

УДК 631

Активизация окислительных процессов и возможность повышения урожайности, экологической безопасности и лежкости картофеля

Д-р техн. наук С.В. Мурашев, s.murashev@mail.ru

Университет ИТМО

191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Показано, что для длительного хранения в охлажденном состоянии наиболее пригоден картофель, клубни которого приобрели во время роста усиленные конституционные защитные механизмы, что находит свое выражение, в частности, в увеличении прочности клеточных стенок и модуля Юнга растительной ткани на сжатие. Изменения в энергетике клеток ткани клубней должны обеспечивать экономное расходование питательных веществ, запасенных при росте, и минимальное потребление кислорода на дыхание в период хранения. Указанные результаты на молекулярном и клеточном уровне могут быть достигнуты предпосевной обработкой семенного материала картофеля аминокислотным препаратом, получаемым кислотным гидролизом коллагена. Учитывая, что в наибольшем количестве коллаген содержит аминокислоту глицин, то поэтому и ряду других причин основным действующим компонентом гидролизата коллагена является глицин. Обработка чистым глицином более эффективна по сравнению с обработкой препаратом, получаемым из коллагена. Наряду с ростом защищенности растений и клубней картофеля конституционными механизмами происходит увеличение продуктивности в среднем на 30%. Рост урожайности растений, накопление питательных веществ и протекание разнообразных энергозависимых процессов в период вегетации растений происходит благодаря более мощному фотосинтетическому аппарату в листьях растений, подвергшихся обработке глицином. В светособирающих комплексах фотосинтетического аппарата в листьях картофеля увеличивается содержание хлорофилла и каротиноидов. Каротиноиды выполняют функцию не только дополнительного светособирающего пигмента, но и фотопротекторов, защищающих растения от фотоповреждений и окислительного стресса.

Ключевые слова: картофель; митохондриальные оксидазы; лежкость; дыхание; физиологическое тепло; пищевая ценность.

DOI: 10.17586/2310-1164-2016-9-1-82-89

Activation of oxidizing processes and increasing potato yield, ecological safety and shelf life

D.Sc. Sergei V. Murashev, s.murashev@mail.ru

ITMO University

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

Potato the tubers of which acquired high constitutional defense mechanisms during growth (e.g. increasing the strength of cell walls and the Young's modulus of plant tissues in compression) is shown to be the most suitable for long-term storage in cooled condition. Changes in the energy of tubers tissue cells should ensure economical use of nutrients accumulated during the growth and minimum oxygen consumption by respiration during storage. These results at molecular and cellular level can be achieved by pre-sowing treatment of seed potato by amino acid preparation obtained by acidic hydrolysis of collagen. Given that collagen contains glycine amino acid in the highest quantity glycine is the main active component of collagen hydrolysate. Treatment by pure glycine is more effective than collagen preparation treatment. Along with the increasing protection of plants and tubers by constitutional mechanisms a yield increase takes place by 30% on average. Increased yield, accumulation of nutrients and the various energetic processes during vegetation period occurs due to more powerful photosynthetic apparatus in leaves of plants being subjected to glycine treatment. In light harvesting complexes of the photosynthetic apparatus in potato leaves the content of chlorophyll and carotenoids increases. Carotenoids serve not only as an additional light harvesting pigment, but also protect plants from photodamage and oxidative stress.

Keywords: potato; mitochondrial oxidase; shelf life; breath; physiological heat; nutritional value.

Введение

Картофель относится к важнейшим растительным культурам [1], клубни которых обладают высокой пищевой ценностью [2]. Учитывая большие объемы производства картофеля в России, сокращение потерь при хранении представляет важнейшую хозяйственную и экономическую задачу.

