

УДК 574.36+574.55+581.52

ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЯМИ *ALISMA PLANTAGO-AQUATICA* L. И *SAGITTARIA SAGITTIFOLIA* L. (СЕМ. ALISMATACEAE VENT.) В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ РЯДУ ТРОФНОСТИ ОЗЕР

¹Алябышева Е.А.

¹ФГБОУ ВПО «Марийский государственный университет», Йошкар-Ола, Россия (424000, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 1), e-mail: e_alab@mail.ru

Предложен алгоритм определения биологической продуктивности и аккумуляции биогенных элементов как отдельных онтогенетических групп особей, так и ценопопуляций видов в целом. На примере ценопопуляций *Alisma plantago-aquatica* L. и *Sagittaria sagittifolia* L. (сем. *Alismataceae* Vent.) в экологическом ряду трофности озер национального парка «Марий Чодра» проанализировано изменение демографических показателей и определена роль как отдельных онтогенетических групп особей, так и ценопопуляций гелофитов в целом. Показано, что при увеличении антропогенной нагрузки на озерные экосистемы увеличивается их трофность, но уменьшается плотность как отдельных онтогенетических групп особей, так и ценопопуляций в целом. Максимальной способностью аккумулировать азот и фосфор характеризовались ценопопуляции обоих видов, расположенные в окрестностях мезоэвтрофного озера Яльчик. Роль ценопопуляций гелофитов в круговоротах азота и фосфора в прибрежно-водных экосистемах существенна, небольшое преимущество в масштабах накопления азота и фосфора имеют ценопопуляции *Alisma plantago-aquatica* L.

Ключевые слова: *Alisma plantago-aquatica*, *Sagittaria sagittifolia*, ценопопуляции, алгоритм оценки накопления биогенных элементов, экологический ряд трофности озер.

ASSESSMENT EFFICIENCY OF *ALISMA PLANTAGO-AQUATICA* L. AND *SAGITTARIA SAGITTIFOLIA* L. (THIS. *ALISMATACEAE* VENT.)

¹Aljabysheva E.A.

¹Mari state university, Ioshkar Ola, Russia (424000, Ioshkar Ola, Lenin Square, 1), e-mail: e_alab@mail.ru

The algorithm of determination of biological efficiency and accumulation of biogenic elements separate ontogenetic is offered groups of individuals and populations of coastal and water plants. In an ecological number of a trofnost of lakes of national park «Mary Chodra» on the example of *Alisma plantago-aquatica* L. populations and *Sagittaria sagittifolia* L. (this. *Alismataceae* Vent.) change of demographic indexes is analysed, their role in coastal and water ecosystems is defined. It is shown that at increase in anthropogenous loading at lake ecosystems their trofnost increases, but density of separate ontogenetic groups of individuals in populations thus decreases. The greatest ability to accumulate nitrogen and phosphorus characterized populations wall-paper of types the lakes located in vicinities Yalchik. In scales of accumulation of nitrogen and phosphorus *Alisma plantago-aquatica* L populations have short odds. Speed of circulation of biogenic elements in communities with *Sagittaria sagittifolia* L. above.

Keywords: *Alisma plantago-aquatica*, *Sagittaria sagittifolia*, populyations, algorithm of an assessment of accumulation of biogenic elements, ecological number of a trofnost of lakes.

Введение

В условиях повышающихся антропогенных воздействий все более актуальными становятся проблемы, связанные с сохранением и рациональным использованием биологических ресурсов водоемов, адаптацией водных экосистем к действию трофических факторов. Решение этой проблемы предполагает выяснение адаптационных процессов не только на органно-тканевом и организменном уровнях, но и у отдельных онтогенетических групп и ценопопуляций (ЦП) конкретных видов прибрежно-водных растений в различных экологических условиях [4; 6-8].

Цель исследования – проанализировать накопление биогенных веществ в ЦП двух видов гелофитов в экологическом ряду трофности озер и определить алгоритм оценки продуктивности как отдельных онтогенетических групп особей, так и ЦП видов в целом.

Материал и методы исследования

Исследование проводили на территории национального парка «Марий Чодра» (Республика Марий Эл) в 2009-2012 гг.

Объектами данного исследования явились частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica* L.) и стрелолист обыкновенный (*Sagittaria sagittifolia* L.) из семейства Частуховые (*Alismataceae* Vent.). *A. plantago-aquatica* – травянистый поликарпический летнезеленый вегетативно неподвижный моноцентрический короткокорневищный многолетник с кистевидной корневой системой, полурозеточными ортотропными моноциклическими монокарпическими побегами с погруженными, плавающими, воздушными листьями, брактеозными терминальными метельчатыми соцветиями, и с полной поздней неспециализированной морфологической дезинтеграцией; гемикриптофит. *S. sagittifolia* – травянистый поликарпик; летнезеленый вегетативно подвижный явнополицентрический столонно-клубневой однолетник вегетативного происхождения с мочковатой корневой системой, среднерозеточным дициклическим анизотропным и полурозеточными моноциклическими ортотропными монокарпическими побегами с погруженными, плавающими и воздушными листьями, терминальными брактеозными соцветиями, и с полной ранней специализированной морфологической дезинтеграцией; геофит [5].

