

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ СПОСОБНОСТИ ЛИСТЬЕВ ЯБЛОНИ НА ПОБЕГАХ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

Гао Чжаоцюань
Ли Чжицян

Пекинский профессиональный сельскохозяйственный колледж

Сравнительный анализ фотосинтетической способности побегов различных типов имеет большое значение для оптимизации структуры деревьев и их правильной обрезки. В данной работе с помощью методов экспериментального исследования и математического моделирования проведено систематическое сравнение показателей фотосинтеза в листьях и интенсивности нетто-фотосинтеза побегов различных типов. Полученные результаты свидетельствуют о том, что длинные побеги имели наиболее высокую фотосинтетическую способность листьев, побеги средней длины – умеренную, а короткие – наименьшую. По мере уменьшения количества полученной радиации снижалась способность к фотосинтезу у побегов всех типов как в глубине, так и на периферии кроны. При высоком уровне радиации ($\text{ФАР} = 1\,500 \text{ мкмоль}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) интенсивность нетто-фотосинтеза (P_n) длинных, средних и коротких побегов на единицу площади сада составляла соответственно $12,05, 3,16$ и $1,04 \text{ мкмоль}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, или $70,1, 19,5$ и $6,4\%$ суммарного фотосинтеза всей кроны. При уменьшении количества радиации увеличивалась доля фотосинтеза длинных побегов в суммарном фотосинтезе кроны. Для всех типов побегов было отмечено удовлетворительное соответствие между фактическими и расчетными значениями P_n и данными наблюдений. Таким образом, примененная математическая модель позволяет сравнить способность к фотосинтезу побегов различных типов. Длинные побеги обладали наиболее высокой способностью к фотосинтезу в листьях, при этом их доля в суммарном фотосинтезе кроны была значительной и составляла более двух третей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: яблоня, фотосинтез, типы побегов, фотосинтетически активная радиация (ФАР), модель.

A COMPARISON OF PHOTOSYNTHETIC CAPACITY OF APPLE LEAVES OF DIFFERENT TYPES OF SHOOTS

Gao Zhaoquan
Li Zhiqiang

Beijing Vocational College of Agriculture

A comparison of the photosynthetic capacity of different types of shoots is of great significance to optimization of tree structure and reasonable pruning. By combining experimental investigation and mathematical simulation, this study systematically compares the leaf photosynthetic parameters of different types of shoots and the total amounts of photosynthesis of different types of shoots. The results indicated that long shoots had the highest leaf photosynthetic capacity, followed by medium shoots, and then short shoots. As the amount of radiation received decreased, the photosynthetic capacity of all types of shoots decreased, whether in the interior or exterior of the canopy. At a high level of radiation ($\text{PAR} = 1500 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), the total amounts of photosynthesis (P_n) for long shoots, medium shoots, and short shoots per unit orchard area were $12.05 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, $3.16 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, and $1.04 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, respectively, comprising $70.1\%, 19.5\%$, and 6.4% of the total amount of photosynthesis of the canopy. When the amount of radiation was reduced, the photosynthesis of the long shoots accounted for a higher proportion of the total photosynthesis. There was a satisfactory correspondence between the measured and simulated values of P_n with the observation data for different types of shoots. In conclusion, the present coupled model was capable to compare the photosynthetic capacity of different types of shoots. And long shoots had strong leaf photosynthetic capacities, as well as a considerable proportion of the photosynthesis of the whole canopy, comprising over two thirds of the total amount of photosynthesis.

KEY WORDS: apple, photosynthesis, shoot type, photosynthetically active radiation (PAR), model.

Введение

Освещенность крон яблонь оказывает значительное влияние на урожайность и качество яблок (Lakso, 1999; Dennis, 2015) [10, 1]. Поглощение более 25% поступающего света вегетативными побегами может отрицательно сказываться на уро-

жайности яблок (Li et al., 2004; Wünsche et al., 2000a) [11, 19]. Практика производства также показала, что и урожайность, и качество яблок снижаются при слишком высокой плотности насаждений и плотном смыкании крон деревьев. Это явление обусловлено количеством углеводов, синтезированных листьями на побегах различных типов, и соотношением этих побегов. В садоводстве Китая побеги яблони обычно классифицируют на длинные (> 15 см), средние (5-15 см) и короткие (< 5 см) (Shu, 1999). Ученые пытались найти оптимальное количество и соотношение побегов для получения наиболее высокого урожая яблок лучшего качества, однако до сих пор мало изучены различия в способности к фотосинтезу у побегов различных типов. На основе данных большого количества полевых опытов в рамках настоящего исследования было выполнено математическое моделирование для сравнения фотосинтетической способности листьев яблони на побегах различных типов, а также определения доли этих побегов в суммарном фотосинтезе кроны. Результаты исследования могут применяться для оптимизации обрезки яблонь.

