствуя возникновению различных, в том числе и очень тяжелых заболеваний. Так, при использовании соединений связанного азота (аммиачной селитры, сульфата аммония, мочевины) становится возможным загрязнение нитратами (солями азотной кислоты) почвы, почвенных вод и накопление их в зерне и другой растениеводческой продукции (особенно в плодах и овощах).

Под влиянием микрофлоры пищеварительного тракта и тканевых ферментов нитраты восстанавливаются до нитритов (солей азотистой кислоты), оказывающих вредное действие на организм человека – нарушается работа центральной нервной системы (ЦНС), сни-

жается умственная и физическая работоспособность. Нитриты способны превращать гемоглобин крови в непригодный для переноса кислорода метгемоглобин, а также образовывать с вторичными аминами N-нитрозамины, оказывающие канцерогенное действие. Пестициды способны уничтожать сорняки, вредителей, предохранять и избавлять растения от болезней. Они могут быть при известных условиях опасными для человека, а также для полезных фауны и флоры. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в мире ежегодно регистрируется около 500 тыс. отравлений пестицидами. В загрязнении воздушной среды и водоемов заметную долю вносят минеральные удобрения и пестициды. Для эффективного использования плодородия почвы и генетического потенциала растений ученые разработали и предложили интенсивные технологии выращивания зерна. Интенсивная технология позволяет резко повысить степень использования биоклиматического потенциала для увеличения урожайности и повышения качества зерна.

Стратегия современного земледелия состоит не в расширении посевных площадей, а в улучшении их использования. Интенсификация земледелия – магистральный путь приумножения продовольственного фонда страны.

Сущность интенсивной технологии состоит в оптимизации условий выращивания зерновых культур на всех этапах их роста и развития. Для этих целей в интенсивной технологии большое место отводится применению химических средств:

- известкование кислых и гипсование солонцовых почв;
- оптимальное обеспечение растений элементами минерального питания с учетом их содержания в почве;
- дробное внесение азотных удобрений в период вегетации по данным диагностики почвы и растений;
- интегрированная система защиты растений от вредителей, болезней и сорняков;
- регулирование роста растений ретандантами.

Для защиты хлебных растений от сорняков, вредителей, болезней и обогащения почвы минеральными удобрениями, прежде всего азотом, актуальным является разумное сочетание химических и агротехнических мероприятий, в частности, применение интегрированных систем, основывающихся на рациональном использовании химикатов в сочетании с биологическими и биотехнологическими агроприемами. Наука и практика учат, что применение минеральных

удобрений, пестицидов и других химических средств в сельском хозяйстве, разработанные правила их перевозок, хранения и оперативного использования обеспечивают устранение их возможных вредных последствий.

Обязательным условием совершенствования и наведения порядка в применении химических средств в сельском хозяйстве является постоянное внимание к вопросам повышения общей культуры земледелия, использования химических средств, а также контроль на всех этапах агротехнической работы.

Современное развитие науки и техники позволяет организовать применение химизации сельского хозяйства, полностью исключая вредные влияния минеральных удобрений и химических веществ на человека, сельскохозяйственных животных и окружающую среду.

6.8. Влияние орошения на качество зерна

Орошение – один из путей получения стабильных урожаев зерна независимо от состояния погоды. В засушливых районах орошение повышает урожайность в 5-6 раз и выше. Однако увеличение урожайности при абсолютном возрастании белка с единицы площади ведет к относительному снижению белковости зерна. Уменьшение количества белка в зерне пшеницы при орошении может быть значительным.

Под влиянием орошения снижается содержание белка в зерне и у других злаковых культур. У ячменя в проведенных на полях опытах под Ташкентом наблюдалось снижение содержания белка в зерне при орошении с 13,5-14,8 до 9,6-11,6%.

Снижение белка в зерне при орошении происходит под влиянием двух причин. Во-первых, изменяется обеспеченность растений азотом. Растения испытывают возрастающую потребность в азоте в связи с большим развитием при орошении вегетативной массы и в результате частичного вымывания его в глубину. Во-вторых, вегетационный период и период отложения крахмала удлиняются, что влечет за собой снижение белковости. Меньшее содержание белка при орошении часто объясняется также возрастанием в зерне доли эндосперма, так как зерно при поливе становится более выполненным. В связи с этим при относительном уменьшении содержания белка абсолютное количество его в зерне орошаемой пшеницы всегда выше и белок более полноценный.

Химический состав зерна мягкой пшеницы изменяется больше, чем твердой, наблюдается разница между сортами. Несколько снижаются также стекловидность, относительное содержание клейковины и ее удельная растяжимость. Возникает вопрос: только ли потому при орошении снижается содержание белка в зерне, что растениям не хватает азота, или при орошении ослабевает также способность колоса к биосинтезу белка? Было использовано свойство срезанных колосьев энергично всасывать растворы с транспирационным соком, и доказано, что при орошении способность колоса к биосинтезу белка не снижается, а наоборот, возрастает, но ограничивается содержанием азота.

На качественную характеристику зерна влияют способы орошения. Орошение повысило натуру зерна, но несколько снизило его стекловидность. При наземных способах орошения содержание сырой клейковины и белка оставалось таким же, как и в варианте с влагозарядкой, а при дождевании снизилось. По хлебопекарным достоинствам зерно пшеницы, выращенной при влагозарядке и поливах по полосам, отвечало требованиям, предъявляемым к отличному хлебу (5 баллов), а при дождевании – к хорошему (4 балла). В ряде случаев урожайность при дождевании немного ниже, чем при поливе по бороздам. Наиболее высокой урожайности обычно достигают при поливе по полосам.

