

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ ПЕРСИКА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ НАГРУЗКЕ ПЛОДАМИ

Раиса МАЛИНА, Георгий ШИШКАНУ, Нина ТИТОВА

Институт генетики и физиологии растений АН Молдовы

A fost studiată productivitatea fotosintetică la plantele de piersic, soiurile *Collins*, *Молдавский желтый* și *Redhaven* ce se deosebeau prin conținutul de fructe în condiții de lizimetru. Cercetările au fost efectuate pe parcursul perioadei de vegetație. A fost determinată intensitatea fotosintezei, respirației și transpirației, de asemenea conținutul de pigmenți și monitorizarea procesului de productivitate. Au fost stabiliți indicii ce caracterizează plantele cu productivitate înaltă și stabilită influența reglatoare a centrelor de atracție asupra activității fotosintetice la pomii roditori.

The photosynthetic productivity of peaches of the following kinds: *Kollins*, *Moldavskii jeltii* and *Redhaven* have been studied with different fruit load in the conditions of lysimetres. The fruit-bearing trees have been studied during the season according to vegetation phases. CO₂exchange of gases, transpiration and respiration, composition and quantity of photosynthetic de pigments, as well as the monitoring of production process have been established. The characteristics of highly productive plants have been discovered, the regulating influence of the quantity of attraction centres on the photosynthetic activity of fruit-bearing plants has been established.

Введение

Суммарная продуктивность персиковых насаждений складывается из индивидуальных особенностей каждого дерева, которая, в свою очередь, зависит от генетики сорта и его происхождения, совместимости привоя и подвоя, приспособленности к местным климатическим условиям, реализации потенциальных возможностей растения в конкретных экологических условиях. Связь отдельных признаков, характеризующих фотосинтетическую активность растений и их продуктивность, носит, как правило, сложный, далеко не прямолинейный характер, во многом еще недостаточно изучена и зависит от культуры и условий ее возделывания [1-3]. В задачу исследований входило определение показателей высокопродуктивных деревьев персика некоторых сортов, сохраняющих стабильный урожай при различных погодных условиях и эффективно использующих фотосинтетический потенциал для образования плодов.

Материалы и методы

Исследования фотосинтетической активности персика проводились в 2010-2011гг. на 5–6-летних растениях, произрастающих в лизиметрах. Календарные даты приведены на 2011 год. В лизиметрах поддерживался оптимальный режим влажности почвы, плотность размещения деревьев двухрядная, м²/м², между блоками расстояние 1,5 м. Были изучены три сорта персика: Коллинс, Редхавен, Молдавский желтый. Деревья были разделены на две группы в зависимости от величины нагрузки плодами: вариант А – нагрузка была от 15 до 25 завязей, в варианте Б она составила 40-60 завязей на одно дерево. В течение периода вегетации от распускания почек до опадения листьев по фазам развития изучали фотосинтетический и дыхательный газообмен, транспирацию с помощью прибора РТМ-48[4], дыхание листьев и плодов на аппарате Варбурга [5], вели учет листовых параметров. Количественный и качественный состав фотосинтетических пигментов определялся на спектрофотометре СФ Т60U [6]. Мониторинг индекса хлорофилла регистрировался хлорофиллометром СМ-1000 [7]. В конце вегетации проводилась регистрация ростовых и продукционных процессов согласно вариантам опыта [8].

Результаты и их обсуждение

Известно, что обмен веществ, его интенсивность и общая направленность определяют характер развития растения, прохождение отдельных этапов онтогенеза. На каждом из этапов происходит переключение в системе донор – акцептор, которое служит сигналом для активирования синтеза новых ферментных белков и одновременно ингибирования предыдущих процессов. Переключение метаболических реакций организма составляет основу всех переломных моментов в жизненном цикле растения, складывающемся из определенных фаз развития. По нашему мнению, в сезонной вегетации персика можно условно выделить шесть ключевых моментов. Первая фаза – это раскрытие