1. Материалы и методы

1.1. Экспериментальные материалы

Эксперименты проводили в 2013 и 2014 гг. в ботаническом саду китайско-японской дружбы, расположенному в районе Чанпин (г. Пекин). Экспериментальным материалом служили ветви карликовой яблони *Malus pumila Mill.*, привитые в 1994 г. на подвой *M. micromalus Makino* (ширина между ряддий – 5 м, расстояние между деревьями в ряду – 3 м). Насаждения расположены на супесчаной почве, которую адекватно обрабатывали, увлажняли и снабжали достаточным количеством питательных веществ. Деревья имели форму кроны с открытым центром.

Для настоящего исследования были выбраны пять деревьев, для которых были характерны умеренный рост и в целом правильная однородная структура. Все побеги были разделены на длинные (> 15 см, группа I), средние (5-15 см, группа II) и короткие (< 5 см, группа III). Поскольку способность листьев к фотосинтезу значительно варьирует в разных частях кроны (Gao, 2012), в рамках эксперимента выполнялось построение световых кривых фотосинтеза для побегов различных типов, находившихся в трех областях кроны. К первой группе отнесены внутренняя и нижняя области кроны, где листья поглощают менее 26% относительной фотосинтетически активной радиации (ОФАР); ко второй – периферическая поверхность и верхняя часть кроны, где листья поглощают более 45% ОФАР; к третьей группе – средняя область кроны.

1.2. Экспериментальные методы

Листья яблони наиболее стабильно функционируют в июле и августе. Эксперимент проводился преимущественно в ясные дни в период с июля по август 2013 и 2014 гг. С помощью тонкого бамбукового шеста крону экспериментальных деревьев разделяли на секторы и заключали в камеры размером $0,5 \times 0,5 \times 0,5$ м для определения уровня фотосинтетически активной радиации (ФАР) и количества побегов каждого типа в каждой камере. Уровень ФАР на горизонтальных плоскостях верхней части крон регистрировали одновременно с измерением ФАР в других частях кроны. По этим двум значениям определяли трехмерное распределение поглощения ОФАР в кронах. Измерения проводились в пяти различных временных интервалах: 7:30-8:30, 9:30-10:30, 11:30-12:30, 1:30-2:30 и 3:30-4:30 ежедневно в течение десяти дней.

Фотосинтетическая система AnLI-6400 использовалась для измерения скорости фотосинтеза и определения световых кривых фотосинтеза в листьях преимущественно в ясные дни. Листья выбирали случайным образом и выполняли измерения в тридцати повторностях.

Для обработки данных использовался метод наименьших квадратов. Каждый год по окончании экспериментальных мероприятий листья из всех камер взвешивали. Ме-

тодом случайной выборки отбирали 5% массы листьев и определяли площадь их поверхности при помощи сканера.

1.3. Построение световых кривых фотосинтеза

Расчеты выполнялись по уравнению, предложенному в 1992 г. Хиггинсом с соавт. (Higgins, 1992) [8]

$$P_n(PAR) = (P_{max} + D) \cdot [1 - \exp\left(\frac{-Q \cdot PAR}{P_{max} + D}\right)] - D, \quad (1)$$

где $P_n(PAR)$ – интенсивность нетто-фотосинтеза ФАР;

P_{max} – максимальная скорость фотосинтеза в листьях;

D – темновое дыхание;

Q – квантовый выход фотосинтеза.

Уровень ФАР, при котором интенсивность нетто-фотосинтеза достигает 95% своего максимума, называется световой точкой насыщения (Du and Yang, 1988) [2], а уровень ФАР, при котором нетто-фотосинтез равен 0, называется световой точкой компенсации. Значения ФАР, относительной влажности (OB), температуры окружающей среды (T_{oc}) и концентрации CO_2 на контрольной плоскости составляли соответственно $1\ 500 \text{ мкмоль}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$, 50%, 25°C и $380 \text{ мкмоль}\cdot\text{моль}^{-1}$ при подсчете скорости фотосинтеза в кронах деревьев. Количество радиации, поглощенной листьями, находившимися внутри трехмерных камер, определяли методом, предложенным И. Джонсоном (Johnson, 1989) [9].

