

УДК 634.11(575.2)

# ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ФОТОСИНТЕЗА, НАРАСТАНИЕ ПЛОЩАДИ ЛИСТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ПИГМЕНТНАЯ СИСТЕМА КУЛЬТУРНЫХ СОРТОВ ЯБЛОНИ (MALUS DOMESTICA BORKH.) ЮЖНОГО КЫРГЫЗСТАНА

**Тургунбаев К.Т.**

*Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина, Бишкек, e-mail: kuban\_tur@mail.ru*

Проведены исследования по изучению фотосинтетической деятельности в ассимилирующих органах, т.е. в листьях районированных сортов яблони на Юге Кыргызстана (Суйслеппер, Ричард Делишес, Голден Делишес, Ренет Симиренко). Была исследована динамика изменения продуктивности фотосинтеза, нарастание площади листовой поверхности и пигментная система. Одним из главных факторов, определяющих продуктивность фотосинтеза, и наиболее динамичным, является площадь листьев, которая в ряде случаев оказывается основным критерием потенциальных возможностей яблонь. Изучение пигментной системы и исследование динамики изменения соотношения основных компонентов в течение вегетационного сезона, сопоставление ведущих характеристик пигментного обмена разных сортов яблонь позволяют выявить влияние внутренних факторов на основные физиологические черты обмена, понять пути адаптации яблонь к условиям внешней среды. Для глубокого познания механизма фотосинтеза большое значение имеет вопрос о состоянии хлорофилла и других компонентов пластидного аппарата зеленого листа. Фотосинтетическая деятельность листового аппарата растений яблони зависит как от биологических особенностей сорта, так и от условий произрастания. Среди пигментов зеленого листа хлорофилл занимает особое место. Количество хлорофилла является важнейшим внутренним фактором, определяющим интенсивность фотосинтеза и урожайность растений. Наиболее важным показателем, дающим представление об особенностях протекания фотосинтеза и о возможностях яблони образовывать максимальный урожай, является мощность развития фотосинтетического аппарата. Основные фотосинтетические органы у яблони – листья, наиболее точное представление можно получить при помощи данных о содержании и изменении концентрации пигментов.

**Ключевые слова:** вид, яблоня, сорта, продуктивность фотосинтеза, химический состав, пигментная система, хлорофилл, ассимилянты, сухое вещество

## DYNAMICS OF CHANGES IN PHOTOSYNTHESIS PRODUCTIVITY, GROWING OF LEAF SURFACE AREA, AND PIGMENT SYSTEM OF APPLE TREE CULTIGEN (MALUS DOMESTICA BORKH) IN SOUTH KYRGYZSTAN

**Turgunbaev K.T.**

*Kyrgyz National Agrarian University. K.I. Skryabin, Bishkek, e-mail: kuban\_tur@mail.ru*

Studies have been carried out on the study of photosynthetic activity in assimilating organs, i.e. in the leaves of regional apple varieties in the south of Kyrgyzstan (Suislepper, Richard Delicious, Golden Delicious, Renet Simirenko). The dynamics of the change in the productivity of photosynthesis, the increase in the area of the leaf surface, and the pigment system were studied. One of the main factors determining the productivity of photosynthesis and the most dynamic is the area of the leaves, which in a number of cases is the main criterion for the potential possibilities of apple trees. The study of the pigment system and the study of the dynamics of the change in the ratio of the main components during the growing season, the comparison of the leading characteristics of the pigment metabolism of different apple varieties make it possible to reveal the influence of internal factors on the basic physiological features of metabolism, to understand the ways of adaptation of apple trees to environmental conditions. For a deep understanding of the mechanism of photosynthesis, the question of the state of chlorophyll and other components of the plastid apparatus of green leaves is of great importance. Photosynthetic activity of the leaf device of apple plants depends both on the biological characteristics of the variety and on the conditions of growth. Among the pigments of the green leaf, chlorophyll occupies a special place. The amount of chlorophyll is the most important internal factor determining the intensity of photosynthesis and the yield of plants. The most important indicator, giving an idea of the peculiarities of the course of photosynthesis and the possibilities of the apple tree to form the maximum yield, is the power of development of the photosynthetic apparatus. The main photosynthetic organs of the apple tree are the leaves, the most accurate representation can be obtained with the help of data on the content and change in the concentration of pigments.

**Keywords:** species, apple, varieties, photosynthetic productivity, chemical composition, pigment system, chlorophyll, assimilants, dry matter

Яблоня – наиболее распространенная плодовая порода в садах республики. В повышении урожайности садов наряду с передовой агротехникой большую роль играет правильный подбор сортов с учетом особенностей природно-экономических зон, а также изучение их эколого-биологи-

ческих и физиолого-биохимических особенностей [1].

