

## ОСОБЛИВОСТІ ФОТОСИНТЕЗУ РОСЛИН ВИДУ *EICHORNIA CRASSIPES* (MART.) SOLMS В ЗОНІ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

*У статті визначені фотосинтетичні характеристики водного гіацинту в залежності від інтенсивності освітлення, проаналізовано якісні зміни у рослинах. Визначені показники інтенсивності фотосинтезу, точки світлонасичення та світлокомпенсації тощо. Проаналізовано можливості акліматизації даної рослини у зону Полісся.*

**Актуальність проведення досліджень.** Водний гіацинт – це представник покритонасінних, зазвичай зустрічається у вигляді плаваючої на поверхні рослини. За типом фотосинтезу – це рослина СЗ [10]. На відміну від занурених макрофітів, листя водного гіацинта, яке росте на відкритій місцевості, може використовувати у повній мірі сонячне світло для процесів фотосинтезу [9].

Для багатьох видів макрофітів лімітуючими факторами є температура води, освітленість і вміст у воді вуглецю [5; 6; 10].

Забезпечення оптимальних умов зростання макрофітів при формуванні біоценозів у водоймах різного призначення – одне з важливих завдань при виробництві кормів, озелененні, створенні біоплато [8]. Воно базується на всебічному вивченні впливу екологічних факторів на ріст і розвиток макрофітів.

Через свою добре розвинену кореневу систему, сильну репродуктивну і сильну всмоктуючу здатність, він широко використовується для очищення стічних вод [8], як корм сільськогосподарських тварин, виробництва біопалива і стали одним з важливих ресурсів у сучасному екологічному сільському господарстві [9].

Інтенсивність, або швидкість процесу фотосинтезу в рослині залежить від ряду внутрішніх і зовнішніх чинників. З внутрішніх чинників найбільш важливе значення мають структура листка і вміст у ньому хлорофілу, швидкість накопичення продуктів фотосинтезу в хлоропластах, вплив ферментів, а також наявність малих концентрацій необхідних неорганічних речовин. Зовнішні параметри – це кількість і якість світла, що потрапляє на листя, температура довкілля, концентрація вуглекислоти і кисню [10].

Важливими характеристиками фотосинтетичних реакцій рослин є показники: максимальна інтенсивність фотосинтезу ( $P_{max}$ ), квантова ефективність (АКЕ), області світлонасичення ( $T_{сн}$ ) та світлокомпенсації ( $T_{ск}$ ) [5; 6; 10].

**Методика проведення досліджень.** Об'єктом дослідження були рослини водного гіацинту. Початковий обсяг заготовівлі фітомаси рослин становив 2 кг на м<sup>2</sup>. Коли біомаса досягла 25 кг на м<sup>2</sup>, по одній рослині (з кожної повторності), що мала 7 ± 3 листя, черешки довжиною верхнього другого листа від 20 ± 5,2 см, та волокнисті коріння довжиною від 35 см були обрані для вимірювання фотосинтезу. Рослини *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms були поміщені в 20 л пластикові ємності з вмістом речовин: кальцієва селітра – 0,600 г/л, калійна селітра – 0,300 г/л; сульфат амонію – 0,060 г/л; суперфосфат – 0,680 г/л, сульфат калію і магнію – 0,340 г/л; хлористе залізо – 0,020 г/л. Кислотність готового розчину додаванням сірчаної кислоти доводять до значення 5,3–5,7 [1], розчин замінюється щотижня. Для розміщення рослин використані дві камери (контрольоване середовище) у кожній по чотири варіанти. Температура повітря, у тому числі максимальна, мінімальна та середня фіксувалися систематично, протягом періоду досліджень.

Вивчення інтенсивності фотосинтезу, фотодихання, темного дихання, транспірації проводили в контролюючих умовах. Було досліджено основних три процеси: 1) вимірювання видимого фотосинтезу (поглинання CO<sub>2</sub> листком, поміщеним в листову камеру [1]); 2) вимірювання фотодихання методом реєстрації амплітуди сплесків виділення CO<sub>2</sub> після затемнення досліджуваного листка [5]; 3) вимірювання темного дихання методом реєстрації інтенсивності виділення CO<sub>2</sub> при затемненні досліджуваного листка після затухання фотодихання [1].

