

УДК 634.8.07

© 2016

## ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС АМПЕЛОЦЕНОЗІВ ЗА РІЗНОЇ СТРУКТУРИ НАСАДЖЕНЬ ТА АРХІТЕКТУРИ РОСЛИН

*В. В. Власов,*

*член-кореспондент НААН,  
доктор сільсько-  
господарських наук*

*А. В. Штірбу*

*кандидат  
біологічних наук*

*Національний науковий  
центр «Інститут  
виноградарства  
і виноробства  
імені В. Є. Таїрова»*

**Мета.** Дослідити енергетичний баланс ампелоценозів та виявити їх ефективність. **Методи.** Польовий, лабораторний і енергобалансовий. Дослідження проведено в 2013–2015 рр. на технічних сортах винограду Рубін таїровський, Сухолиманський білий та Одеський чорний. **Результати.** На підставі даних прибуткової і витратної частини енергетичного балансу встановлено коефіцієнти ефективності поглинутої та загальної фізіологічно активної радіації ампелоценозів з різною структурою насаджень та архітектурою рослин. **Висновки.** Метод енергетичного балансу дає змогу експериментально вивчити величину надходження сонячної радіації, її поглинання листками і посівами в окремих ділянках спектра, істинний фотосинтез та інші процеси. У перспективі цей метод можна використати в дослідженнях продукційного процесу рослин винограду і розробці сучасних агротехнологій.

**Ключові слова:** виноград, ампелоценоз, енергетичний баланс, структура насаджень, архітектура рослин.

Величина біологічної продукції рослин в агроценозах тісно пов'язана з фотосинтетичною діяльністю (ФД) — процесом трансформації поглинутої енергії світла в хімічну енергію органічних речовин. Відомо, що в рослинах понад 90% сухої біомаси накопичується завдяки ФД і тільки близько 10% — завдяки мінеральному живленню. Однією з найактуальніших проблем рослинництва, зокрема й виноградарства, є виявлення можливостей отримання максимальної продуктивності та урожайності вирощуваних культур. Збільшення коефіцієнта корисної дії (ККД) агроценозів є найбільш нагальною проблемою під час вирішення завдань продовольчої безпеки та економічної ефективності.

Нині за дослідження культур суцільної сівби для вивчення ККД агроценозів використовують метод енергетичного балансу (ЕБ), який дає змогу експериментально вивчати величину надходження сонячної радіації, її поглинання листками і посівами в окремих ділянках спектра, а також істинний фотосинтез, транспірацію, теплообмін та ін. На основі енергобалансової моделі та реалізації сценарію ЕБ посівів можна оцінювати потенційну та фактичну вологозумовлену врожайність, транспірацію та ефективність

використання фізіологічно активної радіації (ФАР) на біосинтез біомаси [8].

На відміну від агроценозів суцільної сівби, виноград у культурі вирощують в основному на шпалері, що дає змогу широко задавати параметри структури насаджень (характер розподілу рослин на земельній ділянці) та архітектури рослин — розміру, розташування асиміляційної поверхні в просторі. В ампелоценозах структуру насаджень та архітектуру кущів слід розглядати як основні чинники продуктивності та агротехнології, що дасть можливість управляти продукційним процесом рослин, а також задавати рівень поглинання ФАР та її використання на біосинтез продукції [4–7]. Однак метод ЕБ, який базується на прибутку і витратах ФАР на різні фізіологічні процеси, в ампелоценозах вивчено недостатньо.

**Мета досліджень** — вивчення можливості використання методу ЕБ в дослідженнях продукційного процесу рослин винограду та оцінки ефективності ампелоценозів за різної структури насаджень і архітектури рослин.

**Методи досліджень.** Дослідження проведено в 2013–2015 рр. на технічних сортах винограду Рубін таїровський, Сухолиманський

білий та Одеський чорний. Ампелоценози цих сортів відрізняються між собою схемами садіння (структурою насаджень) і системами формування кущів (архітектурою рослин). Схему досліду розроблено за принципом оптимальності та доцільності. Контроль — крайній варіант. Дослідну ділянку створено в ННЦ «Інститут виноградарства і виноробства імені В.Є. Таїрова» на чорноземі південному важкосуглинковому на лесах. Виноградник не зрошуваний, утримання ґрунту під чорним паром. Шпалерні ряди розташовані в напрямку північ — південь. ЕБ агроценозу за одиницю біологічного часу для спектра ФАР визначали за рівнянням:

$$Q_{Af} = Q_M + Q_T + Q_f + Q_{ir}$$

*Прибуткова частина ЕБ ампелоценозу:*  
 $Q_{Af}$  — поглинута ФАР;  $Q_{Af} = Q \cdot k_f \cdot A_f$ , де  $Q$  — сума сумарної радіації за періоди активної ФД рослин, розрахована для координат дослідної ділянки за середніми значеннями за 1983–2005 рр., представленими Центром даних метеорологічних досліджень НАСА [9];  $k_f$  — коефіцієнт переходу  $Q$  до сумарної радіації в спектрі ФАР ( $Q_f$ ), що дорівнює 0,48 [8];  $A_f$  — коефіцієнт поглинання ФАР ампелоценозом, розрахований на підставі вимірювання фітотометричних параметрів габітусу крон рослин протягом вегетації, а також середніх відносних потоків радіації на верхню (0,9), східну і західну сторони крони кущів (0,38–0,48) [2].