почек и цветение, она продолжалась 21 день, с 22 апреля по 10 мая. Цветение персика наступает одновременно с распусканием листовых почек за счет запасов метаболитов, накопленных в побегах и корнях. Вторая фаза – интенсивный рост побегов и формирование листового полога, активное деление и растяжение клеток, ювенильный период для всех органов, продолжалась около 40 дней, с 11 мая по 15 июня. Третья фаза – зрелость листьев, при которой включается главный акцептор – плодообразование, и происходит дифференциация и созревание эндосперма (16.06-01.07). Четвертая фаза – созревание плодов, когда внутренние изменения проявляются явно в виде качественных структурных преобразований околоплодника разрыхлением его клеток, накоплением сахаров, эфиров, изменением окраски фруктов (08.07-10.08). В пятой фазе все ростовые функции были, в основном, приостановлены, так как происходил самый энергоемкий процесс – подготовка, закладка урожая будущего года, структурирование почек и созревание побегов (10.08-24.08). Шестая фаза – подготовка к периоду покоя, сопровождалась оттоком ассимилятов в побеги и корни и длилась с 25 августа до конца октября.

Таким образом, сезонный цикл развития растений персика разных сортов включает активные и скрытые фазы, короткие и длительные переходы от одного состояния к другому. С 3-4-летнего возраста молодые саженцы выходят на стабильный режим вегетации, образуется ценоз, функционирующий как единый организм, с достаточно устойчивой биологической продуктивностью [9]. Внутри садового сообщества отдельные деревья в разные годы значительно различаются по урожаю. Одной из задач исследования было выявить причины этой разнокачественности и определить достаточно стабильные по урожайности экземпляры. Установлено, что у растений с большой нагрузкой плодами (вариант Б) четко проявляется смена акцептора, передача основного импульса развития: листья-плоды-побеги, явно выражены три подъема кривой, угол ее наклона достигает 60-70° и практически дублируется при устойчивой работе листового аппарата. При незначительной нагрузке плодами (вариант А) отмечены плавные переходы между фазами и угол наклона кривой значительно ниже (рис.1,2). Аналогичные схемы получены и для других сортов. Различия между вариантами А и Б сохраняются по годам, состав группы может меняться.

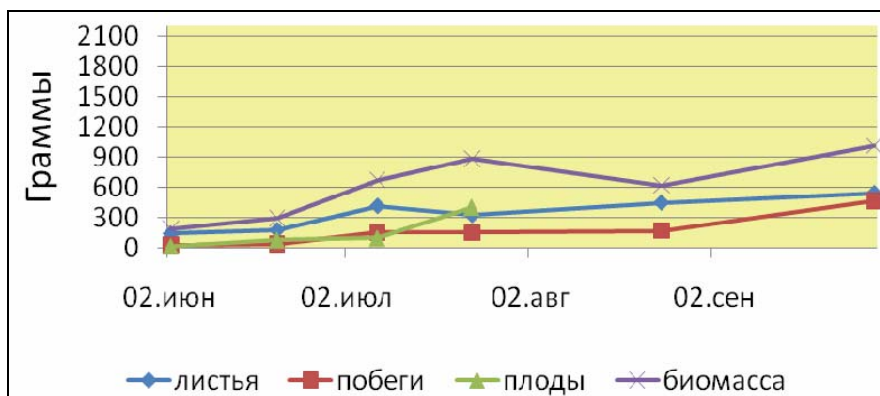


Рис.1. Динамика накопления сухого вещества, 2011 г., Молдавский жёлтый (А).

