

**С.А. Гусев, Л.В. Метлицкий**

# **Хранение картофеля**

**Москва**  
**«Книга по Требованию»**

УДК 631  
ББК 4  
С11

С11      **С.А. Гусев**  
Хранение картофеля / С.А. Гусев, Л.В. Метлицкий – М.: Книга по Требованию, 2013. – 221 с.

**ISBN 978-5-458-25526-4**

В книге даны биохимические основы и технология хранения картофеля. Показана природа физиолого-биохимических процессов, происходящих в клубнях при хранении, освещены современные представления об устойчивости к болезням, состояниях покоя, переходе к прорастанию. Рассмотрены режимы хранения в зависимости от периода хранения и свойств сорта, особенности хранения картофеля, убранного в ранние сроки, и в условиях активного вентилирования. Рассказано о технологии хранения в постоянных и временных картофелехранилищах. Рассчитана на специалистов, занимающихся хранением картофеля.

**ISBN 978-5-458-25526-4**

© Издание на русском языке, оформление

«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,

«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, кляксы, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



## **ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХРАНЕНИЯ**

В клубнях картофеля на протяжении всего периода хранения продолжаются сложные физиолого-биохимические процессы. В силу этого во время хранения изменяется химический состав клубней и возникают различного рода функциональные расстройства. Вместе с тем только благодаря тому, что клубни и после отделения от материнского растения остаются живыми, они обладают определенной устойчивостью к возбудителям болезней. В этом принципиальное отличие между хранением свежего и консервированного картофеля. Чтобы сохранить консервированный картофель, в котором биохимические процессы прекращены (химические продолжаются), необходимо изолировать его от внешней среды, упаковав в герметическую тару. Свежий картофель может быть сохранен лишь при взаимодействии с внешней средой, что достигается в первую очередь путем поддержания определенного режима температуры, влажности, аэрации, газового состава среды.

В основе всех практических мероприятий по хранению свежего картофеля лежит управление физиолого-биохимическими процессами, проходящими в клубнях, для предотвращения серьезных изменений в составе содержащихся в них веществ, а также для защиты клубней от болезней и преждевременного прорастания. При хранении семенного картофеля необходимо также создать условия, способствующие хорошему прорастанию клубней при высадке в почву и получению высокого урожая.

Изменения, происходящие в клубнях во время хранения,— это в значительной мере продолжение процессов, начавшихся еще на материнском растении. Период хранения тесно связан с предшествующим развитием растения картофеля, поэтому во многом зависит от сор-

та, условий выращивания и уборки. В свою очередь, величина и качество урожая зависят от условий хранения семенного материала.

## СТРОЕНИЕ КЛУБНЯ И ЗАЩИТНАЯ РОЛЬ ПЕРИДЕРМЫ

Клубень картофеля представляет собой утолщенный и укороченный стебель. Клубни диаметром меньше 1,5—2 мм по своему анатомическому строению мало отличаются от столонов. В дальнейшем наступает дифференциация каждого органа в соответствии с теми функциями, которые он выполняет в жизни растения. В столоне более интенсивно развивается механическая ткань и проводящая система, а в клубне — паренхима, состоящая из крупных клеток с большими межклетниками. Паренхимная ткань клубня представляет собой запасающую ткань, так как в ней откладывается большое количество крахмала и других веществ, которые в дальнейшем используются при прорастании клубней.

Вначале клубень, как и столон, покрыт эпидермисом, однослойной покровной тканью, состоящей из живых, довольно крупных и сравнительно плотно прилегающих одна к другой клеток. Когда размер клубней в диаметре достигает 1,5—2 мм, эпидермис начинает заменяться перидермой, состоящей из очень плотно примыкающих

одна к другой клеток прямоугольной формы.

Перидерма в отличие от эпидермиса представляет собой комплекс живых (феллоген и феллодерма) и омертвевших (феллема) тканей, защищаю-

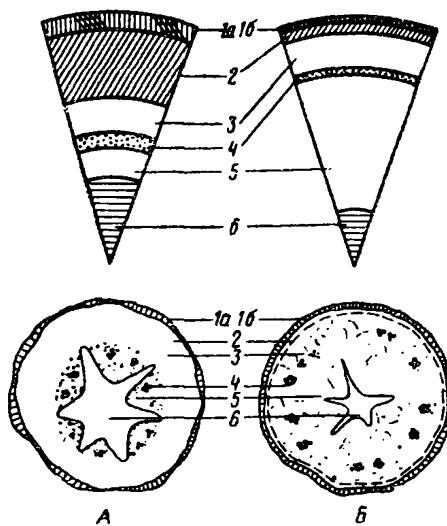


Рис. 1. Схематическое строение клубня картофеля:

1а — эпидермис с отдельными участками перидермы; 1б — перидерма; 2 — кора; 3 — наружная флоэма; 4 — ксилема; 5 — внутренняя флоэма; 6 — сердцевина. Вверху — диаграмма, характеризующая соотношение отдельных тканей клубня в радиальном направлении.

