

УДК 628.315.23

В.М. Пазич
аспірант*

Житомирський національний агроекологічний університет
Рецензент – член редколегії «Вісник ЖНАЕУ», д.с.-г.н. П.П. Надточій

МОДЕЛЬ РЕГУЛЮВАННЯ БІОМАСИ І ПРОДУКТИВНОСТІ ВОДНОГО ГІАЦИНТА

Встановлено середні та максимальні величини сухої та вологої фітомаси водного гіацинту в залежності від умов зростання (глибини водойм, % покриття водної поверхні, трофічного рівня водойми). За отриманими даними побудовано криву приросту, визначено її фази та створено модель росту водного гіацинту.

Актуальність теми досліджень

Збільшення або зменшення чисельності окремих популяцій рослин – результат фізичних, хімічних і біологічних змін. В основному, такі зміни викликаються безконтрольним потоком елементів живлення від міських, сільськогосподарських та індустріальних центрів.

Водяний гіацинт, завдяки своєму життєвому циклу та стратегії виживання, має значну перевагу над іншими видами водних рослин. Його адаптації до багатьох екологічних факторів роблять вимирання цього виду практично неможливим.

Аналіз результатів останніх досліджень

Вестлейк кваліфікував водний гіацинт як дуже продуктивну рослину. За даними, отриманими у Луїзіані (США) і у водах ріки Ніл (Африка), він оцінив, що цей різновид при оптимальних умовах може виробляти до 110–150 тонн органічної речовини з гектара за рік [9].

Широкий діапазон значень продуктивності даної рослини наголошується в літературі. Ці показники були обчислені різними способами (Gopal [5]). Кіплінг і інші [8] оцінюють, що річний обсяг виробництва може бути в межах 269 т/га. Бойд [8] отримав середню продуктивність 194 кг/га/добу в збагаченому на поживні речовини водоймищі. Це свідчить про те, що водний гіацинт має широкий діапазон продуктивності.

Метою даної роботи є характеристика початкової популяції водного гіацинту відносно факторів зовнішнього середовища. Створення моделі оптимальної кількості водного гіацинту у водних об'єктах та визначення кількості фітомаси, необхідної для видалення з об'єкта у випадку перенаселення.

Матеріали і методи

Біомаса визначалася як кількість органічної речовини відносно до площі чи об'єму. Кількість біомаси та об'єм води в даному випадку прямопропорційні, оскільки біомаса рослини зростає при наявності поживного ресурсу.

Біомасу рослин досліджували протягом 3-річного періоду (2009–2011 рр.) шляхом зважування зразків, вимірювання досліджуваної території та визначенням біомаси усієї популяції. З одного квадратного метра були зібрані зразки, осушені протягом 5–7 хвилин, визначено масу.

Для вимірювання росту були обрано 7 відсіків, що знаходились у ботанічному саду Житомирського національного агроекологічного університету, для досліджень було відібрано по 1 кг зразків рослин (обиралися здорові, непошкоджені, з 3–5 листками, однакової ваги – від 30 до 45 г кожен) і розміщені у кожному відсіці (рис. 1). Жива вага отримана тим самим способом.

Приріст рослин визначався за вагою збільшення маси водяного гіацинту на одиницю площі і за одиницю часу, тобто його продуктивність. Кількісна оцінка швидкості росту має важливе значення для контролю чисельності водного гіацинту в умовах Полісся. Швидкість цього показника залежить від таких факторів: віку рослин, клімату, простору та щільності рослин.

Дані, отримані в різних водоймах, щоденні співвідношення темпів росту ($Tr\%$) і часу подвоєння біомаси ($Пб$) були розраховані за формулами Мітчела [4]:

$$Tr\% = \frac{\ln X_t}{\ln X_0} (100); \quad [1]$$

$$Пб = \frac{\ln 2}{Tr}, \quad [2]$$

де X_0 – початкова вага рослин ейхорнії, г,

X_t – вага рослин ейхорнії після t днів.

У дослідженнях охарактеризовані три параметри (біомаса, щільність і темпи приросту). Головні характеристики об'єктів показуються в таблиці 1. Резервуари класифікували як мезотрофні, якщо концентрації фосфору були між 10 і 35 мг/м³, або евтрофні, якщо концентрація фосфору склала від 35 до 100 мг/м³.

Результати і обговорення

Найвищі середні величини біомаси склала 49,6 (2,79), 42,6 (2,39) та 45,7 (2,57) кг/м², і максимальні значення 76 (4,27), 57 (3,20) та 67 (3,76) кг/м², спостерігалися в резервуарах 2, 3 та 7. Це були найменші резервуари, що вивчалися і мали найвищий рівень щільності (таб. 1.). Взагалі, ці значення подібні до тих, що отримані в інших частинах світу [1-3; 6]. Максимальне покриття поверхні загалом спостерігалось, коли площа покриття була найменшою, і відповідно найменший об'єм.