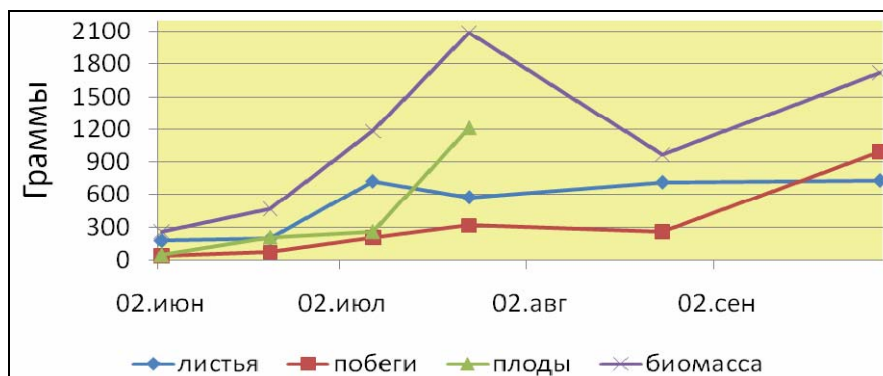


Рис.2. Динамика накопления сухого вещества, 2011 г., Молдавский жёлтый (Б).

Первый этап сезонной вегетации многолетнего растения происходит за счет накопленных запасов пластических веществ в корнях и скелетных ветвях. Раскрытие почек и интенсивный рост побегов формируют габитус дерева. Интенсивное разворачивание листовой поверхности опережает нарастание их массы. Все части растения в этот период содержат большое количество воды, до 75-80%. От скорости раскрытия и устойчивой работы листьев зависит формирование остальных органов растения, поэтому именно листья первыми достигают зрелости. Косвенным показателем зрелого органа служит оводненность органа. Для листьев этот показатель находится в пределах 65-70%, который в норме сохраняется до конца сезона при регулировании режима полива. Более точно зрелое состояние листьев можно зафиксировать, измеряя индекс хлорофилла (ИХл) хлорофиллометром СМ-1000. У молодых листьев ИХл быстро нарастает, достигая определенной стабильной величины, которая указывает на полную готовность развитых листьев к фотосинтезу. В этот период их показатели максимальны. Первые зрелые листья на персике появились в конце мая, а в середине июня их начитывалось до 7-9. Скорость роста побегов и, соответственно, нарастание площади листьев в этот период у варианта Б в 1,5-1,7 раза больше, чем в первой группе. У них также отмечены максимальные показатели ИХл. Эти признаки могут быть использованы для ранней диагностики высокоурожайных сортов. Во второй половине июня листья достигли своего оптимального развития, за счет структурных элементов и количества хлорофилла увеличилась толщина листа. Наступил самый ответственный период в жизни многолетнего растения – плодообразование и созревание плодов. «Биохимическая лаборатория листа» находилась на пике интенсивности работы, максимально высокие показатели всех изучаемых параметров приходились именно на эту фазу. Деревья варианта Б, с большой нагрузкой плодами, отличались рядом особенностей. На уровне органа они обладали повышенной на 15-20% массой одного листа, увеличенной на 15-25% удельной поверхностной плотностью листа (УППЛ). На уровне целостного растения – большей скоростью формирования листьев. На уровне структурных элементов урожайные деревья отличались повышенным на 20-25% содержанием хлорофилла и особенно каротиноидов, которое сохранялось на протяжении всего периода вегетации (рис.3) и проявляется ежегодно. На уровне биохимических и биофизических реакций, отражающих качество работы фотосинтетического аппарата (ФА), результаты выглядели следующим образом. Интенсивность фотосинтеза и транспирации в период созревания плодов у вариантов с большой нагрузкой плодами увеличена в 2-4 раза по сравнению с группой А. Дыхание листьев, определенное по методу Варбурга, в варианте Б было в 2-3 раза выше и это различие сохранялось на протяжении всего сезона. Закономерность для вышеперечисленных показателей проявлялась в разные годы, хотя абсолютные значения могли быть иными.

