

УДК: 634.8.07

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ
РАДИАЦИИ И ВЛАГИ В
АМПЕЛОЦЕНОЗАХ С РАЗЛИЧНОЙ
СТРУКТУРОЙ НАСАЖДЕНИЙ
И АРХИТЕКТУРОЙ РАСТЕНИЙ**

Штирбу Андрей
канд. биол. наук,
зав. отделом виноградарства

*Национальный научный центр
«Институт виноградарства
и виноделия им. В.Е. Таирова»,
пгт. Таирова, Украина*

В работе рассматриваются некоторые физиологические эффекты продукционного процесса растений в ампелоценозах с различной структурой насаждений и архитектурой растений. Показано, что в условиях юга Украины приход фотосинтетически активной радиации в течение вегетации составляет 4,5-7,7 МДж/м²/день. В зависимости от структуры насаждений и архитектуры растений поглощение фотосинтетически активной радиации варьирует от 33 до 59 ГДж/га/день, а дневной расход влаги на транспирацию – 1,42-2,38 мм/га. Наиболее высокие значения коэффициента эффективности использования солнечной радиации и влаги на биосинтетические процессы выявлены при площади питания кустов 3 x 1,25 м, особенно на среднештамбовых формировках с вертикальным ведением прироста (горизонтальный кордон и Гюйо двуплечий).

Ключевые слова: ВИНОГРАД,
АМПЕЛОЦЕНОЗ, СТРУКТУРА
НАСАЖДЕНИЙ, АРХИТЕКТУРА
РАСТЕНИЙ

UDC: 634.8.07

**EFFICIENCY OF USE
OF RADIATION AND WATER
RESOURCES IN AMPELOCENOSIS
WITH DIFFERENT STRUCTURE
AND PLANT ARCHITECTURE**

Shtirbu Andrey
Cand. Biol. Sci.
Head of Viticulture Department

*National Scientific Center
«Institute of Viticulture and Wine-making
named after V.E. Tairov»,
Tairovo, Ukraine*

The paper studies some physiological effects of plant productivity in vineyards with different plantation structure and plant architecture. It has been established that the receipt of photosynthetic active radiation under the conditions of Southern Ukraine contents of 4,5-7,7 MJ/m²/day during vegetation. Depending of vineyard structure and plant architecture the absorption of photosynthetic active radiation is within the range from 33-59 GJ/ha/day; the use of water for transpiration – 1,42-2,38 mm/ha/day. From our data we concluded that the high values of absorbed photosynthetic active radiation's coefficient and coefficient of transpiration established in vineyards with surface of nutrition 3 x 1,25 m, especially on low horizontal cordon and Guyot bi-lateral.

Key words: GRAPES,
AMPELOCENOSIS,
PLANTATION STRUCTURE,
ARCHITECTURE OF PLANTS

Введение. Солнечная радиация и влага являются необходимыми факторами для процесса фотосинтеза растений. В полевых условиях солнечная радиация не поддается регулированию, однако ее количество, по-

глощаемое листьями, в значительной степени зависит от агротехнического воздействия на растения. Часть энергии квантов поглощенного растениями света участвует в фотохимических реакциях, в результате которых происходит восстановление энергетических молекул НАДФ и АТФ, используемых для многочисленных физиолого-биохимических реакций, протекающих в тканях и клетках. В естественных условиях приход солнечной радиации превышает уровень ее использования в фотохимических реакциях. Поэтому часть поглощенных растениями квантов света расходуется на тепловую диссипацию, индуцируемую в основном молекулами каротиноидов, входящих в состав светособирающих комплексов, а также излучается в виде флуоресценции [1, 2].

Перечисленные пути реализации в растениях солнечной радиации тесно связаны с потреблением влаги, необходимой для реакций фотолиза воды и снижения температуры путем ее испарения, повышающейся в результате тепловой диссипации части квантов, в связи с чем уровень потребления влаги растениями тесно связан с количеством поглощенной солнечной радиации [3].

Однако в условиях дефицита подаваемой из корней влаги часть поглощенной энергии, не используемой на фотосинтез и фототранспирацию, расходуется на нагрев тканей листьев на свету, и градиент температуры между листом и воздухом может быть больше нуля. В результате такого воздействия в растениях, особенно относящихся к группе с С-3 типом фотосинтеза, значительно изменяются физиолого-биохимические процессы, связанные в основном с торможением процессов биосинтеза и усилением дыхания [4, 5].

Продуктивность посевов и насаждений зависит от количества поглощенной растениями фотосинтетически активной радиации (ФАР) и использования ее в процессе фотосинтеза на биосинтез органической продукции. Общепринятая технология выращивания винограда на шпалере

позволяет широко задавать параметры структуры насаждений, представляющей характер распределения растений на земельном участке, и архитектуры кустов – размера, расположения в пространстве ассимиляционной поверхности.

В ампелоценозах структуру насаждений и архитектуру кустов следует рассматривать как основополагающие факторы продуктивности и агротехнологии, позволяющие управлять продукционным процессом растений, а также задавать уровень поглощения солнечной радиации и ее использования на биосинтез продукции [6, 7].

Отмеченное свидетельствует о важности количественной оценки агроприемов, структуры насаждения или сортов винограда с точки зрения поглощения энергии солнечной радиации и эффективности ее использования на образование органической продукции.

Вышеизложенные положения позволяют предположить, что в районах с неустойчивым увлажнением, где часто бывают засушливые периоды в летние месяцы, ампелоценозы с заданными параметрами поглощения солнечной радиации в разной степени способны обеспечить получение максимально возможного урожая, лимитируемого запасами почвенной влаги. Для проверки данной гипотезы в настоящей работе нами поставлена цель: оценить эффективность использования ресурсов радиации и влаги в ампелоценозах с разной структурой насаждений и архитектурой растений.

