

УДК 634.1:631.543.2

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ НАСАЖДЕНИЯ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ

Н. В. АГАФОНОВ, А. П. БУЛЫЧЕВ, В. Н. СИЗОВ

(Кафедра плодоводства)

При обосновании оптимальной плотности насаждения необходимо учитывать параметры кроны, которые, в свою очередь, определяют ширину аллеи (расстояние между кронами в соседних рядах), необходимую для движения машин и освещения боковой части дерева. В ряде работ, посвященных параметрам кроны плодовых деревьев для насаждений блочного типа (система сплошного ряда), в качестве критерия оптимальности принимается потенциал продуктивности насаждения, а сама продуктивная часть кроны рассматривается как оптическая система, способная к максимально возможному поглощению фотосинтетически активной радиации, т. е. потенциал продуктивности насаждения здесь связывается с количеством поглощенной радиации [1—4, 7].

В названных работах потенциал продуктивности рассчитывался как функция объема продуктивной части кроны насаждения. Вместе с тем

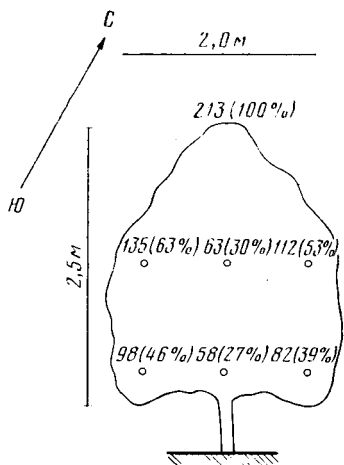


Рис. 1. Поступление интегральной радиации (кал/см²) с 7 до 18 ч в разные участки кроны дерева сорта Уэли в интенсивном насаждении.

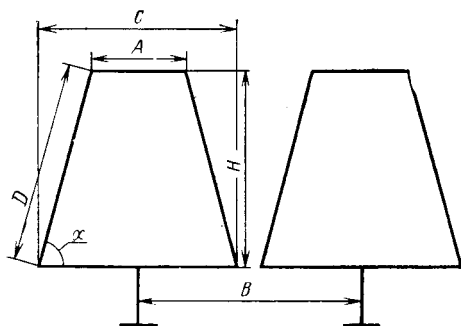


Рис. 2. Сечение кроны вертикальной плоскостью, перпендикулярной направлению рядов.

несомненный интерес представляет рассмотрение данной величины и в связи с размером активной поверхности кроны. При этом необходимо учитывать различия в освещенности верхней горизонтальной и боковых поверхностей кроны, поскольку соотношения между ними неодинаковы у крон разного типа (размера). Установлено, в частности, что на боковую поверхность уплощенной кроны в системе сплошного ряда поступает практически в 2 раза меньше радиации (рис. 1). Это дает основание при расчетах потенциала продуктивности принимать во внимание только одну сторону боковой поверхности. Отсюда потенциал продуктивности можно получить из следующего выражения:

$$P = (A + D)/B, \quad (1)$$

где A — ширина вершины кроны; D — расстояние от основания до вершины по наружной поверхности кроны; B — ширина междурядья.

Расстояние D находится с помощью угла α (рис. 2):

$$D = H/\sin \alpha. \quad (2)$$

Естественно, что потенциал продуктивности рассчитывается и путем исчисления соотношения между площадью активной поверхности кроны и площадью питания дерева.

По формуле (1) получаем значение потенциала продуктивности в конкретный отрезок времени (сезон вегетации). Однако плодовое насаждение — система динамичная, и потенциал продуктивности его не остается постоянным в разные периоды эксплуатации. Поэтому формула (1) не позволяет определить средний ежегодный потенциал продуктивности за весь период амортизации сада. Следовательно, при решении последней задачи необходимо учитывать темпы нарастания плодоношения и продолжительность продуктивного периода в течение всего времени амортизации насаждения.

