

УДК 634.721:581.132

ОСОБЕННОСТИ ПРОДУКТИВНОСТИ ФОТОСИНТЕЗА СМОРОДИНЫ КРАСНОЙ

О.С. Родюкова

ГНУ Всероссийский НИИ садоводства им. И.В. Мичурина Россельхозакадемии,
ул. Мичурина, 30, г. Мичуринск, Тамбовская обл., 393774, Россия,
e-mail: berrys-m@mail.ru

РЕФЕРАТ

В статье представлены результаты по оценке фотосинтетических параметров продуктивности листьев смородины красной. Уточнена методика определения продуктивности фотосинтеза листьев смородины красной и установлено, что на окольцовой веточке с массой ягоды 0,3-0,6 г можно оставлять 1,5-3,0 см² площади листьев на одну ягоду. Установлены положительные корреляционные связи между величиной чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) листьев и массой ягоды (0,17-0,82); площадью листьев опытной веточки и продуктивностью соцветия (0,46-0,87); площадью одного листа и продуктивностью соцветия (0,25-0,79). При оценке влияния площади листьев на продуктивность фотосинтеза смородины красной было отмечено, что с изменением соотношения лист/ягода значительно изменяются все показатели. Так, наибольшая продуктивность фотосинтеза листьев смородины красной отмечена в варианте 1 лист – 5 ягод. Максимальный урожай с 1 м² листьев в этом варианте превышает вариант 1 лист – 3 ягоды в среднем на 40%. Чистая продуктивность фотосинтеза у сортов смородины красной за период формирования урожая составляет 5,57-7,55 г/м² сутки, а наиболее высокий урожай обеспечивается при $K_{хоз}$ от 58 до 75%.

Ключевые слова: смородина красная, продуктивность фотосинтеза, сорт, лист, урожай, масса ягоды, площадь листа, Россия.

ВВЕДЕНИЕ

Фотосинтез – основной процесс питания растений. Поэтому урожай растений прежде всего определяется размерами и продуктивностью работы фотосинтетического аппарата.

90-95% сухой массы урожая растений создается в процессе фотосинтеза, осуществляемого листьями, где под влиянием поглощаемой ими энергии солнечной радиации из углекислого газа, усваиваемого из воздуха и воды, образуются богатые энергией вещества, составляющие основную и наиболее ценную часть массы урожая.

Интенсивность фотосинтеза является одним из основных показателей, влияющих на количество органического вещества, которое способно образовывать растение. В литературе имеется много работ, посвященных исследованию интенсивности фотосинтеза как одного из главных показателей фотосинтетической деятельности в качестве фактора продуктивности. Это положение достаточно подробно отражено в теории фотосинтетической продуктивности [1]. Имеется немало сведений и о роли внутренних факторов в фотосинтетической деятельности растений [2, 3].

Однако следует отметить, что исследования фотосинтетической продуктивности ягодных культур проводились в основном на смородине черной. Фотосинтез других ягодных, в частности смородины красной, изучен слабо.

Целью наших исследований было изучение фотосинтетических показателей продуктивности и уточнение методики определения продуктивности фотосинтеза листьев у смородины красной.

МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа по определению продуктивности фотосинтеза проводилась с 2002 по 2004 гг. на плодоносящих кустах 5-летнего возраста смородины красной в коллекционных насаждениях ВНИИС им. И.В. Мичурина. В качестве объектов исследований были использованы 4 сорта смородины красной. Опыты были заложены в мае в период появления хорошо обозначившейся на кистях завязи на юго-западной стороне средней части кроны куста.