Слід також відмітити те, що приріст рослин водяного гіацинту має найвищі показники у водоймах з незначною глибиною (резервуари 2, 3, 7), найнижча продуктивність зафіксована для найглибших водойм (резервуари 4, 5, 6).

Таблиця 1. Параметри та загальна біомаса рослин *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms у природних умовах водяного середовища

Резервуар	Параметри резервуару						Волога (суха) біомаса		Покриття поверхні	
	температура(°C)	опадів (мм)	площа поверхні (м ²)	об'єм (тис.м ³)	глибина (м)	трофічний рівень	середня (кг/м ²)	максимальна (кг/м ²)	середнє (м ²)	%
1	17,2	1096	38,79	89,22	2,30	мезотрофний	39.5 (2.22)	50.5 (2.84)	3,76	10
2	22,0	900	10,00	4,00	0,40	евтрофний	49.6 (2.79)	76 (4.27)	7,5	75
3	24,4	814	5,70	21,60	0,90	мезотрофний	42.6 (2.39)	57 (3.20)	7,9	33
4	25,3	734	24,00	79,83	14,00	евтрофний	38.8 (2.18)	63 (3.54)	3,378	59
5	15,4	553	17,30	27,00	5,00	евтрофний	35.74 (2.0)	51 (2.87)	4,98	70
6	17.0	609	8,43	126,45	15,00	евтрофний	33.5 (1.88)	51 (2.87)	8,18	80
7	21,1	1237	5,40	33,56	1,94	мезотрофний	45.7 (2.57)	67 (3.76)	1,09	6

Також дослідження показали найвищі показники біомаси, що спостерігалися у резервуарах 2 (49,6 кг/м² вологої та 2,79 кг/м² сухої біомаси), 3 (42,6 кг/м² вологої та 2,39 кг/м² сухої біомаси) та 7 (45,7 кг/м² вологої та 2,57 кг/м² сухої біомаси). Очевидно, це пов'язано з оптимальними температурними умовами зростання (21,1–24,4 °С). Мінімальні показники біомаси спостерігалися у резервуарах 1 (39,5 кг/м² вологої та 2,22 кг/м² сухої біомаси), 4 (38,8 кг/м² вологої та 2,18 кг/м² сухої біомаси), 5 (35,74 кг/м² вологої та 2,0 кг/м² сухої біомаси) та 6 (33,5 кг/м² вологої та 1,88 кг/м² сухої біомаси).

Також дослідження показали, що відсоток покриття водної поверхні пов'язаний із трофічним рівнем водойми. До біогенних елементів, що саме і спричинюють евтрофікацію, відносяться, насамперед, азот, фосфор та кремній у різних сполуках. Найбільше значення мають фосфор та азот, що є обов'язковими елементами тканин будь-якого живого організму.

Концентрація біогенних елементів та їхній режим залежать від інтенсивності біологічних та біохімічних процесів у водоймі й від кількості біогенів, що потрапляють у водойми із стічними водами та поверхневим стоком на площі водозбору. Концентрації азоту та фосфору характеризують трофічність («кормність») водойми.

Надмірна евтрофікація водойм починається при вмісті у воді азоту в концентрації 0,2–0,3 мг/л, фосфору — 0,01–0,02 мг/л.

При переході від оліготрофних водойм до мезотрофних та евтрофних істотно зростає доля амонійного азоту в його загальній кількості.

Так, резервуари, що мали значний рівень евтрофікації (резервуари 2, 4, 5, 6), характеризувалися високим відсотком покриття водної поверхні (59–80 %), мезотрофні (середньоевтрофіковані (1, 3, 7) мали низький показник покриття поверхні (6–33 %). Більш докладна характеристика динаміки продуктивності водяного гіанту за часом на прикладі варіанту 5 показана на рис. 1.

