

Лекция 14. Особенности хранения корнеклубнеплодов.

1. Особенности корнеклубнеплодов как объектов хранения.
2. Физиологические и биохимические процессы, протекающие при хранении корнеклубнеплодов.
3. Влияние микроорганизмов и вредителей на сохранность корнеклубнеплодов.
4. Физические свойства корнеклубнеплодов.
5. Размещение и хранение корнеклубнеплодов. Учет продукции при хранении.

1. Особенности корнеклубнеплодов как объектов хранения. Растительные сочные продукты – важный источник витаминов. Главная причина, затрудняющая организацию хранения растительных сочных продуктов – содержание в них большого количества воды, что усиливает интенсивность обмена веществ в клетках и тканях. Подавляющая часть воды находится в свободной подвижной форме и лишь 1/5 ее – в связанном состоянии, что обуславливает не только усиленный обмен веществ, но и повышенную чувствительность продуктов к окружающей среде. Чтобы понизить интенсивность обмена веществ, корнеклубнеплоды хранят при температуре, близкой к 0 °С, то есть в условиях психроанабиоза.

Высокое содержание воды вызывает необходимость хранить корнеклубнеплоды при повышенной относительной влажности воздуха (85–98 %), чтобы предупредить испарение, способствующее снижению тургора, увяданию и убыли массы. В увядших клубнях и корнеплодах резко снижается естественный иммунитет и они подвергаются порче вследствие развития микроорганизмов.

Любая партия картофеля и корнеплодов редко бывает однородной. Вместе с клубнями, корнеплодами в насыпь попадает то или иное количество примесей (листья, частицы почвы и т.п.), поврежденные клубни, корнеплоды. На продукции присутствует большое количество микроорганизмов. В растительном сочном сырье, заложенном на хранение, иногда обнаруживают нематод и насекомых.

Картофель и корнеплоды не укладывают плотно. Между ними всегда остаются промежутки. Воздух, находящийся в них, влияет на все компоненты и отличается от атмосферного по составу, температуре и влажности.

Таким образом, партии картофеля и корнеплодов представляют собой биоценоз (биологическое сообщество). В период хранения в них протекают физиологические, биохимические и микробиологические процессы.

2. Физиологические и биохимические процессы, протекающие при хранении корнеклубнеплодов.

Дыхание. При хранении моркови за 6 мес. расход органических веществ на дыхание составляет 2,1 %, а при хранении картофеля в течение 8 мес.

только 0,74 %. За 1 ч 1 кг моркови поглощает кислорода 16,1 мг и выделяет 17,3 мг CO₂, то же количество картофеля соответственно 9,4 и 10,1 мг.

В процессе дыхания выделяется много тепла. Тепловыделение моркови и картофеля составляет 1008–3780 кДж/(т-сут.).

Значительно и количество влаги, выделяемое в процессе дыхания – оно составляет 170–800 г/(т-сут.). Выделяемые при дыхании тепло, влага и диоксид углерода рассматривают как результат жизнедеятельности клубней, корнеплодов и находящихся на них микроорганизмов.

Картофель дышит интенсивнее после уборки, затем этот процесс падает (период физиологического покоя) и к весне вновь возрастает. При разрезании клубней интенсивность дыхания усиливается.

Колебания температуры в процессе хранения также влияют на интенсивность дыхания, чаще всего усиливая его. Влажность воздуха косвенно влияет на интенсивность биохимических процессов, в том числе и на газообмен при дыхании. Пониженная влажность воздуха в хранилищах приводит к увяданию заложенной продукции, потере клетками ткани тургора и увеличению интенсивности дыхания.

Существенно отражается на интенсивности дыхания состав воздуха. Снижение содержания кислорода и увеличение количества диоксида углерода подавляют дыхание в клетках тканей, замедляют процесс старения и увеличивают срок хранения.

