

## **Влияние антиоксидантов в древесной ткани плодовых растений в зимне-весенний период на холодильное хранение собранного урожая**

Бобко А.Л., Мурашев С.В.  
s.murashev@mail.ru

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО  
Институт холода и биотехнологий*

Вержук В. Г.

*Всероссийский научно исследовательский институт растениеводства им. Н.И. Вавилова*

***В работе рассмотрено влияние адаптационной способности плодово-ягодных растений к гипотермии на качество урожая и его лежкоспособность. По изменениям, наступившим в древесной ткани плодовых растений в ходе адаптации к отрицательным температурам, возможно прогнозирование способности к холодильному хранению урожая полученного в вегетационный период, который следует за состоянием покоя растений.***

***Ключевые слова:*** плодовые растения, холодовой стресс.

В природных условиях, как правило, наблюдается медленное замораживание, при котором образование льда начинается в межклетниках растений, вызывающее обезвоживание протопласта и механическое повреждение клеток [1, 2, 3]. Обезвоживание протопласта происходит вследствие роста кристаллов льда, возникающих в апопласте, за счет воды поступающей по градиенту концентрации из протопласта. В результате обезвоживания растет концентрация электролитов в протопласте, приводящая к денатурации белков, нарушению функций мембран и клеточных органелл. Одновременно усиливается окисление сульфгидрильных групп в белках, изменяющее их функциональные свойства. Таким образом, обезвоживание клеток является причиной вызывающей изменения в структуре и свойствах жизненно важных соединений и внутриклеточных образований.

Потеря воды молекулами белков, происходящая при обезвоживании, стимулирует их сближение, агрегацию, потерю биохимических свойств и выпадение в осадок. Гидрофильные группы, в том числе и сульфгидрильные, удерживающие воду и препятствующие сближению молекул белков, усиливают морозоустойчивость клеток растений. Поэтому существует

положительная связь между содержанием сульфгидрильных групп и морозоустойчивостью растений [4].

С другой стороны, внеклеточное образование льда, единственно возможное для выживания растений в условиях отрицательных температур, нуждается в нуклеаторах льда любой природы. Существует комплекс, выполняющий функции нуклеаторов льда, характеризующийся наличием дисульфидных связей и отсутствием сульфгидрильных групп [4].

Следовательно, окислительно-восстановительные процессы с определенной локализацией в растительной ткани имеют большое значение для выживания в условиях отрицательных температур. При этом происходящая в клетках при отрицательных температурах активизация окислительных процессов представляет серьезную угрозу выживанию растений.

Защиту растений от избыточного образования активных форм кислорода осуществляют антиоксиданты и ферментные системы. Наиболее эффективными водорастворимыми антиоксидантами являются аскорбиновая кислота и глутатион. Они способны перехватывать различные кислородсодержащие радикалы и синглетный кислород. Однако преимущественно антиоксидантное действие аскорбиновой кислоты и глутатиона реализуется в ферментном аскорбат-глутатионовом цикле.

Важной функцией витамина С и глутатиона является восстановление и обезвреживание окисленных форм других низкомолекулярных антиоксидантов. Так фенолы могут окисляться радикалами или ферментативно. Окисление фенольных соединений сопровождается образованием хинонов, которые далее восстанавливаются аскорбатом и глутатионом. Восстановление обеспечивает детоксикацию продуктов окисления фенолов [4].

В северной и центральной части России с неустойчивой весной и частым возвращением весенних заморозков более устойчивы и урожайны плодовые многолетние культуры с глубоким зимним покоем и поздним возобновлением весенней вегетации [4]. Следовательно, антиоксидантная система, защищая многолетние растения, позволяет им с меньшими повреждениями переносить неблагоприятные условия зимне-весеннего периода. Это обеспечивает им продуктивность и формирование в следующем вегетационном периоде высококачественного урожая способного к хранению с минимальными потерями.

Таким образом, открывается возможность раннего прогнозирования способности растительной продукции к холодильному хранению с минимальными потерями по активности компонентов антиоксидантной защиты в древесной ткани растений в зимне-весенний период, предшествующий вегетации. Цель данной работы состоит в исследовании

возможности такого прогнозирования потерь плодово-ягодной продукции при хранении.