Качество макаронных изделий из муки неорошаемой пшеницы обычно лучше, чем из орошаемой. Поливы не во всех случаях ведут к уменьшению белковости зерна. При одном поливе нередко повышение урожайности сопровождается повышением белковости зерна по сравнению с вариантом без полива. При последующих поливах всегда наблюдается снижение белковости зерна. Однако в связи со значительным увеличением урожайности сбор белка с единицы площади значительно выше, чем при одном поливе.

Повышение белковости зерна при поливах, отмечаемое многими исследователями, происходит в тех случаях, когда поливы не создают в почве анаэробных условий на длительное время, а усиливают в ней накопление доступных для растений форм азота.

При применении полива большое значение имеет сорт, различные сорта реагируют на орошение неодинаково. У засухоустойчивого сорта пшеницы Лютесценс 62 урожай при поливе увеличивался на 65%, тогда как у пшенично-пырейного гибрида 22850, приспособленного к влажным районам, – на 200%. Сорта яровой пшеницы (Саратовская 42, Саратовская 44, Саратовская 36) по качественным показателям

телям были выше, чем озимые. Образующийся при орошении разрыв в обеспеченности растений водой и питательными веществами (прежде всего азотом) полностью устраняется при умелом использовании удобрений. Эффективность удобрений в условиях орошения и районах достаточного увлажнения повышается.

Аминокислотный состав отдельных фракций белков под влиянием удобрений не изменяется. Если соотношение отдельных белков в зерне с различным аминокислотным составом становится иным, то аминокислотный состав суммарных белков зерна также несколько изменяется. С увеличением количества суммарного белка в зерне под влиянием азотных удобрений в белке несколько повышается содержание глютаминовой кислоты, фенилаланина, лейцина, пролина и снижается содержание лизина, глицина, аргинина, валина, аспарагиновой кислоты. Снижение белковости зерна при орошении при одновременном возрастании урожая наблюдается у всех злаковых культур, хотя и в неодинаковой мере.

Снижение белковости зерна при орошении кукурузы меньше, чем у пшеницы и других злаков. С повышением содержания белка в зерне кукурузы под влиянием азотных удобрений его биологическая ценность снижается, что происходит главным образом за счет увеличения зеина, содержащего очень мало лизина и лишь следы триптофана. В целом при увеличении белковости кукурузы в ее белках уменьшается содержание лизина, триптофана, метионина, аргинина, валина и треонина. Одновременно заметно возрастает содержание в белке пролина, глютаминовой кислоты, лейцина и других аминокислот, которых в зеине больше, чем в других белках.

Общее количество незаменимых аминокислот с единицы площади в связи с резким повышением урожайности возрастает. Разница в почвах, в том числе по концентрации водородных ионов, влияет на поглощение и распределение минеральных веществ в зерне больше, чем внесение в почву больших количеств азота, фосфора и калия. В содержании углеводов в зерне нет резких колебаний.

При уборке зерновых происходят потери, которые делят на две группы – прямые и косвенные. К первым относят потери количества урожая, ко вторым – качества или снижения товарных (натуры, массы 1000 зерен, стекловидности, хлебопекарных достоинств (количества и качества сырой клейковины, белков, силы муки) и посевных (энергии прорастания, всхожести, силы роста) кондиций вследствие ранней

или поздней уборки, а также неправильного режима работы молотильного устройства комбайна.

6.9. Механические повреждения зерна при уборке урожая и при хранении

Большое влияние на товарные, хлебопекарные и посевные качества зерна при обмолоте оказывают его механические повреждения: дробление, плющение и раздавливание, шелушение и микроповреждения. При этом если зерно с микроповреждениями (дробленое, плющенное) можно выделить из общей массы на зерноочистительных и сортировальных машинах, то зерно с микроповреждениями отобрать практически нельзя, так как оно не имеет каких-либо существенных физико-механических отличий от неповрежденного зерна.

Механически поврежденное зерно труднее хранить. Оно более интенсивно дышит, выделяя значительное количество тепла и влаги. Создаются условия для быстрого возникновения очагов самосогревания и снижения качества зерна. Возникает необходимость оперативной и тщательной обработки, что создает дополнительные организационно-хозяйственные трудности, увеличивает затраты труда и средств. Наблюдениями установлено, что семена с микроповреждениями вызывают значительное снижение урожайности (в среднем каждые 10% – на 1 ц/га), в связи с чем хозяйства не собирают ежегодно около 3 ц/га биологического урожая.

Имеются многочисленные данные о размерах механических повреждений зерна при обмолоте. В среднем по РФ количество дробленого зерна озимой ржи составляет 3,8%, озимой пшеницы – 4,0 и яровой пшеницы – 3,9%; зерна с микроповреждениями озимой ржи – 59,7%, озимой пшеницы – 34,8 и яровой пшеницы 34,3%. Наиболее подвержена микроповреждениям озимая рожь.