Благоприятное почвенно-климатическое условие республики позволяет хозяйствам использовать богатый набор различных сортов яблони. Ученые заинтересованы в создании высокоурожайных

и устойчивых сортов для этого региона на основе изучения районированных сортов, возделываемых длительное время в республике. Формирование продуктивности плодового дерева является результатом деятельности сложной оптической системы, состоящей из множества физиологически неоднородных листьев, в которых процесс фотосинтеза происходит в разнообразных экологических условиях. Возраст и расположение листьев в кроне дерева влияет на уровень ассимиляции  $\text{CO}_2$ .

Оценка фотосинтетической деятельности кроны плодового дерева в целом представляет сложное взаимодействие, которое складывается в растительном организме между его развитием, возрастом и ярусностью листьев, с одной стороны, и ходом различных физиологических и биохимических процессов, происходящих в растении, — другой. Воспроизводство и использование плодовых культур не могут быть полностью решены без детального и глубокого изучения эколого-биологических и физиологических особенностей жизнедеятельности культурных сортов яблонь [2].

По сравнению с травянистыми растениями процесс фотосинтеза у яблони не изучен. Климатические условия Юга Кыргызстана (влажность воздуха, свет, температура, освещенность и др.) имеют специфические особенности и оказывают значительное влияние на деятельность фотосинтетического аппарата растений. Данный вопрос приобретает большое значение, так как в республике обширные площади заняты плодовыми насаждениями.

Цель наших исследований заключалась в изучении основных процессов фотосинтетической деятельности в ассимилирующих органах, т.е. в листьях районированных сортов яблони в Южном Кыргызстане (Суйслеппер, Ричард Делишес, Голден Делишес, Ренет Симиренко).

Была изучена динамика изменения продуктивности фотосинтеза, нарастание площади листовой поверхности и пигментная система. Одним из главных факторов, определяющих результативность фотосинтетической деятельности и наиболее динамичных, является площадь листьев, которая в ряде случаев оказывается основным критерием потенциальных возможностей продуктивности яблонь. Изменение площади листовой поверхности и продуктивности фотосинтеза в листьях различных культурных сортов яблонь происходит по-разному.

Изучение пигментной системы и исследование динамики изменения соотношения основных компонентов в течение вегетационного сезона, сопоставление ведущих

характеристик пигментного обмена разных видов культурных сортов яблонь позволяют выявить влияние внутренних факторов на основные физиологические черты обмена, понять пути адаптации яблонь к условиям внешней среды. Для глубокого познания механизма фотосинтеза большое значение имеет вопрос о состоянии хлорофилла и других компонентов пластидного аппарата зеленого листа [3].

*Суйслеппер.* Летний сорт. Деревья среднерослые, пирамидальной формы. Рано плодоносят. Созревают в последней декаде июля. Ростовые побеги темно-коричневые с красноватым оттенком. Основная окраска плода белая или бело-зеленоватая с яркими молочно-розоватыми полосками, иногда покрывающими значительную часть плода. Плоды средней величины, вес 110 г. Мякоть белая, нежная, приятного кисло-сладкого вкуса.

*Ричард Делишес.* Сорт зимний. Деревья среднерослые, с широкой невысокой, сравнительно густой кроной, со смешанным типом плодоношения. Плоды крупные и средней величины. Мякоть кисло-сладкого вкуса, сочная, желтоватая, плотная. Плоды созревают во второй декаде сентября.

*Голден Делишес.* Зимний сорт, создан в США. Дерево среднерослое. Форма кроны у плодоносящих деревьев округлая или широкоокруглая. Рано вступают в плодоношение, созревают плоды в первой декаде октября, урожайные.

Плоды средних размеров, массой 120–190 г, удлинено-округлоконической формы, зеленовато-желтые, с большими светло-коричневыми сочевичками, иногда с незначительным оранжевым румянцем. Мякоть желтовато-кремовая, плотная, сочная, мелкозернистая, ароматная, отличного кисло-сладкого вкуса. При хранении становится кремовой или светло-желтой. Дегустационная оценка — 4,6 балла.

*Ренет Симиренко.* Позднелистный сорт. Деревья сильнорослые, с широкоокруглой густой кроной. На поверхности плода порой встречаются бородавчатые образования, подвергнутые слою ржавчины. Кожица очень плотная, сухая, с умеренным восковым налетом. Мякоть при съеме бледно-зеленовато-желтая, очень хорошего кисло-сладкого вкуса. Плоды созревают в первой декаде октября. Плоды крупные — 150–200 г, округло-конические [4].

Фотосинтетическая деятельность листового аппарата яблони зависит от биологических особенностей сорта и от условий произрастания [5].