### Объекты и методы исследования

Исследования проводились на растениях яблони с. Белый налив и на получаемых с них плодах формирующихся в ходе вегетации, следующей за зимне-весенним периодом. Использовали типичные побеги среднего яруса яблони, в которых определяли содержание органических кислот и аскорбиновой кислоты в декабре, марте и мае. В яблоках также определяли содержание аскорбиновой кислоты и органических кислот и убыль массы при холодильном хранении.

Потери массы плодов во время холодильного хранения, связанные с жизнедеятельностью, определяли весовым методом, а их хранение осуществляли при температуре в диапазоне +1...+3 °С. Содержание органических кислот и аскорбиновой кислоты в плодах и в древесной ткани побегов растений определяли по методикам [5]. Все исследования проводили в 3-х кратной повторности.

### Результаты и их обсуждение

Результаты определения витамина С и органических кислот в древесной ткани растений яблони в предшествующий сбору урожая зимне-весенний период и в плодах яблок собранного урожая, а также убыль массы яблок во время холодильного хранения приведены в табл. 1.

На основании данных приведенных в табл. 1, построены графические зависимости убыли массы яблок с. Белый налив при холодильном хранении от содержания витамина С в древесной ткани растений в предшествующий сбору урожая плодов зимне-весенний период, которые представлены на рис. 1.

На рис. 2 представлена зависимость убыли массы яблок с. Белый налив во время холодильного хранения от содержания витамина С в самих яблоках в начале хранения для четырех различных образцов.

Таблица 1

Содержания витамина С и органических кислот в древесной ткани растений яблони с. Белый налив в зимне-весенний период и в плодах яблок собранного урожая

Показатель\период	Образец	Декабрь	Март	Май	Плоды
Содержание витамина С,	1	0,87	0,98	1,11	13,5
	2	0,72	0,80	0,92	8,4

мг/100г сырой массы	3	0,91	1,01	1,14	15,3
	4	0,83	0,94	1,05	11,9
Органические кислоты, % (в пересчете на яблочную к-ту)	1	0,53	0,61	0,71	1,18
	2	0,47	0,53	0,59	0,94
	3	0,55	0,63	0,75	1,36
	4	0,51	0,58	0,68	1,15
Естественная убыль массы плодов при хранении, г/(кг сут)	1	–	–	–	0,98
	2	–	–	–	2,93
	3	–	–	–	0,85
	4	–	–	–	1,26

