

УДК 634.1/7:631.543.1

ОСВЕЩЕННОСТЬ УПЛОЩЕННЫХ КРОН ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАРАМЕТРОВ НАСАЖДЕНИЙ И ОРИЕНТАЦИИ РЯДОВ

Н. В. АГАФОНОВ, В. Н. СИЗОВ
(Кафедра плодоводства)

В условиях интенсификации плодоводства несомненное преимущество перед обычными садами имеют уплотненные посадки с так называемыми уплощенными типами кроны [1—4, 14]. Подобные насаждения представляют собой систему сплошных рядов (блоков), где отдельное дерево в значительной мере утрачивает свои позиции как элемент технологии.

Ряды деревьев с уплощенными кронами приближаются по форме к параллелепипеду, либо к треугольной или трапецидальной призме (рис. 1, а, б, в). В практическом отношении наиболее универсальное значение имеют кроны последнего типа.

Условно урожайность насаждения (потенциал продуктивности) можно рассматривать как функцию объема продуктивной части кроны. При этом, естественно, урожайность будет определяться прежде всего фотосинтетической деятельностью продуктивных органов в кроне дерева. Отсюда следует, что для получения высоких урожаев необходимо поступление соответствующего количества солнечной радиации в крону дерева. На основании изложенного потенциал продуктивности насаждения можно рассматривать как показатель, значение которого эквивалентно количеству поглощаемой фотосинтетически активной радиации (ФАР), а само насаждение — как оптическую систему, способную к поглощению того или иного количества ФАР.

Наличие непосредственной связи потенциала продуктивности сада с поступлением ФАР используется в качестве одного из принципиальных положений при разработке (моделировании) оптимальных параметров насаждений [1, 3, 4]. При этом следует принимать во внимание и то, что размеры поглощения (поступления) ФАР зависят не только от параметров кроны (насаждения), но и от ориентации рядов (блоков) деревьев.

Проведенные в последние годы наблюдения за поступлением солнечной радиации в плодовые насаждения при разной ориентации рядов деревьев не дали однозначных результатов. В одних опытах установлено, что несколько большее количество радиации получает насаждение, в котором ряды деревьев ориентированы по меридиану [11, 12, 15], в других исследованиях более эффективной оказалась ориентация перпендикулярно меридиану [6]. И хотя различия в по-

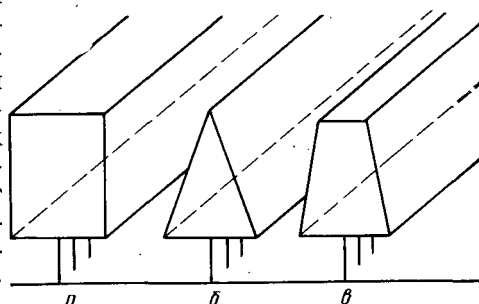


Рис. 1. Схемы насаждений, сформированных по типу уплощенной кроны.

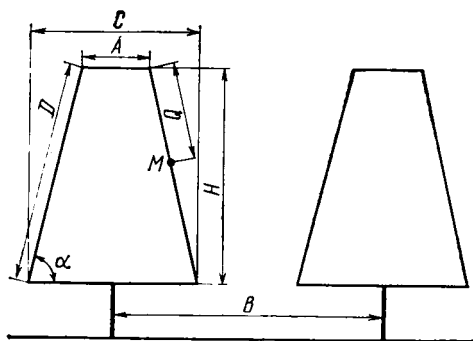


Рис. 2. Сечение крон вертикальной плоскостью, перпендикулярной направлению рядов.

ступаении ФАР к оптическим системам в связи с их ориентацией в рассматриваемых исследованиях не столь значительны (около 10%), уточнение светового режима насаждения при разном расположении рядов имеет несомненное теоретическое и практическое значение для современного интенсивного плодоводства.