Изучение путей формирования урожайности яблони с небольшой площадью ли-

стве показывает, что несмотря на хорошее их освещение и более высокую интенсивность ассимиляции, продуктивность фотосинтеза снизилась. Несмотря на полный размер листовой поверхности, они не обеспечивают большего количества органического вещества. Ассимиляционная способность листьев зависит от их возраста и расположения листьев в кроне. Иногда эта величина имеет отрицательное значение, и ассимилянты полностью тратятся на дыхание [6].

Изменение площади листовой поверхности и продуктивности фотосинтеза в ассимилирующих органах различных сортов яблони происходит следующим образом: в июне месяце площадь листьев у всех сортов яблони меняется от 6,7 до 9,2 см<sup>2</sup>, в июле она держится практически на одном уровне, а затем в августе достигает максимума – 16,4 см<sup>2</sup> (табл. 1).

Прирост сухого вещества, т.е. наибольшее накопление органических веществ, у всех сортов наблюдался в середине лета.

Колебания чистой продуктивности фотосинтеза могут быть связаны с онтогенетическими изменениями ассимиляционной деятельности. Наибольший прирост продуктивности наблюдается в июле почти у всех сортов (до 5,9 г/м<sup>2</sup> сутки) яблони, кроме сорта Ренет Симиренко (2,8 г/м<sup>2</sup> сутки).

Изменение размеров листьев и продуктивности фотосинтеза в наиболее активный период жизни, когда осуществляется быстрый рост, происходит у яблони с различной скоростью. Затем наблюдается спад прироста продуктивности, что объясняется появлением новых листьев, а, следовательно, и увеличением их площади до максимума.

При расположении растений слишком близко друг другу листья перекрываются друг на друга, тогда самым нижним не хватает света, чтобы поддерживать фотосинтез выше точки компенсации. В загущенных посадках нижние и средние листья, из-за самозатенения мало фотосинтезируют и тратят на дыхание ассимилянты других листьев. В таких случаях биологический

урожай с единицы площади постепенно снижается.

Урожайными являются сорта, у которых листья рано формируются и долго живут. Растения произрастающие на высокогорье малоурожайны, так как у них интенсивность фотосинтеза только утром выше компенсационной точки, так как листья работают с большой интенсивностью недолго. В умеренном климате позднеспелые сорта урожайнее, так как у них фотосинтезирующий аппарат работает дольше. У скоропелых сортов продолжительность работы листьев значительно меньше, чем у позднеспелых. Где вегетационный период не прерывается неблагоприятными условиями (пониженные температуры, засуха), позднеспелые сорта дают большой урожай.

Для увеличения продолжительности работы листьев нужно увеличить продолжительность жизни хлоропластов. При быстром развитии оптимальной площади листьев, в увеличении продолжительности их работы в течение суток и всего вегетационного периода можно получить наибольший урожай [5].

Одним из наиболее важных показателей, дающих представление об особенностях протекания фотосинтеза и о потенциальных возможностях яблони образовывать максимальный урожай, является мощность развития фотосинтетического аппарата. Основные фотосинтетические органы у яблони – листья. Наиболее точное представление о фотосинтезе можно получить при помощи данных о содержании и изменении концентрации пигментов [7].

Среди пигментов хлорофилл занимает особое место для зеленого листа. Важнейший внутренний фактор определяется количеством хлорофилла, определяющим интенсивность фотосинтеза и урожайность растений. В процессе фотосинтеза именно с помощью хлорофилла происходит поглощение и трансформация энергии, используемой для образования органических веществ. А каротиноиды принимают активное участие в окислительно-восстановительных реакциях.

**Таблица I**

Изменение площади листьев и чистая продуктивность фотосинтеза яблони

| Сорт                             | Площадь листьев, см <sup>2</sup> |             |             | Фч. пр. г/м <sup>2</sup> сутки |            |            |
|----------------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|--------------------------------|------------|------------|
|                                  | июнь                             | июль        | август      | июнь                           | июль       | август     |
| Суйслеппер<br>(Столовка розовая) | 7,8 ± 0,35                       | 13,6 ± 0,68 | 12,4 ± 0,49 | 2,6 ± 0,14                     | 3,6 ± 0,14 | 3,2 ± 0,13 |
| Ричард Делишес                   | 8,8 ± 0,30                       | 14,2 ± 0,51 | 16,4 ± 0,65 | 4,7 ± 0,18                     | 5,9 ± 0,23 | 5,1 ± 0,15 |
| Голден Делишес                   | 9,2 ± 0,23                       | 14,1 ± 0,36 | 15,2 ± 0,33 | 4,6 ± 0,13                     | 5,2 ± 0,21 | 5,0 ± 0,12 |
| Ренет Симиренко                  | 6,7 ± 0,23                       | 8,8 ± 0,29  | 9,2 ± 0,31  | 1,8 ± 0,02                     | 2,8 ± 0,08 | 3,2 ± 0,09 |

