

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ МЕТОД

ОПРЕДЕЛЕНИЯ БИОМАССЫ ГИДРОФИТОВ НА ПРИМЕРЕ

Nuphar lutea

Кубышка жёлтая – важный компонент природных экосистем водоёмов и водотоков, представляет значительный интерес как лекарственное и кормовое растение. Отсюда возникает необходимость изучения накопления биомассы и расчёта продукции этого растения. Стандартные способы определения биомассы наносят значительный ущерб растительным ассоциациям. В данной работе разработан новый довольно точный расчётный способ определения биомассы, основанный на измерении основных морфометрических параметров органов растений и их частей. Получен ряд уравнений регрессии, описывающих зависимость сырой массы от линейных размеров различных органов и их частей, которые имеют степенной характер и могут быть представлены в общем виде: $M = q \times x^p$, где M – сырая масса (г), q и p – эмпирические коэффициенты, x – измеряемый (получаемый) параметр.

Введение

Кубышка жёлтая (*Nuphar lutea* (L.) Smith) относится к роду *Nuphar* семейства Nymphaeaceae. *N. lutea* – укореняющийся гидрофит с плавающими на воде листьями [1], растёт в озёрах, старицах, прудах и реках [2, 3]. Для её роста и развития наиболее благоприятны стоячие или медленно текущие воды. Встречается *N. lutea* преимущественно на глубине 0,5-1 м, иногда до глубины 3-5 м [4] и даже больше [5]. Кубышка жёлтая обладает евро-западноазиатским умеренным ареалом [6]. Она встречается во всех областях европейской части России [2, 7, 8] в Западной, Центральной и Восточной Сибири [2, 9], на Кавказе и в Средней Азии [2].

Это растение играет важную экологическую роль в водных экосистемах. Кубышка входит в состав многих растительных сообществ и часто образует однородные ценозы, которые

оказывают влияние на структуру биоты водоёма. Плавающие на воде пластинки листьев создают так называемые «ценозы под крышей». Они способствуют формированию особых условий среды, формируя специфичный микроклимат (уменьшают испарение воды, понижают её температуру). Заросли кубышки тормозят движение воды, помогая поселяющимся среди них организмам противостоять колебанию водной массы и предоставляя им опору для временного или постоянного прикрепления. Растения служат защитой и субстратом для большого числа видов организмов (водорослей, гидр, мшанок, плоских и кольчатых червей, клещей, ракообразных, насекомых, моллюсков). Сплошное распределение на поверхности воды листьев создаёт механическое препятствие для развития теплолюбивых и светолюбивых личинок комаров. Активная фитонцидная деятельность препятствует «цветению воды», угнетает патогенные организмы [10, 11]. В зимний период у кубышки сохраняются листья, и выделяемый ими при фотосинтезе кислород существенно пополняет его содержание в водоёме [10]. Кубышка жёлтая является важным пищевым ресурсом для 14 видов беспозвоночных и 6 позвоночных животных [12]. Корневища *N. lutea* поедают околотовные животные [5], надземная часть кубышки потребляется оленями и лосями [13], плоды и семена *N. lutea* поедаются рыбами и водоплавающими птицами [13, 14]. Наши наблюдения на территории Ярославской обл. показали, что листья наземной формы кубышки служат пищей мышевидным грызунам.

Кубышка жёлтая играет важную роль в углеродном цикле водоёмов – способствует удалению метана из донных отложений [15].

А.М. Чернова*,

аспирант,
ФГБУН Институт
биологии
внутренних вод
им. И.Д. Папанина
Российской
академии наук

* Адрес для корреспонденции: nuphar@mail.ru

Пластинки плавающих листьев активно участвуют в механической очистке вод, загрязнённых нефтепродуктами и другими веществами поверхностного слоя [10]. Кубышка жёлтая активно накапливает Sr^{90} [16], медь [17] и другие микроэлементы [18].

