

Организация эксперимента по измерению теплофизических свойств капиллярно-пористых тел в автоматизированной системе выглядит следующим образом. В подготовленном образце устанавливаются нагреватель и датчик температуры и помещают их в термокамеру. Запускается управляющая программа. Некоторые входные параметры вводятся с клавиатуры компьютера: число исследуемых образцов, его номер, температура термостатирования. После достижения образцом температуры термостатирования устройство автоматически включает нагреватель и записывает данные датчика температур в специальный файл-массив. Далее запускается алгоритм работы виртуального прибора, в ходе работы которого данные температур считываются из файла-массива и производится автоматическое определение теплофизических коэффициентов. Значения температуропроводности, теплопроводности и теплоемкости выводятся на экран монитора и сохраняются в файле на жестком диске.

#### Выводы

1. Программный пакет LabVIEW позволяет значительно упростить программирование алгоритма работы установки по определению теплофизических свойств капиллярно-пористых тел импульсным методом.

2. За счет применения специальных фильтров пакета LabVIEW значительно упрощается проблема поиска максимума функции при определении теплофизических показателей.

3. Виртуальный прибор на основе пакета LabVIEW позволяет существенно расширить возможности установки по определению теплофизических свойств импульсным методом.

#### Библиографический список

1. Лунин А.И. Импульсный метод определения теплофизических характеристик влажных материалов: дис. ... канд. техн. наук / А.И. Лунин. – М., 1972. – 139 с.

2. Чудновский А.Ф. Физика теплообменов в почве. – М.; Л.: Гостехиздат, 1948. – 220 с.

3. Вишневский Е.Е. Импульсный метод определения термических характеристик влажных материалов / Е.Е. Вишневский // Тр. ВНИКФТИ. – 1958. – Вып. 2. – С. 73-90.

4. Бутов А.М. Импульсные методы и их применение для исследования теплофизических коэффициентов строительных материалов: автореф. канд. дис. / А.М. Бутов. – М., 1964. – 321 с.

5. Travis J. LabVIEW for everyone: graphical programming made easy and fun / J. Travis, J. Kring. – 3rd ed. Crawfordsville: Prentice Hall. – 2007. – 982 pp.

6. Болотов А.Г. Автоматизированная система для исследования теплофизических характеристик почв / А.Г. Болотов, С.В. Макарычев, А.А. Левин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2002. – № 3. – С. 20-22.

7. Суранов А.Я. LabVIEW 8.20: справочник по функциям / А.Я. Суранов. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 536 с.



УДК 58:612.014.461:581.8

Л.В. Фомин

## АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЯБЛОНИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПЛОЩАДИ ПИТАНИЯ

**Ключевые слова:** яблоня, площадь питания, лист, вода, содержание, анатомия, клетка, плод, урожай.

#### Введение

Уплотненные посадки плодовых культур позволяют увеличить их продуктивность с единицы площади [1-4]. Несомненно,

уменьшение площади питания сказывается на наличии воды и питательных веществ в почве и большей затененности кроны, а значит, и на анатомо-физиологических показателях.

Многие работы посвящены изучению недостатка воды (засухоустойчивости) и влияния степени освещенности на анато-

мо-физиологические показатели и водный режим яблони [5-7]. Однако влияние различных схем посадки на показатели водного режима и анатомическое строение изучено недостаточно.

При характеристике водного обмена часто упоминается показатель общего содержания воды. С этим показателем в листьях сопряжена интенсивность транспирации, ее усиление приводит к водному дефициту. Показатели водного режима рядом исследователей используются как критерий обеспеченности яблони водой [8].

Ухудшение условий водного режима растений, в зависимости от внешних условий, отрицательно сказывается на их продуктивности и на качестве сельскохозяйственной продукции [4].

Целью работы является выявление влияния уплотненной посадки яблони на изменение показателей водного режима деревьев и анатомического строения листьев, а также продуктивности и качества плодов.

#### Объекты и методика

Объектами изучения служили яблони (*Malus domestica* Borkht.) двадцатилетнего возраста трех сортов: Осенняя радость, Пепинка Алтайская и Горноалтайская при схеме посадки 5×3 и 5×1 м в трех повторностях, произрастающие в учхозе Алтайского аграрного университета (с. Михайловское).

В течение летнего периода (1983 г.) путем взятия почвенных проб определялась влажность почвы (%) через 20 см на глубину до 1 м; содержание и отдача (испарение) в листьях воды за 1 и за 6 ч. Методика по водному режиму яблони представлена в публикациях [9-11].