2. Результаты и их обсуждение

2.1. Трехмерные распределения значений плотности листовой поверхности (ПЛП) и ОФАР в кронах яблонь

На рисунке 1 показано, что основная масса листьев в кронах яблонь была сосредоточена на высоте 1,5-2,5 м и имела наибольшую концентрацию на расстоянии 1-2 м от ствола. Такое распределение обусловлено главным образом структурой кроны с открытым центром. Статистические данные свидетельствуют, что у экспериментальных деревьев среднее значение индекса листовой поверхности составляло 2,77. При этом на долю листьев, расположенных на длинных, средних и коротких побегах, приходилось соответственно 63,5, 24,8 и 11,7% общей площади листьев.

Поглощение радиации в кронах нарастало по направлению от нижней части к верхней и в середине было немного выше, чем по краям, в то время как в горизонтальной плоскости разница была незначительной. Это объясняется тем, что крона с открытым центром имеет только один ярус, в котором свет распределяется равномерно.

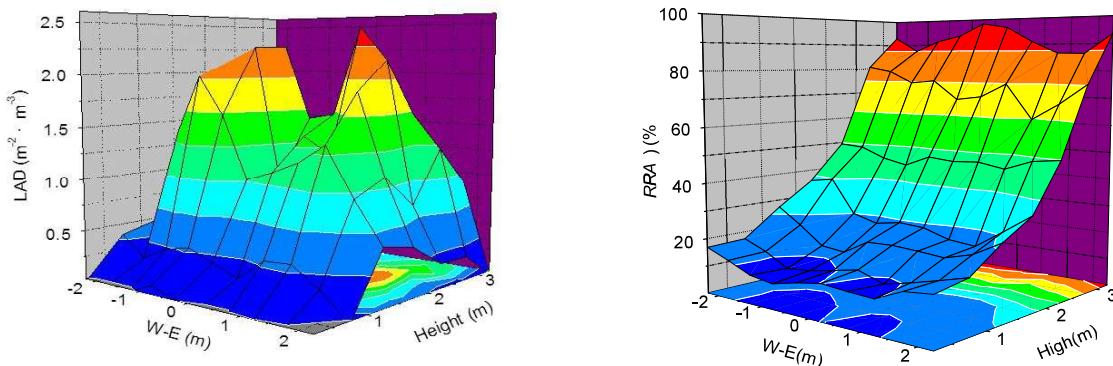


Рис. 1. Трехмерные распределения значений плотности листовой поверхности (ПЛП) и относительной фотосинтетически активной радиации (ОФАР) в кронах яблонь при стандартных условиях: ФАР = $1\ 500 \text{ мкмоль}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$; OB = 50%; $T_{oc} = 25^\circ\text{C}$; $[\text{CO}_2] = 380 \text{ мкмоль}\cdot\text{моль}^{-1}$

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

2.2. Сравнительный анализ показателей фотосинтеза у побегов различных типов

Результаты экспериментов показали, что у длинных побегов, независимо от их расположения (в глубине, в середине или на периферии кроны), отмечались наибольшие значения максимальной скорости фотосинтеза, квантового выхода, точки насыщения и интенсивности дыхания. Для коротких побегов, напротив, были характерны наименьшие значения этих показателей, в то время как между длинными побегами и побегами средней длины разница была незначительной. Это объясняется, главным образом, слабой способностью коротких побегов конкурировать в борьбе за питательные вещества. Выявлено, что значения максимальной скорости фотосинтеза и квантового выхода листьев уменьшались по направлению от поверхности кроны вглубь, что, вероятно, обусловлено различной интенсивностью радиации, поглощенной листьями в разных частях кроны (см. табл.).