При обмолоте озимой ржи микроповреждения наиболее часто получают более крупные и тяжеловесные зерна, озимой и яровой пшеницы – с меньшей массой 1000 зерен (ниже средней). Полностью выбивается зародыш у мелкого зерна. Обработка зерна на существующих поточно-технологических линиях хлебоприемных предприятий также сопровождается повреждениями зерна. В общей сложности они составляют 20-25%. При этом на долю технологического оборудования приходится в среднем 19,5% от общего травмирования на поточной линии, на долю самотечного оборудования – в среднем 30,1%. Наи-

большее повреждение (в среднем 50,4%) получает зерно на транспортирующих средствах и погрузочно-разгрузочных механизмах.

Проблема сохранения качества зерна при уборке, транспортировании и хранении приобретает общегосударственное значение. Ее решение требует комплексных мероприятий, осуществляемых в сельскохозяйственном производстве: совершенствование конструкций машин и аппаратов для элеваторов, мельзаводов и крупяных предприятий при их проектировании, применение мягких режимов обработки зерен при оперативной работе на этих предприятиях и др. Многие могут сделать селекционеры при выведении новых сортов зерновых культур с более прочными цветковыми и другими покровными тканями.

6.10. Влияние метеорологических факторов на качество зерна

Зерно, хранящееся с влажностью ниже критической, выделяет настолько мало тепла вследствие дыхания, что его температуру можно считать практически постоянной. Изменения температуры зерна зависят в этом случае исключительно от метеорологических факторов: географического местоположения и времени года.

Температура зерна медленно следует за температурой наружного воздуха. В поверхностном слое температура зерна примерно равна температуре наружного воздуха, но чем дальше зерно находится от поверхности насыпи, тем меньше изменения его температуры, связанные с колебаниями температуры наружного воздуха. Суточные и сезонные колебания температуры незначительно влияют на внутренние зоны хранящегося зерна. К.В. Смит показал, что ежедневные колебания температур 10°C вызывают изменения температуры зерна на глубине 1 см от поверхности на 1°C . На глубине 4 м среднегодовые колебания температур 40°C вызывают изменение температуры зерна всего на 1°C . Для того чтобы повышение температуры достигло глубины 2,5 м при максимальной летней температуре воздуха, требуется около 6 месяцев.

Аналогичные данные приводит В.И. Анискин: суточные перепады температур в 11°C вызывают изменения температуры зерна на $0,55^{\circ}\text{C}$ на глубине 127 мм. Сезонные колебания температуры в течение года вызывают изменение температуры на глубине 2,7 м.

Изменение температуры зерна от сезонных колебаний атмосферной температуры зависит от конструкции и материала стен зернохранилища.

В зимнее время зерно в центре силоса имеет более высокую температуру, чем в остальных участках силоса, а в летнее время – наоборот.

При охлаждении или нагревании насыпи зерна температурная волна от наружного воздуха по глубине насыпи имеет затухающую амплитуду и запаздывает во времени. Чем короче период колебания температурной волны, тем быстрее затухает ее амплитуда в зерновой насыпи. В связи с этим суточные колебания температуры воздуха практически не влияют на температуру хранящегося зерна. Существенные изменения температуры зерна наблюдаются только при сезонных колебаниях температуры воздуха.

Изменения температуры зерна под влиянием наружного воздуха прогнозируемы, их можно рассчитать.

На расстоянии порядка 3 м от периферийных слоев зерновой насыпи сезонные колебания температуры воздуха приводят к практически несущественным изменениям температуры зерна с запаздыванием температурной волны на 5-6 месяцев.

В то же время слои зерновой насыпи, расположенные ближе к периферии, подвергаются более интенсивному влиянию атмосферного воздуха, их температура в большей степени зависит от сезонной температуры воздуха.

На глубине 0,1 м от поверхности насыпи температура зерна практически соответствует температуре воздуха с запаздыванием температурной волны на несколько дней. Поэтому только в периферийных слоях сезонные колебания температуры воздуха могут вызвать активизацию физиологических процессов в зерновой насыпи.

Погодные условия в период налива зерна оказывают большое влияние на его качество. Наблюдается зависимость влажности зерна от гидротермического коэффициента в период его массовой закупки.

Гидротермический коэффициент – отношение количества осадков (мм) за какой-либо период к средней температуре воздуха (°C) за тот же период. При возрастании величины гидротермического коэффициента повышается и средневзвешенная влажность зерна всех культур, так как повышение величины гидротермического коэффициента отражает увеличение суммы осадков при одновременном снижении средней температуры, т.е. уменьшение испаряемости влаги и соответственно возрастание остаточного количества влаги в зерне.

Величины гидротермического коэффициента закономерно возрастают по мере продвижения от южных районов страны к центральным, восточным и западным, что совпадает с более сложными усло-

виями работы хлебоприемных предприятий в этих районах в период массовых закупок зерна от его производителей. При экспериментальном наблюдении гидротермический коэффициент в этот период составил: в Поволжье 1,87; на Северном Кавказе 2,70; в Башкирии 4,29; в Красноярске 5,80. Средневзвешенная влажность зерна, поступившего на хлебоприемные предприятия, соответственно, была (%): 11,9; 13,2; 18,6; 21,6.

Определение и применение гидротермического коэффициента позволяет лучше организовывать и проводить на хлебоприемных предприятиях послеуборочную обработку зерна в потоке, подготовку и проведение сушки зерна.

Таким образом, метеорологические факторы могут оказывать существенное влияние на температуру периферийных слоев хранящегося зерна, что следует учитывать в практике хранения, а также при проектировании и разработке зернохранилищ.