Методика анатомического описания листа подробно изложена в работах [12-15]. Рисунки анатомического строения листьев яблони сделаны при помощи рисовального прибора при увеличении в 280 раз. Математическая обработка данных проводилась по Б.А. Доспехову [16]. Величина ошибки не превышала 3%.

#### Результаты и обсуждение

Климатические условия лета 1983 г. до июля характеризовались достаточным количеством осадков и довольно высокой температурой воздуха, август – малыми

дождевыми осадками и повышенной температурой воздуха (рис. 1).

Несмотря на обилие выпадаемых дождей в первый период лета содержание влаги (%) в почве под яблоневыми посадками резко падает вплоть до июля (рис. 1), что объясняется интенсивным ростом побегов и развитием фотосинтетического аппарата, формирование которого завершается к июлю, хотя рост клеток мезофилла листа более замедленный – продолжается до конца вегетационного сезона [13].

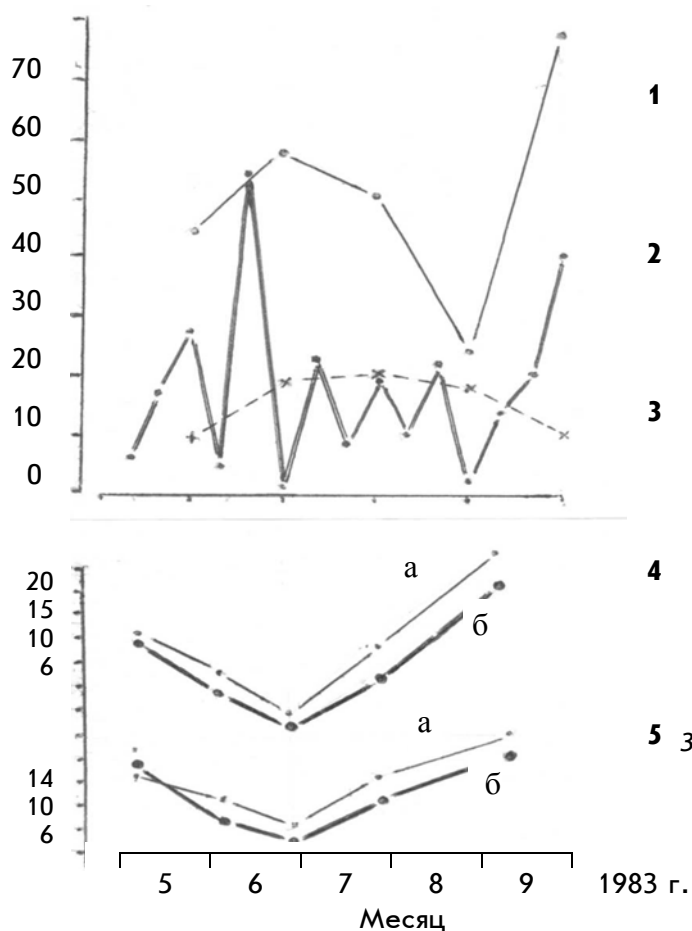
Содержание влаги в почве при различной схеме посадки значительно различается. Более низкое содержание воды в почве отмечается в варианте уплотненной посадки (541 м). Особенно это проявляется в слое почвы до 60 см глубины, где располагается основная масса корней (рис. 1). Наиболее различаются по влажности почвы сроки конца лета и начала осени. Так, на 27.07 это различие достигало 3,5% и на 12.09 – 2,6%.

Содержание воды в листьях, дефицит и ее испарение определялись при завершении формирования листьев (с июля).

Безусловно, различие в содержании воды в почве определяет собой и различие физиологического характера, а также рост и морфолого-анатомическое формирование побегов и листьев. Рассмотрим, как отражается недостаток воды в почве на ее содержание в листьях и интенсивности испарения, размере листьев и их анатомическом строении, а также в размере и анатомической структуре плодов и продуктивности яблони при различных схемах посадки.

По содержанию воды в листьях отмечается некоторое ее повышение в середине летнего периода (июль) с 60-70 до 70-80%. В этот период времени интенсивный рост клеток мезофилла листа сменяется на замедленный и почти полностью заканчивается формирование листа (табл. 1).