Сравнительный анализ показателей фотосинтеза у побегов различных типов

| Варианты опыта | | Максимальная скорость фотосинтеза, мкмоль·м ⁻² ·с ⁻¹ | Квантовый выход, мкмоль·м ⁻² ·с ⁻¹ | Точка насыщения, мкмоль·м ⁻² ·с ⁻¹ | Точка компенсации, мкмоль·м ⁻² ·с ⁻¹ | Интенсивность дыхания, мкмоль·м ⁻² ·с ⁻¹ |
|--------------------|-----|--|--|--|--|--|
| На периферии кроны | I | 16,4A | 0,053A | 1160A | 48A | 2,35A |
| | II | 14,4B | 0,049A | 1040A | 41B | 1,86B |
| | III | 8,6C | 0,038B | 880B | 45A | 1,58C |
| В середине кроны | I | 14,4A | 0,047A | 1080A | 46A | 1,92A |
| | II | 12,3AB | 0,041A | 1020A | 40A | 1,63AB |
| | III | 7,7B | 0,033B | 820B | 43A | 1,35B |
| В глубине кроны | I | 5,2A | 0,035A | 740A | 44A | 1,56A |
| | II | 5,1A | 0,034A | 730A | 40A | 1,24B |
| | III | 4,6B | 0,026B | 700A | 42A | 1,16B |

Примечание: I – длинные побеги; II – побеги средней длины; III – короткие побеги

По данным, приведенным в таблице, можно сделать вывод, что листья, поглощающие более интенсивную радиацию, как правило, толще и содержат больше хлорофилла и фотосинтетических белков, поэтому имеют более высокую способность к фотосинтезу. Такой механизм адаптации развился у растений в ходе длительного процесса эволюции и позволяет им оптимально использовать свет и азот.

2.3. Сравнительный анализ способности к фотосинтезу у побегов различных типов

На рисунке 2 показано, что в трехразмерной кроне яблонь интенсивность нетто-фотосинтеза (P_n) в листьях, расположенных на побегах различных типов, нарастала по направлению снизу вверх с незначительными различиями в горизонтальной плоскости, что согласуется с данными по изменению поглощения радиации (рис. 1).

Интенсивность нетто-фотосинтеза P_n в листьях, расположенных на длинных побегах, была наиболее высокой, в листьях, расположенных на побегах средней длины, интенсивность нетто-фотосинтеза была умеренной, а на коротких побегах – наименьшей. Это можно объяснить различиями в показателях фотосинтеза.