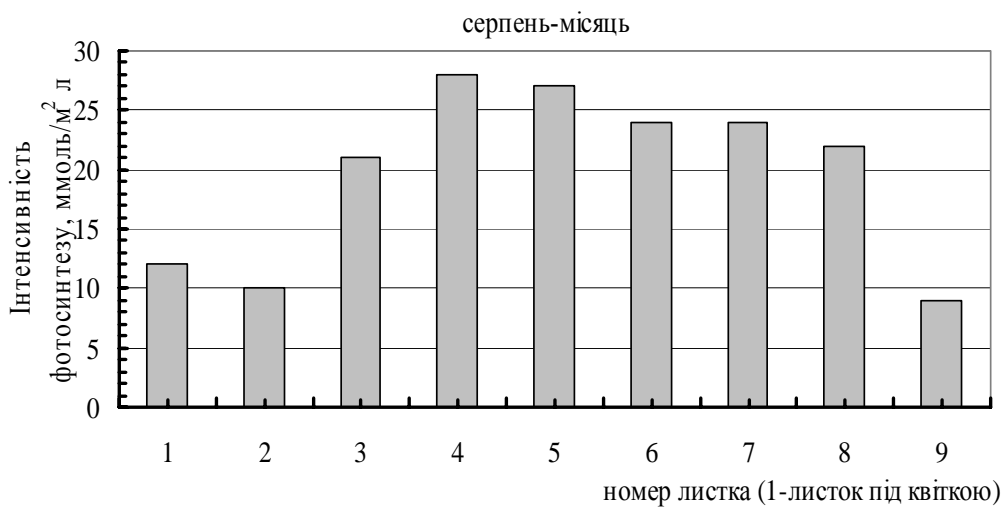
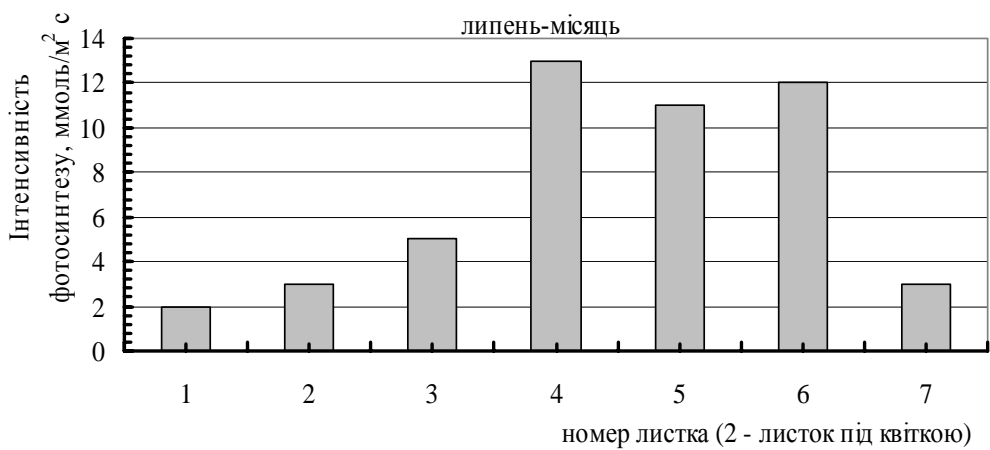
Вимір концентрації CO<sub>2</sub> проводили в потоці атмосферного повітря, який проходив через камеру зі швидкістю 8 л/хв інфрачервоним оптико-акустичним газоаналізатором ПІАМ-5М, підключеним за диференціальною схемою [3; 4; 7].