*Витратна частина ЕБ:*  $Q_M$  — енергія ФАР, акумульована в біомасі;  $Q_M = M \cdot q$ , де

$M$  — абсолютно суха біомаса;  $q$  — енергоємність 1 г сухої біомаси, що дорівнює 16,8 кДж [2];  $Q_T$  — енергія транспірації;  $Q_f$  — енергія нагріву листя, що дорівнює енергії  $Q_T$  у період дефіциту вологи в шарі розташування кореневої системи та закривання продихів листя;  $Q_{ir}$  — енергія ФАР регуляторно-інформаційних процесів, у середньому дорівнює 1–2% від  $Q_{Af}$  [1].

**Результати досліджень.** Продукційний період, або період формування річної продукції рослин винограду, залежить від строків дозрівання ягід і становить у сортів Рубін таїровський та Сухолиманський білий в середньому 130 днів, у сорту Одеський чорний — 140 днів. За цей час прибуток  $Q$  у спектрі 0,29–4 мкм становить 25,4–26,3 тис. ГДж/га горизонтальної поверхні. Однак велике значення для більшості фізіологічних процесів рослин має сонячна радіація, поглинута в спектрі 380–750 нм ( $Q_f$ ), або ФАР. У вужчому спектрі (380–710 нм) відбуваються високоенергетичні світлозалежні процеси — істинний фотосинтез  $P'$ , фотосинтез  $P_f$ , фотодихання  $R_f$ , фототранспірація  $T_f$ , а також теплообмін між листком і повітрям  $t_f$  [8]. В енергетичному вираженні  $Q_f$  становить 48% від  $Q$  (таблиця).

Агроценози культур суцільної сівби або культур, які покривають листовою поверхнею усю площу живлення, забезпечують поглинання  $Q_f$  близько 80% за умов оптимального співвідношення площі асиміляційної поверхні і площі живлення в інтервалі 4–5 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> [8]. Деревні і чагарникові культури, зокрема виноград, вирощують у рядових насадженнях, листовою поверхнею

**Енергетичний баланс ампелоценозів з різною структурою насаджень та архітектурою рослин (у середньому за 2013–2015 рр.)**

Компоненти енергетичного балансу	Сорт/площа живлення кущів, м/формування/ведення приросту					
	Рубін таїровський/3×1,5/ГК		Сухолиманський білий		Одеський чорний	
	вертикальне	вільне	3×1,25/ГК вертикальне	3×1,5/СК вільне	3×1,25/ГД вертикальне	3×1,5/ВШ вертикальне
Прибуткова сумарна радіація (Q) за продукційний період сортів, ГДж/га	26354	26354	25394	25394	25394	25394
У тому числі ФАР (Q <sub>f</sub> ), ГДж/га-продукційний період	12650	12650	12189	12189	12189	12189
Поглинута Q <sub>f</sub> за продукційний період (Q <sub>Af</sub> ), ГДж/га	5821	6063	6248	6184	6064	5445
Акумульована в біомасі енергія (Q <sub>M</sub> ), ГДж/га	95	105	162	128	126	88
Витрати поглинутої Q <sub>f</sub> на максимально можливу транспірацію (Q <sub>T</sub> ), ГДж/га	5638	5867	5993	5963	5847	5276

Примітка: ГК — горизонтальний кордон; СК — спіральний кордон; ГД — Гюйо двосторонній; ВШ — віяло на штаблі.

яких покриває площу живлення неповно. Через це частина ФАР потрапляє на поверхню ґрунту, яка в шпалерно-рядкових насадженнях винограду з шириною міжрядь 3 м сягає 40–60% [3]. Тому значення  $A_f$  за періоди ФД ампелоценозів нижчі, ніж в агроценозах суцільної сівби.