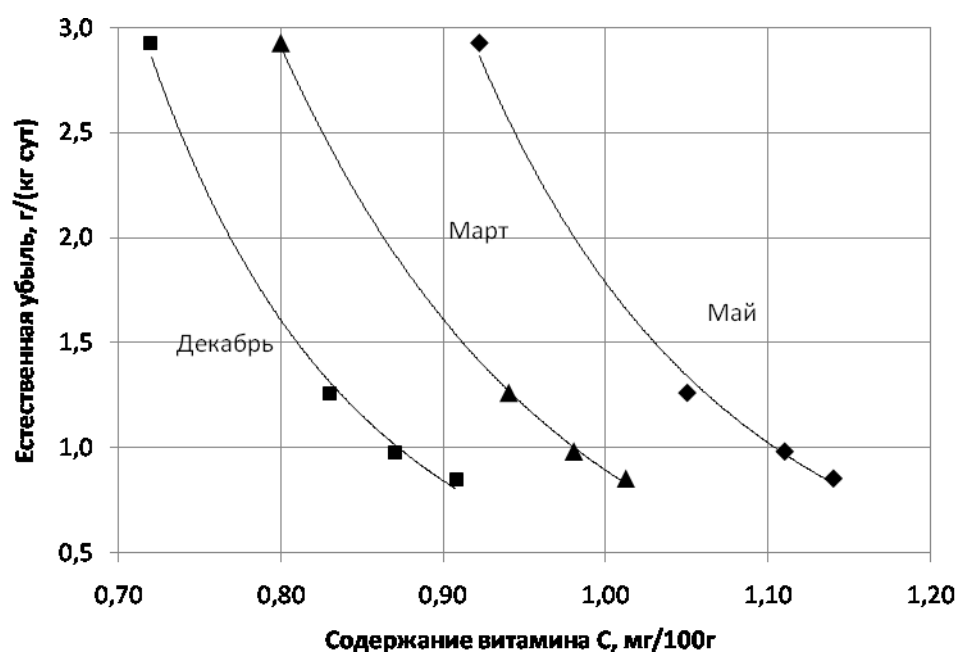


Рис. 1. Зависимость убыли массы яблок с. Белый налив при холодильном хранении от содержания витамина С в древесной ткани растений яблони в течение предшествующего сбора урожая зимне-весеннего периода: 1 – декабрь; 2 – март; 3 – май.

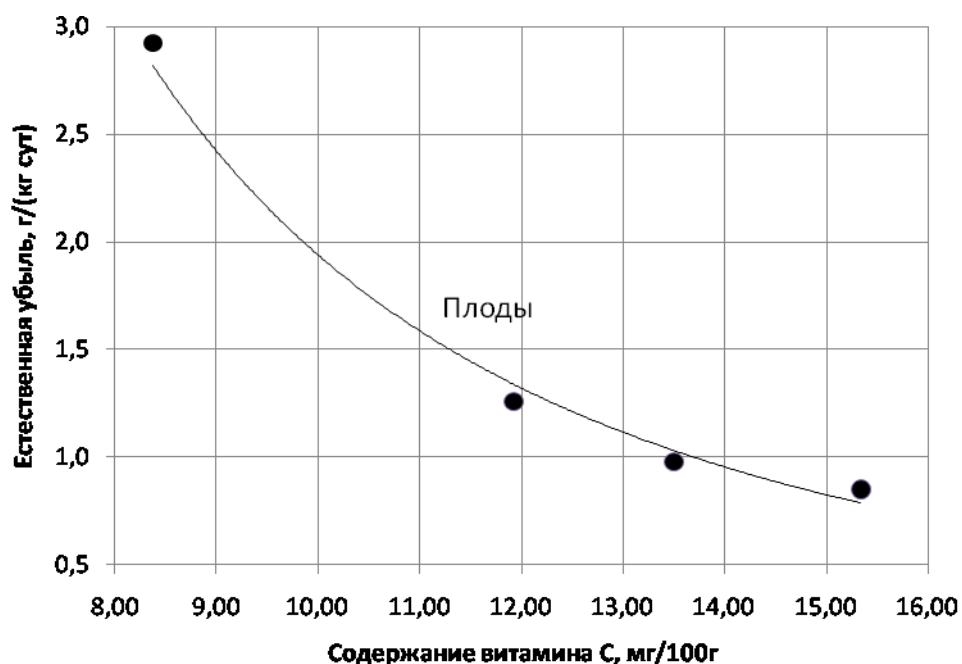


Рис. 2. Зависимость убыли массы яблок с. Белый налив во время холодильного хранения от содержания в яблоках витамина С в начале хранения для четырех различных образцов.

Из представленных данных следует, что с увеличением содержания витамина С в древесной ткани плодовых растений на протяжении всего зимне-весеннего периода уменьшается убыль массы плодов при холодильном хранении, полученных во время вегетационного периода следующего после зимнего периода. Аналогичный характер зависимости сохраняется и для зависимости убыли массы плодов, полученных в следующем после зимы вегетационном периоде, от содержания витамина С в самих плодах – чем больше содержание витамина С в плодах на начальном этапе холодильного хранения, тем меньше величина их естественной убыли массы при хранении.

На рис. 3 приведены графические зависимости убыли массы яблок с. Белый налив при холодильном хранении от содержания органических кислот в древесной ткани растений в предшествующий сбору урожая плодов зимне-весенний период.

На рис. 4 представлена зависимость убыли массы яблок с. Белый налив во время холодильного хранения от содержания органических кислот в самих яблоках в начале хранения для четырех различных образцов.