Известно, что темпы нарастания продуктивности насаждения находятся в положительной связи с плотностью посадки. В связи с этим при относительно разреженном размещении более сильнорослых деревьев будут сдерживаться темпы нарастания потенциала продуктивности. Так, насаждения полуинтенсивного типа с крупногабаритными кронами в период плодоношения вступают, как правило, не ранее чем через 8—10 лет после посадки, а интенсивные с малогабаритными кронами — через 3—5 лет. Неодинаков и период амортизации этих садов: в насаждениях первого типа он обычно равен 30 годам, второго — 20—25. Тем не менее в обоих случаях продолжительность периода с полным плодоношением за одну ротацию практически одинаковая — 20 лет.

Следовательно, ежегодный потенциал продуктивности насаждения в среднем за весь период амортизации необходимо рассматривать с учетом соотношения между продолжительностью полного плодоношения и периодом амортизации насаждения (коэффициента эффективности насаждения E):

$$E = N/T, \quad (3)$$

где N — продолжительность периода полного плодоношения насаждения; T — продолжительность периода амортизации насаждения.

Введя указанные поправки, получаем, что потенциал продуктивности насаждения равен

$$P = \frac{A+D}{B} \cdot E \cdot 100. \quad (4)$$

Рассматриваемый принцип определения потенциала продуктивности насаждения как функции активной поверхности кроны используется исследователями. В частности, расчеты, выполненные Винтером [8], показали, что различия в потенциале продуктивности между разными типами насаждений несущественны. Однако с этим выводом нельзя согласиться, поскольку в данном случае не принимался во внимание коэффициент эффективности насаждения.

Определение P по формуле (4) свидетельствует о том, что относительное значение этой величины находится в обратной зависимости от размера кроны (табл. 1). При этом наибольших значений потенциал продуктивности достигает в насаждениях, толщина кроны в которых не превышает 2 м (типы крон 7—12). Среди насаждений полуинтенсивного типа более высоким потенциалом обладают кроны толщиной не более 3 м (типы крон 5, 6).

Важно обратить внимание на то обстоятельство, что в насаждениях с одинаковой толщиной основания кроны потенциал продуктивности закономерно возрастает с уменьшением ее высоты. Происходит это потому, что при меньшей высоте кроны больше ширина ее верхней части, а следовательно, доля наиболее освещенной части в общей площади поверхности кроны возрастает, улучшается ее радиационный режим.

Результаты расчетов свидетельствуют, что для интенсивных насаждений предпочтительнее кроны типа 8—10, высота которых не превышает 2,5 и 2,25 м при ширине междурядий 4,0—3,5 м, а для полуинтенсивных — кроны типа 5 и 6, имеющие высоту 3 м при ширине междурядий 5 м.

Т а б л и ц а 1

Потенциал продуктивности (P) насаждений с разными типами крон

Типы крон	Параметры насаждений, м					E	P. %
	B	H	C	A	D		
1	8,0	3,5	6,0	4,0	3,65	0,60	57,4
2	7,0	3,5	5,0	3,0	3,65	0,60	57,0
3	6,0	3,5	4,0	2,0	3,65	0,66	62,1
4	6,0	3,0	4,0	2,85	3,05	0,66	64,7
5	5,0	3,5	3,0	1,0	3,65	0,72	67,0
6	5,0	3,0	3,0	1,85	3,05	0,72	70,6
7	4,0	3,0	2,0	0,8	3,10	0,80	78,0
8	4,0	2,5	2,0	1,7	2,55	0,80	84,8
9	3,5	2,25	1,5	1,5	2,25	0,80	85,6
10	3,5	2,25	1,5	1,5	2,25	0,80	85,6
11	2,5	1,5	1,5	0,9	1,55	0,90	88,2
12	2,0	1,5	1,0	0,4	1,55	0,90	87,8
13	1,5	1,15	1,0	0,0	1,20	0,90	72,0

П р и м е ч а н и е. Обозначения параметров указаны на рис. 2.