При отработке методики по смородине красной основными служили положения, которые были определены А.С. Овсянниковым [4] для смородины черной. Оценку фотосинтетической продуктивности листьев смородины красной проводили по следующим показателям:

- чистая продуктивность фотосинтеза листьев (ЧПФ, г/м² сутки) – количество граммов сухого вещества, вырабатываемого 1 м² листьев за сутки;

- фотосинтетический потенциал продуктивности (ДФП, м² сутки) – необходимое количество м² листьев для формирования в сутки единицы урожая ягод с учетом содержания в них сухих веществ;

- удельная хозяйственная продуктивность листьев: потенциальная (УПЛ пот., кг/м²) – максимальный урожай с 1 м² листьев, при определенном содержании сухих веществ в ягодах и при условии, что 100% ассимилятов расходуется на формирование урожая; фактическая (УПЛ факт., кг/м²) – реальный урожай ягод, приходящийся на 1 м² листьев;

- минимальная площадь листьев (ΔS , м²), необходимая для образования 1 ц ягод за период формирования урожая с учетом содержания в них общих сухих веществ и конкретной величины ЧПФ;

- коэффициент реализации ассимилятов на урожай ($K_{хоз}$, %) – доля ассимилятов, используемых непосредственно на формирование хозяйственного урожая.

Продуктивность фотосинтеза определяли на окольцованных плодоносящих веточках по накоплению сухих веществ в ягодах и листьях в среднем за 54-61 день.

На основании анализа литературных данных можно заключить, что потенциальная продуктивность листьев окольцованной веточки может проявляться лишь при наличии нормального оттока ассимилятов. В то же время отток ассимилятов будет проходить тогда, когда рост органов потребления (побегов, ягод) ограничен площадью листьев.

Для определения размера площади листьев, которая была бы оптимальной для роста ягод, через 15-20 дней после цветения на однолетних приростах проводили нормировку ягод и листьев с соотношением 0,20; 0,33 листа на 1 ягоду (1 лист – 5 ягод; 1 лист – 3 ягоды). После приведения ягод и листьев к желаемому соотношению веточки кольцевали с целью прекращения оттока ассимилятов. При нормировке удаляли, прежде всего, слаборазвитые завязи и поврежденные листья. У незаконченных рост побегов проводили прищипку верхушки вместе с молодыми листочками. Кольцо коры шириной 5-10 мм удаляли скальпелем так, чтобы не повредить проводящие ткани дре-

весины. Для устранения испарения воды место выреза коры плотно закрывали изоляционной лентой в несколько слоев.

При определении ЧПФ листьев необходимо знать вес веточки с ягодами в начале и в конце опыта. Исходный вес определяли подбором подобных по величине ягод и плодовых образований для каждой повторности и высушиванием их до абсолютного сухого веса.

Для предупреждения зарастания раны через 10-15 дней проводили ревизию. Для этого ленту снимали, скальпелем счищали каллус (если он появился на древесине) и снова закрывали лентой. Одновременно с этим на опытных веточках осматривали состояние листьев.

Поврежденные по каким-либо причинам листья срезали, а площадь и время их съема учитывали при расчете продуктивности фотосинтеза. Опыты по определению продуктивности фотосинтеза закладывали, когда ягоды смородины красной достигали 0,11-0,14 г. К этому времени листья на плодовых образованиях смородины красной уже сформированы. Каждая окольцованная веточка считается учетной единицей. На изучаемом сортообразце закладывали 15 повторностей, размещенных на пяти кустах. При наступлении съемной зрелости учетные веточки снимали и дальнейшие учеты выполняли по методике А.С. Овсянникова [4]. Площадь листьев на учетных веточках измеряли курвиметром КУ-А, общую облиственность кустов – весовым методом. Дисперсионный анализ полученных данных проводили по методике Б.А. Доспехова [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полученных данных о зависимости между площадью листьев, ростом ягод и продуктивностью фотосинтеза показал, что с увеличением площади листьев увеличивается масса ягод, а содержание в них сухих веществ уменьшается. Ограничение листовой поверхности также влияет на величину чистой продуктивности фотосинтеза.

В итоге проведенных исследований нами были установлены положительные корреляционные связи между величиной ЧПФ листьев и массой ягоды (0,17-0,82); площадью листьев опытной веточки и продуктивностью соцветия (0,46-0,87); площадью одного листа и продуктивностью соцветия (0,25-0,79).