Отдача воды листьями за 1 ч и 6 ч при их подсушивании более интенсивно идет в варианте 5×1 м. Это определяет и состояние воды в листьях: более высокий дефицит воды в этом варианте в момент взятия листьев и меньшее содержание воды в процентах от сырого веса, а также и более слабое насыщение листьев водой за исключением отдельных сроков (табл. 2).



1  
2  
3  
4  
5

Рис. 1. Сумма осадков:  
1 – месяцы; 2 – декады;  
3 – среднемесячная температура воздуха (°С);  
содержание влаги в почве, %:  
4 – до 60 см; 5 – до 100 см;  
ма посадки: а – 5×3 м;  
б – 5×1 м

Недостаток воды при формировании листьев отражается на их величине: листья становятся более мелкие, с более толстой листовой пластинкой (рис. 2, табл. 3, 4).

Площадь листьев на начало июля при схеме посадки 5×1 м на 5-7 см меньше, соответственно, и меньше сырой вес 1 см<sup>2</sup> листа на 3-5 мг (табл. 3).

Факторы внешней среды (наличие и доступность воды, интенсивность и спектральный состав светового потока, минеральное питание, температура и др.) определяют собой интенсивность и направленность метаболических процессов. Они осуществляют развитие и формирование такой анатомической структуры листьев, которая принимает непосредственное участие в регуляции водного режима растения, соответствуя внешним условиям и активности биохимических процессов.

Анатомическое изучение показало, что в варианте с уплотненной посадкой (5×1 м) клетки палисадной паренхимы отличаются от варианта 5×3 м большей дли-

ной и меньшим диаметром (табл. 4). Объем клеток и площадь их поверхности при схеме посадки 5×1 м больше. Несколько больше и отношение площади поверхности клеток на единицу их объема. Это одна из закономерностей более засухоустойчивых растений. Формирующиеся при недостатке воды клетки мезофилла листа способны интенсивнее сокращаться, то есть эластичность (сократимость) клеточной оболочки и ее полярность сократимости выше, что обуславливает более высокую сократимость объема клетки от полного тургорного до бестургорного состояния. Так, разница в сократимости объема клеток палисадной паренхимы мезофилла листа вариантов 5×1 и 5×3 м колеблется около 3-4% (табл. 4).

Наконец, при уплотненной посадке яблони устьиц на единицу поверхности листа больше и они мельче (табл. 4, рис. 2).