Хозяйственное значение *N. lutea* связано с её использованием в качестве лекарственного, пищевого, кормового, декоративного, дубильного и красильного растения [4, 19-23].

Немаловажна роль *N. lutea* в процессах зарастания водоёмов, водотоков и проточных участков водохранилищ. Изучение этих процессов является одной из важнейших проблем современной гидробиологии. Необходимо знать скорость и интенсивность процессов зарастания. «Зарастание водоёмов и водотоков – это, прежде всего, процесс продукционный. Именно продукционные характеристики отдельных растений и образующих ими сообществ во многом определяют степень выраженности и интенсивность этого процесса» [1:141]. Однако, как отмечено в [24], работ по процессам зарастания водоёмов и водотоков, по продукции водных растений и их сообществ недостаточно.

Таким образом, детальное изучение продуктивности кубышки жёлтой представляет собой важный теоретический и практический аспекты. Уровень продуктивности растений оценивается по их биомассе и продукции. Оценивать биомассу растений традиционно принято методом регулярного отбора укосов с определённой площади не менее чем в трёхкратной повторности. Это не всегда применимо из-за высокой мозаичности растительных сообществ и отсутствия обширных однородных зарослей [25]. Кроме того, регулярный отбор проб для определения биомассы неизбежно нанесёт ущерб растительным сообществам. Для того чтобы избежать этого, нами был разработан альтернативный – расчётный метод определения биомассы кубышки жёлтой, основанный на измерении основных морфометрических параметров растений и их частей.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в 2010–2011 гг. на малой р. Ильд – притоке Рыбинского водохранилища (Ярославская обл., Некоузский р-н). Длина реки составляет 46 км, площадь бассейна 240 км². С мая по октябрь один раз в неделю на выбранных участках реки производился отбор проб побегов. В лабораторных условиях они тщательно очищались и разбирались на отдельные органы, у которых затем опре-

делялись основные линейные размеры. У листовых пластинок измерялись: длина от основания до верхушки пластинки (l_1), полная длина (l_2) и ширина (w); у черешков – длина (l_3); у цветоносов – длина ($l_{цв-ца}$). У бутонов определялся диаметр ($d_{бум}$), у цветков – высота завязи ($h_{зв}$), у плодов – диаметр плода ($D_{пл}$) в самом широком месте и диаметр его шейки ($d_{пл}$) непосредственно под рыльцевым диском, а также высота плода ($h_{пл}$). Кроме того, фиксировалась сырая масса каждого экземпляра листовых пластинок, черешков, цветоносов, бутонов, цветков и плодов в отдельности. Промеры листовых пластинок, длины черешков и цветоносов проводились с использованием измерительной металлической линейки (ГОСТ 427-75) с точностью до 0,1 см. Для измерения диаметра бутонов, высоты завязи цветков и плодов, диаметра плода и его шейки использовался штангенциркуль (ГОСТ 166-89). Определение сырой массы органов проводилось путем взвешивания на весах ВМ 213 после предварительного удаления излишней влаги с помощью фильтровальной бумаги. Значения массы записывались с точностью до 0,01 г. Линейные параметры выражались в сантиметрах, а масса – в граммах.

При статистической обработке морфометрических и весовых данных применялся корреляционный и регрессионный анализы. В работе все расчёты приведены для сырой массы, т.к. именно сырая масса непосредственно принимает участие в процессах, протекающих в водоёме.

Результаты и их обсуждение

Основным результатом данной работы стала разработка методики определения сырой биомассы кубышки жёлтой, основанной на измерении основных морфометрических параметров. Получен ряд уравнений регрессии, описывающих зависимость сырой массы от линейных размеров различных органов и их частей, которые имеют степенной характер и могут быть представлены в общем виде: $M = q \times x^p$, где M – сырая масса (г), q и p – эмпирические коэффициенты, x – измеряемый (получаемый) параметр. В свою очередь, для каждого из них рассчитаны коэффициенты детерминации (R^2), которые содержат информацию о том, насколько хорошо модель (полученное расчетное уравнение) подходит под исходные данные (т.е. насколько график модельных значений совпадает с графиком наблюдаемых значений). Для свернутых листовых пластинок уравнение зависимости сырой массы от линейного