Режимы хранения в регулируемой газовой среде (РГС) и модифицированной газовой среде (МГС) внедрены в практику хранения продуктов. В отсутствие кислорода невозможны ни дыхание, ни связанные с ним метаболические процессы; не поддерживается целостность мембран клеток. При содержании кислорода 1 % и температуре 10 °С картофель сохраняется в течение нескольких недель без видимых повреждений.

Избыток кислорода приводит к кислородному отравлению. Оно выражается в гибели клеток на отдельных участках клубней, хранящихся четыре-пять недель в атмосфере с 50 %-ным содержанием кислорода, весь клубень отмирает при количестве кислорода 80 %.

Нормальный уровень наличия в атмосфере CO₂ составляет 0,03 %. Полное его удаление не влечет отрицательных последствий. Увеличение количества CO₂ тормозит процесс старения, замедляет разрушение хлорофилла и размягчение плодов. При 15–20 %-ной концентрации CO₂ клубни подвергаются распаду и загнивают, а при 10 %-ной подобные процессы не наблюдаются. При 2–4 %-ном содержании CO₂ отмечается стимуляция роста проростков.

Раневые реакции. На свежееубранных клубнях механические повреждения быстро зарубцовываются и на месте повреждения образуется раневая перидерма. Она возникает и у корнеплодов. Лучше всего раневая перидерма образуется при температуре 18–20 °С, относительной влажности воздуха около 95 % и свободном доступе кислорода. Под поврежденными паренхимными клетками многослойная раневая перидерма образуется через 5–7 дней. Оболочки верхних рядов клеток пропитываются суберином. Наиболее мно-

гослойная и неравномерная по форме раневая перидерма образуется в зоне сосудистых пучков. Очень слабая раневая перидерма в тканях сердцевины клубня. Достаточно мощный слой пропитанных суберином клеток даже при отсутствии перидермы также препятствует проникновению микроорганизмов в клубень. При заживлении поранений появляется не только механический, но и химический барьер – в зоне поражения образуются антибиотические вещества, подавляющие развитие микроорганизмов.

Вещества, возникающие в растительных клетках после соприкосновения с паразитом или выделенными им ферментами, названы фитоалексинами. Чем быстрее и в большем количестве они образуются, тем более устойчив данный сорт к фитопатогенным микроорганизмам. По мере хранения способность клубней продуцировать фитоалексины падает, что снижает их устойчивость к болезням.

Раневые реакции у корнеплодов свеклы и моркови проходят в течение 10 дней при температуре 10–12 °С и влажности воздуха 90–95 %.

Созревание и старение. Наибольшей пищевой и вкусовой ценностью корнеплоды обладают при определенной степени созревания. Дальнейшее хранение их приводит к старению и ухудшению качества.

Период покоя и способы предупреждения прорастания. Покой – определенный период в жизненном цикле растений, во время которого сильно понижена интенсивность многих физиологических процессов и отсутствует видимый рост. Покой определяется не недостатком питательных веществ, а неспособностью меристематических тканей по различным причинам использовать их для построения новых тканей и органов. Меристематические ткани картофеля, находящиеся в состоянии покоя, характеризуются пониженным содержанием нуклеиновых кислот, и только с увеличением их до определенного уровня и с началом синтеза новой, информационной РНК становится возможным деление клеток и прорастание клубней.

У картофеля в покое находятся только меристематические ткани (глазки). Запасающие ткани в период покоя обладают способностью активизировать биохимические процессы в ответ на механические повреждения или инфекцию. Вследствие этого свежесобранные клубни активнее образуют раневую перидерму и обладают более высокой устойчивостью к фитопатогенным микроорганизмам по сравнению с клубнями после хранения.

Физиологические расстройства. Нарушение естественных физиологических функций, в первую очередь дыхания каждой клетки и всего организма, приводит к физиологическим расстройствам. Их вызывают неблагоприятные внешние условия в период роста растений, во время уборки урожая, транспортирования и хранения продукции.