Объекты и методы исследований. Объектом для исследования явились физиологические процессы поглощения растениями солнечной радиации и потребления почвенной влаги. Биологическим материалом для исследований были технические сорта винограда Рубин таировский, Сухолиманский белый и Одесский черный, в насаждениях с различными схемами посадок и системами формирования кустов.

Схема опыта включает следующие варианты изучаемых ампелоценозов (сорт / площадь питания / формировка / ведение побегов):

- Рубин таировский / 3 х 1,5 м / горизонтальный кордон / вертикальное;
- Рубин таировский / 3 х 1,5 м / горизонтальный кордон / свободное;
- Сухолиманский белый / 3 х 1,25 м / горизонтальный кордон / вертикальное;
- Сухолиманский белый / 3 х 1,5 м / спиральный кордон / свободное;
- Одесский черный / 3 х 1,25 м / Гюйо двухсторонний / вертикальное;
- Одесский черный / 3 х 1,5 м / Веер на штамбе / вертикальное.

Схема опыта построена на принципе оптимальности и целесообразности. Опытные участки заложены в ННЦ «ИВиВ им. В.Е. Таирова» на черноземе южном, тяжелосуглинистого механического состава. Виноградник не орошаемый, содержание почвы под черным паром. Шпалерные ряды размещены с севера на юг.

Моделирование кроны виноградных кустов. В целях применения количественного подхода к описанию архитектуры растений осуществляется их моделирование в виде геометрических фигур. Для этого ежемесячно в течение вегетации проводили линейные измерения фитометрических параметров габитуса растений, определяли длину (х), ширину (у) и высоту (z) кроны кустов.

Следует отметить, что представление кроны куста в виде геометрической фигуры является известным приближением к ее реальной форме. Вследствие слабого развития или выпада отдельных кустов, а также неравномерного распределения побегов в ряду могут иметь место пустоты, дающие определенные погрешности. Тем не менее, подобно тому, как урожай в опыте рассчитывается на полную занятость делянки кустами, так

и при фитометрических измерениях габитуса кроны принимается, что в ряду имеются все кусты, а шпалера заполнена достаточно однородной фитомассой.

Методика определения поглощения растениями солнечной радиации.
Для определения количества поглощенной солнечной радиации кроной одного ряда использовали данные измерений фитометрических параметров габитуса кроны кустов, прихода ФАР и относительных потоков радиации.

Значения месячной суммарной солнечной инсоляции (Q) и рассеянной радиации (Q_a), падающей на горизонтальную поверхность, представлены по усредненным данным (за 22 летний период, с 1983 по 2005 гг.) Центра данных метеорологических исследований НАСА.

По значениям прямой (Q_s) и рассеянной радиации рассчитывали приход ФАР (Q_f), исходя из общепринятых эмпирических коэффициентов: $Q_f = 0,43 \cdot Q_s + 0,57 \cdot Q_a$ (рис. 1).

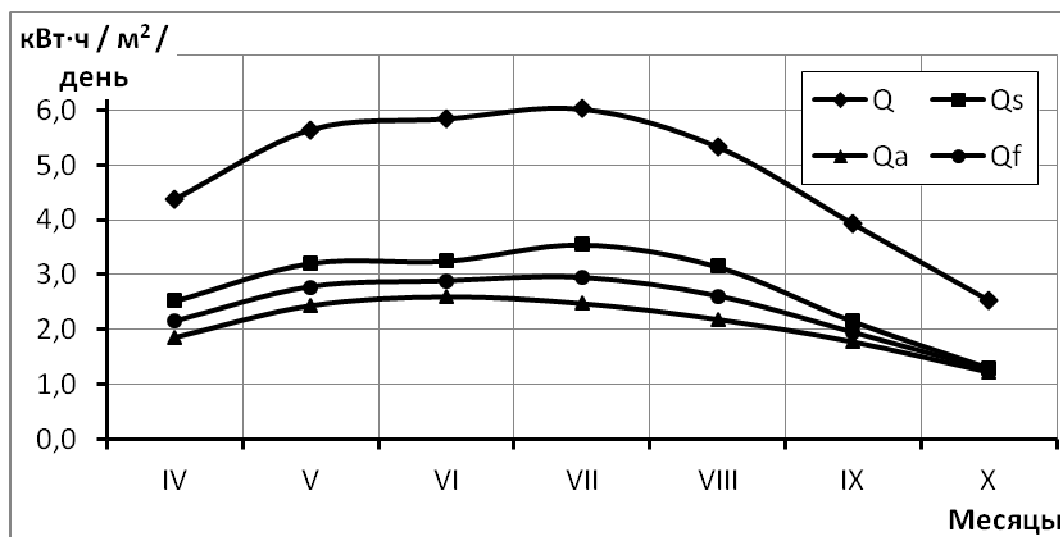


Рис. 1. Радиационный режим опытного участка (широта 46°, долгота 30°), кВт·ч/м² горизонтальной поверхности / день

Согласно существующим представлениям, экспериментальное определение приходящей и поглощенной ФАР растениями в условиях просвечивания кроны, при низких значениях индексов листовой поверхности, невозможно. Однако, когда растение имеет достаточно плотную крону, для

определения поглощенной кустом солнечной радиации целесообразно использовать методику, в основе которой лежит принцип моделирования кроны винограда геометрической фигурой.

При этом поглощение радиации (Q_{af}) определяется как сумма потоков радиации, проникающей в крону через все ее стороны (I):

$$Q_{af} = \sum (Q_i - R_i) \cdot S_i \quad (I)$$

где Q_i – приход ФАР, падающей на поверхность (i) с площадью S_i ;

R_i – плотность лучистого потока, отраженного стороной (i) с площадью S_i .