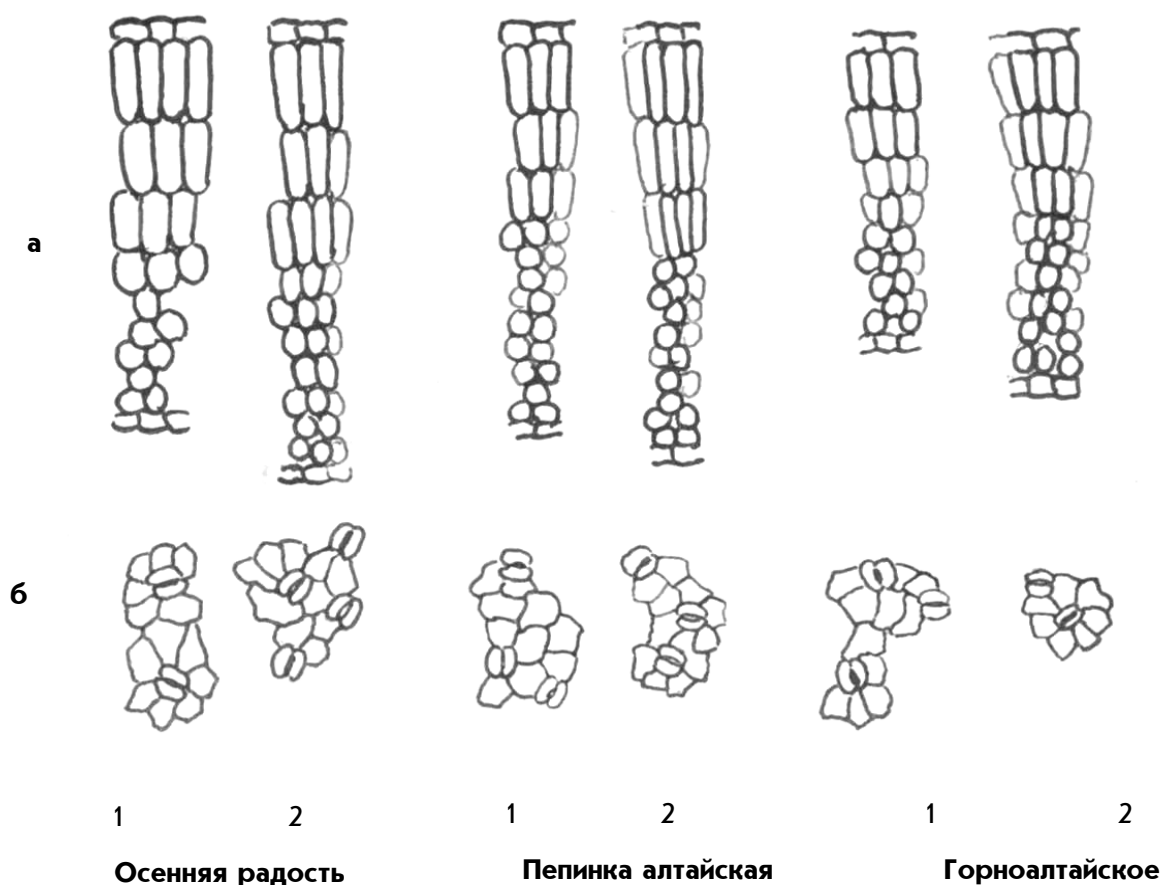


Рис. 2. Анатомическое строение листьев (7×40) сортов яблони с площадью питания: 1 – 5×3 м, 2 – 5×1 м; а – поперечный разрез листа, б – нижний эпидермис

Таблица 1

Содержание воды в листьях яблони (% от сырого веса):  
(после насыщения – 1, во время взятия – 2, дефицит воды – 3)

Схема посадки	Сроки								
	1.07			27.07			4.09		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<b>Осенняя радость</b>									
5×1	65,62	59,51	6,11	70,70	67,48	3,22	63,51	60,52	2,90
5×3	64,10	58,90	5,20	76,90	74,63	2,27	63,34	61,16	2,18
<b>Пепинка алтайская</b>									
5×1	70,55	61,98	8,58	71,84	64,66	5,41	62,21	56,86	5,35
5×3	72,13	65,03	7,10	74,57	70,42	4,15	63,03	59,14	3,89
<b>Горноалтайское</b>									
5×1	68,96	65,60	5,36	78,61	74,78	3,88	63,60	60,53	3,07
5×3	70,01	65,78	4,23	80,23	77,78	2,45	64,36	61,51	2,85

Сформировавшиеся плоды яблони при уплотненной посадке (5×1 м) отличаются несколько меньшим диаметром (примерно на 1 см) и размером составляющих их клеток. Вес плодов и процентное содержание воды в них меньше, но более вы-

сокий процент сухого вещества (разница достигает 5%) (табл. 3). Все это в конечном итоге определяет урожайность яблони с дерева и с единицы площади питания (м<sup>3</sup>).

Таблица 2

Отдача (испарение) воды листьями яблони, % за 1 ч (1) и 6 ч (2) (1983 г.)  
(водоудерживающая способность)

Схема посадки	1.07		27.07		4.09	
	1	2	1	2	1	2
<i>Осенняя радость</i>						
5×1	13,66	28,98	14,93	44,55	15,57	47,79
5×3	12,22	27,97	12,76	31,27	13,31	42,80
<i>Пепинка алтайская</i>						
5×1	15,71	26,97	10,64	26,43	8,05	36,68
5×3	13,61	25,07	9,34	25,20	10,89	36,60
<i>Горноалтайское</i>						
5×1	8,36	24,59	9,38	24,10	11,81	32,61
5×3	7,04	21,70	6,89	23,46	13,69	33,26

Таблица 3

Площадь поверхности (см<sup>2</sup>) и масса (мг/см<sup>2</sup>) листа яблони по срокам определения

Схема посадки	Площадь поверхности 1.07	Масса		
		1.07	27.07	4.09
<i>Осенняя радость</i>				
5×1	48,24	24,6	28,4	24,9
5×3	53,15	29,0	28,3	25,7
<i>Пепинка алтайская</i>				
5×1	46,01	18,4	25,0	20,2
5×3	52,87	23,0	27,6	25,3
<i>Горноалтайское</i>				
5×1	45,40	18,9	20,2	18,9
5×3	51,26	24,6	22,2	22,6

Таблица 4

Анатомические показатели листа яблони в тургорном состоянии 27.07.1983 г.