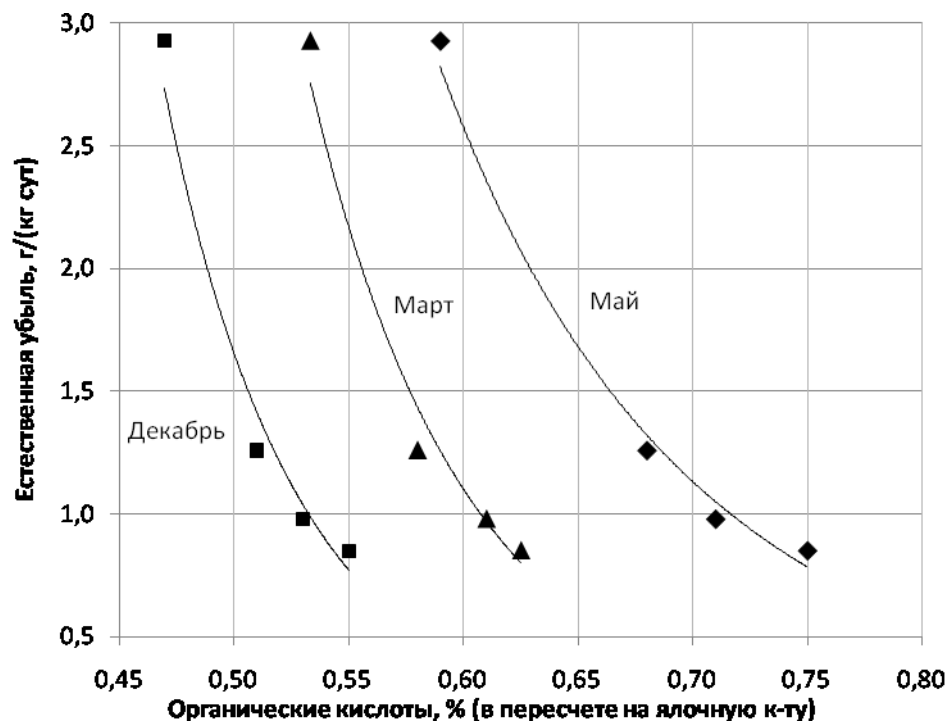


Рис. 3. Зависимость убыли массы яблок с. Белый налив при холодильном хранении от содержания органических кислот в древесной ткани растений яблони в течение предшествующего сбора урожая зимне-весеннего периода: 1 – декабрь; 2 – март; 3 – май.