В пределах исследуемых ЦП двух видов гелофитов регулярном способом на трансектах (20 м) закладывали учетные площадки (1 м²), заложение трансект проводили 1 раз в сезон (конец июня - середина июля). Местообитания ЦП *A. plantago-aquatica* были приурочены к следующему ряду трофности озер: от мезотрофного озера Глухое к мезоэвтрофному озеру Яльчик и эвтрофному озеру Кожла-Сола; ЦП *S. sagittifolia*: от мезотрофных озер Глухое и Мушан-Ер к мезоэвтрофному озеру Яльчик.

Растения выкапывали, определяли онтогенетическое состояние особей [1], оценивали содержание общего азота и фосфора в вегетативных органах [2].

Результаты исследования и их обсуждение

В работе описывается алгоритм оценки продуктивности и накопления биогенных элементов как отдельными онтогенетическими группами особей, так и ЦП модельных видов в целом, который включает: 1) определение содержания общего азота и фосфора в растительном материале

особей разных онтогенетических групп; 2) анализ демографических показателей отдельных онтогенетических групп особей и ЦП видов в целом (биомасса, плотность); 3) определение биоаккумулятивных способностей отдельных онтогенетических групп особей и ЦП видов в целом; 4) оценка роли отдельных онтогенетических групп особей и ЦП видов в малых круговоротах биогенных элементов.

В исследованных прибрежно-водных фитоценозах ЦП изученных видов выступают, главным образом, в роли содоминантов. По имеющимся литературным данным [3] и нашим исследованиям, на их долю приходится от 0,19 до 7,38% от общей биомассы фитоценозов. Биологическая продуктивность ЦП *A. plantago-aquatica* колеблется в широких пределах от 36,1 до 387,4 кг/га, а в ЦП *S. sagittifolia* - от 14,2 до 320,1 кг/га.

В ходе исследований было установлено, что в исследуемых ЦП видов ведущая роль принадлежит виргинильным (v), молодым (g₁) и средневозрастным (g₂) генеративным растениям в ЦП *A. plantago-aquatica* и первых двух групп – в ЦП *S. sagittifolia* (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1 – Анализ биологической продуктивности отдельных онтогенетических групп особей в ЦП гелофитов

Местообитания	Онт. группа	Биомасса онт. группы, г/%		Плотность онт. группы шт./м ²	
		ЦП <i>A. plantago-aquatica</i>	ЦП <i>S. sagittifolia</i>	ЦП <i>A. plantago-aquatica</i>	ЦП <i>S. sagittifolia</i>
оз. Глухое	j	0,45/0,16	2,24/0,66	0,85	0,80
	im	1,83/0,68	3,3/0,97	1,25	0,55
	v	26,98/10,11	64,68/19,11	1,90	1,65
	g ₁	143,22/53,70	49,8/23,58	1,55	1,00
	g ₂	86,4/35,35	188,4/55,68	0,60	1,50
	Σ ЦП	266,7	338,42	6,20	5,50
оз. Мушан-Ер	im	-	0,9/3,17	-	0,15
	v	-	27,44/96,83	-	0,7
	Σ ЦП	-	28,34	-	0,85
оз. Яльчик	j	0,43/0,05	0,56/0,08	0,80	0,20
	im	6,64/0,86	8,10/1,27	4,55	1,35
	v	76,68/9,89	246,96/38,58	5,40	6,30
	g ₁	392,7/50,69	183,54/28,67	4,25	2,30
	g ₂	259,2/38,52	200,96/31,40	1,80	1,60
	Σ ЦП	774,75	640,12	17,05	11,75
оз. Кожла-Сола	im	0,146/0,20	-	0,1	-
	v	48,99/67,83	-	3,45	-
	g ₁	23,10/31,97	-	0,25	-
	Σ ЦП	72,23	-	3,8	-