В данной статье рассматривается способ определения светового режима насаждения путем расчета степени освещенности кроны в зависимости от параметров последней и ориентации рядов по странам света. Этот метод дает возможность достаточно надежно оценивать поступление солнечной радиации на поверхность кроны дерева. Поскольку на участки кроны, непосредственно освещаемые в течение дня прямыми солнечными лучами, поступает больше и рассеянной радиации в ясную и облачную погоду, то степень освещенности кроны будет положительно коррелировать с количеством интегральной радиации, поступающей в плодовое насаждение. Другими словами, по степени освещенности кроны можно судить об относительном поглощении ФАР насаждением.

Для определения степени освещенности насаждения рассмотрим сечение кроны вертикальной плоскостью перпендикулярно направлению рядов (рис. 2). Это сечение представляет собой равнобоковую трапецию. Введем обозначения: H — высота трапеции (кроны), C и A — нижнее и верхнее основания трапеции, D — боковые стороны трапеции, B — ширина междурядий, α — угол наклона боковой стороны трапеции к ее основанию.

Названные параметры насаждения связаны друг с другом. Так, угол α зависит от высоты кроны, ширины основания и вершины кроны следующим образом:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2H}{C - A}. \quad (1)$$

Зная этот угол, можно найти D :

$$D = \frac{H}{\sin \alpha}, \quad 0 < \alpha < \frac{\pi}{2}. \quad (2)$$

Степень освещенности кроны S определяется параметрами насаждения и изменяется в период вегетации растений и в течение дня. Если крона совершенно не освещена (находится полностью в тени), то $S=0$, если освещена вся активная ее поверхность, то $S=1$, если только часть кроны, то

$$S = \frac{A + Q}{A + 2D} \quad (3)$$

или

$$S = \frac{A + D}{A + 2D}, \quad (4)$$

где Q — расстояние от вершины кроны до границы теневой полосы на боковой поверхности кроны. Очевидно, $0 \leq S \leq 1$.

Весь световой день разделим на n равных временных промежутков и для каждого из них определим степень освещенности S_k . Тогда средняя арифметическая значений S_k будет характеризовать среднесуточную степень освещенности кроны.

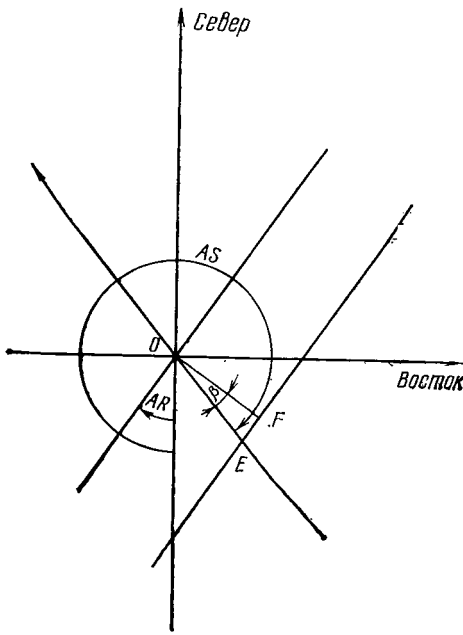


Рис. 3. Определение расстояния между осями рядов в направлении азимута Солнца.

$$\sin (AS) = \cos \delta \sin \tau / \cos (HS), \quad (6)$$

где φ — широта местности, δ — угол склонения Солнца, τ — часовой угол. Значение δ (в градусах) находится по астрономическим таблицам или может быть вычислено приближенно по формуле [5]:

$$\delta = 23,5 \sin 2\pi d / 365, \quad (7)$$

где d — число суток, прошедшее с момента весеннего равноденствия.

Рассмотрим насаждение, ряды которого расположены под некоторым углом AR относительно меридиана. Этот угол назовем азимутом ряда. Найдем расстояние BX между осями рядов в направлении азимута Солнца. Оно определяется углом $EOF = \beta$ и шириной междурядья B , равной длине отрезка OF (рис. 3):

$$BX = B / \cos \beta. \quad (8)$$

Аналогично ширина вершины AX и основания CX кроны в направлении азимута Солнца будут составлять

$$AX = A / \cos \beta, \quad CX = C / \cos \beta. \quad (9)$$

Если $\cos \beta = 0$, то $S_k = 1$.