6.11. Способы увеличения белковости зерна

От сорта, природно-климатических условий и агротехнических мероприятий зависит содержание в зерне белка. Увеличение производства и потребления белка остается одной из наиболее актуальных проблем. Белку принадлежит решающая роль в обеспечении полноценного питания человека.

В решении проблемы увеличения пищевого и кормового растительного белка особая роль принадлежит зерновым и бобовым культурам, обеспечивающим около 46% его производства. В белковом рационе питания людей не менее половины занимают продукты переработки зерна пшеницы. Другой важный источник растительного белка – масличные культуры, особенно подсолнечник. Существуют два основных пути увеличения производства растительного белка – селекция и агротехнические мероприятия.

Повышение на 1% содержания белка в зерне пшеницы методом селекции при нынешних урожаях позволило бы получить его дополнительно около 1 млн т, что могло бы удовлетворить потребность более 16 млн человек. В коллекции Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства им. Н.И. Вавилова имеются образцы пшеницы, зерно которой содержит 19-22% белка, что на 6-9% выше, чем у известных районированных сортов Безостая1, Одесская 51 и др.

Исследования показали, что доноры с высоким содержанием белка обычно характеризуются невысокой продуктивностью, и количество белка в зерне подвергается сильной изменчивости, так как они не обладают достаточно прочным механизмом гомеостаза – способностью противостоять изменениям и сохранять динамическое относительное постоянство состава и свойств. Получение сортов, хорошо реагирующих на интенсивные технологии и формирующих большие урожаи высокобелкового зерна, сопряжено с большими трудностями, так как обычно между продуктивностью и содержанием белка в зерне существует обратная корреляционная зависимость. По данным известного селекционера П.П. Лукьяненко, коэффициент корреляции между содержанием белка и урожайностью пшеницы в отдельные годы составлял $r = -0,919 \pm 0,04$. Наука и практика вместе с тем показывают, что селекция имеет большие резервы для повышения белка в зерне различных культур.

Очень трудно получить сорта пшеницы, сочетающие высокую белковость зерна с повышенным содержанием лизина и высоким качеством клейковины. Последние исследования дают основание считать, что эта задача осуществима. Перспективны работы по созданию трехвидовых гибридов пшеницы и ржи – амфидиплоидов тритикале.

В повышении содержания белка в зерне озимой ржи важная роль принадлежит полиплоидии. Тетраплоидная рожь, как правило, содержит белка на 1,5-3% больше, чем диплоидная. Заслуживает внимания межвидовая гибридизация высокопродуктивных сортов с образцами белозерной сорно-полевой ржи, которые содержат до 16-20% белка.

Селекционерами получены сорта ячменя, которые превосходят ныне существующие по содержанию белка на 1,5-2%, а также сорта с повышенным содержанием лизина. Проводится работа по обеспечению более высокого содержания лизина в лучших районированных сортах ячменя методом скрещивания их с высоколизиновым мутантом Хайпроли. В последние годы на основе использования высоколизиновых мутантов Опейк2 и Флаури2 созданы аналоги основных районированных гибридов кукурузы, зерно которых содержит почти в 2 раза больше лизина по сравнению с распространенными сортами и гибридами. Успехи в области селекции кукурузы позволяют предполагать, что вскоре будут созданы и внедрены в производство гибриды с содержанием в зерне 14-15% белка.

В настоящее время возникает необходимость усиления селекционной работы не только с точки зрения повышения урожая, но и

улучшения качества зерна. Успешное решение этих сложных вопросов возможно лишь при комплексной работе селекционеров, технологов, биохимиков, физиологов, агрохимиков, фитопатологов. Использование агротехнических мероприятий для увеличения производства белка должно проводиться на основе совершенствования структуры посевных площадей, рационального размещения отдельных культур по зонам и внутри зон страны. Из всего комплекса агротехнических мероприятий наиболее важным является правильное использование удобрений.

Удобрения – один из наиболее доступных и быстродействующих факторов внешней среды, оказывающих влияние не только на урожай, но и на белковость зерна. Правильно применять удобрения – прежде всего, учитывать особенности питания растений по фазам их роста и развития. Недостаток азота в начале вегетации озимой пшеницы приводит к резкому снижению урожайности, а при наливе зерна – к заметному ухудшению качества зерна и, прежде всего, к снижению белковости.

Обычно белок в зерне пшеницы образуется в основном в результате реутилизации (вторичного использования) азота, накопленного в вегетативных органах растения до начала налива зерна, его оттока в колос, а также в результате поглощения азота из почвы в период налива. В связи с этим весьма эффективна внекорневая подкормка растений азотом (обычно раствором мочевины) в фазу колошения и начала налива. В результате увеличивается содержание белка (на 1,5-2%) и клейковины (на 3-5%), возрастает сила муки, увеличивается объем хлеба.

Большое значение имеет снижение потерь белка от вредителей и болезней. Особенно ощутимый ущерб качеству зерна пшеницы причиняет клоп-черепашка. У сорта Безостая 1 содержание белка в здоровом зерне составило 13,42%; при повреждении зерна на 3% – 13,29; 6% – 13,13%; 15% – 12,93%. Этот вредитель резко ухудшает также качество клейковины и хлебопекарные достоинства муки. Серьезную роль для увеличения производства растительного белка призваны сыграть проводимые РАСХН и другими научными сельскохозяйственными учреждениями страны разработки и внедрение интенсивной технологии возделывания зерновых, бобовых и кормовых культур для каждой зоны страны, обеспечивающие максимальный сбор белка с единицы площади.