Почернение сердцевины клубней наблюдается у картофеля после длительного хранения при температуре 0 °С. Способствуют этому и механические воздействия на клубни. Потемнение мякоти клубня усиливается, если под картофель вносят избыточное азотное удобрение и хранят его при низких температурах.

Сердцевина клубня чернеет при образовании из тирозина меланинов. Меньше темнеют клубни с низким содержанием крахмала и с большим количеством калия. Уменьшить потемнение клубней можно высокой культурой земледелия, внесением калия, своевременным удалением ботвы и т. д.

Повреждение, вызываемое охлаждением. Несмотря на то, что основной режим хранения – термоанабиоз (при пониженных температурах), некоторые виды при слишком долгом хранении на холоде повреждаются настолько сильно, что происходящие в них физиологические процессы нарушаются или затухают. В результате естественный иммунитет падает, а процессы разложения идут гораздо интенсивнее.

3. Влияние микроорганизмов и вредителей на сохранность корнеклубнеплодов.

Микробиологические процессы, происходящие при хранении картофеля, корнеплодов. Основная причина порчи картофеля и корнеплодов при хранении – активное развитие микроорганизмов. Товарные качества могут резко ухудшиться во время транспортирования и хранения, а также вследствие развития вирусов. На корнеплодах и картофеле находится чрезвычайно много микроорганизмов, так как они формируются в почве.

Наиболее распространенные фитопатогенные микроорганизмы, поражающие корнеплоды и картофель вызывают следующие болезни: фомоз (*Phoma betae* Frank), фитофтора (*Phytophthora infestans* de Bary), черная плесень (*Aspergillus niger* van Tiegh), бактериозы – мокрая бактериальная гниль картофеля (*Pseudomonas xatii*ochiora Siupp.) и др.

Активное развитие микроорганизмов на корнеплодах и картофеле часто сопровождается большим выделением тепла. В зависимости от вида продукции, способа и условий хранения иногда самосогревание развивается слабо, малозаметно, в других случаях протекает сильно и быстро. В какой бы степени самосогревание ни проявлялось при хранении, оно наносит большой вред. Начавшийся процесс самосогревания сам по себе не останавливается до его завершения. Только охлаждение активным вентилированием или переборка позволяют спасти часть продукции от порчи.

Если картофель рассредоточен и хранится в ящиках или контейнерах, то типичной картины самосогревания обычно не наблюдается, а происходит порча пораженной болезнями продукции без значительного повышения температуры.

Для предупреждения развития микробиологических процессов корнеплоды предохраняют от механических повреждений и увядания, снижают температуру хранения до оптимальной (1–3 °С), своевременно удаляют тепло, накапливающееся в процессе дыхания, проветриванием или активным вентилированием массы корнеплодов, удаляют капельно-жидкую влагу с поверхности корнеплодов, тщательно сортируют свеклу для удаления пораженных или поврежденных корнеплодов из массы здоровых, удаляют примеси (ботву, сорняки и др.).

Влияние насекомых, клещей и нематод на сохранность картофеля и корнеплодов

Нематоды. Источниками заражения нематодами служат: семенной материал, почва, хранилище, инвентарь, оборудование, территория вокруг складов и земельный участок для буртов и траншей.

Потери от паразитарных и физиологических заболеваний в хранилищах без регулируемого режима за период хранения достигают (%): картофеля 5–25, моркови 8–25, свеклы 9–11.

Борьбу с фитонематодами вести очень трудно, так как они малы по размерам, интенсивно размножаются и хорошо приспособлены к неблагоприятным условиям внешней среды, устойчивы к химическим воздействиям. Только комплекс профилактических мероприятий (улучшение организации заготовок, упаковывания, транспортирования; сортирование и калибрование; обсушивание; удаление почвы; выдерживание лечебного периода для заживления механических поражений; закладка только доброкачественной продукции; своевременная подготовка хранилищ, тары, инвентаря, оборудования; хранение продукции в современных типовых хранилищах (с регулированием режима) обеспечивают сокращение потерь от этих вредителей.