щих паренхиму от неблагоприятных условий внешней среды.

На рисунке 1 показано строение двух клубней — только что сформировавшегося диаметром 1,5 мм (A) и вполне развитого диаметром 50 мм (B). Эпидермис первого клубня частично начинает заменяться перидермой, а покровная ткань второго целиком состоит из перидермы, по толщине в несколько раз превышающей покровные ткани несформировавшегося клубня. Увеличение размеров самого клубня превышает увеличение толщины покровных тканей, поэтому удельный вес последних в сформировавшемся клубне меньше, чем в несформировавшемся. Из всех тканей клубня меньше всего изменяется кора. Если клубень увеличивается более чем в 30 раз, то кора — только в 4 раза. Клетки сердцевины, как и коры, начинают делиться раньше других тканей и соответственно раньше прекращают свой рост.

Основные изменения в клубне происходят в зоне сосудистых пучков. Паренхима, расположенная в этой части, интенсивно разрастается, в результате чего сосудистые пучки рассеиваются по клубню. Особенно сильно разрастается паренхима флоэмы, благодаря чему и увеличивается в основном размер клубня.

На клубнях имеются также очаги меристематической ткани, состоящей из мелких молодых клеток. Это так называемые глазки, или точки роста клубня.

Хотя меристематическая ткань по объему и массе составляет незначительную часть клубня (0,2% массы запасающей ткани), она является самой жизнеспособной, так как предназначена для образования новых органов — побегов, корней, цветков.

Конус нарастания (точка роста) клубня картофеля в состоянии покоя имеет плоскую форму и состоит из 29—31 клетки в ширину и 8—9 клеток в глубину (от поверхности конуса до середины) (рис. 2). Его поверхностная часть — туника — состоит из одного слоя разных по форме клеток, делящихся в основном перпендикулярно поверхности (антиклинально). Под туникой находятся два слоя крупных клеток субапикальной инициальной меристемы (клетки точки роста). Затем расположены два слоя клеток, являющихся производными субапикальной инициальной меристемы. Это клетки центральной стержневой меристемы. Ниже их нахо-

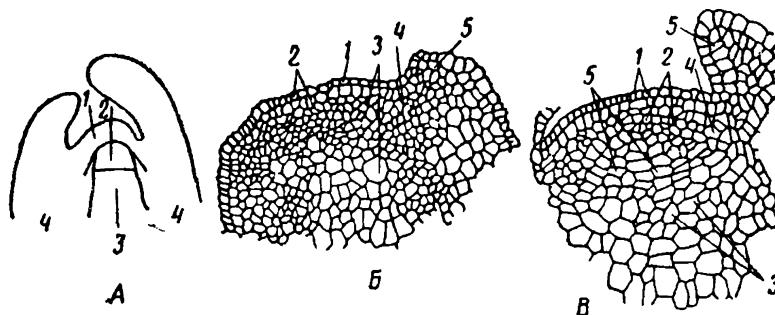


Рис. 2. Точка роста клубня картофеля:

*А* — общая схема; *Б* — анатомическое строение в период покоя; *В* — анатомическое строение при прорастании: 1 — туника; 2 — субапикальная илициальная меристема; 3 — центральная стержневая меристема; 4 — периферическая меристема; 5 — листовые зачатки.

дятся крупные клетки с межклетниками, которые составляют периферическую меристему. Со временем они превращаются в прокамбий.

При появлении первых признаков прорастания клубней (длина побегов 0,2—0,4 мм) конус нарастания становится полушаровидным. Общее число клеток в меристеме в это время еще сохраняется таким же, каким оно было в покоящейся точке роста, но клетки становятся более крупными по размеру, а в тунике образуются два слоя клеток вместо одного в состоянии покоя. В меристематических тканях активизируются многие биохимические процессы, обусловливающие переход от покоя к активному росту.