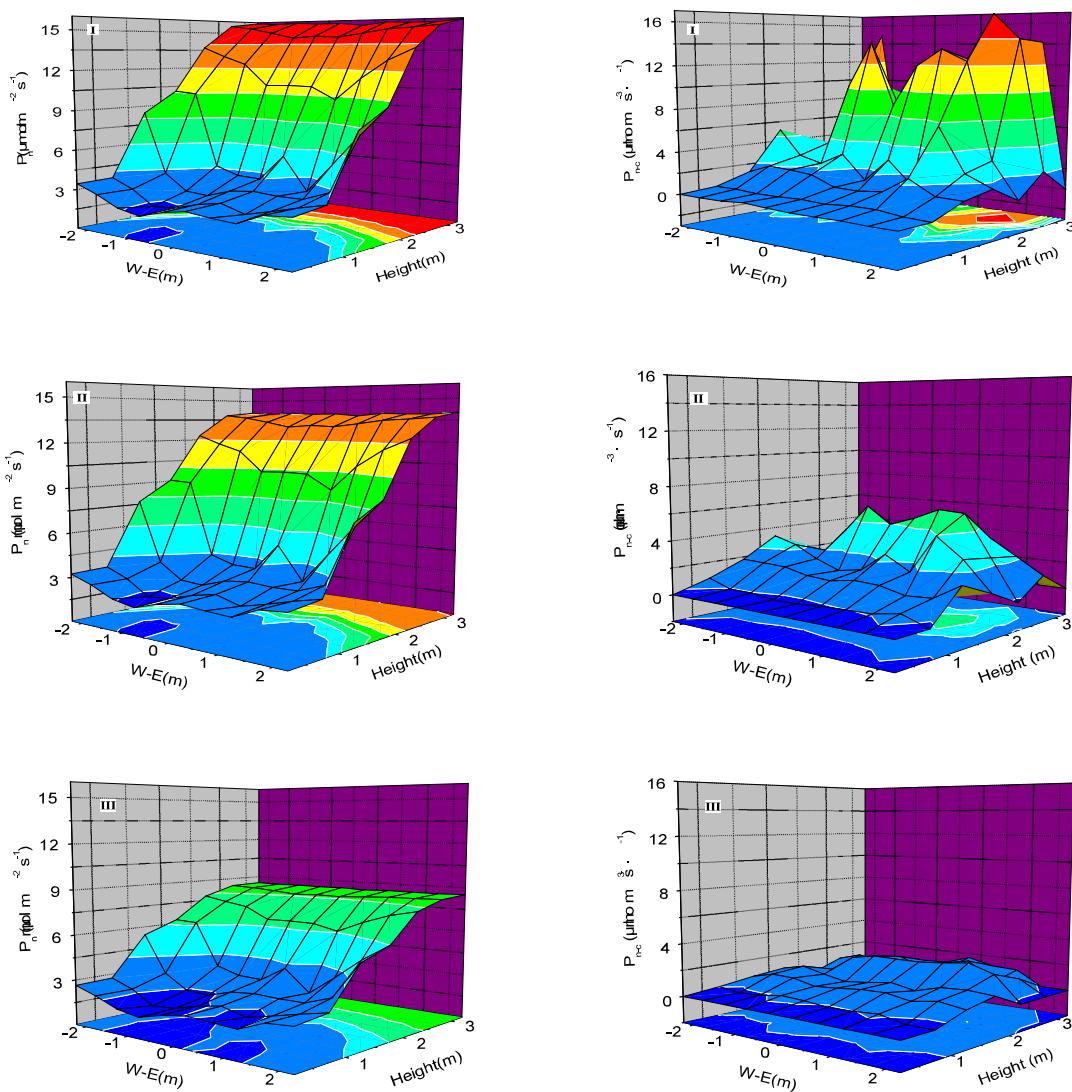


Рис. 2. Трехмерные распределения интенсивности нетто-фотосинтеза в листьях (P_n) и суммарного фотосинтеза по камерам (P_{n-c}) в кронах яблонь при стандартных условиях: ФАР = 1 500 мкмоль·м⁻²·с⁻¹; ОВ = 50%; Т_{oc} = 25°C; [CO₂] = 380 мкмоль·моль⁻¹

Значения суммарного фотосинтеза в листьях на побегах различных типов распределяются на уровне 1-2 м от ствола, что согласуется с распределением листьев в кроне. Тем не менее, отмечаются значимые различия значений суммарного фотосинтеза у различных типов побегов (рис. 2). При ФАР, равной 1 500 мкмоль·м⁻²·с⁻¹, суммарная интенсивность фотосинтеза у длинных, средних и коротких побегов на единицу площади сада составляла соответственно 12,05, 3,16 и 1,04 мкмоль·м⁻²·с⁻¹, или 70,1, 19,5 и 6,4% нетто-фотосинтеза всей кроны. При уменьшении уровня радиации увеличивалась доля фотосинтеза длинных побегов в суммарном фотосинтезе кроны. При ФАР, равной 500 мкмоль·м⁻²·с⁻¹, доля длинных, средних и коротких побегов в суммарном фотосинтезе кроны составляла соответственно 81,2, 15,9 и 2,9%.

2.3. Проверка адекватности модели

На рисунке 3 представлены фактические и расчетные значения световых кривых фотосинтеза в листьях для побегов различных типов. В целом они согласовывались между собой, что свидетельствует об адекватности модели и показателей, предложенных в настоящей работе, а также о целесообразности их применения для изучения раз-

личий в способности к фотосинтезу у побегов различных типов. Однако следует отметить, что точность построения кривых фотосинтеза для листьев, расположенных на коротких побегах в глубине кроны, была невысокой. Возможно, это обусловлено их ранним формированием и значительной площадью затененных участков.