Клещи встречаются повсюду. В хранилищах клещи обитают на картофеле, загнивших корнеплодах моркови, свеклы. К профилактическим мерам борьбы с клещами относят: правильный севооборот, высадку здорового посадочного материала, удаление с поля гниющих овощей, дезинсекцию хранилищ, правильную подготовку продукции к хранению.

Насекомые. Личинки щелкуна-проволочника повреждают картофель, морковь, репу, редьку, брюкву, редис и др. Они проникают внутрь клубней и корнеплодов, пробуравливают ходы, загрязняют их, способствуют гниению продукции при хранении.

Основной путь сокращения потерь растительного сочного сырья при хранении – своевременная борьба с нематодами, клещами и насекомыми в полевых условиях и закладка на хранение здоровой продукции.

4. Физические свойства корнеклубнеплодов. Сыпучесть. При закладке в бурты картофель и овощи укладывают по углу естественного откоса, который составляет 40–45°. Если картофель и корнеплоды перемещают по транспортерной ленте, то ее устанавливают так, чтобы угол наклона был меньше угла трения, иначе картофель и корнеплоды скатываются с транспортера в обратном направлении. Максимальный наклон ленточного транспортера – 18–24°, планчатого – 33°.

Самосортирование. Более крупные, с большей удельной массой корнеплоды и клубни распределяются вблизи от места падения, мелкие перемещаются по насыпи дальше. При загрузке создаются участки насыпи с более мелкими клубнями и с большим содержанием примесей, меньшей скважистостью и обеспеченностью воздухом. Предупреждают самосортирование предварительным сортированием или калиброванием по форме и размеру.

Скважистость. Запас воздуха в скважинах имеет большое значение для жизнедеятельности хранимых объектов. Присутствие воздуха, перемещающегося по скважинам, способствует передаче тепла и перемещению влаги в виде пара в межклубневых пространствах.

Высота загрузки хранилищ зависит от вида продукции, формы, размеров, особенностей поверхности, наличия примесей. Скважистость с увеличением высоты загрузки уменьшается. Присутствие почвы, листьев и т.д. резко снижает скважистость и увеличивает сопротивление потоку воздуха при активном вентилировании.

Скважистость картофеля составляет 42–45 % (при средней массе клубней 50–125 г), свеклы 50–55 %. Чем больше скважистость, тем меньше объемная масса. Например, у картофеля она колеблется в пределах 630–700 кг/м³, свеклы 500–650 кг/м³.

Механическая прочность. Характеризуется усилием на раздавливание (сжатием между двумя пластинами). Так, у картофеля оно колеблется в пределах 17–25 кг/см².

Крупные клубни травмируются сильнее, чем средние и мелкие. Степень повреждения картофеля и корнеплодов обуславливается и их чувствительностью к повреждениям, характером и прочностью кожицы.

Сорбционные свойства (испарение и отпотевание). Масса клубней, корнеплодов при хранении уменьшается главным образом за счет испарения влаги. Большие размеры клеток и межклетников, незначительная толщина верхнего кутинизированного слоя клеток, слабая влагоудерживающая способность цитоплазмы (вследствие малого содержания белков и других коллоидов), большая удельная поверхность способствуют быстрому испарению влаги и потере тургора при низкой влажности воздуха. При одинаковых внешних условиях интенсивность испарения тем выше, чем больше удельная поверхность объектов. Поэтому из мелких клубней и корнеплодов при прочих равных условиях влаги испаряется больше, чем из крупных.

Для основных видов в хранилищах поддерживают влажность воздуха 90–95 %. Часто высокая относительная влажность воздуха в хранилище приводит к отпотеванию продукции, что влечет за собой большие потери из-за микробиологической порчи. На сухой и здоровой поверхности споры фитопатогенов лишены возможности прорасти и развиваться.