Для определения разницы между приходом и отражением солнечной радиации ($Q_i - R_i$) нами использованы значения относительных потоков радиации (ОПР), определяемые по формуле II:

$$\text{ОПР} = \frac{(Q_i - R_i)}{Q_f}, \text{ откуда } Q_i - R_i = \text{ОПР} \cdot Q_f \quad (II)$$

Зная величину ОПР и Q_f можно рассчитать $Q_i - R_i$ для каждой стороны кроны и затем определить поглощение солнечной радиации всей кроной (Q_{af}). В опыте нами использованы значения ОПР, представленные в табл. 1.

Таблица 1 – Относительные потоки радиации за день в период вегетации по декадам (по А.Г. Амирджанову [8])

Сторона кроны	Месяцы, декады													
	VI			VII			VIII			IX			X	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Верхняя	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Восточная и западная	0,44	0,41	0,40	0,39	0,38	0,38	0,38	0,39	0,41	0,42	0,43	0,45	0,47	0,49
Северная	0,16	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10
Южная	0,32	0,32	0,32	0,33	0,36	0,41	0,46	0,52	0,62	0,70	0,79	0,91	1,07	1,20

Пример расчета.

Дневной приход ФАР в июне составляет 2,88 кВт·ч/м²/день, что в энергетическом эквиваленте равняется 10,37 МДж/м²/день. Солнечные лучи поступают на все стороны куста. По табл. 1 находим:

- для верхней стороны кроны $Q_1 - R_1 = 0,90 \times 10,37 = 9,33$ МДж/м²/день,
- для восточной и западной стороны кроны $Q_2 - R_2 = 0,44 \times 10,37 = 4,56$ МДж/м²/день,
- для северной и южной стороны $Q_3 - R_3 = 0,16 \times 10,37 = 1,66$ МДж/м²/день и $Q_4 - R_4 = 0,32 \times 10,37 = 3,32$ МДж/м²/день, соответственно.

Параметры крон кустов, в расчете на 1 ряд: $x = 100$ м, $y = 0,5$ м, $z = 1,0$ м.

$$Q_{af} = 9,33 \times 100 \times 0,5 + 4,56 \times 100 \times 1,0 \times 2 + 1,66 \times 0,5 \times 1,0 + 3,32 \times 0,5 \times 1,0 = 1381$$

МДж / стандартный ряд / день.

Величина поглощенной радиации виноградником (33 ряда/га) в день составит:

$$Q_{af} = 1381 \cdot 33 = 45,6 \text{ ГДж / га / день.}$$

Методика определения потребления растениями влаги. Определение транспирационных расходов проведено с помощью актинометрического метода. Для расчета транспирации (Т) использовали формулу III:

$$T = \frac{Q_{af}}{K_T} \quad (\text{III})$$

где Q_{af} – количество поглощенной растениями ФАР;

K_T – скрытая теплота испарения, равная 2420 Дж / г воды.

Пример расчета.

Величина Q_{af} виноградником в день составляет 45573 МДж / га.

Отсюда: $T = \frac{45573}{0,002024} = 22516141$ г, или 2,25 мм влаги / га / день.

Следует отметить, что более 90% Q_{af} используется на транспирацию, которая обеспечивает верхний ток влаги в растениях и постоянную температуру ассимиляционного аппарата. При дефиците подаваемой из корней влаги часть поглощенной энергии не используется на фотосинтез и фототранспирацию, а расходуется на нагрев тканей листьев на свету.

В районах неустойчивого увлажнения, к которым относится территория юга Украины, где количество осадков в период вегетации варьирует от 230 до 340 мм, а гидротермический коэффициент (ГТК) от 0,5-0,7 до 0,9-1,1, определение абсолютной транспирации с помощью актинометрического метода может давать существенные погрешности. Поэтому в практических целях целесообразно использовать термин – *максимально возможная транспирация* (T_M), или расход влаги на транспирацию при условном отсутствии водного дефицита.

Методика определения биомассы растений. У древесных многолетних растений, в том числе винограда, подавляющая часть пластических веществ используется на рост вегетативной и генеративной массы. Часть ассимилятов затрачивается на рост корней, утолщение штамба и рукавов, а также откладывается в этих органах в запас. Определение всей массы фотосинтетической продукции винограда в полевых условиях связано с большими методическими и техническими трудностями. Поэтому за величину биологического урожая принимают обычно сухую массу однолетних побегов (с листьями) и гроздей.

Для изучения накопления биомассы растений винограда при различной структуре насаждений и архитектуре кустов интерес представляет период от фазы цветения до полного созревания ягод. Именно в этот период кроны кустов винограда на шпалерах смыкаются и образуют единый контур, который существенно зависит от площади питания растений, формирования кустов и способа ведения однолетнего прироста. До фазы цветения кроны кустов винограда имеют «ажурное» строение, освещаются равномерно, независимо от структуры насаждений и архитектуры кустов.

Определение биомассы растений винограда проводили в фазы цветения и созревания ягод в следующей последовательности:

- а) по вариантам опыта отбирали 10-15 побегов, соответствующих параметрам среднего побега;
- б) в лабораторных условиях проводили замеры длины и массы побегов, количества и массы листьев и пасынковых побегов;
- в) из сырой биомассы, учитываемых органов (побегов, листьев, пасынков), отбирали навески в 3-х кратной повторности, которые высушивали до абсолютно сухой массы;
- г) для определения сухой массы гроздей в момент уборки урожая отбирали по 5 гроздей, характерных для сорта, которые взвешивали до и после высушивания;
- д) рассчитывали: сухую биомассу побегов, умножая среднюю массу одного побега на количество побегов, развитых на кусте; сухую биомассу пасынков, умножая среднюю массу пасынков, приходящихся на один развитый побег, на количество побегов куста; сухую биомассу листьев, умножая среднюю массу листьев одного побега на количество развитых побегов; сухую биомассу гроздей, умножая среднюю массу грозди на количество гроздей, развитых на кусте.