Окончательный выбор параметров кроны в рассматриваемых типах насаждений должен определяться главным образом условиями произрастания и подвойно-привойными комбинациями. Что касается более крупногабаритных насаждений, то по совокупности показателей они едва ли могут отвечать требованиям современного плодоводства. Подробнее эти вопросы обсуждались ранее [1—4, 7].

Таким образом, параметры насаждений, определяющиеся шириной междурядий 3,5—5,0 м, можно рассматривать как наиболее эффективные. Рассчитанные для таких насаждений модели крон следует, очевидно, считать эталоном, к которому необходимо стремиться в процессе формирования деревьев.

Особый интерес представляет потенциал продуктивности суперплотных насаждений по системе сплошного поля. Загущенное размещение плодовых деревьев возможно только при выращивании малогабаритных растений. Расчеты показывают, что насаждения с шириной междурядья 2,0—2,5 м и аллеи 1 м (кроны 11, 12) по возможной урожайности не уступают интенсивным насаждениям обычного типа (кроны 8—10). Но при дальнейшем уменьшении габаритов кроны отмечается довольно заметное снижение потенциала продуктивности (крона 13).

Следовательно, практическое значение суперинтенсивных насаждений определяется не только высокой скороплодностью, но и более высоким потенциалом продуктивности. Успешное внедрение подобных насаждений в практику плодоводства в значительной мере будет зависеть от решения многих технологических проблем, возникающих при суперплотном размещении деревьев (создание специальных машин и орудий). При этом, очевидно, важное значение будет иметь и подбор соответствующих подвойно-привойных комбинаций.

Приведенные выше расчеты корректны для насаждений блочного типа, т. е. имеющих сплошную крону ряда деревьев. Как видим, они позволяют определять не только оптимальные параметры кроны, но и расстояние между рядами деревьев и ширину аллеи. Однако в данном случае игнорируется расстояние между деревьями в ряду, поскольку оно не влияет на результаты вычислений при определении потенциала продуктивности насаждения. Тем не менее обоснование оптимального расстояния между деревьями в ряду, несомненно, имеет большое значение для теоретического и практического плодоводства. Это необходимый элемент, который следует учитывать при определении оптимальной плотности насаждения, что важно не только для обеспечения высокой продуктивности насаждений, но и для более точного расчета затрат, связанных с закладкой садов.

Естественно, плотность посадки в ряду зависит от размера основных (скелетных) ветвей, определяющих радиус кроны R_k (длина проекции ветви на поверхность почвы). Последний связан с длиной скелетной ветви l и углом отхождения ее от ствола α (рис. 3):

$$R_k = l \cdot \sin \alpha. \quad (5)$$

Результаты расчетов радиуса кроны по формуле (5) приведены в табл. 2. Для более точного определения оптимального расстояния между деревьями необходимо учитывать возможность взаимного захождения периферийных частей основных ветвей в крону. Можно допустить, что вхождение ветви в

Таблица 2

Радиус кроны (м) дерева в зависимости от длины скелетной ветви и угла ее отхождения от ствола

Длина ветви, м	Угол отхождения, град			
	60	55	50	45
1,0	0,87	0,82	0,77	0,71
1,2	1,04	0,98	0,92	0,85
1,4	1,21	1,15	1,07	0,99
1,6	1,39	1,31	1,23	1,13
1,8	1,56	1,47	1,38	1,27
2,0	1,73	1,64	1,53	1,41
2,5	2,16	2,05	1,92	1,77
3,0	2,60	2,46	2,30	2,12
3,5	3,03	2,87	2,68	2,47

крону соседнего дерева не должно превышать 25—30 см, т. е. быть примерно равным длине однолетнего прироста ветви. Отсюда оптимальное расстояние между деревьями в ряду L будет равно

$$L = 2R - 0,5, \quad (6)$$

где 0,5 — поправка на взаимное вхождение ветвей в крону.