Можно показать, что угол β зависит от азимута Солнца и азимута ряда следующим образом:

$$\cos \beta = |\sin (AS - AR)|. \quad (10)$$

Осуществив сечение насаждения вертикальной плоскостью, параллельной солнечным лучам, получим систему фигур, изображенных на рис. 4. Между двумя такими фигурами построим треугольник KLM_1 , в котором $[KL] = BX - AX$, $[KM_1] = QX$, угол $KLM_1 = HS$, $LMK_1 = \alpha_1$. Угол α_1 находится из соотношения

$$\sin \alpha_1 = H / DX, \quad (11)$$

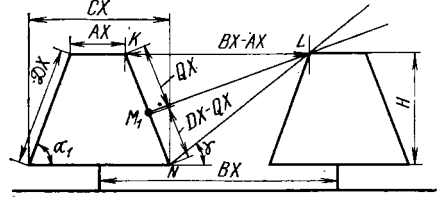


Рис. 4. К расчету ширины освещенной полосы Q и фиксирующего угла γ .

Величина S_k зависит от параметров насаждения и координат Солнца, т. е. его азимута AS и высоты HS . При этом если $HS \leq 0$, то $S_k = 0$; если $HS \geq \alpha$, то $S_k = 1$; если же $0 < HS < \alpha$, то освещена вершина кроны и полностью или частично одна из боковых плоскостей кроны.

Для вычисления координат Солнца воспользуемся формулами сферической тригонометрии [9]:

$$\sin (HS) = \cos \varphi \cos \delta \cos \tau + \sin \varphi \sin \delta, \quad (5)$$

где

$$DX = \sqrt{H^2 + \frac{1}{4} (CX - AX)^2}. \quad (12)$$

Используя теорему синусов, получим

$$QX + \frac{(BX - AX) \sin(HS)}{\sin(\alpha_1 + HS)}, \quad (13)$$

где $0 < (\alpha_1 + HS) < \pi$, $HS > 0$. Если $HS < \text{угла } KLN = \gamma$ при

$$\operatorname{tg} \gamma = 2H \cos \beta / (2B - A - C), \quad (14)$$

то ширина световой полосы равна

$$Q = DQX/DX. \quad (15)$$

Степень освещенности кроны в этом случае определяется по формуле (3). Если $HS \geq \gamma$, то боковая поверхность кроны освещена полностью и степень освещенности кроны вычисляется по формуле (4). Угол γ при $\beta = 0$ называется фиксирующим углом [1, 2, 3].

На основе полученных соотношений написана программа FORTRAN-IV, с помощью которой на ЭВМ ЕС-1020 в вычислительном центре Ставропольского НИИ гидротехники и мелиорации выполнены расчеты средневневной степени освещенности кроны для разных типов насаждений с различной ориентацией рядов относительно стран света. Вычисления проведены для широт 45, 50 и 56° при положении Солнца, соответствующем 15 июля.

Полученные результаты (табл. 1) показали, что средневневная степень освещенности кроны существенно зависит от параметров насаждений. Менее благоприятный режим освещения складывается в насаждениях с относительно высокой кроной. Отмечается также ухудшение светового режима с увеличением широты местности.

Отрицательная связь степени освещенности кроны с ее высотой при одинаковой ширине аллеи B (расстояние между кронами соседних рядов) и одинаковой ширине верхней части кроны A (насаждения типов 1—5, табл. 1) объясняется следующими факторами. Во-первых, с увеличением высоты кроны повышается взаимное затенение деревьев в соседних рядах. Во-вторых, с уменьшением высоты кроны увеличивается отношение ширины верхней части кроны, находящейся практически постоянно в условиях прямого освещения, к длине боковых плоскостей кроны ($A : 2D$).