На процессы, происходящие при хранении растительной продукции и его длительности, влияет активность ферментов, которая может существенно изменяться на протяжении хранения. Среди ферментов большое значение принадлежит терминальным оксидазам (цитохромоксидаза, полифенолоксидаза, аскорбатоксидаза и др.), отличающимся по своим свойствам и специфике участия в защитных реакциях растительных организмов. В связи с этим возникает проблема зависимости потерь охлажденного картофеля, связанных как с жизнедеятельностью, так и микробиальным поражением при хранении, от активности определенных оксидаз.

Постановка проблемы

Исходя из изложенного, встала задача исследовать длительность, в течение всего срока холодильного хранения и периода вегетации растений, активизации определенных терминальных оксидаз в клубнях картофеля под воздействием биотических или абиотических факторов, а также влияние этой активности на потери урожая при хранении и формировании клубней во время роста. При этом считается, что активизируют оксидазы биотические или абиотические причины, устранение которых нормализует активность оксидаз.

Исследование проблемы

Продукты окисления (хиноны и др.), концентрация которых возрастает в растительной ткани при длительном и активном протекании процессов катализируемых немитохондриальными оксидазами, дезорганизуют внутриклеточные процессы. Нарушения в функционировании растительных клеток могут быть очень значительны: происходит ослабление иммунитета, и возможна гибель клеток. С длительной активностью окислительных процессов, в том числе и при хранении растительной продукции, связаны две основные причины вызывающие деградацию клеток.

Во-первых, немитохондриальные окислительные процессы не сопряжены с синтезом АТФ, в то время как синтез веществ, подвергающихся окислению, например, фенолов, нуждается в постоянном и значительном потреблении энергии. Поэтому роль полифенол-полифенолоксидазной системы в *нормальном* дыхании растений уже давно поставлена под сомнение в связи с отсутствием сопряжения с синтезом АТФ [3]. Необходимо также иметь в виду потемнение, возникающее при активном состоянии этого фермента и ухудшающее товарный вид продукции.

В тоже время непродолжительная активность полифенолоксидазы в экстремальных ситуациях, например, при залечивании ран, полученных клубнями при уборке урожая или транспортировке, несомненно, имеет большое защитное значение. Для активизации полифенолоксидазы необходимо повышенное содержание кислорода в тканях. Его приток в поврежденные ткани происходит через раны, полученные клубнями картофеля. После их залечивания, приток кислорода замедляется, и активность полифенолоксидазы снижается.

Длительное протекание окислительных процессов лишает необходимых ресурсов разнообразные энергозависимые процессы жизнедеятельности в клетках. К наиболее важным из них относится, например, создание и поддержание мембранного потенциала, наличие которого непосредственно связано с живым состоянием клеток.

К энергозависимым процессам относятся также процессы обновления, протекающие в клетках. Так молекулы ферментов, включая и полифенолоксидазу, имеют определенное время активного состояния, после которого молекулы теряют активность и должны быть заменены на новые, активные молекулы. Не вызывает сомнений, что любые процессы обновления в клетках требуют затрат энергии. Еще одну группу крайне необходимых энергозависимых процессов в клетках

составляет транспорт веществ внутри клеток и поддержание необходимых концентраций соединений во внутриклеточных компартментах.

Во-вторых, повышение концентрации окисленных соединений изменит окислительно-восстановительный потенциал клетки, что повлияет на условия функционирования всех процессов, происходящих в ней. Изменится активность ферментов, включая те, что участвуют в производстве энергии в клетках. Как следствие, изменятся транспортные потоки и градиенты концентраций веществ, характерные для гомеостатического состояния, между компартментами клеток.

Легко заметить, что две группы причин, вызывающих деградацию клеток при длительной активности окислительных процессов, не связанных с образованием АТФ, тесно взаимосвязаны между собой. Возникает вопрос, каким образом для сохранения своей жизнедеятельности клетки должны отвечать на длительную активизацию таких окислительных процессов при продолжительном внешнем биотическом или абиотическом воздействии?