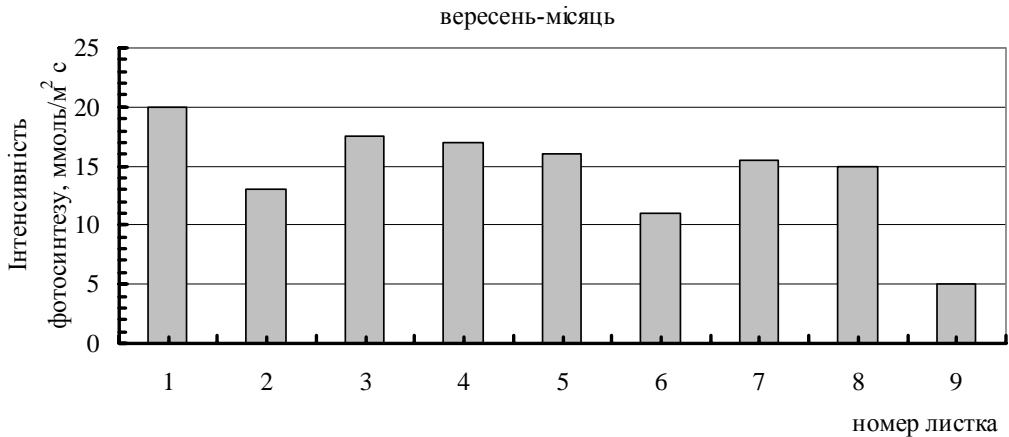
**Результати досліджень.** За фотосинтетичні характеристики *E. crassipes* для зони Полісся взято: максимальну інтенсивність фотосинтезу (P<sub>max</sub>), квантову ефективність, точки світлонасичення та світлокомпенсації.

Для визначення фотосинтетичного потенціалу листового апарату рослин *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms проаналізовано інтенсивність фотосинтезу листя залежно від їх розміщення на рослині та від стадії розвитку.

На рис. 1, показана інтенсивність фотосинтезу на різних стадіях розвитку листка з липня по вересень. Інтенсивність фотосинтезу найвища у наймолодших листках, цей же показник найнижчий у крайніх нижніх листках.

Кількість листів, які виконували фотосинтетичні функції та інтенсивність фотосинтезу листків були трохи відмінні за різні місяці: 4–6 листків в липні, 3–8 листків в серпні, 2–8 листків у вересні, які були фактично близько пов'язані з температурою повітря.





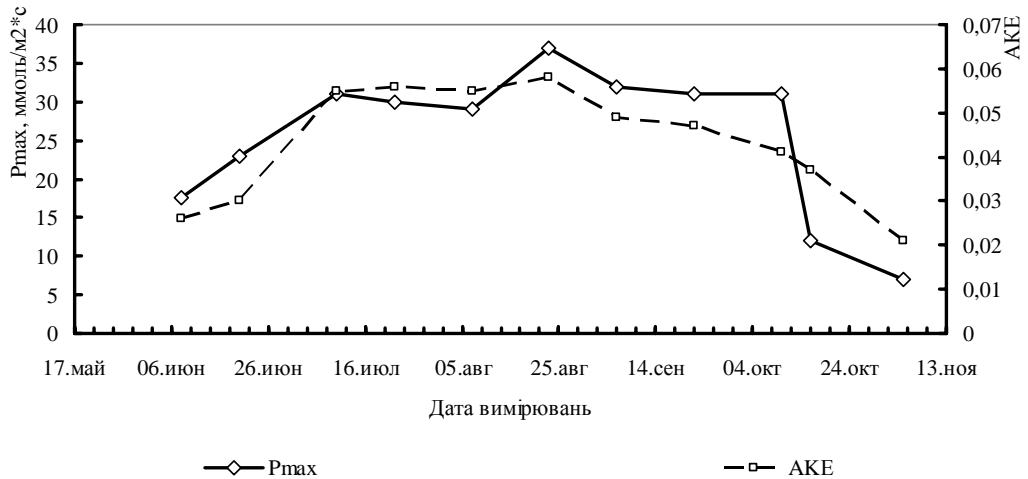
**Рис. 1. Динаміка інтенсивності фотосинтезу в листі ейхорнії із різних ярусів рослини з липня по серпень (2009–2011 роки досліджень)**

У результаті досліджень виявлено, що найвища інтенсивність фотосинтезу характерна для середніх листків, при цьому у липні для 4–6 листків ( $11\text{--}13 \mu\text{моль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ ), мінімальна – для 1 та 2 листків, що знаходяться під квіткою –  $2\text{--}3 \mu\text{моль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ , та 7, зануреного у воду листка ( $3 \mu\text{моль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ ).

У серпні інтенсивність фотосинтезу підвищилася майже у два рази і для 4–6 листків сягнула показника  $24\text{--}27 \mu\text{моль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ , окрім того, досить високі показники інтенсивності фотосинтезу характерні і для інших листків зокрема 3, 7 та 8, де цей показник сягав  $21\text{--}24 \mu\text{моль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ , найнижчі показники характерні для 9 листка, що був занурений у воду, для 1 (листок під квіткою) та 2, у цих листках інтенсивність фотосинтезу була в межах  $9\text{--}12 \mu\text{моль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ .

У вересні місяці інтенсивність фотосинтезу знову впала. Найвища інтенсивність фотосинтезу відмічена була у найвищому 1 листку –  $20 \mu\text{моль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ , при тому що квітка вже завершила цвітіння та не затіняла його. Інтенсивність фотосинтезу у інших листках була майже однаковою ( $12\text{--}17 \mu\text{моль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ ), найнижчий показник інтенсивності фотосинтезу характерний для 9-го зануреного у воду листка –  $5 \mu\text{моль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ .

Як показали результати досліджень, максимальна інтенсивність фотосинтезу була найнижчою в червні, збільшилася в липні, досягла свого піку в серпні, після чого почався спад на вересень, далі спостерігалася різке падіння інтенсивності в жовтні і листопаді, те ж саме спостерігалася і з квантовою ефективністю (АКЕ – індекс, який відображає здатність рослини до використання енергії світла на проміжку від 0 до  $200 \mu\text{моль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ ), (рис. 2).



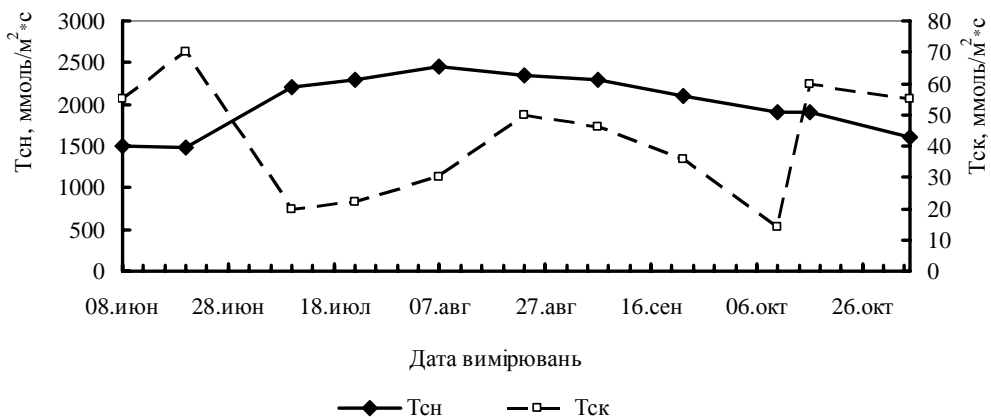
**Рис. 2. Максимальна інтенсивність фотосинтезу ( $P_{max}$ ) та абсолютної квантової ефективності (АКЕ) рослин водного гіацинту в природних умовах протягом 2009–2011 років.**

Швидкість фотосинтезу зростає лінійно, або прямопропорційно збільшенню інтенсивності світла. У міру подальшого збільшення інтенсивності світла наростання фотосинтезу стає все менш і менш вираженим, і, нарешті, припиняється, коли освітленість досягає певного рівня 10000 люкс. Подальше збільшення інтенсивності світла вже не впливає на швидкість фотосинтезу. Область стабільної швидкості фотосинтезу називається областю світлонасичення [6; 10].

Дослідження показали, що у різні періоди року точка світлонасичення у рослин водного гіацинту змінюється (рис. 3). І протягом прохолодних періодів року знаходиться у межах  $1500 \mu\text{моль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ . Починаючи з третьої декади червня точка світлонасичення починає зміщуватися вправо і сягає максимуму у першій декаді серпня ( $2500 \mu\text{моль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ ), що говорить про максимальне використання інтенсивності світла у періоди з високими показниками температури.

Область стабільної швидкості фотосинтезу – це точка світлокомпенсації [6; 10]. Точка світлової компенсації — це результат дії зовнішніх чинників як на інтенсивність дихання, так і на інтенсивність фотосинтезу. Знання величини точки компенсації необхідне при вивченні балансу органічної речовини рослин, оскільки вона вказує на межу між запасанням (тобто можливістю зростання) і витрачанням органічної речовини [10]. Рослини або частини їх з низькою компенсаційною точкою здатні до максимального використання інтенсивності світла, але якщо вони опиняються в середовищі з нижчою за критичну точку освітлення, то вони відмирають [5; 6].