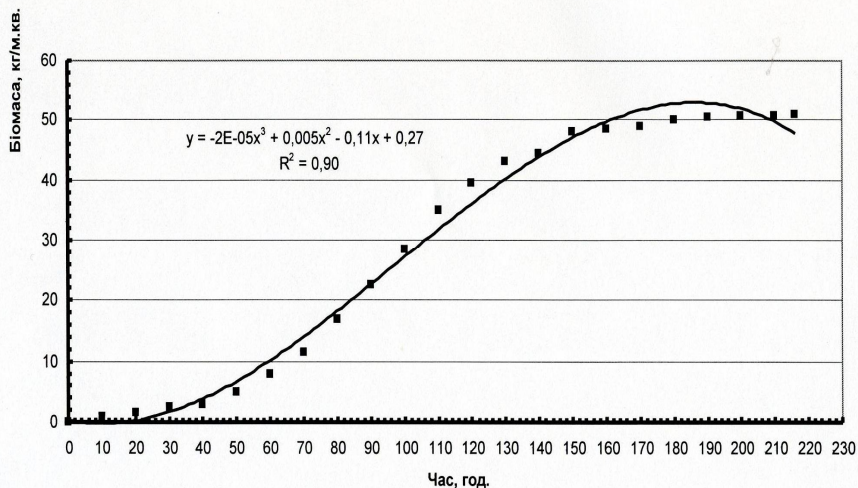


Рис. 1. Зміни ваги водяного гіанту у варіанті № 5.

При оцінці ростових процесів рослин, що культивуються у варіанті 5, визначено характеристики приросту водяного гіацинта для зони Полісся.

За отриманими даними видно, що крива приросту характеризується трьома фазами (рис.1):

- 1) фаза затримки, представлена експоненціальним приростом;
- 2) фаза лінійного приросту,
- 3) повільна фаза експоненціального приросту.

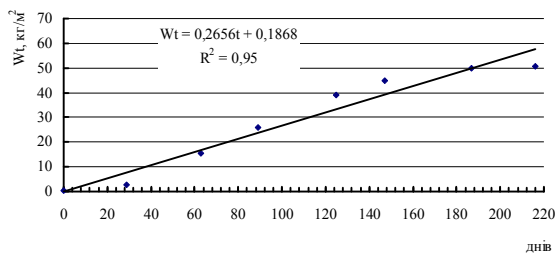
Таблиця 2. Порівняльні дослідження приросту фітомаси водяного гіацинту в резервуарі № 5 у трьох періодах: а – липень–грудень 2009 р., б – січень–квітень 2010 р. і с – квітень–червень 2010 р. (Wt - мокра вага протягом кожного певного часу (кг/м²); r – темп приросту за день (кг); К – максимальне значення отриманої фітомаси (кг/м²); а – час подвоєння біомаси (днів))

№ періоду

Крива приросту фітомаси (Wt, кг/м²) за часом (t, днів)

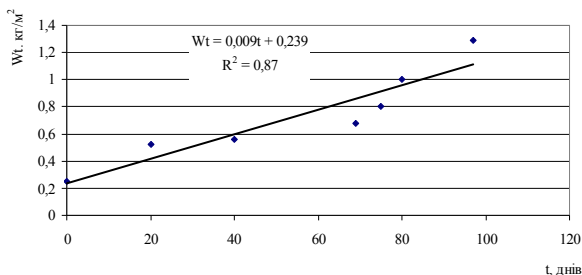
Параметри

а



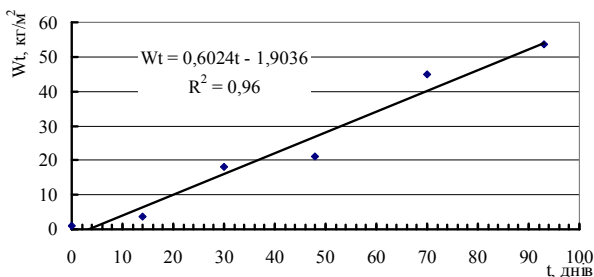
R = 0,0499
K = 51 кг
a = 8,2–8,45
Надійність:
більш ніж 99%

б



R = 0,0162
K = 51 кг
a = 20,3–34,66
Надійність:
більш ніж на 95%

с



R = 0,0722
K = 55 кг
a = 9,34–7,42
Надійність:
більш ніж на 95%

Максимум продуктивності був досягнутий протягом періодів, коли була отримана максимальна біомаса: 51 кг/м² у період з липня по лютий (таб. 2 а), 51 кг/м² з грудня по березень (таб. 2 б) і 55 кг/м² з квітня по червень (таб. 2 с) (ці значення не показуються у відповідних таблицях, так як вказані середні величини). Тому визначено максимальну біомасу, що виявилася близькою до 2,300 г/м² в сухій вазі, при цьому, діапазон значень знаходився в межах 2,101–3,916 г/м². Дослідження у всіх періодах показали чітку лінійну залежність приросту фітомаси з часом при коефіцієнтах детермінації $R^2 = 0,96-0,87$, які можна охарактеризувати як дуже надійні.

Відносно темпів приросту, то середня норма 52 г/м²*добу спостерігалася протягом червня і липня, з максимальним значенням 64 г/м²*добу. У варіанті № 5 норми 59,1 і 60,4 г/м²*добу були визначені з липня до лютого і з квітня до червня. Темпи приросту в обох періодах були обчислені за нахилом кривої приросту.