Используя выражение (6), можно определить оптимальное расстояние между деревьями в ряду при формировании крон без строгого учета размещения в пространстве основных ветвей соседних деревьев по отношению друг к другу. Однако если эти ветви размещать в определенном порядке, то достигается еще большая плотность посадки.

Известно, что при формировании кроны по разреженно-ярусной системе, а также в виде стройного веретена при наличии в одноименных ярусах не более трех ветвей оптимальный угол их расхождения равен 120° (рис. 4). В подобных кронах не допускается образование ветвей 2-го порядка, а на ветвях 1-го порядка образуются только обрастающие ветви плодородного типа. Основные ветви одноименных ярусов можно разместить так, что ветвь, параллельная направлению ряда, не будет создавать помех двум ветвям соседнего дерева, отходящим от плоскости ряда под углом 60° . В связи с этим она может заходить в крону соседнего дерева практически на полную глубину, не доходя до ствола 25—30 см, т. е. примерно на длину плодородной ветви. В следующем (более высоком) ярусе в плоскости ряда должна находиться ветвь соседнего дерева (рис. 4). Такое расположение ветвей напоминает линию движения челнока, поэтому указанную систему формирования мы условно называем «челночной».

Плотность размещения деревьев в ряду будет определяться длиной проекции скелетной ветви, размещенной в плоскости ряда, на поверхность почвы (радиус кроны) плюс 25—30 см. Отсюда оптимальное расстояние в ряду между деревьями с кронами челночного типа находится по формуле

$$L = R_k + 0,25. \quad (7)$$

Используя выражения (6) и (7), можно рассчитать оптимальную плотность посадки в ряду для деревьев с обычной и челночной кронами с учетом длины скелетных ветвей и углом их отхождения от ствола (табл. 3).

Важно установить минимально допустимую плотность насаждения. Для этого прежде всего необходимо определить оптимальную длину скелетной ветви. Ранее было показано [5, 6], что она зависит от особенностей размещения продуктивных органов и у плодоносящих деревьев, как правило, не превышает 1,7—1,8 м. Следовательно, имеются

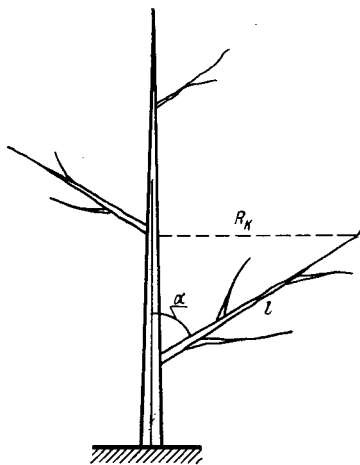


Рис. 3. Схема кроны плодового дерева с основными (скелетными) ветвями.

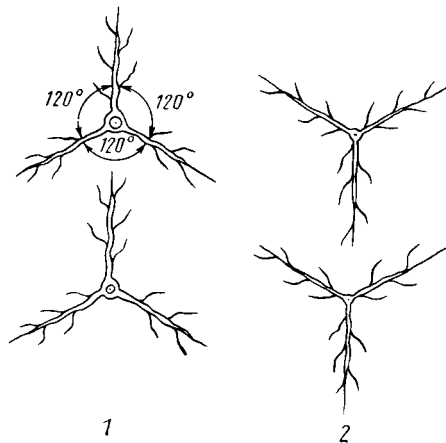


Рис. 4. Схема расхождения и размещения основных ветвей в ярусах челночной кроны.

1 — нижний; 2 — лежащий выше ярус.