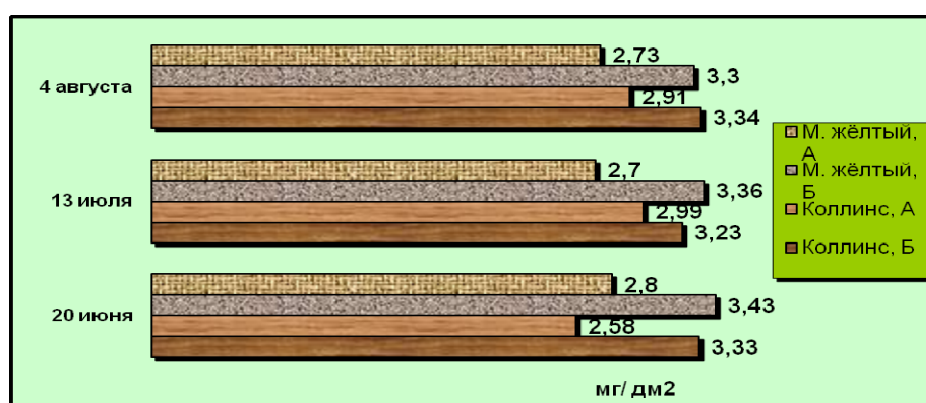


Рис. 3. Содержание хлорофилла a + b в листьях персика, 2011 г.

У растений с большой нагрузкой плодами, по мнению Мокроносова А.Т. [10], смещаются донорно-акцепторные связи и усиливается нагрузка на фотосинтетический аппарат со стороны аттрагирующих центров, что вызывает интенсификацию фотосинтеза. Но высокая удельная активность фотосинтеза становится фактором высокого урожая лишь при условии, что этот признак сочетается с хорошим ассимиляционным потенциалом дерева и с оптимальной структурой ростовых процессов (см. таблицу).

Таблица

СО₂-газообмен листьев персика, 2010-2011гг.

| Варианты | Интенсивность фотосинтеза, мкмольСО ₂ /м ² *с | | Дыхание, мкмольСО ₂ /м ² *с | | Транспирация, мг/ м ² *с | | Интенсивность дыхания по Варбургу, мкл/час*г | |
|----------------------|---|------|---|------|-------------------------------------|------|--|------|
| | 2010 | 2011 | 2010 | 2011 | 2010 | 2011 | 2010 | 2011 |
| Коллинс, Б | 17.1 | 9,8 | 3.3 | 2,7 | 39.1 | 23,7 | 602 | 304 |
| Коллинс, А | 5.0 | 2,1 | 2.2 | 1,3 | 16.3 | 7,2 | 130 | 23 |
| Молдавский желтый, Б | 18.0 | 12,7 | 3.6 | 2,8 | 54.7 | 28,7 | 530 | 282 |
| Молдавский желтый, А | 3.8 | 5,6 | 3.3 | 2,3 | 11.7 | 14,0 | 68 | 69 |
| Редхавен, А | - | 7,5 | - | 2,3 | - | 22,9 | 94 | 326 |

Фотосинтез является единственным источником энергии новообразования органических веществ в растении. Именно этот процесс, при помощи которого создается 90-95% сухого вещества всего растения, определяет продуктивность. Однако для получения высокого урожая ФД должна быть сопряжена со всеми процессами жизнедеятельности растения. Установлено, что экстенсивные признаки, такие как листовой индекс (ЛИ), фотосинтетический потенциал (ФП), масса листьев характеризуют в большей мере их биологическую продуктивность (рис.4). Площадь листьев одного дерева отражает потенциальные возможности сорта, а урожай формируется за счет внутренней перестройки метаболизма листового аппарата, интенсификации его работы, активности фотосинтеза и скорости передачи ассимилятов из листьев в плоды, что подтверждено результатами биофизических и биохимических исследований.