Контрольные вопросы

1. Влияние природно-климатических и агротехнических факторов на состав и качество зерна. Внутренние и внешние факторы качества зерна.

2. Генотип и качество зерна.

3. Сорт и его значение.

4. Влияние географического фактора, климата и почвы.

5. Разнокачественность зерна.

6. Влияние минеральных удобрений на качество зерна.

7. Влияние химизации на производство зерна.

8. Влияние орошения на качество зерна.

9. Механические повреждения зерна при уборке урожая и хранении.

10. Влияние метеорологических факторов на качество зерна.

11. Способы увеличения белковости зерна.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Лабораторная работа 1

Определение угла естественного откоса зерновой массы

Угол естественного откоса – это угол между диаметром основания и образующей конуса, получающегося при свободном падении зерновой массы на горизонтальную плоскость.

Таблица 2 – Угол естественного откоса у различных культур

Культура	Угол естественного откоса, град		Культура	Угол естественного откоса, град	
	от	до		от	до
Просо	20	27	Ячмень	28	45
Горох	24	31	Кукуруза	30	40
Соя	25	32	Подсолнечник	31	45
Вика	28	33	Клещевина	34	46
Кормовые бобы	29	35	Рис	27	48
Чечевица	25	32	Овес	31	54
Лен	27	34	Тимофеевка	29	45
Рожь	23	38	Эспарцет	39	57
Пшеница	23	38			

Наибольшие колебания углов естественного откоса и наибольшие их величины отмечаются в зерновых массах, на которые оказывают влияние все условия, определяющие величину сыпучести.

Таблица 3 – Влияние влажности зерна на угол естественного откоса

Культура	Влажность, зерна, %	Угол естественного откоса, град	Культура	Влажность зерна, %	Угол естественного откоса, град
Пшеница	15,3	30,0	Овес	14,6	32,0
	22,0	35,0		20,7	41,0
	35,0	38,0	Люпин	12,7	30,5
Рожь	11,1	23,0	Горох	21,2	30,5
	17,8	34,0		13,0	27,0
Ячмень	11,9	28,0		35,0	31,5
	17,8	32,0			

Основы метода. Определение сыпучести зерна основано на измерении угла наклона поверхности зерновой насыпи после свободного падения зерна на ровную поверхность. Зерно высыпают из воронки, установленной на определенной высоте, или из ящика с выдвижной стенкой. Второй способ наиболее прост.

Приборы и материалы. Ящик с выдвижной стенкой. Площадь основания ящика 15x15см, высота 25...30 см, транспортир с линейкой и отвесом. Зерно различных культур и влажности.

Методика проведения работы. Деревянный или металлический ящик с выдвижной стенкой заполняют зерном. При плановом поднятии стенки ящика зерновая масса высыпается и располагается под углом естественного откоса. Величину угла измеряют при помощи транспортира с закрепленной на нем линейкой и отвесом. Опыт проводят в трехкратной повторности. Подсчитывают среднюю величину угла естественного откоса.

Лабораторная работа 2.

Определение угла трения зерновой массы по наклонной плоскости

Величина угла трения зависит в основном от давления сыпучего материала на поверхность и от высоты слоя.

Основы метода. Навеску зерна помещают на один край металлического желоба и плавным наклоном его устанавливают начало и окончание ссыпания зерна.

Приборы и материалы. Прибор для определения угла трения зерна по наклонной поверхности состоит из нижней неподвижной плоскости со стойкой, изогнутой по радиусу, верхней подвижной плоскости с зажимом и съемным металлическим желобом, который фиксируется на подвижной плоскости.

Методика проведения работы. Подготовить прибор к работе: установить подвижную верхнюю плоскость в горизонтальное положение (по уровню), закрепить металлический желоб на верхней плоскости. Поместить навеску зерна массой 200 г в верхней части желоба, противоположной от шарнира, затем плавно, без рывков поднять желоб на шкале прибора, отметить начало и окончание движения зерна. Опыты проводят в трехкратной повторности, каждый раз протирая желоб мягкой тряпкой.

Подсчитывают среднеарифметическую величину начала и окончания движения зерна в верхней части желоба. Эти результаты скла-

дывают и делят на два и таким образом получают среднее значение угла трения зерна по наклонной поверхности.

Работу проводят с зерном различных культур и влажности, в том числе с влажностью 14,18 и 22% (для зерновых культур).

Лабораторная работа 3. Определение скважности зерновой массы

Неоднородность зерен и примесей по форме и размерам приводит к тому, что в зерновой массе между ними всегда имеются скважины.

Наличие скважин (межзерновых пространств) в зерновой массе влияет на многие физические и физиологические процессы, протекающие в ней. Так, воздух, перемещающийся по скважинам, способствует передаче тепла путем конвекций и перемещению влаги через зерновую массу в виде пара. Значительная газопроницаемость зерновых масс позволяет использовать это свойство для продувания их воздухом (при активном вентилировании) или вводить в них пары различных отравляющих веществ для обеззараживания (дезинсекции).

Запас воздуха в межзерновых пространствах нужен и для сохранения жизнеспособности семян. Таким образом, скважистость зерновых масс имеет техническое и физиологическое значение.