Оптимальное расстояние (м) в ряду между деревьями с кронами обычного (K_o) и челночного ($K_ч$) типов

Длина ветви, м	Угол отхождения ветви, град							
	60		55		50		45	
	K_o	$K_ч$	K_o	$K_ч$	K_o	$K_ч$	K_o	$K_ч$
1,0	1,24	1,12	1,14	1,07	1,04	1,02	0,92	0,86
1,2	1,58	1,29	1,46	1,23	1,34	1,17	1,20	1,10
1,4	1,92	1,46	1,80	1,40	1,64	1,32	1,48	1,24
1,6	2,28	1,64	2,12	1,56	1,96	1,48	1,76	1,38
1,8	2,62	1,81	2,44	1,72	2,26	1,63	2,04	1,52
2,0	2,96	1,98	2,78	1,89	2,56	1,78	2,32	1,66
2,5	3,82	2,41	3,60	2,30	3,34	2,17	3,04	2,02
3,0	4,70	2,85	4,42	2,71	4,10	2,55	3,74	2,37
3,5	5,56	3,28	5,24	3,12	4,86	2,93	4,44	2,72

основания утверждать, что оптимальная длина скелетной ветви не должна быть больше по крайней мере 1,8—2,0 м. В этом случае в зависимости от угла отхождения ветвей допустимо расстояние между деревьями в ряду в пределах 2—3 м для крон обычного типа и 1,5—2,0 м для крон челночного типа.

Расчеты оптимального расстояния между деревьями в ряду могут быть использованы при закладке насаждений, в которых ширина ряда не ограничена и равна двум радиусам (диаметр) кроны. Что касается высокоинтенсивных насаждений с вертикально уплощенной кроной, то в этом случае длина скелетной ветви и длина ее проекции ограничены боковой плоскостью кроны сплошного ряда (рис. 5). Следовательно,

длина скелетной ветви связана с шириной кроны (ряда) A и величиной угла β , который во всех случаях равен 30° .

Таким образом, для определения оптимального расстояния между деревьями в ряду, ширина которого ограничена, необходимо найти длину основной ветви или длину ее проекции R на поверхность почвы:

$$R = A/2 \cos \beta. \quad (8)$$

Определив R , можно с помощью формулы (7) найти и оптимальное расстояние между деревьями в ряду L при разной ширине кроны (табл. 4). Естественно, что эти расчеты корректны только для крон челночного типа.

Следовательно, при обосновании оптимальной плотности насаждения необходимо провести расчеты оптимального расстояния между деревьями в ряду и оптимальных параметров кроны как оптической системы (табл. 1).

В основных типах насаждений можно придерживаться плотностей посадки, указанных в табл. 5.

Как видим, в наиболее распространенных в настоящее время насаждениях полуинтенсивного (кроны 4 и 6) и интенсивного (кроны 8 и 10) типов оптимальная плотность посадки должна достигать соответственно 650—

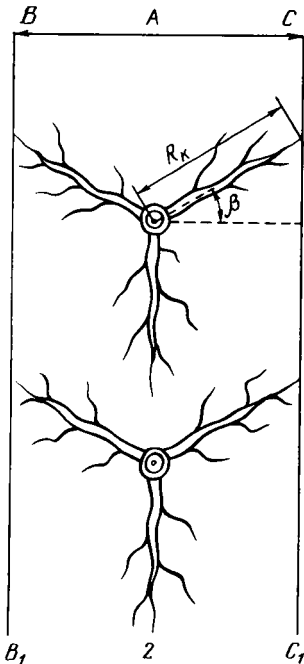


Рис. 5. Схема размещения основных ветвей в челночных кронах с ограниченной шириной ряда.

Линии BB_1 и CC_1 ограничивают боковые плоскости ряда деревьев.

1000 и 1750—2550 деревьев на 1 га. При такой плотности посадки стоимость посадочного материала не оказывает отрицательного влияния на экономическую эффективность насаждения [8].

Заключение

Рассматривая крону плодовых деревьев как оптическую систему, можно определить оптимальную ширину междурядья и ширину аллеи (расстояние между кронами соседних рядов). Проведенные расчеты с использованием коэффициента эффективности насаждения (отношение периода полного плодоношения к периоду амортизации сада) показали, что наиболее высокая урожайность возможна в насаждениях при ширине междурядий 2—4 м, ширине основания кроны и аллеи 1—2 м.