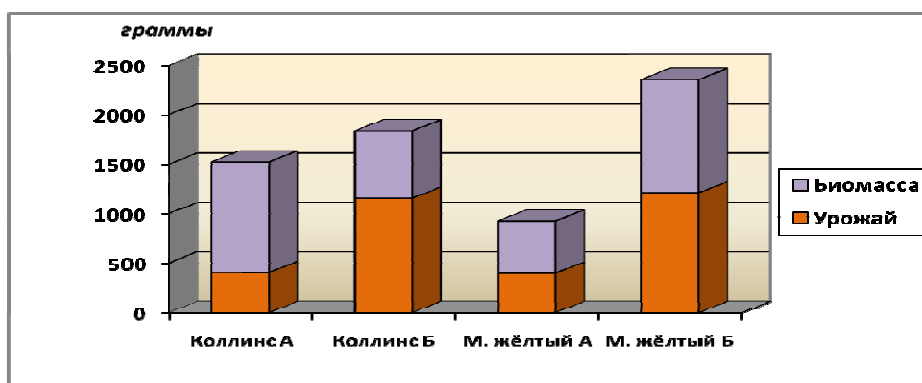


Рис.4. Биологическая и хозяйственная продуктивность сортов персика (биомасса включает листья, побеги текущего года и плоды в пересчете на сухую массу).

Установлено, что центральное место в сезонной вегетации многолетнего культурного растения занимает процесс плодообразования. Условия при цветении дерева и внутренний запас сил определяют количество фертильных завязей. Количество цветков на одно дерево за годы исследования было примерно одинаковым – от 100 до 250, среднее – 150. Процент завязывания плодов – от 10% до 30%. Неопыленные цветки возвращают в побег почти все питательные вещества; масса пустого цветка на 70% меньше, чем опыленного. После опадения недоразвитых завязей на дереве в среднем оставалось около 40 плодов. Средний урожай на одно дерево сохранялся на уровне предыдущего года, около 4 кг. Индивидуальные различия по годам вариативны: 24% деревьев сохранили высокую нагрузку (45-60 плодов), у 16% предел урожайности – 5-20 плодов, остальные растения (60%) имели переменную нагрузку, от 25 до 50 плодов, и колебания по урожайности от двух до пяти килограммов. В ювенильный период, около полутора месяцев, объем завязи увеличился от одного до 8 см³, но масса сухих веществ была незначительной. В последующие две недели рост был приостановлен, а количество сухого вещества в семени утроилось за счет активного притока ассимилятов. Количество плодов и, следовательно, точек притяжения создаваемых фотопродуктов служит сигналом, под который подстраивается внутренняя

работа ФА. Этот ритм сохранялся и после сбора урожая для создания запасных веществ, мигрирующих в корни. Масса плода достигала 90-100 г у ранних сортов (Коллинс) и 130-160 г у позднеспелых (Молдавский желтый). Площадь листьев, работающих на создание одного грамма фруктов, для вариантов с большой нагрузкой плодами, вариантов Б, была 2,6-3,6 дм², для низкоурожайных – 7-9 дм². Установлено, что продуктивность листьев (ПЛ) – отношение сырой массы плодов на единицу площади листьев, варьирует в широких пределах – 200-800 г/м². Однако если продолжить пересчет на количество плодов, то получится стабильный результат характеристики сорта, не зависящий от года и других параметров. ПЛ для сорта Коллинс – 11 г/м² на один плод, у сорта Молдавский желтый – 14 г, Редхавен – 16 г. Эффективность работы фотосинтетического аппарата (ФА) обусловлена скоростями первичных реакций фотосинтеза, особенностями структурной организации фотосинтетической единицы, а также стабильностью его работы в различных условиях. При одинаковых внешних условиях и однотипности генома, эффективность работы ФА регулируется потребностями аттрагирующих центров.