Снижение степени освещенности кроны с увеличением высоты свойственны и насаждениям типов 6—9, параметры которых построены с помощью фиксирующего угла γ (рис. 4), определяющего одинаковые условия затенения деревьев в соседних рядах независимо от высоты их кроны [1, 3]. В этом случае улучшение режима освещения при снижении высоты кроны связано только с увеличением отношения $A : 2D$.

Существенное влияние на световой режим оказывает также и направление рядов. Так, при ориентировке рядов с отклонением от меридиана насаждения оказываются в лучших условиях освещения (табл. 1). Ухудшение освещенности кроны при меридианальном направлении рядов в большей мере проявляется на высоких широтах. Последнее объясняется тем, что ряды, ориентированные с запада на восток, лучше освещены в утренние и вечерние часы. В полдень, когда Солнце находится высоко, благоприятные условия освещенности создаются при любой ориентации рядов (табл. 2).

Наиболее заметно степень освещенности кроны повышается до определенного значения (азимута) отклонения рядов от меридиана. Так, при отклонении рядов более чем на 60° световой режим насаждения практически не улучшается. Наилучшая освещенность кроны дости-

Среднедневная степень освещенности кроны (%) в различных типах насаждений в зависимости от азимута рядов (во всех типах В=4 м)

Широта местно- сти, град.	Азимуты рядов, град.								
	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Тип 1, H=3,5; C=2,0; A=1,5 м									
45	40,6	40,8	41,2	42,0	43,2	45,1	49,6	51,8	51,6
50	40,0	40,1	40,5	41,3	42,4	44,4	48,6	51,3	51,4
56	38,8	38,9	39,3	40,0	41,0	43,2	46,7	48,8	49,8
Тип 2, H=3,0; C=2,0; A=1,5									
45	43,8	44,0	44,4	45,2	46,5	48,3	52,8	53,7	53,6
50	43,3	43,4	43,9	44,6	45,9	47,7	52,1	53,3	53,3
56	42,1	42,2	42,6	43,4	44,6	46,9	50,3	52,0	52,3
Тип 3, H=2,5; C=2,0; A=1,5									
45	47,6	47,8	48,2	49,0	50,1	52,0	56,1	55,9	55,7
50	47,2	47,3	47,7	48,5	49,8	51,7	55,7	55,7	55,6
56	46,1	46,2	46,6	47,4	48,7	51,1	54,3	54,7	54,6
Тип 4, H=2,0; C=2,0; A=1,5									
45	52,3	52,4	52,8	53,6	54,7	56,2	59,1	58,8	58,7
50	51,9	52,0	52,5	53,2	54,3	56,2	58,9	58,7	58,6
56	50,9	51,1	51,5	52,3	53,5	56,2	57,9	57,8	57,8
Тип 5, H=1,5; C=2,0; A=1,5									
45	58,1	58,2	58,5	59,2	60,1	61,3	62,9	62,6	62,6
50	57,8	57,9	58,3	59,0	60,0	61,5	62,7	62,5	62,5
56	57,1	57,2	57,6	58,4	59,4	61,8	62,1	61,9	61,8
Тип 6, H=3,0; C=2,0; A=0,8									
45	40,2	40,4	40,9	41,7	43,0	45,1	49,7	49,6	49,4
50	39,7	39,8	40,3	41,1	42,5	44,7	49,2	49,3	49,2
56	38,4	38,6	38,9	39,8	41,2	44,1	47,5	48,3	48,2
Тип 7, H=2,5; C=2,0; A=1,7									
45	48,6	48,8	49,2	50,0	51,2	52,9	57,0	57,1	56,9
50	48,1	48,3	48,7	49,4	50,6	52,5	56,6	56,8	56,7
56	47,1	47,2	47,6	48,3	49,4	51,9	55,1	55,9	55,9
Тип 8, H=2,25; C=2,0; A=2,0									
45	52,3	52,4	52,8	53,5	54,6	56,3	60,2	60,0	59,9
50	51,8	51,9	52,3	53,0	54,1	55,9	59,8	59,8	59,7
56	50,8	50,9	51,3	52,0	53,1	55,4	58,4	59,0	58,9
Тип 9, H=3,5; C=3,0; A=0									
45	31,7	31,9	32,4	33,3	34,8	37,0	42,0	42,9	42,7
50	31,0	31,2	31,7	32,6	34,1	36,4	41,1	42,6	42,5
56	29,6	29,8	30,3	31,2	32,6	35,5	39,1	40,8	41,3

гается при отклонении направления рядов от меридиана на 45—60°. Следует также иметь в виду, что при высоте кроны менее 2 м и ширине аллей 2 м отклонение рядов от меридиана вообще мало влияет на степень освещенности насаждения (табл. 1).