Оптимальное расстояние между деревьями в ряду определяется длиной скелетных ветвей и углом их отхождения от ствола. Захождение ветвей в кроны соседних деревьев не должно быть больше длины годовичного прироста осевых побегов. Плотность посадки в ряду можно увеличить путем размещения скелетных ветвей соседних деревьев в определенном направлении, т. е. формируя так называемые челночные кроны. В этом случае оптимальное расстояние определяется суммой длины проекции параллельной скелетной ветви на поверхность почвы и длины годовичного прироста осевого побега.

Таблица 5

Оптимальная плотность посадки в насаждениях блочного типа, ограниченных боковой плоскостью ряда(C)

Типы кроны	Параметры насаждений, м						Плотность посадки, шт/га
	B	H	C	A	D	L	
4	6,0	3,0	4,0	2,85	3,05	2,55	653
6	5,0	3,0	3,0	1,85	3,05	1,98	1010
8	4,0	2,5	2,0	1,7	2,55	1,41	1774
10	3,5	2,25	1,5	1,5	2,25	1,12	2551
11	2,5	1,5	1,5	0,9	1,55	1,12	3572
12	2,0	1,5	1,0	0,4	1,55	0,83	6024

В насаждениях блочного типа с ограниченной шириной ряда и челночными кронами длина скелетных ветвей и, следовательно, оптимальное расстояние между деревьями в ряду зависят от ширины ряда. В насаждениях полуинтенсивного и интенсивного типов целесообразна плотность посадки соответственно 650—1000 и 1750—2550 деревьев на 1 га.

ЛИТЕРАТУРА

- Агафонов Н. В. Теоретическое обоснование оптимальных параметров кроны яблони. — Изв. ТСХА, 1974, вып. 2, с. 98—107. — 2. Агафонов Н. В. Вопросы интенсификации культуры яблони. М.: ВНИИТЭИСХ, 1974. — 3. Агафонов Н. В. Принципы моделирования оптимальных параметров кроны у плодовых деревьев для интенсивных насаждений. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 5, с. 140—151. — 4. Агафонов Н. В. Современные способы посадки и формирования плодовых деревьев в интенсивных насаждениях. М.: ВНИИТЭИСХ, 1980. — 5. Колесников В. А., Агафонов Н. В., Хрыпова Н. Х. Размещение ассимиляционного аппарата в кроне яблони. — Изв. ТСХА, 1970, вып. 3, с. 153—158. — 6. Колесников В. А., Агафонов Н. В., Хрыпова Н. Х. Размещение генеративных органов и урожая в

крене яблони. — Изв. ТСХА, 1970, вып. 6, с. 141—149. — 7. Колесников В. А., Агафонов Н. В., Хрыпова Н. Х. Об оптимально продуктивных размерах кроны яблони. — Изв. ТСХА, 1971, вып. 3, с. 149—

156. — 8. Winter F. — Acta hort., 1978, vol. 65, p. 279—283.

Статья поступила 25 марта 1982 г.

SUMMARY

The highest yield is obtained in plantings with space between rows 2—4 m and space between crown base and alley—1—2 m.

Optimum distance between trees in a row is determined by length of leading branches and the angle of their deviation from the trunk. Entry of branches into crowns of neighbouring trees must not be more than length of current season's canes of axle shoots. Plant density in a row may be increased by placing leading branches of neighbouring trees in a certain direction. With three branches of the same stories, their deviation angle must be 120°, the branch parallel to row direction being placed among the leading branches of a neighbouring tree which deviate from the row plane under the angle of 60° (shuttle crowns). With limited crown width the length of leading branches and optimum space between the trees in a row depend on the row width. In plantings of semi-intensive and intensive types it is advisable to have plant density 650—1000 and 1750—2550 trees accordingly per 1 hectar.