Для предупреждения отпотевания объектов и их порчи применяют активное вентилирование. При отсутствии установок продукты укрывают теплоизоляционными материалами, обладающими большой гигроскопичностью. Конденсационную влагу, оседающую на укрытии, удаляют вместе с ним.

Подверженность заморозанию. В основном корнеплоды замораются в пределах температуры –3 °С. В начале заморозания в лед превращается вода в межклеточных пространствах, затем вода, находящаяся в клетках. Температура корнеплодов и картофеля изменяется тем быстрее, чем быстрее движение воздуха и чем они мельче по размеру.

Теплофизические свойства. Корнеплоды и картофель обладают плохой теплопроводностью. Они очень медленно охлаждаются и так же медленно

нагреваются. Интенсивность данных процессов замедляется и вследствие высокой скважистости хранимых объектов, так как воздух – плохой проводник тепла. Вследствие плохой теплопроводности тепло, выделяемое всеми живыми компонентами массы, аккумулируется в ней, при этом активизируется микрофлора и возникает самосогревание, приводящее к потере качества продукции.

5. Размещение и хранение корнеклубнеплодов. Учет продукции при хранении. Применяют в основном два режима хранения: в охлажденном состоянии (в условиях термоанабиоза); в охлажденном состоянии и РГС или МГС (в условиях наркоанабиоза или аноксианабиоза).

Основы режима хранения продукции в охлажденном состоянии. При пониженных температурах, близких к 0 °С, ослабевает или подавляется жизнедеятельность всех компонентов насыпи продукции. При этом снижается интенсивность дыхания живых клеток (тканей плодов и овощей, микроорганизмов, нематод, клещей, насекомых); задерживается развитие микроорганизмов; увеличивается или приостанавливается продолжительность цикла развития нематод, клещей и насекомых.

Хранение корнеплодов и картофеля в охлажденном состоянии возможно, используя пониженные температуры в осенне-зимне-весенний период, благодаря естественному холоду. Медленно устанавливается такой режим в хранилищах с естественной приточно-вытяжной вентиляцией, быстрее – в хранилищах с установками активного вентилирования, и еще быстрее при размещении продукции в холодильниках с искусственным охлаждением.

Оптимальная температура и влажность воздуха при хранении значительно колеблются в зависимости от физиологического состояния (завершены или нет процессы созревания, прошли или нет раневые реакции), вида продукта, условий и техники уборки, поврежденности продукции микроорганизмами, нематодами, клещами и насекомыми.

Основы режима хранения продукции в РГС. При снижении в воздухе окружающей среды концентрации кислорода подавляется жизнедеятельность живых компонентов корнеплодов и картофеля. При таких условиях значительно позже наступает климактерический период, меньше расходуется в процессе дыхания сухих веществ, уменьшается активность микрофлоры, находящейся на поверхности, погибают нематоды, клещи и насекомые.

Стабильное поддержание газовой среды обеспечивают газогенераторы. Газовые среды подразделяют на 3 типа: нормальные, когда сумма процентов диоксида углерода и кислорода составляет 21 % (например, CO₂ – 5 и O₂ – 16 или CO₂ – 9 и O₂ – 12); субнормальные, когда резко понижено содержание кислорода (до 3–5 %), а количество диоксида углерода сохраняется на высоком уровне (2–5 %); среды без диоксида углерода при пониженной концентрации кислорода (3 %).

Положительное воздействие повышенных концентраций диоксида углерода и пониженных кислорода проявляется в следующем: снижении интенсивности дыхания (как следствие процесса сокращаются потери сухих ве-

ществ); замедлении процессов дозревания и более позднем наступлении климакса; продлении сроков хранения. Отрицательное действие проявляется в: повышенной чувствительности овощей и плодов к низкотемпературным повреждениям при измененном газовом составе воздуха; ослаблении устойчивости к поражению фитопатогенными микроорганизмами; образовании недоокисленных продуктов обмена веществ (спирта, ацетальдегида и др.).