размера имеет вид (1), для подводных гофрированных – (2), для плавающих и воздушных кожистых листовых пластинок – (3).

$$M = 0,0105 \times l_2^{2,23}; \quad R^2 = 0,96; (1)$$

$$M = 0,0416 \times l_1^{2,11}; \quad R^2 = 0,8; (2)$$

$$M = 0,031 \times l_1^{2,32}; \quad R^2 = 0,92; (3)$$

где l_2 – общая длина свернутых листовых пластинок (см), l_1 – длина листовой пластинки от места крепления черешка до верхушки листа (см).

Установлена зависимость сырой массы черешка от длины (l_y , см):

$$M = 0,18 \times l_y^{1,04}; \quad R^2 = 0,79. (4)$$

Выявлена связь (5) между сырой массой цветоносов и их длиной $l_{цв-са}$, см).

$$M = 0,211 \times l_{цв-са}^{1,04}; \quad R^2 = 0,94. (5)$$

Для бутонов уравнение зависимости имеет вид (6), для цветков (7).

$$M = 0,455 \times d_{бум}^{2,66}; \quad R^2 = 0,98; (6)$$

$$M = 0,156 \times h_{зв}^{2,64}; \quad R^2 = 0,91. (7)$$

Где $d_{бум}$ – диаметр бутона (см), $h_{зв}$ – высота завязи цветка (см).

При выявлении зависимости изменения массы плодов от их линейных параметров (8) необходимо прибегнуть к понятию «условный объём» плода ($V_{усл.пл}$, см³). Плод *N. lutea* имеет кувшинообразную форму и напоминает усечённый конус. Поэтому при расчётах $V_{усл.пл}$ мы использовали формулу объёма усечённого конуса.

$$M = 0,939 \times V_{усл.пл}^{0,7}; \quad R^2 = 0,93. (9)$$

Биомассу растений принято отражать в единицах массы на единицу площади. В связи с этим, для определения биомассы растений расчётным способом необходимо учесть число различных органов и их частей, приходящиеся на единицу площади и знать их морфометрические параметры.

Заключение

Кубышка жёлтая является важным компонентом природных экосистем водоемов и водотоков, представляет значительный интерес как лекарственное и кормовое растение. Необходимость изуче-

Ключевые слова:

кубышка жёлтая,
биомасса,
регрессионные
уравнения

ния накопления биомассы и расчёт продукции этого растения не вызывает сомнения. Альтернативный щадящий расчётный способ определения биомассы – это принципиально новый подход. Он позволяет с достаточно высокой точностью определять биомассу растений, не извлекая их из воды и не нанося урон растительным сообществам.

Автор выражает искреннюю благодарность за помощь в подготовке статьи В. Г. Папченкову и К. А. Подгорному – сотрудникам ИБВВ РАН.

Литература

1. Папченков В.Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. 214с.
2. Флора СССР. VII. / Под ред. В.Л. Комарова. М.-Л.: АН СССР. 1937. 792 с.
3. Лисицына Л.И. Флора водоемов волжского бассейна. Определитель сосудистых растений / Л.И. Лисицына, В.Г. Папченков, В.И. Артеменко. М.: Тов. Науч. Изд. КМК, 2009. 219 с.
4. Шретер А.И. Лекарственные растения Костромской области / А.И. Шретер, В.В. Шутов, А.М. Задорожный. М.: Экология, 1992. 365 с.
5. Смиренский А.А. Водные кормовые и защитные растения в охотничье-промысловых хозяйствах. Вып. II. М.: Заготиздат, 1952. 183 с.
6. Цвелев Н.Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская, Новгородская области). СПб.: СПХФА, 2000. 781 с.
7. Федченко Б.А. Флора Европейской России. Иллюстрированный определитель дикорастущих растений Европейской России и Крыма / Б.А. Федченко, А.Ф. Флеров. СПб, 1909. 710 с.
8. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. М.: Тов. Научн. Изд. КМК, 2006. 600 с.
9. Флора Сибири. Т. 1. Новосибирск: Наука, 1988. 200 с.
10. Дубына Д.В. Кувшинковые Украины. Киев: Наук. Думка, 1982. 232 с.
11. Негроров В.В. Консорционный анализ семейства кувшинковых Nymphaeaceae Salisb. Бассейна Среднего Дона / В.В. Негроров, К.Ф. Хмелев. Воронеж: ВГТУ, 1999. 184 с.
12. Гаевская Н.С. Роль высших водных растений в питании животных пресных водоемов. М.: Наука, 1966. 327 с.
13. Heslop-Harrison Y. Nuphar Sm. // The journal of ecology. 1955. V. 43, № 1. P. 342-364.