При оценке влияния площади листьев на продуктивность фотосинтеза смородины красной было отмечено, что с изменением соотношения лист/ягода значительно изменяются все показатели.

Наибольшая продуктивность фотосинтеза отмечена в варианте 1 лист – 5 ягод. ЧПФ листьев по годам составила 3,46-8,63 г/м² сутки (таблица 1). С наименьшей продуктивностью работал лист при соотношении 1 лист – 3 ягоды. В варианте 1 лист – 5 ягод необходимо в 2 раза (43%) меньшее количество кв. м листьев для формирования в сутки единицы урожая ягод и максимальная площадь листьев для образования 1 ц ягод также должна быть меньше на 42,5%. Максимальный урожай с 1 м² листьев в варианте 1 лист – 5 ягод превышает вариант 1 лист – 3 ягоды по этому показателю в среднем на 40%.

Таким образом, при определении продуктивности фотосинтеза на окольцованной веточке смородины красной с массой ягоды 0,3-0,6 г можно оставлять 1,5-3 см² площади листьев на одну ягоду. При этом условии депрессия фотосинтеза листьев под влиянием кольцевания не происходит, так как ассимиляты потребляются растущими органами.

Таблица 1 – Влияние различного соотношения лист/ягода на фотосинтетические показатели листьев у сортов смородины красной

| Сорт | Год | Вариант опыта (лист – ягода) | ЧПФ, г/м ² сутки | ΔФП, м ² сутки | УПЛ пот., кг/м ² | ΔS, м ² /ц |
|---------------------------|-------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Виксне | 2002 | 1 – 3 | 4,04 | 37,67 | 1,58 | 64,94 |
| | | 1 – 5 | 7,71 | 20,35 | 2,85 | 35,09 |
| | НСР ₀₅ | — | 1,33 | 12,70 | 0,50 | 21,91 |
| | | 2003 | 1 – 3 | 2,52 | 60,26 | 0,92 |
| | НСР ₀₅ | 1 – 5 | 4,39 | 35,10 | 1,55 | 69,24 |
| | | — | 1,06 | 19,21 | 0,39 | 35,36 |
| Память Смоляниновой | 2002 | 1 – 3 | 3,74 | 49,73 | 1,19 | 84,29 |
| | | 1 – 5 | 5,15 | 36,17 | 1,64 | 61,31 |
| | НСР ₀₅ | — | 0,89 | 6,56 | 0,28 | 11,01 |
| | | 2003 | 1 – 3 | 3,78 | 47,83 | 1,17 |
| | НСР ₀₅ | 1 – 5 | 5,44 | 35,51 | 1,59 | 63,42 |
| | | — | 0,86 | 12,96 | 0,25 | 10,70 |
| Плодородная из Пальнау | 2002 | 1 – 3 | 3,96 | 41,16 | 1,52 | 67,48 |
| | | 1 – 5 | 6,59 | 23,84 | 2,56 | 39,08 |
| | НСР ₀₅ | — | 1,22 | 10,12 | 0,50 | 13,79 |
| | | 2003 | 1 – 3 | 2,11 | 74,01 | 0,93 |
| | НСР ₀₅ | 1 – 5 | 3,46 | 52,56 | 1,40 | 77,30 |
| | | — | 0,83 | 12,16 | 0,19 | 21,34 |
| Чулковская | 2002 | 1 – 3 | 4,94 | 35,88 | 1,65 | 62,95 |
| | | 1 – 5 | 7,70 | 22,26 | 2,57 | 39,05 |
| | НСР ₀₅ | — | 1,97 | 11,90 | 0,67 | 23,91 |
| | | 2003 | 1 – 3 | 2,92 | 69,12 | 0,91 |
| | НСР ₀₅ | 1 – 5 | 6,33 | 30,60 | 2,05 | 50,16 |
| | | — | 1,41 | 25,80 | 0,75 | 42,28 |
| НСР ₀₅ | 2004 | 1 – 3 | 3,30 | 50,97 | 1,20 | 86,39 |
| | 1 – 5 | 8,63 | 18,34 | 3,22 | 31,09 | |
| НСР ₀₅ | — | 1,42 | 20,54 | 0,53 | 34,80 | |

Для объективной оценки, позволяющей судить о поведении различных сортов смородины красной в данных экологических условиях, мы провели оценку фотосинтетических показателей продуктивности по одному варианту: 1 лист – 5 ягод (таблица 2).