В клубнях картофеля на месте механически пораненной ткани может образоваться новая ткань — раневая перидерма, способная защитить клубень от проникновения инфекции. Аналогично естественной перидерме раневая перидерма состоит из нескольких рядов вытянутых клеток, по форме напоминающих кирпичную кладку, оболочки которых пропитаны суберином. В состав суберина входят разнообразные спирты и жирные кислоты. Раневая перидерма так же, как и естественная, представляет собой не только механический барьер для фитопатогенных микроорганизмов, но и химический, поскольку содержит ряд антибиотических веществ различной химической природы.

Образование раневой перидермы в различных тканях клубня протекает по-разному. В зоне первичной

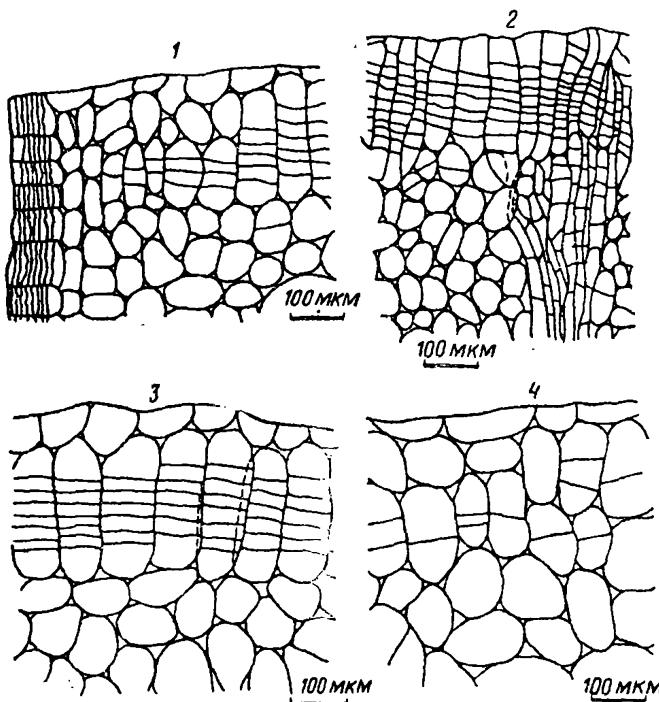


Рис. 3. Раневая перидерма, образующаяся в различных участках клубня картофеля:

1 — кора; 2 — сосудистые пучки; 3 — внутренняя флоэма; 4 — сердцевина.

коры 2—3 клетки, непосредственно граничащие с естественной перидермой, не делятся. По мере углубления число клеточных делений возрастает и достигает максимума в зоне сосудистых пучков (рис. 3). Образующаяся в этой зоне многослойная перидерма неоднородна по строению и в значительной мере повторяет форму материнских клеток. В сердцевине раневая перидерма почти не образуется. Клеточные деления здесь неравномерны и случайны, число рядов перидермы минимальное. Относительно однородная по форме и размерам раневая перидерма образуется в зоне внутренней флоэмы клубня, расположенной между сосудистыми пучками и сердцевинными лучами.

Еще в 1913 г. было обнаружено, что на ломтиках капусты кольраби, промытых водой, раневая перидерма образуется медленнее, чем на непромытых. Это дало

Основание предположить, что во время промывания с поверхности ломтиков удаляются какие-то вещества, стимулирующие образование раневой перицермы. Позднее такое вещество было выделено из молодых бобов и названо травматином. Это жирная кислота, вызывающая локальное увеличение размеров клеток и повышение частоты клеточных делений. Впоследствии травматин был обнаружен в пораненных тканях клубней, корней, плодов и других органов.

Некоторые фенольные соединения и их производные стимулируют процессы образования раневой реакции. Так, хлорогеновая кислота ускоряет процесс суберинизации в клубнях картофеля. Аналогичное влияние оказывает пирокатехин, а также ряд его производных. Однако не все полифенолы действуют одинаково. По нашим наблюдениям, например, хлорогеновая кислота в одинаковых концентрациях (1 мг/мл) стимулирует образование раневой перицермы, тогда как кофейная кислота его подавляет.

Интенсивность образования раневой перицермы в определенной степени зависит от сорта картофеля, но еще в большей мере от физиологического состояния клубней. На свежеубранных клубнях раневая перицерма образуется быстрее, чем на клубнях после длительного хранения. Очень большое влияние на образование раневой перицермы оказывают условия внешней среды (табл. 1).