Разумеется, клеточный ответ может быть только один – увеличение синтеза АТФ в клетках. Для этого в свою очередь должна увеличиться интенсивность дыхания, что приведет к ускорению потерь веществ, расходуемых в этом процессе, прежде всего, углеводов. Однако в результате интенсивного испарения воды может возникнуть обманчивый эффект увеличения содержания сухих веществ и пищевой ценности картофеля.

Обозначенный клеточный ответ может быть эффективен только при условии сохранения сопряжения дыхания и окислительного фосфорилирования, а также при отсутствии интенсификации анаэробных процессов в растительных клетках. Но даже и при самом благоприятном исходе с сохранением сопряжения дыхания и окислительного фосфорилирования, увеличение интенсивности дыхания обязательно вызовет повышенное выделение углекислого газа и физиологического тепла. Последнее отрицательно повлияет на хранение картофеля и его товарный вид.

Физиологическое тепловыделение стимулирует испарение воды из растительной продукции. На его долю приходится около 80% потерь массы растительной продукции, связанных с жизнедеятельностью. Интенсификация дыхания вследствие внешнего биотического или абиотического воздействия приводит к увеличению испарения воды, что повышает совокупность компонентов, образующих сухие вещества, и это несмотря на увеличение потерь углеводов, связанных с ростом интенсивности дыхания. В такой ситуации особое значение приобретает определение естественной убыли массы картофеля и сопутствующие измерения.

Вследствие испарения воды в картофеле повышается содержание крахмала, аскорбиновой кислоты, протопектина и других компонентов. В результате возникнет обманчивое впечатление об увеличении биологической (рост содержания витамина С), пищевой (рост содержания крахмала) ценности картофеля и улучшении его сохранности, и следовательно, усилении устойчивости клубней к действию микроорганизмов (рост содержания протопектина).

Интенсивное испарение воды из клубней приводит к потере тургора и увеличению влажности воздушной среды внутри слоя клубней картофеля, что может повлечь отпотевание клубней. Из-за увеличения влажности среды в слое картофеля повышается вероятность конденсации воды, капли которой на поверхности клубней создают среду, необходимую для развития фитопатогенных микроорганизмов. В свою очередь увеличение температуры в толще штабеля картофеля из-за самосогревания создает благоприятные условия для развития фитопатогенных микроорганизмов, а потеря тургора уменьшает устойчивость клубней картофеля к их действию. Потеря тургора ухудшит также внешний товарный вид растительной продукции.

В тоже время хорошо известно, что на сухой и тургесценной поверхности клубня возникновение очага инфекции практически не наблюдается, особенно важно *обсушивание*, которое затрудняет или предотвращает внедрение микроорганизмов [4].

Картофель в сравнении с другими видами растительной продукции отличается наибольшей чувствительностью к повышенной концентрации CO_2 в окружающей воздушной среде, уровень которой не должна превышать 1% [4]. При повышении предельно допустимой концентрации, в очень чувствительных к действию CO_2 видах растительной продукции снижается устойчивость к поражению фитопатогенными микроорганизмами, и при выпадении водного конденсата на поверхность клубней образуются специфические кислотные ожоги и другие повреждения.

Как уже отмечалось, физиологическое тепловыделение вызывает самосогревание картофеля, активизируя процессы жизнедеятельности в клубнях. Лежкость же картофеля обуславливается глубиной и продолжительностью периода покоя, в который интенсивность дыхания и активность окислительно-восстановительных ферментов невысоки [5]. Поэтому если под внешним биотическим или абиотическим воздействием интенсивность дыхания и активность окислительных ферментов (пероксидаза, полифенолоксидаза и др.) в период покоя в картофеле сохраняются на более высоком уровне в сравнении с контрольным вариантом, это указывает на то, что глубина покоя уменьшается, а его продолжительность сокращается. Естественно, что сокращение продолжительности биологически обусловленного периода покоя снизит сохраняемость картофеля.