Анализ экспериментальных данных показал различия по показателям продуктивности фотосинтеза листьев. ЧПФ листьев смородины красной по сортам варьировала от 5,57 (Плодородная из Пальнау) до 7,55 г/м² сутки (Чулковская).

С различием сортов по ЧПФ связана их разнородность и по фотосинтетическому потенциалу продуктивности ($\Delta\text{ФП}$). Чем выше продуктивность фотосинтеза и больше ассимилятов расходуется на урожай, тем интенсивнее формируется хозяйственная продуктивность сорта и тем более ценным он является.

Анализ полученных данных по удельной продуктивности листьев (УПЛ пот.) показал незначительные различия этого показателя по сортам. Наименьший урожай с 1 м² листьев (1,94 кг/м²) получен у сорта Память Смольяниновой, наибольший (2,61 кг/м²) – у сорта Чулковская.

Таблица 2 – Изменение продуктивности фотосинтеза листьев у сортов смородины красной

| Сорт | Год | Оставлено листьев на 1 ягоду | | ЧПФ, г/м ² , сутки | $\Delta\text{ФП}$, м ² , сутки | УПЛ пот., кг/м ² | ΔS , м ² /ц | К _{хоз} , % |
|------------------------|-----------|------------------------------|--------------------------|-------------------------------|--|-----------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| | | кол-во, шт. | площадь, см ² | | | | | |
| Виксне | 2002 | 0,20 | 2,44 | 7,71 | 38,18 | 2,85 | 35,09 | 45,7 |
| | 2003 | 0,20 | 3,33 | 4,39 | 35,10 | 1,55 | 69,24 | 68,9 |
| | 2004 | 0,20 | 2,41 | 7,45 | 18,55 | 3,24 | 30,92 | 60,9 |
| | \bar{x} | - | 2,73 | 6,52 | 30,61 | 2,55 | 45,08 | 58,5 |
| Память Смольяниновой | 2002 | 0,20 | 3,24 | 5,15 | 36,17 | 1,64 | 61,31 | 76,2 |
| | 2003 | 0,20 | 2,73 | 5,44 | 35,51 | 1,59 | 63,42 | 75,4 |
| | 2004 | 0,20 | 2,06 | 7,32 | 23,28 | 2,58 | 39,36 | 70,8 |
| | \bar{x} | - | 2,68 | 5,97 | 31,65 | 1,94 | 54,70 | 74,1 |
| Плодородная из Пальнау | 2002 | 0,20 | 1,45 | 6,59 | 23,84 | 2,56 | 39,08 | 38,7 |
| | 2003 | 0,20 | 2,36 | 3,46 | 52,56 | 1,40 | 77,30 | 88,1 |
| | 2004 | 0,20 | 2,09 | 6,67 | 20,90 | 2,95 | 34,32 | 63,9 |
| | \bar{x} | - | 1,97 | 5,57 | 32,43 | 2,30 | 50,23 | 63,6 |
| Чулковская | 2002 | 0,20 | 2,03 | 7,70 | 22,26 | 2,57 | 39,05 | 51,3 |
| | 2003 | 0,20 | 2,59 | 6,33 | 30,60 | 2,05 | 50,16 | 75,8 |
| | 2004 | 0,20 | 1,68 | 8,63 | 18,34 | 3,22 | 31,09 | 66,9 |
| | \bar{x} | - | 2,10 | 7,55 | 23,73 | 2,61 | 40,1 | 64,7 |

Наряду с интенсивностью и чистой продуктивностью фотосинтеза, важнейшим показателем фотосинтетической деятельности смородины является площадь листьев.