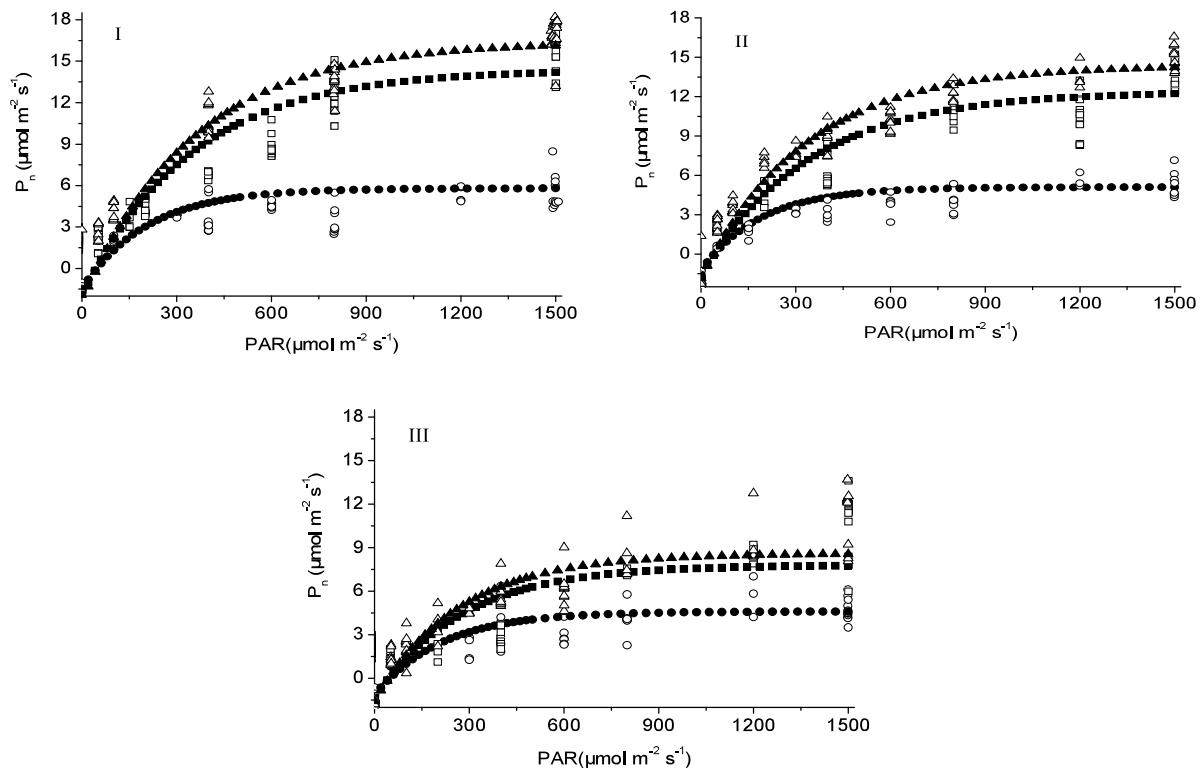


Рис. 3. Сравнительный анализ значений световых кривых фотосинтеза для побегов различных типов: I – длинные побеги; II – побеги средней длины; III – короткие побеги;
 △ и ▲ – фактические и смоделированные значения для побегов на периферии кроны;
 □ и ■ – фактические и смоделированные значения для побегов в середине кроны;
 ○ и ● – фактические и смоделированные значения для побегов в глубине кроны

Заключение

Важнейшей проблемой для плодового садоводства является обеспечение наибольшего урожая высококачественных фруктов. Качество фруктов связано, в первую очередь, с распределением света в кронах деревьев и зависит от использования этого света листьями (Hassan et al., 2010; González-Talice et al., 2013) [7, 6].

Локальное снабжение продуктами фотосинтеза в кронах в большей степени играет непосредственную роль в формировании бутонов и повышении качества плодовых деревьев (Restrepo-Díaz et al., 2010) [15]. В общем случае углеводы, необходимые для нормальной дифференциации бутонов и роста фруктов, поступают в основном из листьев на побегах и ветвях (Urban, 2003) [17]. Поэтому необходимым условием для обеспечения хорошей урожайности и высокого качества фруктов является выбор такой формы деревьев, которая отличается высокой эффективностью фотосинтеза, имеет разумное количество побегов и адекватное соотношение побегов разных типов.

Когда количество побегов в кроне увеличивается (в особенности это касается длинных побегов), они начинают затенять друг друга, в результате чего уменьшается интенсивность фотосинтеза в листьях и выход углеводов для локального потребления. Например, способность к фотосинтезу у яблони с разреженно-ярусной кроной была на 27,7% выше, чем у яблони, имевшей форму кроны с открытым центром, однако среднее

количество радиации, поглощенное листьями в разреженно-ярусной кроне, было на 8,4% меньше (Gao, 2012b) [5].

Средняя скорость фотосинтеза также была на 20,3% ниже, чем у листьев в кроне с открытым центром. Как следствие, меньше цветков сформировалось в глубине разреженно-ярусной кроны, и плоды имели низкое качество.

Согласно данным одного из недавно проведенных исследований (Ran Xintuo, 2012) [12], изменение формы кроны грушевых деревьев с традиционной разреженно-ярусной на одноярусную с открытым центром может способствовать решению проблемы смыкания крон груши. Благодаря этой методике средняя скорость фотосинтеза увеличилась с 5,08 до 6,85 мкмоль·м⁻²·с⁻¹.