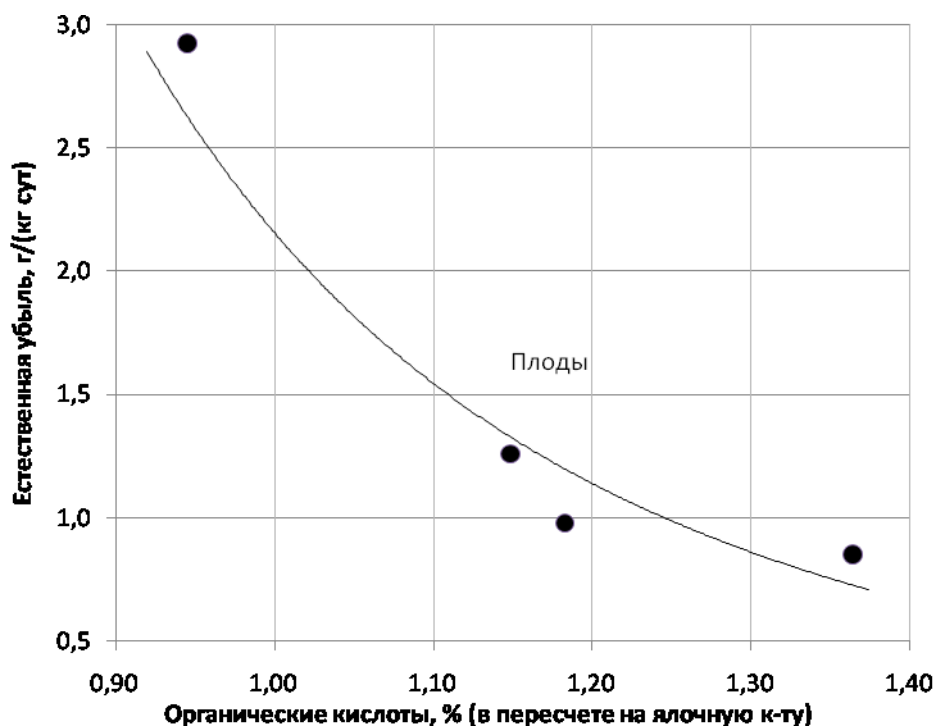


Рис. 4. Зависимость убыли массы яблок с. Белый налив во время холодильного хранения от содержания в яблоках органических кислот в начале хранения для четырех различных образцов.

Из полученных результатов следует, что рост содержания органических кислот в древесной ткани плодовых растений на протяжении всего зимне-весеннего периода сопровождается уменьшением убыли массы плодов при холодильном хранении, полученных во время вегетационного периода следующего после зимы. Для плодов сформировавшихся после зимне-весеннего периода сохраняется аналогичный характер зависимости убыли массы при хранении от содержания органических кислот в самих плодах – чем больше содержание органических кислот в плодах на начальном этапе холодильного хранения, тем меньше величина их естественной убыли массы.

Синхронный характер изменения зависимостей для витамина С и органических кислот, представленных на рис. 1 и 2 с одной стороны, и на рис. 3 и 4 с другой стороны, обусловлен стабилизирующим влиянием органических кислот на аскорбиновую кислоту. Необходимо также учитывать антиокислительное действие органических кислот, выражающееся в их способности связывать ионы металлов с переменной валентностью и в том, что они являются субстратами дегидрогеназ.

Как показано все зависимости для убыли массы от содержания аскорбиновой кислоты и органических кислот, определенных как в ткани побегов растений, так и сформировавшихся на этих растениях плодах, носят однотипный характер. Следовательно, исходя из сопоставления содержания витамина С и органических кислот в древесных побегах плодовых растений, определенных зимой и весной, т.е. задолго до сбора урожая, можно делать прогнозы о способности плодовой продукции к холодильному хранению.

### Выводы

Увеличение содержания витамина С и органических кислот в ткани растений является следствием особенностей метаболических процессов протекающих в клетках растений. Возрастание восстановительного потенциала растительной ткани обеспечивает возможность растениям переносить неблагоприятные условия зимне-весеннего периода с меньшими повреждениями. В свою очередь минимизация повреждений в зимне-весенний период создает условия для роста продуктивности растений и формирования урожая способного храниться с меньшими потерями при холодильном хранении. Одновременно возникает возможность раннего прогнозирования потерь массы растительной продукции при холодильном хранении.

## Список литературы

1. Туманов И.И. Физиология закаливания и зимостойкости растений. – М.: Наука, 1979. – 350 с.
2. Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А.. Физиология растений. – М.: Высш. шк., 2005. – 736 с.
3. Трунова Т.И. Растение и низкотемпературный стресс. – М.: Наука, 2007. – 60 с.
4. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. – М.: Дрофа, 2010. – 638 с.
5. Ермаков А.И. др. Методы биохимического исследования растений. – Л.: Агропромиздат, 1987.

## **Effect of antioxidants in the woody tissue of fruit and berry plants in the winter and spring on the cold storage of the harvested crop**

Bobko A.L, Murashev S.V.  
s.murashev@mail.ru

*National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics  
Institute of Refrigeration and Biotechnologies*

Verzhuk V.G.

*N.I. Vavilov Institute of Plant Industry*

***Influence of fruit plants hypothermia adaptation ability on crop quality and its shelf-life was investigated. It is possible to predict cold storage ability of crops yielded during its growing period by changes occurred in fruit plants woody tissue during the low temperatures adaptation.***

***Keywords:*** fruit plants, cold stress.