14. Smits A.J.M. Seed dispersal of three Nymphaeid macrophytes / A.J.M Smits., R. Van Ruremonde, G. Van der Velde // *Aquatic Botany*. 1989. № 35. P. 167-180.
15. Dacey J.W.H. Methane efflux from lake sediments through water lilies / J.W.H. Dacey, M.J. Klug // *Science*. 1979. № 203. P. 1253-1255.
16. Кокин К.А. Экология высших водных растений. М.: Моск. ун-т., 1982. 160 с.
17. Aulio K. Accumulation of copper in fluvial sediments and yellow water lilies (*Nuphar lutea*) at varying distances from a metal processing plant // *Bull Environ. Contam. Toxicol.* 1980. Nov. 25(5). P. 713-717.
18. Дикийёва Д. Химический состав макрофитов и факторы, определяющие концентрацию минеральных веществ в высших водных растениях / Д. Дикийёва, И.А. Петрова // *Гидробиологические процессы в водоемах* / Под ред. И.М. Распопова и чл.-кор. ЧСАН С. Гейны. Л.: Наука. 1983. С. 107-213.
19. Гаммерман А.Ф. Дикорастущие лекарственные растения СССР / А.Ф. Гаммерман, И.И. Гром. М.: Медицина, 1976. 288 с.
20. Дубына Д.В. Кувшинковые Украины (видовой состав, распространение, запасы, биология, использование, охрана и обогащение). Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киев, 1976. 26 с.
21. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. М.: ГУТК, 1980. 340 с.
22. Махлаюк В.П. Лекарственные растения в народной медицине. М., 1992. 477 с.
23. Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 1. Семейства Magnoliaceae – Juglandaceae, Ulmaceae, Moraceae, Cannabaceae, Urticaceae / Отв. ред. А.Л. Буданцев. СПб. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 421 с.
24. Папченко В.Г. Гидрботаника России: итоги и перспективы // *Материалы I (VII) Междунар. конф. по водным макрофитам «Гидрботаника 2010»*, Ярославль: «Принт Хаус», 2010. С. 22-27.
25. Папченко В.Г. К изучению сезонной динамики накопления растительной массы гелофитов // *Бот. журн.* 1985. Т. 70. № 2. С. 208-214.



A.M. Chernova

ALTERNATIVE METHOD FOR DETERMINING THE BIOMASS OF HYDROPHYTES ON THE EXAMPLE OF *Nuphar lutea*

Potbelly yellow - an important component of natural ecosystems, water bodies and watercourses, is of considerable interest as a medicinal and fodder plant. Hence the need to study the accumulation of biomass and calculation of production of this plant. Standard methods for determining the biomass cause serious damage to vegetation associations. In this paper, a new calculation represents a quite accurate method of determining biomass, it is based on the measurement of the main morphometric parameters of plants and their parts. A series of regression equations describing the dependence of the wet weight of the linear dimensions of the various organs and parts of them that have power and may be represented in general form, where M - wet weight (g), q and p - empirical coefficients, x - measured (derived) parameter.

Key words: potbelly yellow, biomass, regression equations