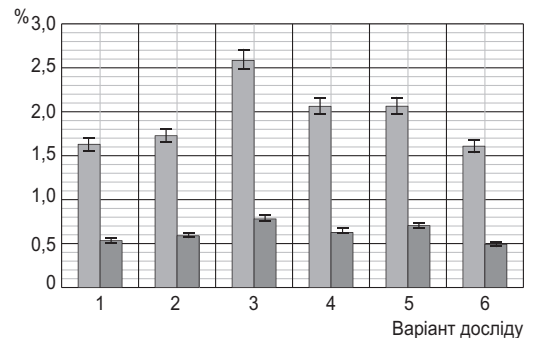
Визначення  $A_f$  деревно-чагарникових насаджень можливе лише завдяки показникам відносних потоків радіації  $Q_f$  на горизонтальну та бокові сторони модельних крон рослин (рядів), а також динаміки фітотричних параметрів габітусу крон у період активної ФД. Для шпалерно-рядкових насаджень винограду на середньоштабових формуваннях і вертикальному веденні пагонів крони кущів моделюють у вигляді призми, а весь ряд із зімкнутими кронами — прямокутного паралелепіпеда; на високоштабових формуваннях габітус крони моделюють у вигляді еліптичного чи круглого циліндра. В умовах дослідів за весь період активної ФД ампелоценозів (III декада травня — I та II декади вересня) з досліджуваними параметрами структури насаджень та архітектури кущів поглинута  $Q_f$  сягає 5,4–6,2 тис. ГДж/га, або 45–51% від прибуткової радіації, яка потрапляє на горизонтальну поверхню  $Q_f$ .

Акумуляована в біомасі енергія ( $Q_m$ ) є найінформативнішим показником ефективності агроценозу. Визначення всієї маси річної фотосинтетичної продукції деревно-чагарникових культур пов'язано з методичними та технічними труднощами. Тому в дослідженнях з виноградом за величину біологічної продукції беруть масу однорічних пагонів, листя та грона [2]. Значення  $Q_m$  дослідних ампелоценозів залежно від структури насаджень та архітектури кущів варіюють у великому інтервалі (95–162 ГДж/га). Достовірні зміни  $Q_m$  виявляють в ампелоценозах різних за силою росту сортів і площею живлення кущів. У разі загущення насаджень до 2666 кущів/га, порівняно з 2222 кущів/га, показник  $Q_m$  зростає на 26% (Сухолиманський білий) та 43% (Одеський чорний). Порівняно з чинником ведення пагонів на фоні однакової площі живлення кущів (Рубін таїровський) значення  $Q_m$  змінюється лише на 5%.

Понад 90%  $Q_{Af}$  використовується на транспірацію (Т), яка забезпечує рух речовин у рослинах і постійну температуру асиміляційного апарату. Виходячи із затрат енергії на теплоту випаровування води, яка становить близько 2500 кДж на 1 г води, незалежно від механізму трансформації стану із рідкої в газоподібну, можна визначити кількість вологи на максимально можливу Т. Співвідношення Т і  $Q_m$  дає значення транспіраційного коефіцієнта (ТК).

Ефективність агроценозів залежить від кількості поглинутої рослинами енергії ФАР і використання її в процесі фотосинтезу на біосинтез біомаси. Енергетичну ефективність агроценозу, як фотосинтезувальної системи, оцінюють за значенням ККД поглинутої ФАР на створення біомаси в процесі фотосинтезу ( $\eta_{Af}$ ). Значення  $\eta_{Af}$  слабо варіюють залежно від чинника і ведення пагонів кущів за різного їх формування (Рубін таїровський), але змінюються в широкому інтервалі (від 1,61 до 2,59%) під впливом сили росту сорту та площі живлення кущів (рисунок). Відносно високими рівнями  $\eta_{Af}$  у межах 2013–2015 рр. характеризуються насадження з площею живлення кущів 3×1,25 м. У сорту Сухолиманський білий значення  $\eta_{Af}$  у цих насадженнях у середньому становить 2,59%; Одеського чорного — 2,06%.

Якщо  $\eta_{Af}$  характеризує енергетичну ефективність агроценозу, то  $\eta_t$  характеризує ефективність використання сонячної радіації одиницею земельної площі. Порівняння даних  $\eta_t$  за варіантами дослідів свідчить про аналогічну закономірність з показником  $\eta_{Af}$ . За ступенем використання прибуткової ФАР на істинний фотосинтез насадження з вертикальним веденням пагонів близькі до насаджень з вільним веденням пагонів (на фоні однакової площі живлення кущів, сорт Рубін таїровський); значення  $\eta_t$  становлять 0,53–0,59%. Зі збільшенням кількості кущів на одиницю площі до 2666 кущів/га незалежно від формування значення



**ККД поглинутої ( $\eta_{Af}$ ) і прибуткової ФАР ( $\eta_t$ ) ампелоценозів з різною структурою насаджень та архітектурою кущів, в середньому за 2013–2015 рр.**