Показатели	Осенняя радость		Пепинка алтайская		Горноалтайское	
	5×1	5×3	5×1	5×3	5×1	5×3
Толщина листа, мкм	281,4	226,5	264,0	248,40	222,0	<b>202,5</b>
Высота палисад. паренхимы, мкм	116,28	109,24	141,98	119,65	129,13	<b>126,68</b>
Кол-во рядов палисад. паренхимы	3	3	3	3	3	3
<i>Клетки 1-го ряда палисадной паренхимы</i>						
Длина, мкм	47,31±0,4	43,27±0,35	57,47±0,56	51,22±0,39	57,71±0,6	<b>45,59±0,35</b>
Диаметр, мкм	8,30±0,11	8,51±0,17	8,90±0,07	8,97±0,08	8,38±0,11	<b>9,03±0,07</b>
Длина /диаметр	5,7	5,08	6,45	5,71	6,89	<b>5,05</b>
Объем (V) × 10 <sup>2</sup> мкм <sup>3</sup>	24,17	22,94	34,44	30,52	30,27	<b>27,20</b>
Площадь поверхности (S) × 10 <sup>2</sup> мкм <sup>3</sup>	12,7	11,56	16,06	14,43	15,19	<b>12,92</b>
S / V	0,51	0,50	0,47	0,47	0,50	<b>0,47</b>
Сократ. V от тург. до бест. сост. (тург. зап. в), %	18,25	15,06	15,50	11,51	16,28	<b>13,64</b>
<i>Устьица</i>						
Длина, мкм	25,40	26,78	23,0	27,85	24,88	<b>26,96</b>
Ширина, мкм	18,05	18,51	16,52	18,97	17,60	<b>18,97</b>
Кол-во на 1 мм <sup>2</sup> нижн. эпидермы	<b>123,7</b>	<b>103,5</b>	<b>133,5</b>	<b>114,7</b>	<b>128,3</b>	<b>107,3</b>

Физиологические показатели плодов и урожай яблони различной схемы посадки

Показатели	Сорт, схема посадки		Осенняя радость		Пепинка алтайская		Горноалтайское	
	5×1	5×3	5×1	5×3	5×1	5×3	5×1	5×3
Сырой вес, г	15,2	18,7	11,6	13,5	11,2	11,8		
Сухой вес, г	2,3	2,07	1,8	2,0	2,8	2,8		
Сухое вещество, %	21,3	16,5	20,6	17,0	21,2	20,4		
Содержание воды, %	78,7	83,5	79,4	83,0	78,8	79,6		
Диаметр, мм	32,7	33,8	28,7	37,6	31,5	32,8		
Размер клеток, мкм <sup>3</sup>	114,0	132,8	119,4	191,3	111,5	134,7		
Урожай: с дерева с 1 м <sup>2</sup>	10,97	29,9	5,8	16,4	5,5	14,9		
	2,15	2,0	1,17	1,1	1,1	0,99		

Как показывают данные, урожай плодов с дерева яблони у каждого сорта при схеме посадки 5×3 м почти в три раза больше, но с 1 м<sup>2</sup> урожай уступает варианту с уплотненной посадки (5×1 м), хотя эта разница и незначительная: Осенняя радость – 2,15 и 2,0 кг; Пепинка алтайская – 1,17 и 1,1 кг и Горноалтайское – 1,1 и 0,99 кг, однако с 1 га дополнительная прибавка плодов будет составлять, соответственно, 1,5; 0,7 и 1,0 т (табл. 3).

Таким образом, уплотненная посадка яблони позволяет получить дополнительный урожай плодов с 1 га, но качество их несколько хуже: плоды мельче и менее сочные.

При изучении продуктивности яблони при уплотненной посадке следует обратить внимание и на продолжительность плодоношения (вопрос, который, пока не затронут исследователями).

Уплотненная посадка плодовых обрекает яблоню на более суровые условия питания, освещения и напряжения в водном режиме, что может содействовать более раннему отмиранию деревьев. Созданием оросительной системы недостаток воды в почве можно восполнить поливом, но это потребует дополнительных вложений.

### Заклучение

При уплотненных посадках яблоня испытывает недостаток воды, что отражается на формировании листа, его морфологических и анатомических показателях в сторону большей ксероморфности, то есть происходят утолщение листовой пластинки и уменьшение площади поверхности листа, формируется большее количество устьиц на 1 мм<sup>2</sup> с меньшими размерами. Идет увеличение длины и уменьшение диаметра клеток палисадной паренхимы. Характерно увеличение пластичности клеточной оболочки и ее сократимо-

сти, что обуславливает большую сократимость объема клеток мезофилла листа, а значит, и сосущую силу клетки при ее сокращении.