Итак, интенсификация дыхания стимулирует целый комплекс негативных изменений в картофеле, вследствие которых возрастает вероятность его поражения фитопатогенными микроорганизмами, увеличиваются естественные потери массы, связанные с поддержанием жизнедеятельности, а также ухудшаются пищевая ценность и товарный вид. В результате сокращается длительность хранения и возможность последующей реализации картофеля.

Происходящие изменения создают дополнительные трудности в организации хранения. Для их предотвращения необходимо обеспечить удаление из штабеля картофеля избытка углекислого газа, влаги и тепла. Этого можно добиться усилением вентилирования. Интенсификация дыхания приводит к тому, что удаление тепла, углекислого газа и регулирование влажности воздуха при вентилировании становится более сложным и трудоемким. Усиление активной вентиляции неизбежно приводит к увеличению расходов на хранение. В тоже время активное вентилирование позволяет подавать в слой хранящейся продукции экзогенные росторегулирующие вещества [4], что исключает необходимость разработки, создания и использования каких-либо дополнительных механизмов для обработки картофеля.

Исследования, проведенные со свеклой и томатами, показали, что в этих растениях возможна длительная активность окислительных ферментов (пероксидазы, полифенолоксидазы и др.). Ткани, в которых она наблюдается, характеризуются по сравнению с нормальными тканями как опухолевые [6]. Следовательно, если активизация совокупности указанных выше ферментов характерна для опухолевых тканей, то внешнее воздействие, обеспечивающее такую активизацию, по существу переводит нормальную ткань по биохимическим свойствам в разряд опухолевых. Хочется подчеркнуть, что непрерывная активность полифенолоксидазы представляет собой аномалию, ведущую к энергетическому истощению растительных организмов. Для этого фермента характерна активизация при старении тканей.

Таким образом, длительная активность окислительных митохондриальных ферментов, усиление дыхания и энергетического обмена отрицательно влияют на лежкость и сохраняемость картофеля. Предотвратить внешние воздействия, вызывающие в картофеле такого рода реакции можно усилением конституционных защитных механизмов, включающих формирование в клубнях определенных морфологических особенностей и синтез антибиотических веществ (фенолов и др.) [7]. К антибиотическим веществам относятся и фенолы, при этом однако полифенолоксидаза не активизируется, за исключением того периода, когда могут появиться поранения клубней.

Решение проблемы

Формирование конституционных защитных механизмов происходит во время роста клубней. Активизация в этот период полифенолоксидазы препятствует формированию урожая картофеля. Известно, что у картофеля способность к клубнеобразованию сопряжена со слабой активностью полифенолоксидазы [8]. В корнеплодах наблюдается аналогичная ситуация. Например, в моркови прирост сырого вещества в нормальной ткани происходит с пониженной активностью полифенолоксидазы более интенсивно, чем в ткани с повышенной активностью этого фермента [6]. Следовательно, это универсальная, а не видовая особенность влияния полифенолоксидазы. Ее активность из-за отсутствия сопряжения с синтезом АТФ и другим ранее указанным причинам не может способствовать формированию урожая.

Если не считать особую группу азотфиксирующих микроорганизмов, то растения ассимилируют нитраты корнями и листьями. Усвоение нитратов представляет собой восстановительный процесс. Реакции, катализируемые оксидазами, по существу обратный – окислительный процесс. Следовательно, в ситуации, когда активизируется полифенолоксидаза и другие окислительные ферменты, сложно ожидать восстановления нитратов и снижения их содержания в запасующих органах растений.

Детоксикация тяжелых металлов в растительных тканях происходит в результате их связывания в стабильные хелатные комплексы. Способностью к образованию устойчивых комплексов обладает восстановленный глутатион. Как и в случае с нитратами, активизация окислительных ферментов и поддержание глутатиона в восстановленном состоянии представляют собой противоположно направленные процессы. Очевидно, что связывание тяжелых металлов в комплексные соединения в условиях активизации окислительных процессов затруднено. Например, при активизации полифенолоксидазы возрастает образование хинонов, способных окислять глутатион. Тем самым возникает препятствие для проявления глутатионом свойств лиганда.