Таблица 1. Влияние условий внешней среды на образование раневой перицермы

Показатель	Условия	
	благоприятные	неблагоприятные
Количество суберина, мкг генциан-внолета на 100 мг сухой массы	57,5	23,5
Число слоев в перицермальном ряду	7,55	4,57
Глубина залегания перицермы, мкм	80	175
Ширина перицермального ряда, мкм	71,21	106,6
Высота живого слоя в составе перицермы, мкм	76,9	120,6

Иногда различия в образовании раневой перицермы при разных условиях могут быть обнаружены только после замеров соответствующего количества клеток и

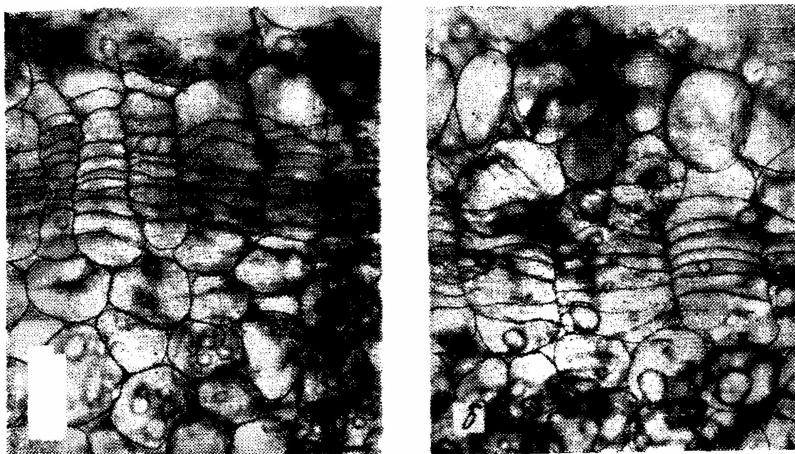


Рис. 4. Общий вид раневой перидермы, образовавшейся в благоприятных (а) и неблагоприятных (б) условиях залечивания.

статистической обработки полученных результатов. В ряде случаев могут проявиться не все отличительные признаки, а лишь некоторые из них.

В неблагоприятных условиях перидермальные ряды заметно шире, чем в благоприятных (рис. 4). Очевидно, причиной этого является тот факт, что в неблагоприятных условиях импульс к клеточному делению получает не каждая клетка паренхимы, примыкающая к зоне поранения. Клетки, получившие этот импульс, разрастаются в ширину, смыкаясь по всей поверхности поранения, что обнаруживается при соответствующих замерах. В благоприятных условиях делению подвергается каждая или почти каждая клетка паренхимы, так что средняя величина паренхимной клетки равна средней ширине каждого перидермального ряда.

Разрастание клеток в ширину задерживает процесс клеточного деления, поэтому перидерма в плохих условиях залечивания отличается меньшим числом клеточных рядов. Число слоев перидермы обычно учитывается как среднеарифметическое, поэтому не может характеризовать равномерность распределения перидермы по всей поверхности поранения. Это удается учесть, если построить кривые распределения слоев перидермы. Тогда легко обнаружить, что раневая перидерма в неблагоприятных условиях образуется неравномерно. На-

ряду с участками, где встречается многослойная пери-дерма, расположены перицермальные ряды всего в 1—2 слоя. Естественно, что через такие участки паразит проникнет легче, чем через ткани, обладающие более мощным перицермальным барьером. В условиях, благоприятствующих процессу заживления, все перицермальные ряды насчитывают 6—7 слоев клеток. Кроме того, в 82 случаях из 100 перицерма закладывается сразу же в первом слое паренхимных клеток, а в 18 случаях — во втором. В неблагоприятных условиях ни в одном случае не наблюдалось образования раневой перицермы в первом слое; наиболее часто она закладывалась в третьем, а иногда даже в четвертом слое клеток под зоной поранения. В соответствии с этим глубина залегания перицермы в благоприятных условиях составляла в среднем 80 мкм, а в неблагоприятных — 175 мкм.

В условиях, неблагоприятных для образования перицермы, процесс суберинизации не только подавлен, но и то количество суберина, которое образуется, распределается как по верхним слоям перицермы, так и пропитывает оболочки клеток паренхимной ткани, расположенной под перицермой. Поскольку паренхимные клетки клубня даже после пропитывания суберионом продолжают иметь свободные межклетники, они не могут служить серьезной преградой на пути инфекции. При благоприятных условиях почти весь суберин откладывается в раневой перицерме, где межклетники отсутствуют, и суберин как бы цементирует перицермальные клетки.