Морфоанатомические показатели листа, создаваемые направленностью метаболических процессов при воздействии внешней среды, в свою очередь определяют собой характер водного режима. При уплотненной посадке яблони, листья интенсивнее отдают воду, дефицит воды выше, плоды мельче и с большим содержанием сухого вещества. Урожай плодов с дерева в 3 раза меньше, чем в варианте 5×3 м, но зато с единицы площади несколько больше. При уплотненной посадке (5×1 м) с 1 га можно дополнительно получить до одной и более 1 т плодов яблони, чем при схеме 5×3 м.

### Библиографический список

1. Метлицкий З.А. Некоторые особенности роста и плодоношения 10-14-летних деревьев яблони при уплотненной строчной посадке / З.А. Метлицкий, В.П. Трусов // Сб. научных работ / Научно-исслед. зональный институт садоводства нечерноземной полосы. – 1977. – Т. 10. – С. 28-35.
2. Пьяников В.Т. Водный режим деревьев яблони в зависимости от схемы их посадки / В.Т. Пьяников // Сборник работ по селекции и агротехнике плодовых и ягодных культур. – 1975. – Т. 5. – С. 36-40.
3. Дергач В.С. Особенности роста яблони в насаждениях с уплотненным размещением растений / В.С. Дергач // Основные направления интенсификации садоводства в Сибири. – Барнаул, 1982. – С. 14-16.
4. Маслов С.П. Продуктивность яблони при разных схемах посадки / С.П. Маслов, Н.И. Проскурина // Селекция, сор-

тоизучение, агротехника плодовых и ягодных культур, 1980. – Т. 10. – Ч. 1. – С. 84-85.

5. Кудрявцев Р.П. Анатомические особенности и фотосинтез листьев яблони в зависимости от условий освещения / Р.П. Кудрявцев, В.В. Храменко // Сб. научных работ научно-исследовательского зонального ин-та садоводства Нечерноземной полосы. – 1977. – Т. 10. – С. 137-143.

6. Кушниренко М.Д. Физиология водобмена и засухоустойчивости плодовых растений / М.Д. Кушниренко. Кишинев: ШТИИНЦА, 1975. – 216 с.

7. Филиппов Л.А. Формирование свойств засухоустойчивости листьев яблони в период их роста под влиянием внешних условий / Л.А. Филиппов // Физиология растений. – 1964. – Т. 11. – Вып. 3. – С. 529-530.

8. Филиппов Л.А. Оценка состояния водного режима яблони (по оводненности листьев) / Л.А. Филиппов // Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии. – 1959. – № 2. – С. 17-20.

9. Гусев Н.А. Некоторые методы исследования водного режима растений / Н.А. Гусев. Л.: Всесоюз. бот. общ-во АН СССР, 1960. – 61 с.

10. Кушниренко М.Д. Методы изучения водного обмена и засухоустойчивости плодовых растений / М.Д. Кушниренко, Э.А. Гончарова, Е.М. Бондарь. Кишинев:

Ред.-издат. отдел Акад. наук Молдавской ССР, 1970. – 78 с.

11. Еремеев Г.Н. Методы оценки засухоустойчивости плодовых культур / Г.Н. Еремеев // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды Л.: Колос, Ленингр. отд-е, 1976. – С. 111-115.

12. Василевская В.К. Формирование листа засухоустойчивых растений / В.К. Василевская. – Ашхабад: АН Туркм. ССР, 1954. – 184 с.

13. Фомин Л.В. Продолжительность роста клеток палисадной паренхимы листа яблони и динамика в изменении поглощения воды этими клетками / Л.В. Фомин // Труды Горьковского с.-х. ин-та. – 1963. – Т. 1. – С. 103-111.

14. Фомин Л.В. Строение и отдельные показатели водного режима палисадной паренхимы листьев двух сортов яблони из ущелья Кондары / Л.В. Фомин, М.М. Фомина // Известия АН Тадж. ССР. – 1970. – 2 (39). – С. 30-37.

15. Фомин Л.В. Полярная сократимость клеток мезофилла листа / Л.В. Фомин. – Барнаул: Алтайский сельскохозяйственный институт. – 73 с. Библ. 24 названий. Депонир. в ВИНТИ 21.09.88. – № 7058. – В-88.

16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