Определение коэффициентов использования ФАР на биосинтетические процессы. Эффективность использования солнечной радиации ампелоценозами на образование биомассы оценивали по показателю поглощенной растениями ФАР (η_{Af}), который рассчитывали по формуле IV:

$$\eta_{Af} = \frac{q \cdot \Delta m}{Q_{Af}} \cdot 100\% \quad (IV)$$

где q – энергоемкость 1 г сухой биомассы;

Δm – прирост сухой биомассы в интервале времени τ ;

Q_{af} – величина ФАР, поглощенная ампелоценозом за время τ .

В опыте значения q приравнивали к 16,8 кДж [8]. Прирост биомассы растений Δm определяли в интервале времени τ : от фазы цветения до фазы созревания ягод. За величину Q_{af} принимали сумму среднесуточного поглощения растениями ФАР, умноженную на продолжительность соответствующих декад и месяцев, за период от фазы цветения до фазы созревания ягод.

Определение эффективности использования влаги на биосинтетические процессы. Экономичность транспирационного расхода воды на образование органической продукции оценивали с помощью показателя коэффициента полезного действия транспирации (η_T), характеризующего эффективность использования транспирационной воды на образование органической продукции, выраженной в энергетических единицах (V):

$$\eta_T = \frac{q \cdot \Delta m}{Q_T} \cdot 100\% \quad (V)$$

$q \cdot \Delta m$ – количество энергии в области ФАР (Дж), связанной в процессе фотосинтеза на образование биомассы;

Q_T – затраты поглощенной радиации на транспирацию, Дж.

Увеличение η_T означает уменьшение транспирационного расхода влаги на создание единицы массы органического вещества, то есть повышение эффективности процесса транспирации.

Метеоусловия. В годы проведения исследований (2013-2014 гг.) метеоусловия характеризовались повышенным температурным режимом (среднегодовая температура составила 12,0 °С, что выше среднеемноголетних значений на 1,5 °С) и неоднородным количеством осадков (в 2013 году сумма осадков за вегетационный период составила 253,8 мм, в 2014 году – 181,5 мм; при норме 224,5 мм). ГТК в 2013 году за вегетационный период составил 0,7; в 2014 году – 0,5.

Обсуждение результатов. Проведенные наблюдения и фитометрические измерения роста и развития кустов винограда в период вегетации позволили выявить, что на начальных стадиях морфогенеза процесс роста молодых побегов и листьев винограда идет медленно и осуществляется за счет потребления резервных веществ, накапливаемых в многолетних частях кустов и корнях.

В период после распускания почек до третьей декады мая молодые листья достигают половины своих конечных размеров. С этого момента листья проявляют донорные свойства, а акропетальный ток ассимилятов сменяется базипетальным током [9].

В начале третьей декады мая на шпалерно-рядовых насаждениях винограда с вертикальным ведением побегов после проведения первой, так называемой «зеленой» подвязки, кроны кустов в ряду смыкаются и образуют приближенный прямоугольный параллелепипед высотой 80-100 см., шириной 30-40 см. На формировках со свободным ведением зеленых побегов вместо первой подвязки проводится заводка между сдвоенными проволоками; создаются кроны высотой 60-80 см., шириной 40-50 см.

С третьей декады мая и до второй декады июня (начало роста ягод) темпы роста побегов и листьев приближаются к максимальным значениям, среднесуточный прирост побегов достигает 10 см [10]. В этот период после проведения второй «зеленой» подвязки размеры крон кустов на среднештамбовых формировках достигают высоты 100-120 см., ширины 40-50 см; на высокоштамбовых формировках 80-100 и 60-80 см, соответственно.

В период роста ягод, вследствие изменения донорно-акцепторных связей, темпы роста побегов резко снижаются. В этот период основная часть ассимилятов используется для роста и развития генеративных органов (ягод, семян) [11]. В конце июня-начале июля, при вертикальном ведении побегов, высота кроны составляет 120-140 см., ширина 50-60 см.; при свободном ведении – 80-100 и 60-100 см.

В течение июля процессы роста побегов завершаются и в начале августа прекращаются, в связи с подготовкой растений к зимовке. Параметры крон кустов винограда существенно не изменяются и поддерживаются на прежнем уровне [12].



Рис. 2. Архитектура крон растений винограда при различном формировании кустов, 1 декада августа 2013 года

На рис. 2 показана архитектура габитуса крон кустов при различной системе формирования. Габитус сомкнутых в ряду крон на среднештамбовых формировках с вертикальным ведением прироста приближенно моделируется в виде прямоугольного параллелепипеда, на высокоштамбовых со свободным ведением прироста – овального или круглого цилиндра.

Параметры архитектуры габитуса крон растений винограда являются основными факторами, определяющими уровень поглощения солнечной радиации. Установлено, что для условий юга Украины ампелоценоз с различной структурой насаждений в июне в среднем за день поглощает около 40-52 ГДж/га ФАР, а в июле в связи с увеличением инсоляции – 49-59 ГДж/га. К концу вегетации, с уменьшением инсоляции дневное поглощение ФАР в ампелоценозах снижается до 33-38 ГДж/га.

Поглощение ФАР виноградником было выше на сильнорослых сортах, особенно в густых посадках (рис. 3).