Роль побегов в течение вегетации меняется. В начале вегетации их основная функция – опорная и проводящая для листьев и плодов. После сбора урожая происходит глубокая перестройка и переключение центра аттракции, побеги становятся главным потребителем органических веществ растения. Дифференциация и закладка почек сопровождалась снижением интенсивности роста и накопления массы, так как в этот период определяется программа развития и состояния дерева на будущий год – наиболее энергоемкий процесс. С июля по октябрь общая длина побегов менялась незначительно, размеры прироста составили до 25-30 см на одно дерево, как и в предыдущий год. При стабильном содержании воды в побеге (50-56%) на протяжении четырех месяцев, его масса в сентябре увеличилась в 2-3 раза, в ноябре снова сократилась до минимального уровня. Таким образом, в сентябре-октябре наблюдался активный сток питательных веществ из кроны в корни. Вне зависимости от сорта годичный прирост древесины составил 200-230 г. Но плотность и масса перемещенных ассимилятов существенно различалась. Для малоурожайных сортов масса запасных веществ была в пределах 110-140 г., а для высокоурожайных – 230-350 г на одно дерево. Признаками высокопродуктивных сортов на уровне побега можно считать повышенную скорость роста в мае, большую относительную (рассчитанную на единицу длины) массу побега в сентябре, осенью доля побегов по отношению к листьям должна составлять не менее 60%.

Исследования фотосинтетической деятельности сортов персика в течение вегетации выявили в целом следующие особенности высокоурожайных деревьев:

- В динамике накопления сухой биомассы по органам растения четко выражены переходы, отражающие перемещение центров аттракции в сезонном ритме растения.
- Скорость развития листьев и роста побегов на ранних этапах вегетации в 1,5-1,8 раза выше, чем у растений с малым количеством плодов.
- При одинаковой площади листьев и их массы высокий урожай образуется за счет интенсивности фотосинтеза, скорости оттока фотопродуктов, направленности на формирование плодов, а не вегетативной массы.
- Эффективность работы фотосинтетического аппарата (ФА) обусловлена скоростями первичных реакций фотосинтеза и регулируется потребностями аттрагирующих центров.

Заключение

Гомеостаз зрелого плодоносящего дерева разных сортов в благоприятных условиях поддерживается на определенном уровне. На образование плодов может быть направлено от 30 до 60% годового прироста надземной биомассы за счет внутреннего резерва процессов биосинтеза. Регулирование донорно-акцепторных отношений, ритма и эффективности ассимиляции CO₂, а также сопряженных реакций находится в зависимости от количества и запросов аттрагирующих центров.

Литература:

1. Кумаков В.А. Физиология растений в помощь селекции. - Москва: Наука, 1974. - 300 с.
2. Климов С.В. Адаптация растений к стрессам через изменение донорно-акцепторных отношений на разных уровнях структурной организации // Успехи современной биологии, 2008, т. 128, № 3, с.281-299.

3. Шишкану Г., Титова Н., Малина Р., Воронцов В. CO₂-газообмен и продуктивность растений абрикоса и персика в зависимости от действия стероидного гликозида Молдстим и микроэлементов цинка и марганца // *Studia universitatis. Seria «Științe ale naturii»*, USM, 2011, nr.1(41), p.97-102.
4. Балаур Н.С., Воронцов В.А. Клейман Э.И., Тон Ю.Д. Новая технология многокомпонентного мониторинга CO₂-обмена у растений // *Физиология растений*, 2009, т.56., с.466-470.
5. Семихатова О.А., Чулановская М.В. Манометрические методы изучения дыхания и фотосинтеза растений. Москва: Наука, 1965. - 164 с.
6. Годнев Т.Н. Хлорофилл, его строение и образование в растении. - Минск, 1963. - 147 с.
7. FIELDSCOUTCM -1000 Chlorophyll Meter SpectrumTechnologies, 2006. - 74 p.
8. Гуляев Б.И., Рожко И.И., Рогаченко А.Д. Фотосинтез, продукционный процесс и продуктивность растений. - Киев: Наукова думка, 1989. - 152 с.
9. Гегечкори Б.С., Кладь А.А., Рудь М.Ю. Фитомасса яблони в насаждениях с различной формой кроны // Докл. Российской Академии с-х наук, 2011, №3, с.18-21.
10. Мокроносов А.Т. Фотосинтетическая функция и целостность растительного организма. - Москва: Наука, 1983. - 64 с.

Prezentat la 13.03.2012