Для практики хранения зерновых масс имеет значение как общая величина скважистости, так и ее структура. Чем больший объем в зерновой массе занимают скважины, тем меньше ее плотность. Следовательно, для размещения зерновых масс с большой скважистостью необходима и большая по объему емкость зернохранилищ.

Размер и форма скважин (крупные или мелкие скважины) влияют на воздухо- и газопроницаемость зерновой массы, ее сорбционные свойства, сопротивляемость воздуху при активном вентилировании и т.п.

Определение объемной массы зерна показывает, что скважины занимают в зерновой массе значительный объем. Так, известно, что при плотности зерна пшеницы $1,2-1,4 \text{ г/см}^3$, ее объемная масса составляет 730-820 г/л. Понятно, что такая разница между плотностью и объемной массой является следствием неплотности укладки зерен и наличия между ними значительных межзерновых пространств.

Таким образом, скважистость (S) – это отношение объема, занятого промежутками между твердыми частицами зерновой массы, к общему объему, занятому зерновой массой, %.

$$S = \frac{W - V}{W} \cdot 100,$$

где W – общий объем, занимаемый зерновой массой, мл;

V – истинный объем твердых частиц зерновой массы, мл.

Скважистость может быть выражена также формулой

$$S = 100 - t = \frac{(100 - V \cdot 100)}{W},$$

где t – плотность зерновой массы, г/мл.

В таблице 4 приведены данные, характеризующие величину скважистости и массу 1 м³ зерна различных культур.

Таблица 4 – Величина скважистости и масса 1 м³ зерна различных культур

Культура	Масса 1 м ³ , кг	Скважистость, %	Культура	Масса 1 м ³ , кг	Скважистость, %
Житняк ширококолосый	260-300	70-80	Лен	580-680	35-45
Подсолнечник масличный	325-440	60-80	Кукуруза	680-820	35-55
Овес	400-550	50-70	Просо	680-730	30-50
Рис	440-550	50-65	Рожь	680-750	35-45
Гречиха	560-650	50-60	Пшеница	730-840	35-45
Ячмень	580-700	45-55	Горох и люпин	750-800	40-45
			Клевер красный	780-850	30-40

Основы метода. Объем межзерновых промежутков в зерновой массе определяют заполнением их несмачивающей жидкостью (ксилолом, керосином) и учетом ее количества.

Приборы и материалы. Мерный цилиндр на 100...200 см³, два штатива, воронка, градуированный сосуд на 100 см³ с нижним краником, закрепленный в штативе. Зерно различных культур и влажности.

Методика проведения работы. В мерный цилиндр засыпают зерно через воронку устанавливают в кольцо штатив так, чтобы высота падения зерна в цилиндр была 25 см, затем цилиндр с зерном устанавливают под градуированным сосудом, в который залито 100 см³ керосина или ксилола. Поворотом краника в цилиндр с зерном сливают такое количество жидкости, чтобы она заполнила все межзерновые пространства и ее верхний уровень достиг отметки 100 см³, т.е.

сравнился с верхним слоем зерна в цилиндре. Отмечают количество израсходованной жидкости. Если объем зерна составляет 100 см^3 , то количество израсходованной жидкости в сантиметрах соответствует скважистости зерновой массы в процентах. Анализ проводят в трехкратной повторности и подсчитывают среднюю скважистость.

Несмачивающуюся жидкость отфильтровывают через слой ваты и используют повторно. Для предупреждения всплывания легких частиц примесей поверх зерна в объеме 100 см^3 укладывают кружок из медной сетки, соответствующий диаметру цилиндра.

Лабораторная работа 4.

Определение влажности зерна методом высушивания

Систематическое определение влажности зерна является необходимым условием правильной организации процесса его послеуборочной обработки и хранения. Влажность определяют во всех поступивших партиях зерна. На основании анализа устанавливают необходимость и режимы сушки зерна. В процессе сушки влажность зерна определяют через каждые 2 ч, а при налаживании режима обработки – через 1 ч, на основании данных об изменении влажности зерна при сушке рассчитывают производительность сушилок.

Основы метода. Влагу удаляют высушиванием навесок размолотого зерна в электрических сушильных шкафах при температуре 130°C в течение 40 мин (по ГОСТ 13586.5-93 – в течение 60 мин) и последующим охлаждением в осушенном эксикаторе. По разности массы навесок зерна до и после высушивания рассчитывают его влажность.

Приборы и материалы. Сушильный шкаф (СЭШ-3М или другие) с автоматическим регулированием температуры, весы технические, лабораторная мельница ЛЗМ, бюксы алюминиевые с крышками, эксикатор с прокаленным хлористым кальцием, щипцы, стеклянные банки с притертыми крышками, бюксы (металлические баночки с крышкой).

Методика проведения работы. Из пробы зерна, выделенной для определения влажности и помещенной в банку с крышкой или в бутылку, отделяют 20 г зерна и размалывают его на лабораторной мельнице в течение 30...60 с. Крупность помола должна обеспечить проход полученного шрота через проволочное сито №08 и остаток на сите №1 – не более 5%.