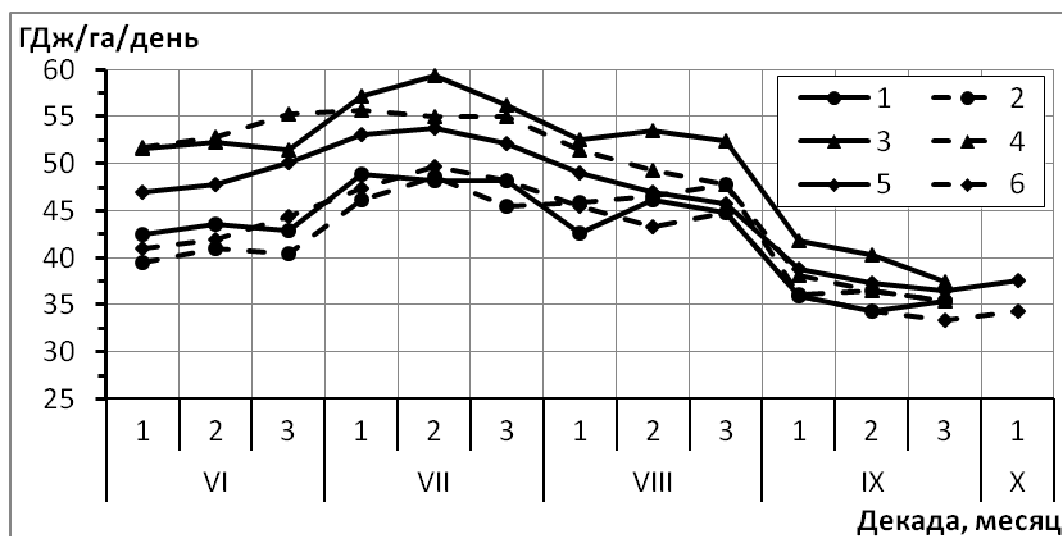


Рис. 3. Динамика дневного поглощения ФАР в ампелоценозах с различной структурой насаждений и архитектурой растений, в среднем за 2013-2014 гг.

Уровень поглощения ФАР агроценозом оказывает закономерное влияние на транспирационные расходы влаги. Расчетные данные показывают, что для растений винограда в солнечный день на транспирацию расходуется от 84 до 97%, а на теплообмен с воздухом – 3-16% от поглощенной растениями ФАР [13]. Учитывая, что большая часть ФАР расходуется на транспирацию и сравнительно небольшая – на конвективный теплообмен с воздухом, то для практических целей транспирационный расход виноградника возможно приравнять к поглощенной ФАР в качестве водного эквивалента, который рассчитывается, исходя из затрат энергии на скрытую теплоту испарения воды около 2420 Дж на 1 г воды, независимо от механизма превращения жидкой воды на внешней стороне клеток в паробразную [4].

Наши расчеты показывают, что наибольшие транспирационные расходы влаги наблюдаются в первой половине вегетации. В условиях юга Украины в июне-июле расход влаги на транспирацию варьирует от 1,7 до

2,4 мм/га/день. По мере снижения инсоляции и уровня поглощения растениями ФАР во второй половине вегетации транспирационные расходы снижаются до 1,4-1,7 мм/га/день (рис. 4).

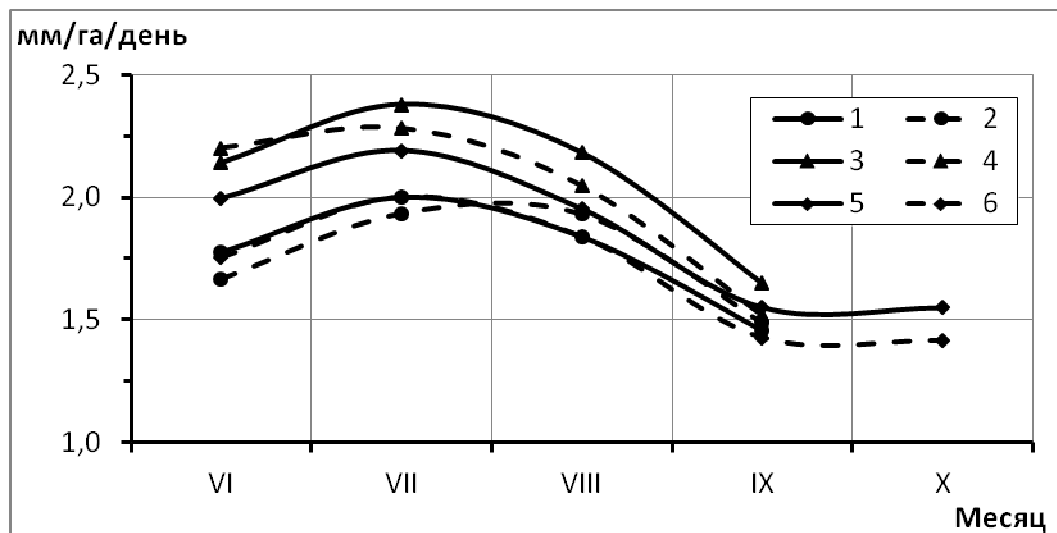


Рис. 4. Динамика транспирационного расхода влаги в ампелоценозах с различной структурой насаждений и архитектурой растений, в среднем за 2013-2014 гг.

В общепринятом понимании эффективность агроценозов зависит от количества поглощенной растениями энергии ФАР и использования ее в процессе фотосинтеза на образование биомассы. При этом энергетическая эффективность агроценоза как фотосинтезирующей системы оценивается по значению КПД поглощенной ФАР на образование биомассы в процессе фотосинтеза (η_{af}).

На рис. 4 показано, что значения η_{af} слабо варьируют в зависимости от года проведения исследований и ведения побегов (Рубин таировский), но изменяются в широком интервале (от 1,17 до 2,14%) в зависимости от силы роста сорта и площади питания кустов. Относительно высокими уровнями η_{af} в пределах 2013-14 гг. характеризуются насаждения с площадью питания кустов 3 x 1,25 м. У сорта Сухолиманский белый значения η_{af} в этих насаждениях изменяются в интервале 1,96-2,14%; у Одесского черного – от 1,47 до 1,81%.