Таблица 2

Содержание пигментов в листьях яблони, мг/г сухое вещество

| Сорт                          | Хлорофилл   |             |       | Сумма каротиноидов мг/дм <sup>2</sup> | Сумма пигментов мг/г | Отношение хлорофиллов к каротиноидам |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------|---------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|
|                               | а           | в           | а + в |                                       |                      |                                      |
| Суйслеппер (Столовка розовая) | 2,64 ± 0,13 | 0,95 ± 0,04 | 3,59  | 0,28 ± 0,02                           | 3,87                 | 9:1                                  |
| Ричард Делишес                | 2,32 ± 0,11 | 0,60 ± 0,03 | 2,90  | 0,31 ± 0,04                           | 3,21                 | 8:1                                  |
| Голден Делишес                | 1,97 ± 0,09 | 0,57 ± 0,02 | 2,54  | 0,21 ± 0,01                           | 2,75                 | 12:1                                 |
| Ренет Симиренко               | 2,86 ± 0,11 | 1,12 ± 0,05 | 3,98  | 0,52 ± 0,05                           | 4,50                 | 8:1                                  |

Учитывая значение этих пигментов в жизнедеятельности растений, нами было изучено содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях яблони 4-х районированных сортов Юга Кыргызстана (табл. 2).

Полученный экспериментальный материал показывает, что пределы колебаний количества пигментов почти у всех сортов яблони отмечены от 2,75–4,5 мг/г сухого веса. Преимущественно накапливаются зеленые пигменты с преобладанием фракций хлорофилла, максимум пигментов содержится у сорта яблонь Ренет Симиренко до 4,5 мг/г.

Установлено, что у сорта Голден Делишес отношение хлорофиллов к каротиноидам самое высокое 12:1. Видимо, это характеризуется большей фотосинтетической активностью, т.е. лучшим распределением специфического накопления хлорофиллов, что в конечном счете определяет формирование более жизнестойких сортов.

В вегетационный период максимальное количество хлорофилла было у Суйслеппера и Ренет Симиренко (3,59–3,98). А максимальное количество каротиноидов наблюдается в листьях сортов Ренет Симиренко и Ричард Делишес (0,31–0,52 мг/дм<sup>2</sup>). По проведенным наблюдениям, количество хлорофилла и каротиноидов в листьях у большинства сортов в августе уменьшилось. Это связано с тем, что со старением листьев уменьшается количество хлорофилла и каротиноидов. Это исследование подтверждается и другими исследователями. В работе В.П. Криворучко отмечается, что в зависимости от формирования кроны также изменяется накопление пигментов. В плоской кроне, где лучше освещенность, в зависимости сорта увеличивается содер-

жание хлорофилла и каротиноидов. Отмечено, что в листьях Ренета Симиренко происходит максимальное накопление зеленых и желтых пигментов и в то же время наблюдается наименьший прирост продуктивности фотосинтеза.

Таким образом, культурные сорта яблони южного Кыргызстана отличаются разнообразием по содержанию основных фракций пигментов, закономерно изменяющихся в онтогенезе листа яблони. С помощью формирования кроны, с плоской кроной, улучшая световой режим яблони, можно значительно увеличить количество пигментов.

Соотношение компонентов хлорофилла имеет большое значение в приспособлении растений к свету и неблагоприятным условиям и накоплении сухого вещества. В наших исследованиях было отмечено, что отношение компонентов хлорофилла в течение вегетации непостоянно и изменяется в зависимости от сорта и сезона времени.

#### Список литературы

1. Криворучко В.П. Эколого-биологические основы повышения продуктивности яблоневых садов Северного Кыргызстана: докторская диссертация. – Бишкек, 1998. – 224 с.
2. Шишкану Г.В. Фотосинтез яблони. – Кишинев: Изд-во «Штиинца», 1973. – 292 с.
3. Гегечкори Б.С., Кладь В.Г., Орленко С.Ю. Морфолого-анатомическое изменение органов деревьев яблони в зависимости от способов регулирования роста и развития // Научный журнал КУБГАУ. – 2013. – № 90(06). URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/06/pdf/70.pdf> (дата обращения: 02.02.2018).
4. Вестник КНАУ. – 2010. – № 2 (18). – С. 46–50.
5. Кузнецов Вл.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. – М.: «Высшая школа», 2006. – С. 301–309.
6. Ермакова И.П. Физиология растений. – М.: Академия, 2005. – 592 с.
7. Медведев С.С. Физиология растений: учебник. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 512 с.