Проведенные расчеты степени освещенности кроны могут служить объективной основой при выборе оптимального направления рядов плодовых деревьев в интенсивных насаждениях.

Исходя из наших вычислений, можно полагать, что оптимальное направление (азимут) рядов деревьев в интенсивном насаждении должно, по-видимому, обеспечивать среднедневную степень освещенности не менее 50%. Отсюда для рассматриваемых параметров насаждений,

Изменение степени освещенности (%) крон в течение дня
(параметры насаждения: $B=4$ м, $H=3,5$, $C=3$, $A=0$ м)

Время, ч	$\varphi=45^\circ$			$\varphi=50^\circ$			$\varphi=56^\circ$		
	азимуты рядов, град.								
	0	45	90	0	45	90	0	45	90
4	0	0	0	0	0	0	3	2	4
5	5	5	0	8	7	16	10	9	15
6	14	15	30	15	17	46	16	18	50
7	22	27	50	23	29	50	23	30	50
8	31	38	50	32	37	50	31	34	50
9	42	45	50	43	42	50	42	39	50
10	50	50	50	50	49	50	50	44	50
11—14	50	50	50	50	50	50	50	50	50
15	43	50	50	43	50	50	41	50	50
16	32	44	50	31	45	50	31	47	50
17	23	33	50	23	32	50	23	31	50
18	14	26	41	15	26	40	16	27	50
19	6	14	12	7	18	15	10	22	20
20	0	0	0	0	0	0	3	9	4

являющихся наиболее универсальными в полуинтенсивных и интенсивных садах (особенно насаждения типов 3, 4, 6—8), оптимальное направление рядов деревьев с кронами высотой 3,0—3,5 и 2,0—2,5 м должно быть 55—60 и 40—45°. Указанное отклонение от меридиана соответствует положению Солнца на небосводе (в середине июля) в 9 ч 30 мин — 9 ч 50 мин до полудня и в 14 ч 10 мин — 14 ч 30 мин после полудня (время астрономическое) для первого случая и соответственно в 10 ч 30 мин — 10 ч 50 мин и 13 ч 10 мин — 13 ч 30 мин — для второго (табл. 3).

Таблица 3

Высота (HS) и азимут (AS) Солнца в связи с географической широтой (φ) в разные часы суток 10 июля (с точностью до $\pm 1^\circ$)

Часы суток	$\varphi=45^\circ$		$\varphi=50^\circ$		$\varphi=56^\circ$	
	HS	AS	HS	AS	HS	AS
9 ⁰⁰	46,8	107,0	45,2	111,8	43,2	116,2
9 ²⁰	50,2	111,8	48,2	117,0	45,7	121,7
9 ⁴⁰	53,4	117,2	50,9	122,6	48,0	127,5
10 ⁰⁰	56,4	123,2	53,5	129,0	50,0	133,8
10 ²⁰	59,3	130,2	55,9	135,8	52,5	140,5
10 ⁴⁰	61,8	138,0	58,0	143,5	53,7	147,6
11 ⁰⁰	64,0	146,8	59,7	151,7	55,2	155,7
11 ²⁰	65,6	155,7	61,0	160,7	56,3	163,3
11 ⁴⁰	66,7	168,3	61,8	170,2	56,9	171,6
12 ⁰⁰	67,0	180,0	62,1	180,0	57,1	180,0
12 ²⁰	66,7	168,3	61,8	170,2	56,9	171,6
12 ⁴⁰	65,6	155,7	61,0	160,7	56,3	163,3
13 ⁰⁰	64,0	146,8	59,7	151,7	55,2	155,7
13 ²⁰	61,8	138,0	58,0	143,5	53,7	147,6
13 ⁴⁰	59,3	130,2	55,9	135,8	52,2	140,5
14 ⁰⁰	56,4	123,2	53,5	129,0	50,5	133,8
14 ²⁰	53,4	111,2	50,9	122,6	48,0	127,5
14 ⁴⁰	50,2	117,8	48,2	117,0	45,7	121,7
15 ⁰⁰	46,8	107,0	45,2	111,8	43,2	116,2