Таким образом, не только получение экологически безопасной растительной продукции с пониженным содержанием нитратов и других токсичных компонентов, но и получение самой растительной продукции при активизации полифенолоксидазы фермента, не сопряженного с синтезом АТФ, является трудно разрешимой проблемой. Усиление конституционных защитных механизмов в клубнях картофеля, представляющее собой энергозатратный процесс (например, синтез липидных компонентов покровных тканей), при активизации окислительных процессов также представляется маловероятным. Их усиление может быть обеспечено изменениями в клеточном метаболизме, которые можно осуществить предпосевной обработкой клубней картофеля глицином.

Глицин способен оказывать стимулирующее действие на рост и развитие растений, формирование их запасующих органов. Действие, аналогичное глицину, может оказывать также продукт, получаемый кислотным гидролизом коллагена [9]. Это происходит в силу того, что на долю глицина в коллагене приходится наибольшая часть аминокислотного состава, а также благодаря тому, что глицин при кислотном гидролизе коллагена в наименьшей степени подвергается разрушающему воздействию высокой температуры и кислотной среды из всех входящих в его состав аминокислот. Существуют также другие причины. По эффективности действия чистый глицин существенно превосходит кислотный гидролизат коллагена.

Усиление постоянно действующих защитных механизмов [10], рост продуктивности, стрессоустойчивости и адаптационных возможностей под действием глицина или содержащего глицин продукта кислотного гидролиза коллагена происходит с растениями, имеющими надземные плодоносящие части [11] и с подземными плодоносящими органами [12].

Осенняя обработка глицином увеличивает устойчивость многолетних растений в зимний период к низким отрицательным температурам [13]. Более глубокое состояние покоя растений в зимний период [14] повышает продуктивность, а собранный урожай отличается лучшей

сохранностью. Глубина покоя растений зимой непосредственно влияет на формирование у запасующих органов во время роста защитных механизмов, обеспечивающих минимизацию потерь урожая при хранении.

Под действием глицина увеличивается продуктивность, повышается стрессоустойчивость и усиливаются адаптационные способности картофеля [9], включая образование раневой перидермы клубней [15]. Стимулирующее действие глицина подтверждено испытаниями на сортах картофеля с различными сроками созревания.

Механизм стимулирующего действия реализуется через распад в растительных клетках избыточного экзогенного глицина, вследствие чего в них изменяются энергетические и метаболические потоки, которые определяют, как формирование генеративных органов, так и последующее холодильное хранение после отделения от родительского растения.

В результате увеличения синтетических возможностей растительных организмов усиливаются постоянно действующие защитные механизмы, вследствие создания условий для энергоемкого синтеза веществ, выполняющих защитные функции, среди которых липиды мембран, липидные компоненты эпидермиса, фенольные соединения и другие. Под влиянием экзогенного глицина метаболические процессы в клетках изменяются таким образом, что стимулируется синтез эндогенного аукусина, влияющего на защитные механизмы.

Длительное хранение становится возможным благодаря экономному расходованию питательных веществ и минимальному потреблению кислорода. Активное состояние цитохромоксидазы и сокращение утечек электронов из электронно-транспортной цепи митохондрий обеспечивают протекание энергозависимых процессов в клетках и предотвращают образование свободных радикалов, что в совокупности создает условия для длительной и нормальной жизнедеятельности клеток запасующих органов растений при хранении.

Выводы

Проведенный анализ позволил установить, что в клубнях картофеля в ходе формирования должны получить усиление конституционные защитные механизмы, обеспечивающие при длительном хранении в охлажденном состоянии минимизацию потерь от микробного поражения. Оптимальное соотношение между дихотомическим и пентозофосфатным путями дыхания, возникает под влиянием эффективной концентрации глицина, что создает условия для образования всех необходимых метаболитов, используемых в синтетических процессах растительных тканей.