Таким образом, форму дерева нельзя оценивать только по количеству света, поглощаемого кроной. Необходимо проводить комплексную оценку эффективности использования светового излучения побегами различных типов (в особенности на плодоносящих ветвях), а также урожайности и качества плодов.

Проведенные ранее исследования показали, что урожайность фруктов зависит преимущественно от количества света, поглощаемого плодоносящими ветвями, когда дерево сформировало крону и полноценно вступило в фазу плодоношения (Wünsche and Lakso, 2000a; Li, 2004) [19, 11].

Главная цель выбора формы кроны с высокой эффективностью фотосинтеза, а также последующей обрезки дерева заключается в улучшении радиационного режима внутри кроны, что способствует увеличению количества света, поглощаемого листьями на плодоносящих ветвях.

Проведенные ранее исследования также показали, что если количество света, поглощаемого кроной яблони, превышает 70% (Wünsche и Lakso, 2000b) [18], а количество света, поглощаемого удлиненными побегами, превышает 25%, то это отрицательно сказывается на урожайности. Фактически между урожайностью и количеством света, поглощаемого плодоносящими ветвями, существует почти линейная зависимость ($r^2 = 0,78$) (Wünsche and Lakso, 2000a) [19].

В Китае побеги яблони обычно классифицируют на длинные, средние и короткие (Shu, 1999) [16]. Плодоносящие ветви имеют в основном средние и короткие побеги, хотя некоторые длинные побеги также способны давать плоды.

Исследование фотосинтетической способности побегов различных типов имеет важное практическое значение для определения адекватного соотношения типов побегов и правильной обрезки деревьев.

Результаты настоящего исследования свидетельствуют о том, что длинные побеги обладают высокой способностью к фотосинтезу в листьях, при этом их доля в суммарном фотосинтезе кроны значительна и составляет более двух третей (рис. 2). Это дает основание полагать, что рост деревьев следует контролировать путем уменьшения доли длинных побегов за счет правильной обрезки в летний период, что способствует увеличению выработки продуктов фотосинтеза короткими побегами и побегами средней длины, а также формированию бутонов и росту плодов. Однако точное соотношение побегов, обеспечивающее хорошую урожайность и высокое качество яблок, пока не установлено. Для этого необходимы дальнейшие исследования. Кроме того, способность листьев к фотосинтезу также связана с их возрастом и нагрузкой на растение (Raphael, 2015) [13]. Рост средних и коротких побегов прекращается рано, и их способность к фотосинтезу достаточно высока на момент формирования новых листьев (Fujii and Kennedy, 1985; Reich et al., 1991) [3, 14]. Годовые изменения фотосинтетической способности побегов различных типов также не рассматривались в настоящей работе.

Настоящее исследование было выполнено при поддержке программы Пекинского профессионального сельскохозяйственного колледжа (XY-YF-13-02) и Пекинской муниципальной комиссии по вопросам развития сельских территорий (20140204-6).