**Варіанти дослідів (Сорт / Площа живлення кущів, м / Формування / Ведення приросту: 1 — Рубін таїровський / 3×1,5 / ГК / вертикаль.; 2 — Рубін таїровський / 3×1,5 / ГК / вільне; 3 — Сухолиманський білий / 3×1,25 / ГК / вертикаль.; 4 — Сухолиманський білий / 3×1,5 / СК / вільне; 5 — Одеський чорний / 3×1,25 / Гойо / вертикаль.; 6 — Одеський чорний / 3×1,25 / ВШ / вертикаль.; □ —  $\eta_{Af}$ ; ■ —  $\eta_t$**

$\eta_f$  збільшуються до 0,78% (Сухолиманський білий) і 0,70% (Одеський чорний), порівняно з 2222 куща/га (0,63 та 0,49% відповідно). Очевидно, за умов, які обмежують потенціал продуктивності рослин (дефіцит вологи, низька родючість ґрунту та ін.), збільшення ФД можливе завдяки ущільненню кущів у ряду до оптимальних значень.

Загалом фактичні значення  $\eta_f$  (0,49–0,78%) досліджених ампелоценозів відносно низькі

для агроценозів. Причин цього багато, серед них мала кількість опадів за рік [2], характерна для помірно-континентального клімату. Однак таке припущення потребує подальшого вивчення, оскільки, по-перше, кількість опадів у доступному вираженні залежить від рельєфу ділянки; по-друге, коренева система винограду проникає глибоко (на 2–3 м і більше) і може використовувати продуктивну вологу підземних горизонтів.

## Висновки

*Метод енергетичного балансу, що враховує надходження сонячної радіації і витрати її рослинами, має високу інформативність та дає змогу встановити ефективність продукційного процесу ампелоценозів і виявити механізми впливу того чи іншого чинника на біологічну продуктивність. Ампелоценози з досліджуваною структурою насаджень та архітектурою кущів вирізняються низьким рівнем біологічної продуктивності, що потребує подальшого вивчення і розробки біоадаптивних схем садіння і формувань кущів, які в умовах недостатнього*

*природного вологозабезпечення мають відповідати оптимальним співвідношенням водного і радіаційного балансів рослин. У перспективі метод енергетичного балансу можна використати під час оцінки загальної та господарсько цінної максимально можливої продуктивності, мінімально необхідної кількості продуктивної вологи для отримання такої продукції, а також виявлення потенційної врожайності винограду, зумовленої фактичними запасами продуктивної вологи, за інших оптимальних умов росту.*

## Бібліографія

1. *Алехина Н.Д.* Физиология растений: учебник для студ. вузов/Н.Д. Алехина, Ю.В. Балнокин, В.Ф. Гавриленко; [под ред. И.П. Ермакова]. — М.: Академия, 2005. — 640 с.
2. *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.А. Шульгин, Д.С. Сулейманов. — Баку, 1982. — 59 с.
3. *Власов В.В.* Теоретическое обоснование оптимизации светового режима в шпалерно-рядовых насаждениях винограда/В.В. Власов, Е.Ю. Власова, А.В. Штирбу//Horticultură, viticultură și vinificație, silvicultură și grădini publice, protecția plantelor: lucrări științifice/Universitatea agrară de stat din Moldova. [red.-șef: Gh. Cimpoieș]. — Chișinău : Centrul editorial UASM, 2013. — V. 36. — P. 1. — С. 229–233.
4. *Дерендовская А.И.* Параметры фотосинтетической деятельности листьев интродуцированных столовых сортов винограда при прививке на различные подвой/А.И. Дерендовская, О.И. Китаев, А.В. Штирбу// Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: Мат. IX междунар. симп. — М.: РУДН, 2011. — Т. 1. — С. 53–55.
5. *Дерендовская А.И.* Физиологические особенности привитых растений винограда: монография/А.И. Дерендовская, А.В. Штирбу. — Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. — 140 с.
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». — Одеса, 2014. — Вип. 51. — С. 257–260.
7. *Штирбу А.В.* Особенности функциональной активности листьев у растений винограда (*Vitis vinifera* L.) в зависимости от условий освещения/А.В. Штирбу//Садівництво: міжв. тем. наук. зб./ Інститут садівництва НААН. — К., 2012. — Вип. 66. — С. 242–254.
8. *Шульгин И.А.* Энергетический баланс и физиологические критерии продуктивности посевов сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата/И.А. Шульгин//Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем: Труды Ин-та глобального климата и экологии Росгидромета и РАН. — М., 2013. — Т. 25. — С. 224–250.
9. *Atmospheric Science Data Center: Surface meteorology and Solar Energy [Prediction of Worldwide Energy Resource Project].* NASA Langley Research Center (Document generated on Feb, 2015).
10. *The eco-physiology of grapevine canopy systems — learning from models/H.R. 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.*

*Надійшла 26.05.2015.*