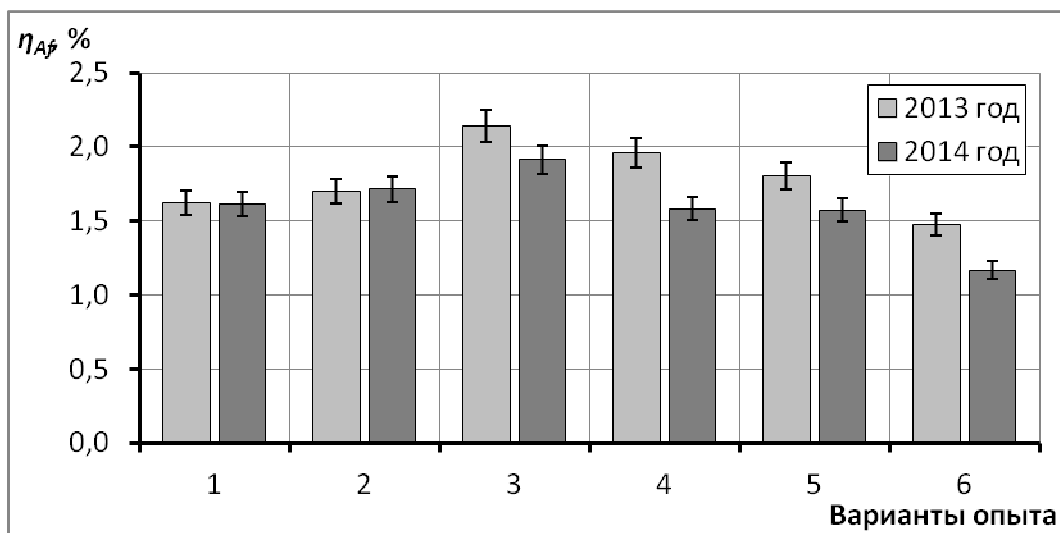


Рис. 4. КПД поглощенной ФАР (η_{af}) в ампелоценозах с различной структурой насаждений и архитектурой растений, %

Если η_{af} характеризует энергетическую эффективность агроценоза как светопоглощающей и фотосинтезирующей системы, то η_T характеризует эффективность использования транспирационной влаги на образование биомассы. Сопоставление данных η_T по вариантам опыта указывает на аналогичную закономерность с показателем η_{af} (рис. 5).

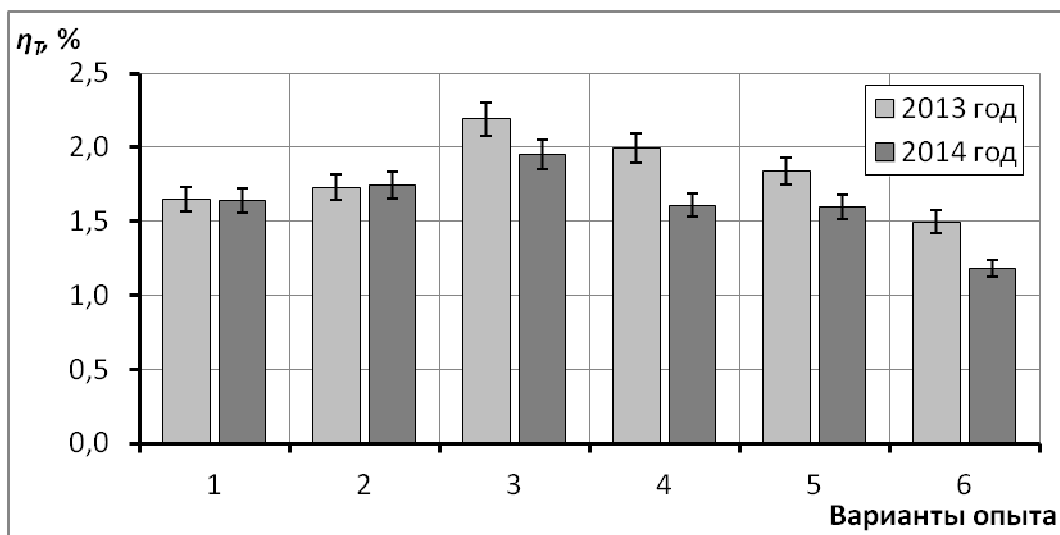


Рис. 5. КПД транспирации (η_T) в ампелоценозах с различной структурой насаждений и архитектурой растений, %

По степени использования влаги на биосинтез органической продукции насаждения с вертикальным ведением побегов близки к насаждениям

со свободным ведением побегов, на фоне одинаковой площади питания кустов (Рубин таировский); значения η_T составляют 1,64-1,74%. Независимо от формирования кустов с увеличением их количества на единицу площади до 2666 на 1 га, по сравнению с 2222 кустов на 1 га, значения η_T возрастают до 2,00-2,19% (Сухолиманский белый) и 1,50-1,84% (Одесский черный). По-видимому, для условий, ограничивающих потенциал растений (недостаток влаги, низкое плодородие и др.), увеличение ФД может идти за счет уплотнения кустов в ряду до оптимальных значений.

Следует отметить, что четкой зависимости между урожаем и расходом воды на его формирование не обнаруживается. Данные А.Г. Амирджанова показывают, что на протяжении вегетации значения транспирационного коэффициента (соотношение использования воды к синтезу биомассы растений) варьируют в большом интервале – от 290 до 3700 [13]. Причем, между транспирационным коэффициентом ($\sum K_T$) и уровнем КПД ФАР обнаруживается обратная зависимость. Расчеты автора показывают, что при урожайности в 10,0 т/га сырой массы гроздей и КПД ФАР, равном 1%, уровень $\sum K_T$ составит 4800 м³/га, а при КПД ФАР – 1,5% величина $\sum K_T$ снизится до 2800 м³/га.

Следовательно, для повышения уровня КПД ФАР и урожайности необходимо создать структуру насаждений с высоким потенциалом продуктивности, которая обеспечивала бы относительное уменьшение использования влаги на транспирацию.

Увеличение КПД ФАР в данном случае возможно только за счет повышения функциональной активности ассимиляционного аппарата, то есть на единицу поглощающей листовой поверхности должно синтезироваться больше органических веществ.

Интенсификация работы листового аппарата может быть достигнута путем усиления нагрузки на единицу фотосинтетического аппарата за счет усиления роста потребляющих органов. В виноградарстве приемом, регу-

лирующим донорно-акцепторные отношения, может послужить применение регуляторов роста на основе естественных фитогормонов, стимулирующих рост гроздей и ягод [14-16].