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Библиографический список

1. Dennis H.G. Photon flux density and temperature-dependent responses of photosynthesis and photo-system II performance of apple leaves grown in field conditions / H.G. Dennis // Functional Plant Biology, 2015, 42 (8) : 782–791.
2. Du Zhan-chi. The relationships between photosynthetic rate and the illumination in ten plants of steppe / Du Zhan-chi, Yang Zhong-gui // Acta Ecologica Sinica, 1988, 8 (4) : 319–323 (in Chinese).
3. Fujii J.A. Seasonal changes in the photosynthetic rate in apple trees a comparison between fruiting and nonfruiting trees / J.A. Fujii, R.A. Kennedy // Plant Physiology, 1985, 78 : 519–524.
4. Gao Zhao-quan. The simulation of leaf net photosynthetic rates in different radiation in apple canopy / Gao Zhao-quan, Feng She-zhang, Zhang Xian-chuan, Cheng Jian-jun // Acta Ecologica Sinica, 2012a, 32 (4) : 1037–044.
5. Gao Zhao-quan. Tree structure and 3-D distribution of radiation in canopy of apple trees with different canopy structures in China / Gao Zhao-quan, Zhao Chen-xia, Cheng Jian-jun, Zhang Xian-chuan // Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2012b, 20 (1) : 63–68 (in Chinese).
6. González-Talice J. Relations among pigments, color and phenolic concentrations in the peel of two Gala apple strains according to canopy position and light environment / J. González-Talice, J.A. Yuri, A. Pozo // Scientia Horticulturae, 2013, 28 (151), 83–89.
7. Hassan H.S.A. Influence of training systems on leaf mineral contents, growth, yield and fruit quality of 'Anna' apple trees / H.S.A. Hassan, S.M.A. Sarwy, E.A.M. Mostafa, D.M. Ahmed // Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 2010, 6 (4) : 443–448.
8. Higgins S.S. Comparative gas exchange characteristics of potted, glasshouse-grown almond, apple, fig, grape, olive, peach and Asian pear / S.S. Higgins, F.E. Larsen, R.B. Bendel, et al. // Sci. Hortic., 1992, 52 : 313–329.
9. Johnson I.R. Modelling photosynthesis in monocultures and mixtures / I.R. Johnson, A.J. Parsons, M.M. Ludlow // Aust. J. Plant Physiol, 1989, 16 (6) : 501–516.
10. Lakso A.N. Measurement and modeling of carbon balance of the apple tree / A.N. Lakso, J.N. Wünsche, J.W. Palmer, L.C. Grappadelli // Hort. Science, 1999, 34 : 1040–1047.
11. Li K.T. Photosynthetic Characteristics of Apple Spur Leaves after Summer Pruning to Improve Exposure to Light / K.T. Li, A.N. Lakso // Hort. Science, 2004, 39 (5) : 969–972.
12. Ran Xin-tuo. The effects of different tree shapes of pear on the light and fruit yield and quality / Ran Xin-tuo, Song Hai-zhou, Gao Zhi-huo, Han Ji-cheng, Wei Jian-mei // Acta Horticulturae Sinica, 2012, 39(5) : 957–962 (in Chinese).
13. Raphael A.S. The photosynthesis inhibitor metamitron is a highly effective thinner for 'Golden Delicious' apple in a warm climate / A.S. Raphael // Fruits, 2015, 70 (3) : 127–134.
14. Reich P.B. Leaf age and season influence the relationships between leaf nitrogen, leaf mass per area and photosynthesis in maple and oak trees / P.B. Reich, M.B. Walters, D.S. Ellsworth // Plant, Cell and Environment, 1991, 14 (3) : 251–259.
15. Restrepo-Díaz H. Ecophysiology of horticultural crops : an overview / H. Restrepo-Díaz, J.C. Melgar, L. Lombardini // Agronomía Colombiana, 2010, 28 (1) : 71–79.
16. Shu Huai-rui. Apple Tree Science / Shu Huai-rui. Beijing : Chinese Agriculture Science Press, 1999 : 455–458 (in Chinese).
17. Urban L. A biochemical model of photosynthesis for mango leaves: evidence for the effect of fruit on photosynthetic capacity of nearby leaves / L. Urban, X. Leroux, H. Sinoquet, S. Jaffuel, M. Jannoyer // Tree Physiology, 2003, 23 : 289–300.
18. Wünsche J.N. Apple tree physiology – implications for orchard and tree management / J.N. Wünsche, A.N. Lakso // IDFTA proceedings. Compact Fruit Tree, 2000b, 33 : 82–88.
19. Wünsche J.N. The relationship between leaf area and light interception by spur and extension shoot leaves and apple orchard productivity / J.N. Wünsche, A.N. Lakso // Hort. Science, 2000a, 35 : 1202–1206.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Гао Чжаоцюань – преподаватель факультета садоводства, доцент, Пекинский профессиональный сельскохозяйственный колледж, Китайская Народная Республика, г. Пекин, тел. 86-10-80358899, E-mail: gaozhaoquan@sina.com.

Ли Чжициян – декан факультета садоводства, доцент, Пекинский профессиональный сельскохозяйственный колледж, Китайская Народная Республика, г. Пекин, тел. 86(10) 80358899, E-mail: 61393@bvca.edu.cn.

Дата поступления в редакцию 26.02.2017

Дата принятия к печати 26.04.2017

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Gao Zhaoquan – Full-time Teacher, Associate Professor, Horticulture Faculty, Beijing Vocational College of Agriculture, P. R. China, Beijing, tel. 86-10-80358899, E-mail: gaozhaoquan@sina.com.

Li Zhiqiang – Full-time Teacher, Associate Professor, Dean of Horticulture Faculty, Beijing Vocational College of Agriculture, P. R. China, Beijing, tel. 86-10-80358899, E-mail: gaozhaoquan@sina.com.

Date of receipt 26.02.2017

Date of admittance 26.04.2017