У результаті проведених досліджень виявлено, з липня і до початку жовтня, (рис. 3) вищим є показник  $P_{max}$  і коло інтенсивності використання світла ширше. При цьому точка світлової компенсації має найнижчі показники з першої декади липня і до другої декади листопада ( $10\text{--}50\text{ ммоль/м}^2\cdot\text{с}$ ), тобто у цей період рослини водного гіацинту здатні до максимального використання інтенсивності світла. У інші періоди точка світлової компенсації для рослин водного гіацинту вища за  $50\text{ ммоль/м}^2\cdot\text{с}$ , це говорить про те, що під час прохолодних періодів року використання інтенсивності світла рослинами знижується.



**Рис. 3. Точки світлонасичення (Тсн) та світлокомпенсації (Тск) рослин водного гіацинту у природних умовах за період від червня по листопад (2009–2011 роки досліджень)**

Таким чином, виявлено, що фотосинтетичні характеристики водного гіацинту в зоні Полісся тісно пов'язані з показниками місцевих температур повітря, особливо найнижчих. З середини жовтня по листопад, коли температура повітря стала нижче ніж  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , і інтенсивність фотосинтезу, і абсолютна квантова ефективність рослин різко впали.

**Висновки.** Точка світлокомпенсації водного гіацинту вища, ніж у інших водних рослин, отже, водний гіацинт має дуже широку екологічну нішу фотосинтезу, а відповідно, і адаптивність до різних рівнів освітленості за рахунок підвищення світловикористання у випадку низької інтенсивності світла і збільшення інтенсивності фотосинтезу у разі високої інтенсивності світла. Ці унікальні фотосинтетичні характеристики сприяють максимальному використанню сонячного світла для синтезу органічних речовин і швидкому накопиченню сухої речовини, тим самим, викликаючи більш швидке зростання і накопичення сухої речовини.

**Перспективи подальших досліджень.** Планується подальше вивчення фотосинтетичних особливостей фотосинтезу рослин для визначення особливостей накопичення фітомаси рослин ейхорнії та її біохімічного складу.

### Літератури

---

---

1. *Вознесенский В.Л., Заленский О.В., Семихатова О.А.* Методы исследования фотосинтеза и дыхания растений. М.-Л.: Наука, 1965. – 305 с.
  2. *Карпушкин Л.Т.* Применение инфракрасного газоанализатора для изучения CO<sub>2</sub>-газообмена растений // Биофизические методы в физиологии растений / Под ред. Молотковского Ю.Г. М.: Наука, 1971. – С. 44–71.
  3. *Кумбс Дж.* Метаболизм углерода // Фотосинтез и биопродуктивность: методы определения / Под ред. Мокроносова А.Т. М.: ВО Агропромиздат, 1989. – С. 234–262.
  4. *Лайск А.Х.* Кинетика фотосинтеза и фотодыхания C3-растений. М.: Наука, 1977. – 195 с.
  5. *Оя В.М.* Быстродействующая газометрическая установка для исследования кинетики фотосинтеза листьев // Физиология растений. 1983. – С. 1045–1052.
  6. *Починок Х.Н.* Методы биохимического анализа растений / *Х.Н. Починков.* – К.: Наук. думка, 1976. – 334 с.
  7. *Atkin O.K., Millar A.N., Gardeström P., Day D.A.* Photosynthesis, Carbohydrate Metabolism and Respiration in Leaves of Higher Plants // Photosynthesis: Physiology and Metabolism / Eds Leegood R.C., Sharkey T.D., von Gaemmerer S. Berlin: Springer-Verlag, 2000. P. 153-175.
  8. *Beadle CL, Long SP.* Photosynthesis-is it limiting to biomass production. *Biomass* 8: 119-168.
  9. *olbert NE,* 1980. Photorespiration. In PK Stumpf, EE Conn, eds, *The Biochemistry of Plants, Vol 2.* DD Davies, ed, *Metabolism and Respiration,* Academic Press, New York.
  10. *an TK, Haller WT,* 1976. Comparison of the photosynthetic characteristics of three submersed aquatic plants. *Plant Physiol* 58: 761-768.
- 
-