Под влиянием глицина происходят также изменения в энергетике клеток, заключающиеся в увеличении их энергетического потенциала. Рост энергетического потенциала выражается в смещении активности между немитохондриальными путями окисления и цитохромоксидазой в пользу последней, и в сокращении утечек электронов из электронно-транспортной цепи митохондрий вследствие сокращения содержания окисленных форм соединений, являющихся потенциальными акцепторами электронов. Активизацию цитохромоксидазы вызывает микростресс, происходящий под действием экзогенного глицина.

Такой подход к решению важнейшей проблемы позволит наладить длительное хранение картофеля с минимальными потерями, а сам картофель будет отличаться высоким качеством и экологической безопасностью.

Литература

1. Марченко В.И., Богатырев А.Н., Степанова Н.Ю. Есть ли будущее у российской плодоовощной продукции // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2014. № 35. С. 26–31.
2. Марченко В.И., Степанова Н.Ю. Химический состав плодов и овощей // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: сб. науч. тр. СПб.: Изд-во СПб. гос. аграрн. ун-та, 2014. С. 414–417.
3. Кретович В.Л. Основы биохимии растений. М.: Высшая школа, 1971. 464 с.
4. Широков Е.П. Технология хранения и переработки плодов и овощей с основами стандартизации. М.: Агропромиздат, 1988. 319 с.
5. Широков Е.П., Полегаев П.И. Хранение и переработка продукции растениеводства с основами стандартизации и сертификации. Ч. 1. Картофель, плоды, овощи. М.: Колос, 1999. 254 с.
6. Полищук В.Л., Калинин Ф.Л. Оксидазы в тканях моркови с нормальным ростом и при индуцировании опухоли // Рост и устойчивость растений. К.: Наукова думка, 1967. 272 с.
7. Третьяков Н.Н., Кошкин Е.И., Макрушин Н.М. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений. М.: КолосС, 2005. 656 с.
8. Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. М.: Высшая школа, 2005. 736 с.
9. Большаков О.В., Куцакова В.Е., Мурашев С.В., Бурова Т.Е. Препараты «Биостим А» и «Биостим М» – новые регуляторы роста и развития растений // Хранение и переработка сельхозсырья. 1999. № 6. С. 29–31.
10. Мурашев С.В., Вержук В.Г. Современная технология получения плодово-ягодной продукции с усиленными постоянно действующими защитными механизмами // Плодоводство и ягодоводство России. 2009. Т. XXII, Ч. 2. С. 153–158.
11. Мурашев С.В., Вержук В.Г., Бурмистров Л.А. Способ подготовки плодов семечковых культур к холодильному хранению: пат. 2283576 Российская Федерация. 2004. Бюл. № 26. 5 с.
12. Сапронов Н.М., Цуканов В.Н., Морозов А.Н., Мурашев С.В. Способ стимуляции роста и развития корнеплодов сахарной свеклы: пат. 2337544 Российская Федерация. 2007. Бюл. № 28. 4 с.
13. Мурашев С.В., Вержук В.Г., Коломичева Е.А. Способ обработки плодово-ягодных культур (варианты): пат. 2485764 Российская Федерация. 2012. Бюл. № 18. 9 с.
14. Коломичева Е.А., Мурашев С.В. Действие аминокислотной обработки на состояние покоя растений, формирование плодов и их холодильное хранение (теоретические положения) // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2013. № 2(16).
15. Мурашев С.В. Стимулирующее действие глицина на формирование раневой перидермы в клубнях картофеля // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 40. С. 33–37.