Размолотое зерно помещают в банку с притертой крышкой и тщательно смешивают. Затем отбирают две навески размолотого зерна в предварительно взвешенные бюксы и отвешивают точно по 5 г навески можно брать непосредственно из мельницы. Открытые бюксы с размолотым зерном (крышку используют как поддон) помещают в заранее разогретый сушильный шкаф и через несколько минут, когда температура внутри шкафа снова поднимается до 130⁰С, фиксируют начало высушивания. Через 60 мин бюксы с навесками вынимают из шкафа щипцами, закрывают крышками и переносят в эксикатор на 15...20 мин до полного охлаждения. Затем бюксы взвешивают и по разности массы до и после высушивания определяют влажность зерна. Все взвешивания проводят с точностью до 0,01 г, если навеска равнялась точно 5 г, влажность в процентах получают умножением массы испарившейся влаги на 20, например, в процессе высушивания испарилось воды в первом бюксе 0,42 г, во втором 0,40 г. В этом случае влажность навесок зерна будет 0,42 x 20=8,40% и 0,40 x 20=8,00%, средняя влажность анализируемого зерна составит 8,2%.

Если влажность зерна более 18%, его трудно размалывать, увеличивается время размола, возрастают потери влаги на испарение. В таких случаях влажность зерна определяют методом с предварительным подсушиванием. Для этого отвешивают 20 г испытуемого зерна, помещают его в неглубокую чашку диаметром 8...10 см или сетчатые бюксы и подсушивают в сушильном шкафу при температуре 105⁰С в течение 5...10 мин, после чего охлаждают в открытой чашке и взвешивают. Полученное зерно размалывают, отбирают от него две навески точно по 5 г и высушивают, как описано выше (при температуре 130⁰С, 40 мин). Влажность (%) зерна определяют по формуле

$$B = (100 - M \times M_1) + K,$$

где M – масса 20-граммовой навески после высушивания, г;

M_1 – масса 5-граммовой навески размолотого зерна после высушивания, г;

K – поправочный коэффициент: для пшеницы, ржи, ячменя – 0,24%; для овса – 0,35%; для гороха – 0,45%.

Пример. Если масса неразмолотого зерна после подсушивания навески пшеницы в 20 г была 17,82 г, а масса размолотого зерна после окончательного высушивания навески в 5 г была 4,35 г, то процент влажности будет равен по формуле: $(100 - 17,82 \times 4,35) + 0,2 = (100 - 77,52) + 0,2 = 22,68 = 22,7\%$.

Отклонения двух параллельных определений влажности не должны превышать 0,5%. Влажность на электровлагомерах определяют в соответствии с инструкцией, прилагаемой к прибору.

Лабораторная работа 5. Определение засоренности зерна и чистоты семян

Очистка зерна является одной из основных и сложных задач послеуборочной обработки. Засоренность определяют в процессе работы зерноочистительных машин (на входе и выходе).

Основы метода. Засоренность определяют визуальным анализом навески зерна, выделенной из средней пробы. Выделяют и взвешивают все фракции сорной и зерновой примесей в соответствии с перечнем в стандартах по видам зерна. При подготовке к выполнению работы необходимо использовать ГОСТ 30483-97 «Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержание мелких зерен и крупности; содержание зерен пшеницы, поврежденных клопом черепашкой; содержание металломагнитной примеси»; ГОСТ 12037–81 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян».

Приборы и материалы. Весы циферблатные до 2 кг, весы лабораторные с погрешностью взвешивания не более 0,01 г, комплект лабораторных решет (по культурам), сито с отверстиями диаметром 6мм, лупа зерновая, совки лабораторные, пакеты или чашки для навесок и фракций примесей, шпатель, пинцет. Планки (линейки), доска разборная, коллекции зерна, примесей семян сорных растений.

Методика проведения работы. Среднюю пробу зерна взвешивают и просеивают на сите с отверстиями диаметром 6 мм. Из схода с сита вручную выбирают крупную сорную примесь и взвешивают. Результат выражают в процентах к массе средней пробы. Колосья и створки бобов относят к сорной примеси после извлечения из них зерен (семян).

Из средней пробы, освобожденной от крупной сорной примеси, выделяют навеску, масса которой зависит от вида культуры: для зерна пшеницы, ржи, ячменя, гречихи, овса, риса, вики – 50 г, для гороха – 100 г. Затем навеску просеивают на лабораторном решете и проход относят к сорной примеси. Решето должно иметь отверстия диаметром 1мм для зерна пшеницы и ржи; диаметром 1,5 мм – для ячменя, овса,

сорго; диаметром 2 мм – для риса, вики, чины; диаметром 2,5 мм – для кукурузы, гороха; диаметром 3 мм – для гречихи, сои, фасоли.

Сход с лабораторного решета высыпают на разборную доску и с помощью шпателя выделяют фракции явно выраженной сорной и зерновой примесей согласно перечню в стандарте на соответствующую культуру. Содержание сорной и зерновой примесей выражают в процентах к массе навески. Так как крупная сорная примесь была выделена ранее, общее ее содержание выражают в виде процентов крупной и остальной сорной примесей.

При анализе семенного зерна анализируют две навески и разбирают их отдельно на семена основной культуры и отход. В отход выделяют мелкие и щуплые семена, прошедшие через решето с отверстиями размером 1,7 x 20 мм для пшеницы и ячменя и 1,5 x 20 мм – для ржи и овса, раздавленные, проросшие, загнившие, битые и поврежденные вредителями, утратившие половину и более половины семени, семена сорных и других культурных растений, головневые мешочки, минеральную примесь, органический сор, живых и мертвых вредителей.

Семена, оставшиеся после выделения отхода, являются семенами основной культуры. Их массу определяют как разность между массой навески, взятой для анализа, и массой отхода.

Лабораторная работа 6.