Якщо ми розглядаємо темп середнього приросту 0,551 т/га*добу, протягом сезону (з квітня до листопада, 244 дні) приросту, то можна вважати, що з варіанту 5 може вироблятися приблизно 134,4 т/га/рік.

Таблиця 3. Відносний темп приросту, час подвоєння, щільність рослин і швидкість росту водяного гіацинту

Водний об'єкт	Відносна швидкість росту, %	Час подвоєння біомаси, (ПЧ, діб)	Щільність рослин (К)	Швидкість експоненційного росту (кг/добу)
№ 5 (літо)	8,20	8,45	51	0,049
№ 5 (осінь)	2,03	34,60	51	0,016
№ 5 (весна)	9,34	7,42	55	0,072

Як видно з таблиці 3, сезонна динаміка зростання водного гіацинту розподіляється таким чином: найвища відносна швидкість приросту характерна для весняного (9,34 %) та літнього (8,20 %) періодів, під час осінніх похолодань відносна швидкість приросту падає (2,03 %). Час подвоєння біомаси у весняний та літній періоди найвищий і становить 7,42 та 8,45 доби, відповідно, в осінній період час подвоєння біомаси значно подовжується і сягає 34,60 діб. Відповідно до цих даних розрахована швидкість експоненційного росту і визначено, що у весняний та літній періоди цей показник становить 0,072 та 0,049 г/добу, у осінній цей показник падає – 0,016 г/добу.

Висновки

Рівняння, що визначені, характерні для первинної чистої продукції даного виду, однак не враховані поправки для смерті, хвороби і поїдання тваринами. Норми втрати завдяки природній смерті рослин змінюються в залежності від місяця розміщення. Оскільки виробництво листкової маси постійне і пропорційне до листової смертності, кожна рослина в оптимальних умовах підтримує відносно постійну кількість листів. Загалом, втрати не вищі, ніж 2–10% з

максимальної біомаси. Приріст рослин водяного гіацинту має найвищі показники у водоймах з незначною глибиною, найнижча продуктивність зафіксована для найглибших водойм. Найвища відносна швидкість приросту характерна для весняного (9,34 %) та літнього (8,20 %) періодів, під час осінніх похолодань відносна швидкість приросту падає (2,03 %). Час подвоєння біомаси у весняний та літній періоди найвищий і становить 7,42 та 8,45 доби.

У природних ареалах водяного гіацинту, смертність відбувається весь рік, зазвичай, стільки, скільки новий матеріал виробляється таким чином, що біомаса залишається приблизно постійною [7].

Перспективи подальших досліджень будуть зосереджені на вивченні фотосинтетичних характеристик водного гіацинту в природно-кліматичних умовах Полісся України.

Література

-
1. *Charudattan R.* Integrated control of waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*) with a pathogen, insects, and herbicides. / *R.Charudattan* // *Weed Science*. –1986. – P. 34, 26–30.
 2. *DeLoach C.J.* Ecological studies of *Neochetina bruchi* and *N. eichhorniae* on waterhyacinth in Argentina/ *DeLoach C.J., Cordo H.A.* // *Journal of Aquatic Plant Management*. –1976. – P. 14, 53–59.
 3. *Del Viso, R.P., Tur, N.M.* and Mantovani, Estimacion de la biomasa de hidrofitos en Cuencas Islenias del Parana Medio. *Physis*, / *Del Viso R.P., Tur N.M.*// *Buenos Aires*, –1968. – P. 28, 219–226.
 4. *Forno, I.W.* New frontiers in biocontrol. *Journal of Aquatic Plant Management* / *Forno, I.W.* // *A.F.* –1993. – P. 31, 222–224.
 5. *Gopal B.* *Water hyacinth. Aquatic Plant, Studies I.*/ *B.Gopal* // *Elsevier Science, Amsterdam*, –1987. – 471 p.
 6. *Reddy K.R.* Growth characteristics of aquatic macrophytes cultured in nutrient-enriched water: I. Water hyacinth, water lettuce, and pennywort / *Reddy K.R., Debusk W.F.* // *Economic Botany*. – 1984. – P. 38, 229–239.
 7. *Sastroutomo S.* Ecological studies of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solins) with especial emphasis on their growth. / *Sastroutomo S., Ikusima I.* and *Numata M.* // *Japanese Journal of Ecology*. – 1978. – P. 28, 191–197.
 8. *Strategies for waterhyacinth (Eichhornia crassipes) control in Mexico* / *Gutierrez, L.E., Huerto, R.D., Saldana, F.P.* and *Arreguin, F.* // *Hidrobiologia*. –1996. – P. 118–185, 340.
 9. *Westlake D.F.* Comparisons of plant productivity / *D.F. Westlake* // *Biological Reviews*. –1963. – P. 38, 385–425.
-