Изучение функциональной активности фотосинтетического аппарата, проведенное нами ранее [17-20], позволило выявить определенные закономерности. Так, при выращивании винограда на вертикальной одноплоскостной шпалере в большинстве случаев создаются кроны с очень высокой плотностью листовой поверхности (отношение площади листьев к объему кронового пространства).

Для таких оптических систем характерно наличие затененных листьев, функционирующих в условиях недостатка солнечной радиации и использующих паразитный тип питания – потребление ассимилятов растения для поддержания нормального дыхания. По-видимому, данное обстоятельство может быть основой для обоснования различий по уровню КПД ФАР и $\sum K_T$ виноградника.

Анализ вышеизложенных положений дает основание заключить, что одной из приоритетных задач агротехнических исследований по виноградарству является разработка и внедрение конструктивных особенностей архитектуры виноградных насаждений, кроны которых бы отличались оптимальными фитометрическими характеристиками, при условии максимального поглощения ФАР и эффективного расходования воды на транспирацию. Для виноградных насаждений, размещенных в условиях неустойчивого увлажнения, максимальная их продуктивность будет достигаться при оптимальном соответствии между водным и радиационным балансом растений.

Данные литературы [13], а также наши исследования [21, 22], показывают, что с точки зрения использования энергии солнечной радиации систему культуры винограда с рядовой посадкой и вертикальным размещением побегов нельзя признать совершенной.

Аргументом могут служить следующие положения:

- а) высокая относительная инсоляция, способная при недостаточном уровне увлажнения вызвать физиолого-биохимические изменения, связанные со стрессом;
- б) высокая плотность листьев в кроновом пространстве, создающая эффект затенения и снижающая эффективность использования падающей солнечной радиации;
- с) слабая заполненность земельного пространства виноградника фотосинтезирующей листовой массой.

Устранение признаков несовершенства выращивания винограда на вертикальной одноплоскостной шпалере, на наш взгляд, возможно:

— за счет оптимизации площади листьев на единицу объема кронового пространства, при которой происходило бы равномерное освещение всей ассимиляционной поверхности куста; регулирование данного параметра возможно с помощью подбора для конкретных условий оптимальной густоты кустов в ряду и конструктивных особенностей ведения кустов, а также проведением операций с зелеными частями растений (обломка побегов, их прищипывание, пасынкование, чеканка и дефолиация) и др.;

— за счет увеличения числа шпалерных рядов на единицу площади; при таком подходе будет увеличен показатель индекса листовой поверхности (отношения площади листовой поверхности растительного покрова к площади занимаемой им почвы), который является одним из основных показателей, характеризующих способность листьев поглощать солнечную энергию и положительно коррелирующих с биологическим урожаем;

— за счет изменения конструкции опор: перспективным является использование Y-образных и горизонтальных шпалер, потенциал фотосинтетической продуктивности которых может быть приближен к ценозам, имеющим сплошной листовой покров; внедрение в производство данных

конструкторских решений в условиях Северной границы промышленного виноградарства возможно только при подборе сортов новой селекции, отличающихся высокой зимостойкостью.

Безусловно, на данном этапе возникает противоречие между биологическими и организационно-экономическими аспектами продуктивности винограда и, в то же время, необходимость поиска решения, которое удовлетворяло бы в наибольшей степени как биологическим, так и технологическим аспектам проблемы, не утрачивает своей актуальности. В своей основе такое решение должно основываться, прежде всего, на особенностях структуры насаждений и архитектуры кустов винограда, предусматривающей наиболее полное и равномерное распределение ассимиляционного аппарата по всей горизонтальной площади винограда.

Разработка системы мероприятий для решения поставленных проблем является необходимой для внедрения рациональных технологий возделывания культивируемых сортов, с целью управления продукционным процессом и качеством урожая. Регулирование продуктивности на основании фитометрических характеристик кроны растений винограда позволит приблизить урожайность к потенциальным возможностям с наибольшим экономическим эффектом.

Выводы. Метод оценки прихода и использования растениями фотосинтетически активной радиации позволяет при сравнительно небольших затратах труда выявить физиологические критерии продуктивности винограда и установить эффективность продукционного процесса ампелоценозов, в том числе использования ресурсов радиации и влаги.

Ампелоценозы с исследуемой структурой насаждений и архитектурой кустов отличаются низким уровнем биологической продуктивности, что требует дальнейшего изучения и разработки биоадаптивных схем посадок и формировок кустов, которые в условиях недостаточного естест-

венного влагообеспечения должны отвечать оптимальным соответствием между водным и радиационным балансом растений.

Разработка критериев оптимизации условий радиационного режима в зависимости от факторов увлажнения позволит на этапе принятия проектных решений по сортовому составу, площади питания растений, формирования кустов и устройства шпалеры создавать ампелоценозы с максимальной эффективностью использования природных ресурсов.