Определение зараженности и поврежденности вредителями

Наличие в зерновой массе испорченных и поврежденных зерен во многих случаях является результатом нарушения сроков или режимов послеуборочной обработки свежесобранного зерна, чтобы уменьшить или полностью исключить этот источник потерь, необходимо контролировать качество зерна в процессе его послеуборочной обработки и хранения.

Содержание испорченных и поврежденных зерен определяют одновременно с анализом на засоренность из дополнительной навески, выделенной из зерна, освобожденного от явно выраженной сорной и зерновой примесей. Для зерна пшеницы, ржи, ячменя и сорго масса дополнительной навески 10 г. Из выделенной навески зерна выбирают все сомнительные по внешнему виду зерна, разрезают их поперек и разделяют на три группы (нормальные, поврежденные и испорченные) в соответствии с характеристикой, изложенной в стан-

дарте на данную культуру. Затем поврежденные и испорченные зерна отдельно взвешивают. У овса со всех зерен навески массой 10 г вручную снимают пленки, затем выделяют испорченные и поврежденные зерна. Содержание (%) испорченных и поврежденных зерен вычисляют по формуле

$$X = (M_1 \times M) / 5,$$

где M_1 – масса поврежденных или испорченных зерен в навеске массой 10 г, г;

M – масса зерна, оставшегося после выделения из навески массой 50 г сорной и зерновой примесей, г.

Общее содержание (%) испорченных или поврежденных зерен в партии зерна вычисляют по формуле

$$X_u = 2 M_2 + X_1,$$

где M_2 – масса явно испорченных или поврежденных зерен, выделенных из навески массой 50 г, г.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Ниже приводится список литературы, который был использован при разработке данного учебного пособия и рекомендуется для студентов и магистров, обучающихся по специальностям “Технология хранения и переработки зерна” и “Биохимия зерна, продуктов его переработки и комбикормов”.

1. Батерский, Ф.Д. Послеуборочная обработка зерна / Ф.Д. Батерский, С.А. Карбанов. – М.: Агропромиздат, 1986.
2. Бутковский, В.А. Технологии зерноперерабатывающих производств / В.А. Бутковский, А.И. Мерко, Е.М. Мельников. – М.: Интерграф сервис, 1999. – 472 с.
3. Ведров, Н.Г. Селекция и семеноводство полевых культур: учеб. пособие / Н.Г. Ведров; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2000. – 255 с.
4. Вобликов, Е.М. Технология хранения зерна / Е.М. Вобликов. – М.: Ланка, 2003. – 288 с.
5. Горшкова, В.А. Яровой ячмень / В.А. Горшкова, В.Т. Рымарь. – Каменная Степь, 1998. – 312 с.
6. Вобликов, Е.М. Зернохранилища и технологии элеваторной промышленности: учеб. пособие / Е.М. Вобликов. – СПб.: Изд-во “Лань”, 2005. – 208 с.
7. Казаков, Е.Д. Методы оценки качества зерна / Е.Д. Казаков. – М.: Агропромиздат, 1987. – 215 с.
8. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов (3-е перераб. и доп. изд.) / Е.Д. Казаков, Г.П. Карпиленко. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 512 с.
9. Карпов, Б.А. Технология послеуборочной обработки и хранения зерна / Б.А. Карпов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 111 с.
10. Мальцев, В.Ф. Ячмень и овес в Сибири / В.Ф. Мальцев. – М.: Колос, 1984. – 128 с.
11. Мельник, Б.Е. Технология приемки, хранения и переработки зерна / Б.Е. Мельник, В.Б. Лебедев, Г.А. Винников. – М.: Агропромиздат, 1990. – 367 с.
12. Практикум по хранению и технологии сельскохозяйственных продуктов / под ред. Л.А. Трисвятского. – М.: Колос, 1981. – 105 с.
13. Подкопаев, В.Н. Повышение качества и сокращение потерь зерна / В.Н. Подкопаев. – М.: Хлебпродинформ, 2002. – 192 с.

14. Разумовский, А.Г. Качество зерновых культур и пути его повышения в Восточной Сибири / А.Г. Разумовский, Л.В. Плеханова; под ред. Н.А. Сурина; Краснояр. НИИСХ. – Новосибирск, 2005. – 176 с.

15. Сурин, Н.А. Селекция ячменя в Сибири / Н.А. Сурин, Н.Е. Ляхова; РАСХН. Сиб. отд-ние. НПО “Енисей”. – Новосибирск, 1993. – 292 с.

16. Технология хранения зерна: учеб. для вузов / под ред. Е.М. Вобликова. – СПб.: Лань, 2003. – 448 с.

17. Трисвятский, Л.А. Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов / Л.А. Трисвятский. – М.: Колос, 1983. – 390 с.

18. Трисвятский, Л.А. Хранение зерна / Л.А. Трисвятский. – М.: Агропромиздат, 1986. – 210 с.

КАЧЕСТВО ЗЕРНА И УСЛОВИЯ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ

Учебное пособие

*Позднякова О.В., Янова М.А.,
Матюшев В.В., Аникиенко Т.И.*

Редактор В.А. Сорокина

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 24.49.04.953.П. 000381.09.03 от 25.09.2003 г.

Подписано в печать 10.02.2009. Формат 60х84/16. Бумага тип. № 1.

Печать – ризограф. Объем 8,75 п.л. Тираж 112 экз. Заказ № 1947

Издательство Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117