Раневая перицерма, образующаяся в процессе заживления на поверхности поранения, призвана выполнять те же функции, что и естественные покровы растений. Общие функции покровных и раневых тканей обусловливают их сходное строение. Раневая перицерма клубня картофеля очень напоминает его естественную перицерму. Это касается анатомического строения тканей, природы содержащихся в них веществ, а также причин, вызывающих образование перицермы. Импульсом к возникновению как раневой, так и естественной перицермы является повреждение клеток. Образованию раневой перицермы предшествует искусственное поражение. Импульсом же к формированию естественной перицермы является разрыв тканей эпидермиса, кото-

рый происходит в результате разрастания клубией в объеме.

Зона поранения клубня картофеля является местом активных биосинтетических процессов — биосинтеза суберина (в паренхимных клетках суберин отсутствует), нуклеиновых кислот, белков, аскорбиновой кислоты и соответственно усиления энергетического обмена.

Помимо суберина, в пораненных тканях в ходе формирования перидермы образуются фунгитоксические вещества, создающие химический барьер на пути проникновения инфекции. К их числу в первую очередь принадлежат стероидные гликоалкалоиды  $\alpha$ -соланин и  $\alpha$ -чаконин. Об их количестве можно судить на основании следующих данных (в мкг на 1 г сырой ткани):

		$\alpha$ -соланин	$\alpha$ -чаконин
Естественная перидерма . . . . .	370	640	
Приперидермальный слой . . . . .	40	65	
Раневая перидерма . . . . .	75	147	
Прираневый слой . . . . .	130	230	

Таким образом, раневая и естественная перидерма имеют сходное строение и состав. И хотя раневая перидерма уступает естественной по содержанию суберина и стероидных гликоалкалоидов, тем не менее она может явиться достаточно надежным барьером на пути инфекции. Как естественная, так и раневая перидерма возникают из феллогена, но при образовании естественной перидермы феллоген закладывается в эпидермисе и подлежащем слое первичной коры, а при возникновении раневой перидермы он может образовываться в любой живой клетке клубня. Поэтому раневая перидерма сильнее варьирует по строению и химическому составу, чем естественная, возникающая только из одного типа клеток. Тем самым имеется возможность регулировать ее образование.

Экспериментально установлено, что оптимальными условиями для образования раневой перидермы являются температура воздуха около 20°C, относительная влажность, близкая 100%, и свободный доступ кислорода к поврежденным клеткам. Со снижением температуры и влажности воздуха процесс образования раневой перидермы происходит медленнее, а при снижении концентрации кислорода в окружающей среде до 10% полностью прекращается.

В любом картофелехранилище кислорода практически всегда достаточно для протекания раневых реакций, однако не всегда возможен свободный доступ его к тканям клубней. Имеются основания считать, что проникновению кислорода мешает образующаяся на поверхности клубней тончайшая пленка из продуктов жизнедеятельности (вода, углекислый газ, этилен и др.). Для удаления этой пленки клубни должны омываться воздушным потоком. Это может быть достигнуто при хранении картофеля в условиях активного вентилирования. В одном из опытов хранения картофеля в условиях активного вентилирования (8 ч на протяжении 13 дней) уже на второй день при скорости воздушного потока 0,2—0,4 м/с раневая перидерма начала образовываться очень интенсивно. За 6 дней в местах поранения кожицы клубней появилось 6 слоев клеток раневой перидермы, через 13 дней — 7—8 слоев. При скорости воздушного потока 0,1 м/с перидерма образовывалась медленнее. При высокой скорости воздушного потока (0,8 и 1,2 м/с) пораненные места клубней пересыхали и трескивались, интенсивность образования раневой перидермы была очень низкой — за 6 дней опыта 1—2 слоя клеток, к концу опыта — 2—4 слоя. Контрольные образцы картофеля хранили при естественной вентиляции. У них в местах поранения на шестой день опыта было только по 2 слоя клеток раневой перидермы, а на 13-й — по 4—5 слоев.

Опыты по заражению клубней спорами грибов показали, что наиболее медленно споры прорастали на тканях, заживление которых проходило при скорости воздушного потока 0,2—0,4 м/с. При скорости более 0,5 м/с из макрокапилляров клубней, омываемых воздухом, вырывались молекулы воды, клубни деформировались и увядали, клетки теряли тургор, а следовательно, и устойчивость к инфекции.

Так как раневая перидерма лучше всего образуется на свежеубранных клубнях, активное вентилирование дает наибольший эффект, если картофель подвергается ему вскоре после уборки. Период, в течение которого происходит образование раневой перидермы, называют лечебным. В зависимости от сорта картофеля и условий внешней среды (температура, влажность, аэрация) он продолжается от 15 до 30 дней, после чего температуру воздуха и интенсивность воздухообмена снижают.