Иногда под действием повышенных концентраций CO_2 и при наличии на поверхности конденсата возникает ожог поверхностных тканей (диоксид углерода, растворяясь в капле воды, образует кислоту).

Хранение отдельных видов продукции.

Картофель. Режим хранения картофеля подразделяют на 4 периода: лечебный, охлаждения, основной и весенний.

В *лечебный* период клубни хранят при температуре 12–18 °С, относительной влажности воздуха 90–95 % и свободном доступе воздуха в течение 8–10 сут. Режим хранения в этот период поддерживают с помощью активного вентилирования. Картофель вентилируют теплым воздухом 5–6 раз в сутки по 30 мин с интервалами 3–4 ч. При таком вентилировании клубни быстро обсушиваются. Если они не дозрели, кожура не окрепла и имеет значительные механические повреждения, продолжительность лечебного периода затягивается до 2–3 недель.

При *охлаждении* картофель вентилируют ночью наружным воздухом или смесью его с воздухом хранилища.

В *основной* период температуру поддерживают на уровне 2–4 °С. Вентилируют кратковременно, периодически, чтобы сменить воздух межклубневых пространств, выровнять температуру насыпи, удалить тепло и поддерживать заданный температурный режим. Вентилируют в этот период 2–3 раза в неделю по 30 мин.

Весной температуру в насыпи картофеля снижают (но не ниже чем до 1,5–2 °С) для предупреждения прорастания клубней.

Картофель хранят чаще всего сплошной насыпью или в закромах, а также в контейнерах.

Корнеплоды кормовые. Режим хранения корнеплодов подразделяют на лечебный; период охлаждения; основной; весенний. Все корнеплоды для ускорения раневых реакций первые 10 сут. хранят при температуре 10–12 °С и относительной влажности воздуха 90–95 %. Затем все корнеплоды охлаждают со скоростью 0,5–1 °С в сутки. Продолжительность периода 10–15 сут. В основной период хранения (6–7 мес. и более) для корнеплодов поддерживают температуру 0–1 °С и относительную влажность воздуха 90–98 %. В основном корнеплоды хранят в закромах, насыпью и в контейнерах.

Способы хранения и размещения продукции. Для сохранения больших партий картофеля и корнеплодов в свежем виде применяют 2 основных способа хранения: полевой – в буртах и траншеях (в настоящее время практически не применяется); стационарный – в специально построенных хранилищах. С учетом особенностей режимов хранения отдельных продуктов создают специализированные картофеле-, корнеплодохранилища. Строят и уни-

версальные хранилища для хранения в отдельных камерах различных объектов.

Хранение картофеля и корнеплодов в стационарных хранилищах. Стационарные хранилища сооружают в основном из сборных железобетонных конструкций, полносборных металлических конструкций типа «сэндвич». Их разделяют на наземные и заглубленные в грунт, а также классифицируют по видам продукции: картофеле-, корнеплодохранилища.

Важнейшее условие успешного хранения корнеплодов и картофеля – устройство вентиляции. Своевременный и достаточный обмен воздуха в хранилищах позволяет создать оптимальные режимы. Хорошая вентиляция позволяет предупреждать подмораживание продуктов или быстро снизить температуру в помещении.

При устройстве хранилищ применяют всевозможные элементы стационарной или передвижной механизации для закладки на хранение, товарной обработки и подготовки продукции к реализации.

Учет продукции, заложенной на хранение. Потери массы и качества корнеплодов и картофеля при хранении различны. При правильной организации хранения они происходят в результате дыхания объектов и частичного испарения из них влаги. Соблюдая правила подготовки продукции к хранению и поддерживая оптимальные по температуре и влажности воздуха режимы, удастся снизить потери.

Под естественной убылью понимают уменьшение массы в процессе хранения вследствие потерь сухих веществ на дыхание и частичное испарение влаги. В нормы естественной убыли не входят потери, образующиеся вследствие повреждения тары, а также брак и отходы, получаемые при хранении и товарной обработке.