Литература

1. Штирбу, А. Особенности функциональной активности листьев у растений винограда (*Vitis vinifera* L.) в зависимости от условий освещения / А. Штирбу // Садівництво: міжв. тем. наук. зб. / Інститут садівництва НААН України [редкол. : М.О. Бублик (відп. ред) та ін.]. – Київ, 2012. – Вип. 66. – С. 242-254.
2. Штирбу А. Особливості онтогенетичних змін активності фотосинтетичного апарату листків у виноградних рослин (*Vitis vinifera* L.) при щепленні на різні підщепи / А. Штирбу, Н. Шадура // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. - Львів, 2012. – Вип. 59. – С. 294-300.
3. Алехина, Н. Физиология растений: учебник для студ. вузов / Н. Алехина, Ю. Балконин, В. Гавриленко / [под ред. : И. Ермакова] – Москва : Изд. Центр «Академия», 2005. – 640 с.
4. Шульгин, И. Энергетический баланс и физиологические критерии продуктивности посевов сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата / И. Шульгин // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем: Труды Института глобального климата и экологии Росгидромета и РАН. – Москва, 2013. – Т. 25. – С. 224-250.
5. Schultz HR. The eco-physiology of grapevine canopy systems – learning from models / HR Schultz, P. Pieri, S. Poni, E. Lebon // Recent Advances in Grapevine Canopy Management. Dedicated to Emeritus Professor W. Mark Kliewer / University of California. – Davis, 2009. P. 7-12.
6. Штирбу, А.В. Архитектура виноградных насаждений как основа регулирования продуктивности / А.В. Штирбу // Виноградарство і виноробство: міжв. наук. тем. зб. / ННЦ «ІВіВ ім. В.Є. Таїрова» НААН України [редкол.: Н. Мулюкіна (відп. ред), В. Власов та ін.]. – Одеса, 2014. – Вип. 51. – С. 257-260.
7. Власов, В. Енергетичний баланс ампелоценозів при різній структурі насаджень та архітектурі рослин / В. Власов, А. Штирбу // Вісник аграрної науки – 2015 (в печаті).
8. Амирджанов, А.Г. Методические указания по учету и контролю важнейших показателей фотосинтетической деятельности винограда в насаждениях для ее оптимизации : метод. указ. / А.Г. Амирджанов, И. Шульгин, Д. Сулейманов.– Баку, 1982.– 59 с.
9. Буханцов, В.Г. Особенности донорно-акцепторных отношений у семенного и бессемянного сортов винограда в связи с применением регуляторов роста: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Москва, 1991. – 22 с.

10. Штирбу, А.В. Физиолого-биохимические особенности роста побегов у интродуцированных сортов винограда в условиях Молдовы / А.В. Штирбу // *Lucrări științifice: Agronomie / Universitatea agrară de stat din Moldova*. [red.-șef: Gh. Cimpoeș]. - Chișinău: Centrul editorial UASM, 2011. - Vol. 29. - P. 107-114.
11. Дерендовская, А.И. Рост и продуктивность побегов у сортов винограда, привитых на различные подвои / А. Дерендовская, А. Штирбу // *Știința agricolă*, 2009.- nr. 1. P. 7-11.
12. Штирбу, А.В. Рост стеблевых частей кустов винограда при различной системе формирования / А.В. Штирбу, Н.А. Сивак // *Виноградарство і виноробство: міжв. наук. тем. зб. – Одеса: ННЦ «ІВіВ ім. В.Є. Таїрова», 2013. – Вип. 50. – С. 283-286.*
13. Амирджанов, А.Г. Солнечная радиация и продуктивность виноградаря / А.Г. Амирджанов. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1980. – 208 с.
14. Дерендовская, А.И. Регуляция роста, развития и продуктивности растений / А.И. Дерендовская, Г.И. Николаеску, А.В. Штирбу, О.Ф. Ткачук, С.А. Жосан // *Материалы VI-й Международной научной конференции. - Минск, 2009. - С. 43.*
15. Дерендовская, А.И. Реакция столовых сортов винограда на обработку соцветий гиббереллином / А.И. Дерендовская, Г. Николаеску, А. Штирбу, О. Ткачук, С. Жосан, Д. Михов // *Știința agricolă*, 2010. – nr. 2.– P. 12-16.
16. Дерендовская, А.И. Применение регуляторов роста в технологии возделывания столовых сортов винограда / А. Дерендовская, Н. Перстнев, Е. Морошан, Г. Николаеску, А. Штирбу, О. Ткачук, С. Жосан, С. Каббани // *Lucrări științifice: Agronomie / Universitatea agrară de stat din Moldova*. [red.-șef: Gh. Cimpoeș]. – Chișinău: Centrul editorial UASM, 2011. – Vol. 29. – P. 142-150.
17. Штирбу, А.В. Функциональные характеристики листьев столовых сортов винограда, привитых на различные подвои, в зависимости от условий освещенности / А.В. Штирбу // *Виноградарство и виноделие. Сб. научн. тр. НИВиВ «Магарач». Том XLI.– ч. 2. – Ялта, 2011. С. 10-13.*
18. Дерендовская, А.И. Параметры фотосинтетической деятельности листьев интродуцированных столовых сортов винограда при прививке на различные подвои / А.И. Дерендовская, О. Китаев, А. Штирбу // *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: Мат. IX междунар. симп.– Москва: РУДН, 2011.- Т. I.- С. 53-55.*
19. Дерендовская, А.И. Влияние подвоев на продуктивность интродуцированных столовых сортов винограда / А.В. Дерендовская, А.В. Штирбу // *Интродукция нетрадиционных и редких растений. Материалы IX-й Международной научно-методич. конференции. – Мичуринск-наукоград, 2010. – С. 17-21.*
20. Дерендовская, А.И. Показатели фотосинтетической деятельности столовых сортов винограда при прививке на различные подвои / А. Дерендовская, А. Штирбу // *Lucrări științifice: Agronomie / Universitatea agrară de stat din Moldova*. [red.-șef: Gh. Cimpoeș]. – Chișinău: Centrul editorial UASM, 2011. - Vol. 29. - P. 37-44.
21. Дерендовская А.И. Физиологические особенности привитых растений винограда: монография / А.И. Дерендовская, А.В. Штирбу. – Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. - 140 с.
22. Власов, В. Теоретическое обоснование оптимизации светового режима в шпалерно-рядовых насаждениях винограда / В. Власов, Е. Власова, А. Штирбу // *Horticultură, viticultură și vinificație, silvicultură și grădini publice, protecția plantelor: lucrări științifice. / Universitatea agrară de stat din Moldova*. [red.-șef: Gh. Cimpoeș]. – Chișinău : Centrul editorial UASM, 2013. – Vol. 36. – P. I. – С. 229-233.