Примечания: 1. Азимут Солнца определен до полудня от севера к востоку, после полудня — от севера к западу.

2. Расчеты проводились по таблицам И. Д. Жонголовича [8].

Продолжительность (ч) полного освещения боковых поверхностей (плоскостей) кроны в зависимости от типа насаждений, широты местности и азимута рядов

Азимут рядов, град.	Параметры насаждений, м								
	$B=4; H=3; C=2; A=0,8$			$B=4; H=2,5; C=2; A=1,7$			$B=4; H=2,25; C=2; A=2$		
	широта местности, град.								
	45	50	56	45	50	56	45	50	56
0	5,75	5,50	5,50	5,75	5,50	5,50	5,75	5,75	5,50
5	6,00	5,75	5,25	5,75	5,75	5,25	6,00	5,75	5,75
10	5,75	5,75	5,50	5,75	5,75	5,50	6,00	5,75	5,50
15	5,75	5,75	5,25	5,75	5,50	5,25	6,00	6,00	5,75
20	6,00	5,75	5,50	6,00	5,75	5,50	6,25	6,00	5,50
25	6,00	6,00	5,75	6,00	6,00	5,75	6,25	6,00	5,75
30	6,25	6,00	5,50	6,25	6,00	5,50	6,50	6,00	6,00
35	6,50	6,25	5,75	6,50	6,25	5,75	6,50	6,25	6,00
40	6,75	6,25	6,00	6,75	6,25	6,00	6,75	6,75	6,00
45	7,25	6,75	6,25	7,00	6,50	6,25	7,25	6,75	6,25
50	7,50	7,00	6,25	7,50	7,00	6,25	7,50	7,25	6,75
55	8,25	7,75	7,00	8,25	7,50	7,00	8,25	7,75	7,25
60	9,75	9,25	8,25	9,75	9,25	8,25	10,50	10,00	8,75
65	11,75	12,00	10,25	11,75	12,00	10,25	12,00	12,25	11,25
70	11,75	12,00	12,50	11,75	12,00	12,50	11,75	12,00	12,50
75	11,75	12,00	12,50	11,75	12,00	12,50	12,50	12,00	12,50
80	11,75	12,00	12,50	11,75	12,00	12,50	11,75	12,00	12,50
85	11,75	12,00	12,50	11,75	12,00	12,50	11,75	12,00	12,50
90	11,75	12,00	12,50	11,75	12,00	12,50	11,75	12,00	12,50

Более значительное отклонение от меридиана едва ли целесообразно, хотя это и приведет к некоторому повышению степени освещенности кроны. В данном случае в уплотненных насаждениях будет существенно ухудшаться световой режим северной части кроны, что может привести к асимметрии в развитии дерева и снижению товарных качеств плодов, находящихся в этой зоне кроны.

Отклонение рядов от меридиана может иметь особенно важное значение для промышленного плодоводства в более высоких широтах (50—55°), где нередко тепла не хватает для нормального произрастания плодовых деревьев. В указанных условиях отклонение от меридиана к западу не только приведет к улучшению режима освещения, но и будет способствовать более быстрому повышению температуры в кроне в утренние часы. Несомненно, это окажет положительное влияние на продуктивность фотосинтеза, поскольку до полудня последний, как правило, протекает более интенсивно.