По литературным данным оптимальная площадь листьев для получения хозяйственного урожая колеблется от 2 до 7 м²/кг [6, 7, 8].

В среднем за годы исследований сортам смородины красной для формирования 1 ц урожая потребовалась площадь листьев (ΔS) от 40,1 до 54,7 м². Наибольшая площадь листьев требуется сорту Память Смольяниновой (54,7 м²), у него же отмечена меньшая удельная плотность листьев.

Выявленные различия сортов по потенциальной хозяйственной продуктивности листьев при полном использовании ассимилятов на урожай находятся в прямой зависимости от ЧПФ листьев и периода формирования плодов. При естественном распределении ассимилятов сортовые различия по величине этого показателя зависят и от коэффициента их использования на формирование урожая (К_{хоз}). Коэффициент реализации ассимилятов на урожай объединяет в себе компоненты продуктивности, показатели фотосинтетической деятельности (УПЛ, ΔS), экономное водопотребление на единицу продукции, а также экологическую устойчивость.

За годы исследований можно отметить, что продукты фотосинтеза на урожай более эффективно использует сорт Виксне. По нашим наблюдениям наиболее высокий урожай смородины красной обеспечивается при К_{хоз} от 58 до 75%.

ВЫВОДЫ

Таким образом, при определении продуктивности фотосинтеза у сортов смородины красной рекомендуется оставлять 1,5-3 см² площади листьев на одну ягоду. При этом, чистая продуктивность фотосинтеза листьев за период формирования урожая составляет 5,57-7,55 г/м² сутки. Стабильно высокий урожай обеспечивается при $K_{\text{хоз}}$ от 58 до 75%.

Литература

1. Мокроносов, А.Т. Интеграция функций роста и фотосинтеза / А.Т. Мокроносов // Физиология растений. – 1983. – Т. 30. – Вып. 5. – С. 868-880.
2. Насыров, Ю.С. Генетика фотосинтеза в связи с проблемами селекции / Ю.С. Насыров // Сельскохозяйственная биология. – 1982. – Т. 17. – Вып. 6. – С. 834-840.
3. Чиков, В.И. Фотосинтез и транспорт ассимилятов / В.И. Чиков. – М.: Наука, 1987. – 188 с.
4. Овсянников, А.С. Оценка фотосинтетической деятельности плодовых и ягодных культур в связи с формированием урожая: методические рекомендации / А.С. Овсянников. – Мичуринск, 1985. – 54 с.
5. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М., 1985. – 351 с.
6. Ничипорович, А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев / А.А. Ничипорович // 15-е Тимирязевское чтение. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 93 с.
7. Ничипорович, А.А. Введение / А.А. Ничипорович // Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. – М., 1963. – С. 3.
8. Тооминг, Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая / Х.Г. Тооминг. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 200 с.

CHARACTERISTIC OF RED CURRANT PHOTOSYNTHESIS PRODUCTIVITY

O.S. Rodyukova

SUMMARY

The results of photosynthetic parameters of red currant leaf productivity are presented. The method of estimation of red currant leaf photosynthesis productivity has been corrected. It has been established that 1.5-3.0 см² leaf area per fruit can be left on ringed twig with fruit mass of 0.3-0.6 g. Positive correlation was established between productivity of net photosynthesis and fruit mass (0.17-0.82); leaf area of tested twig and inflorescence productivity (0.46-0.87) of a single leaf area and inflorescence productivity (0.25-0.79). The determination of leaf area effect on red currant photosynthesis productivity revealed considerable variation of all indexes due to ratio leaf/fruit change. The highest productivity in red currant was observed in treatment 1 leaf – 5 fruit. Maximum yield per 1 м² of leaf area obtained in this treatment exceeded the results in the treatment 1 leaf – 3 fruit by 40% in average. Net photosynthesis productivity in red currant cv. during crop development is 5.57-7.55 г/м² per day. The highest yield results from K_e 58-75%.

Key words: red currant, photosynthesis productivity, leaf, yield, fruit mass, Russia.

Дата поступления статьи в редакцию 26.03.2010