References

1. Marchenko V.I., Bogatyrev A.N., Stepanova N.Yu. Est' li budushchee u rossiiskoi plodoovoshchnoi produktsii [Is there a future Russian fruit and vegetable products]. *Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University*. 2014, no. 35, pp. 26–31.
2. Marchenko V.I., Stepanova N.Yu. Khimicheskii sostav plodov i ovoshchei [The chemical composition of the fruit and vegetables]. *Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyakh reformirovaniya. Proceedings of the conference*. St. Petersburg, 2014, pp. 414–417.
3. Kretovich V.L. *Osnovy biokhimii rastenii* [Fundamentals of biochemistry of plants]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1971. 464 p.
4. Shirokov E.P. *Tekhnologiya khraneniya i pererabotki plodov i ovoshchei s osnovami standartizatsii* [Technology of storage and processing of fruits and vegetables with standardization bases]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1988. 319 p.
5. Shirokov E.P., Polegaev P.I. *Khranenie i pererabotka produktsii rastenievodstva s osnovami standartizatsii i sertifikatsii* [Storage and processing of crop production with the basics of standardization and certification]. Part 1. Kartoffel', plody, ovoshchi. Moscow, Kolos, 1999. 254 p.
6. Polishchuk V.L., Kalinin F.L. Oksidazy v tkanyakh morkovi s normal'nym rostom i pri indutsirovanii opukholi [Oxidases in carrots fabrics with normal growth and at induction of a tumor]. *Growth and stability of plants*. Kiev, Naukova dumka Publ., 1967. 272 p.

7. Tret'yakov N.N., Koshkin E.I., Makrushin N.M. *Fiziologiya i biokhimiya sel'skokhozyaistvennykh rastenii* [Physiology and biochemistry of agricultural plants]. Moscow, KolosS Publ., 2005. 656 p.
8. Kuznetsov V.V., Dmitrieva G.A. *Fiziologiya rastenii* [Vegetable physiology]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2005. 736 p.
9. Bol'shakov O.V., Kutsakova V.E., Murashev S.V., Burova T.E. Preparaty «Biostim A» i «Biostim M» – novye regulatory rosta i razvitiya rastenii [The preparations Biostim A and Biostim M – new regulators of growth and development of plants]. *Storage and processing of agricultural*. 1999, no. 6, pp. 29–31.
10. Murashev S.V., Verzhuk V.G. Sovremennaya tekhnologiya polucheniya plodovo-yagodnoi produktsii s usilennymi postoyanno deistvuyushchimi zashchitnymi mekhanizmami [Modern technology of production of fruits and berries with reinforced constantly acting defense mechanisms]. *Fruit and berry-culture of Russia*. 2009, V. 22, Part 2, pp. 153–158.
11. Murashev S.V., Verzhuk V.G., Burmistrov L.A. *Sposob podgotovki plodov semechkovykh kul'tur k kholodil'nomu khraneniyu* [The method of preparation of pome fruit crops in cold storage]. Patent RF, no. 2283576. 2004.
12. Sapronov N M., Tsukanov V.N., Morozov A.N., Murashev S.V. *Sposob stimulyatsii rosta i razvitiya korneplodov sakharnoi svekly* [A method of stimulating the growth and development of sugar beet]. Patent RF, no. 2337544. 2007.
13. Murashev S.V., Verzhuk V.G., Kolomicheva E.A. *Sposob obrabotki plodovo-yagodnykh kultur (varianty)* [The method of processing fruit and berry crops (versions)]. Patent RF, no. 2485764. 2012.
14. Kolomicheva E.A., Murashev S.V. Deistvie aminokislotoi obrabotki na sostoyanie pokoya rastenii, formirovanie plodov i ikh kholodil'noe khranenie (teoreticheskie polozheniya) [Action amino acid processing plant in the state of rest, the formation of fruits and cold storage (theoretical position)]. *Scientific journal NRU ITMO. Series: Processes and equipment for food production*. 2013, no. 2(16).
15. Murashev S.V. Stimuliruyushchee deistvie glitsina na formirovanie ranevoi peridermy v klubnyakh kartofelya [The stimulating effect of glycine on the formation of wound periderm in potato tubers]. *Proceedings of the St. Petersburg State Agrarian University Izvestiya*. 2015, no. 40, pp. 33–37.

Статья поступила в редакцию 27.01.2016