Известно, что наиболее благоприятный температурный режим для фотосинтеза у яблони создается при 25—30° [17]. Вероятно, поэтому в районах с недостаточной тепловой напряженностью размещение рядов яблони неперпендикулярно меридиану приводит к повышению урожайности насаждений [7]. При этом отмечается, что различия в продуктивности деревьев в связи с ориентацией рядов заметно сокращаются с уменьшением высоты кроны. Указанное в полной мере согласуется с нашими расчетами степени освещенности насаждения.

В связи с изложенным несомненный интерес представляют результаты вычислений продолжительности периода полного освещения боковых поверхностей (плоскостей) кроны (табл. 4). Отклонения рядов от меридиана приводят, как видим, к существенному увеличению периода полного освещения одной из боковых сторон кроны (в табл. 4 указана суммарная продолжительность периода полного освещения обоих боковых плоскостей). Наибольшего значения рассматриваемый

показатель достигает при отклонении рядов до 60°. В условиях, когда ряды деревьев образуют как бы сплошную крону, более продолжительная часть периода полного освещения будет приходиться на южную сторону ряда (кроны), что должно способствовать не только улучшению освещенности, но и повышению температурного режима кроны в утренние часы (при отклонении рядов к западу от меридиана).

Однако, рассматривая роль ориентации рядов, следует учитывать не только недостаток тепла, но и его избыток, который характерен для южных районов промышленного плодоводства. В этом случае отклонение направления рядов от меридиана может вызвать перегрев южной стороны кроны, что, как известно, приводит к ухудшению товарных качеств плодов, вызывает их преждевременное осыпание [10] и тормозит развитие [18]. Следовательно, в указанных условиях направление рядов деревьев по меридиану или с небольшим отклонением к западу можно считать оптимальным.

Необходимо отметить, что материалов о роли ориентации рядов плодовых деревьев в специальной литературе очень мало. Кроме приведенной выше работы, описано всего два опыта, в которых было установлено, что ориентация рядов перпендикулярно меридиану приводит к снижению урожайности насаждений яблони и груши [13, 16].

Как видим, в литературе имеются противоречивые данные о влиянии ориентации рядов на урожайность плодовых насаждений, что, видимо, можно связать со следующими обстоятельствами. Во-первых, падение урожайности наблюдалось в слаборослых насаждениях яблони. Во-вторых, при выращивании груши [16] урожайность снижалась из-за отсутствия плодов на северной стороне кроны. Приведенные данные в определенной мере подтверждают наши расчеты, показывающие, что ориентация рядов наибольшее значение имеет для насаждения с относительно высокими кронами и что размещение рядов строго перпендикулярно меридиану в определенных условиях может приводить к существенному ухудшению светового и теплового режима северной части кроны. В конечном счете это может ограничивать нормальное формирование цветковых почек и развитие плодов, и вероятнее всего — при выращивании плодовых пород и сортов, в частности груши.

Заключение

Урожайность плодового насаждения зависит от размеров продуктивной части кроны, или от ее поверхности, на которую поступает солнечная радиация. В связи с этим потенциал продуктивности в интенсивных насаждениях, имеющих вид сплошного ряда (блоков), можно рассматривать как отношение активной поверхности кроны дерева к ширине междурядья.

В конечном счете урожай определяется количеством ФАР, поглощенной садом. Отсюда насаждение следует рассматривать как оптическую систему, способную к поглощению ФАР. Эффективность этой системы будет определяться параметрами насаждения, ориентацией рядов по сторонам света и шириной местности.

Потенциальную способность насаждения к поглощению ФАР можно определить путем расчета освещенности кроны в течение дневного времени. Предлагаемый показатель — степень освещенности — характеризует ту часть поверхности кроны, которая находится в условиях прямого освещения в определенный отрезок времени.

Степень освещенности улучшается при отклонении направления сплошного ряда (блока) деревьев от меридиана. При этом различия в режиме освещенности существенно сглаживаются при уменьшении высоты кроны и увеличении отношения ширины верхней части кроны к длине ее боковых плоскостей при одинаковой ширине основания кроны и ширине аллей.

Увеличение степени освещенности заметно проявляется лишь до определенного значения (азимута) отклонения рядов от меридиана. В нашем случае это соответствует 45—60°.

Как показывают расчеты, оптимальным направлением рядов деревьев следует считать такое, при котором обеспечивалась бы среднедневная степень освещенности кроны не менее 50 %. Отсюда для интенсивных насаждений с кронами высотой 3,0—3,5 и 2,0—2,5 м (при ширине аллеи 2 м) оптимальное отклонение рядов от меридиана должно составлять соответственно 55—60 и 40—45°. В менее сильнорослых насаждениях направление рядов оказывает небольшое влияние на степень освещенности деревьев.

Учитывая, что на фотосинтетическую продуктивность насаждения положительно влияет не только радиация, но и тепловой режим, особенно в первой половине дня, то более благоприятным отклонением направления рядов следует считать от севера к западу.

В районах, где возможен перегрев южной стороны кроны и где радиационный режим более благоприятен, целесообразно размещать ряды в меридиальном направлении или с отклонением от него, не превышающим 40—45°. В условиях СССР эти районы находятся на широтах, близких к 45°.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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. Бринкворт Б. Дж. Солнечная энергия для человека. М.: Мир, 1976.— 6. Девятков А. С. Световой режим пальметт при различной ориентации рядов по сторонам света. — В сб.: Плодоводство. Минск: Урожай, 1977, с. 91—99.— 7. Девятков А. С. Об ориентации рядов плодовых насаждений. — Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии, 1977, № 5, с. 14—16.— 8. Жонголович И. Д. Таблицы для нахождения высот и азимутов Солнца. — Тр. I Всесоюз. конф. по естественному освещению. Вып. III, 1933, с. 35—67.— 9. Ильевский И. Д. Сферическая астрономия. Киев: Вища школа, 1978.— 10. Чекрыгин В. В. О световом режиме и качестве плодов в насаждениях яблони разных типов. — Тр. Кубан. с.-х. ин-та, 1976, вып. 131, с. 101—107.— 11. Cain J. C. — N. Y. State Agr. Exp. Sta. Search Agriculture, 1972, vol. 2, № 7, p. 1—14.— 12. Charles-Edwards D. A., Thorpe M. K. — Ann. bot., 1976, vol. 40, № 167, p. 603—613.— 13. Christensen J. V. — Sci. hort (Neth.), 1979, vol. 10, № 2, p. 155—165.— 14. Haugse L. Apple orchard design a. planting. Itasca, N. Y., 1971.— 15. Jackson J. E., Palmer J. W. — J. appl. Ecol., 1972, № 9, p. 341—357.— 16. Lombard P. B., Westwood M. N. — Hort Sci., 1975, vol. 10, № 3, S. 2, p. 312.— 17. Seeley E. J., Kammerreck R. — J. Amer. Soc. Hort. Sci., 1977, vol 102, № 6, p. 731—733.— 18. Unrath C. R. — Proc. Ann. technic. conference. Washington, 1972, p. 24.

Статья поступила 10 февраля 1981 г.

SUMMARY

Calculations of average daily intensity of illumination of an orchard are presented for latitudes 45—56°; the orchard takes the form of a solid row (block), with the breadth of the crown base being 2.0 m, that of the top 0.8—2, and that of the alley—2.0, the height being different. The value of this characteristic increases when the direction of the rows of trees deviates from the meridian, but only to a certain azimuth. For crowns of 3.0—3.5 and 2.0—2.5 m in height the light regime is most essentially improved with the deviation up to 55—60 and 40—45° respectively. If crowns are not so high, orientation of the rows does not practically affect the regime of illumination. The direction of rows providing the average daily intensity of illumination not less than 50 % may be considered the optimum one. To improve thermal conditions for the crown in the first half of the day, deviation of the rows of trees from the north to the west is most favourable. In the areas with higher temperatures and higher radiation (close to latitude 45°) it is advisable to arrange the rows meridionally or with slight deviation, so that the southern side of the crown should not get overheated.