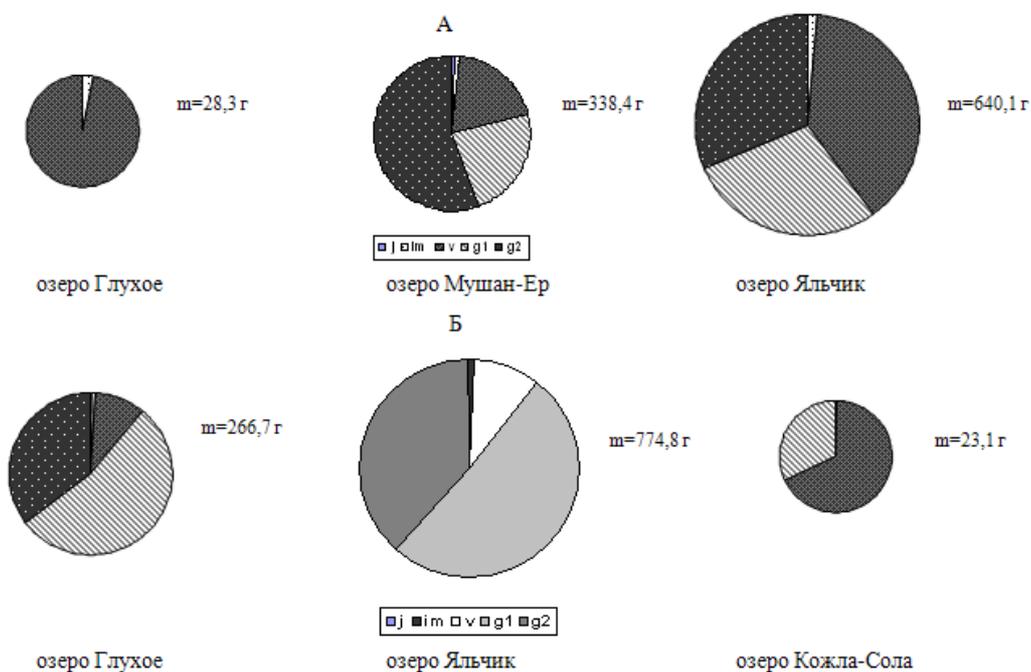


Рисунок 1 – Доля биомассы онтогенетических групп (%) в фитомассе ЦП: А – *S. sagittifolia*; Б – *A. plantago-aquatica*; m – фитомасса ЦП

В то же время функционирование ЦП гелофитов и их роль в прибрежно-водных экосистемах выражается не только в создании фитомассы как источника пищи и энергии для гидробионтов, но и в накоплении и перераспределении биогенных элементов. Размеры аккумуляции элементов в растительных тканях и освобождение их из живой и разлагающейся фитомассы характеризует динамику биогенных циклов и подвижность отдельных элементов в биотопах [3; 7].

Проведенные нами расчеты показали, что ЦП *A. plantago-aquatica* аккумулируют от 0,6 до 13,3 кг/га азота и от 0,1 до 1,9 кг/га фосфора в биомассе надземных и подземных органов растений. Для ЦП *S. sagittifolia* эти параметры соответственно равны: 0,1–3,4 кг/га азота и 0,06–1 кг/га фосфора (табл. 2, рис. 2).

В экологическом ряду трофности озер отмечена тенденция увеличения доли содержания азота в биомассе ЦП изученных видов от мезотрофных озер Мушан-Ер и Глухое к мезоэвтрофному озеру Яльчик. Менее явно эта закономерность прослеживается в отношении процентного содержания фосфора. Максимальный вклад в круговорот азота в прибрежно-водных экосистемах вносит ЦП *S. sagittifolia* на озере Яльчик, а в круговорот фосфора – ЦП *A. plantago-aquatica* на озере Кожла-Сола.

Таблица 2 – Аккумуляция биогенных элементов отдельными онтогенетическими группами особей

Местообитания	Онт. группа	Азот, мг/ онт. группу/%		Фосфор, мг/ онт. группу/%	
		ЦП <i>A. plantago-aqiatica</i>	ЦП <i>S. sagittifolia</i>	ЦП <i>A. plantago-aqiatica</i>	ЦП <i>S. sagittifolia</i>
оз. Глухое	j	0,41/0,09	7,17/0,32	0,96/0,21	6,67/0,29
	im	2,01/0,11	20,79/0,63	4,06/0,22	3,69/0,11
	v	86,34/0,32	459,23/0,71	96,05/0,36	201,80/0,31
	g ₁	687,46/0,48	1691,76/2,12	541,37/0,38	391,82/0,49
	g ₂	432,0/0,50	3786,84/2,01	311,90/0,36	755,48/0,40
	Σ ЦП	1208,22/0,45	5965,79/1,76	954,34/0,52	1359,45/0,40
оз. Мушан-Ер	im	-	5,58/0,62	-	2,81/0,31
	v	-	249,70/0,91	-	133,36/0,48
	Σ ЦП	-	255,28/0,90	-	136,17/0,48
оз. Яльчик	j	2,32/0,54	3,25/0,58	1,33/0,31	2,24/0,40
	im	51,79/0,77	69,66/0,86	20,51/0,30	22,5/0,28
	v	1196,21/1,56	5680,08/2,30	427,87/0,56	1163,18/0,47
	g ₁	15236,76/3,88	9892,81/5,39	2226,61/0,57	1282,94/0,69
	g ₂	10186,56/3,93	11193,47/5,57	1099,0/0,42	988,72/0,49
	Σ ЦП	26673,64/3,44	26839,27/4,19	3775,32/0,49	3459,58/0,54
оз. Кожла-Сола	im	1,40/0,96	-	0,60/0,41	-
	v	6036,11/12,32	-	292,96/0,59	-
	g ₁	949,41/4,11	-	141,37/0,61	-
	Σ ЦП	6986,86/9,67	-	434,93/0,60	-

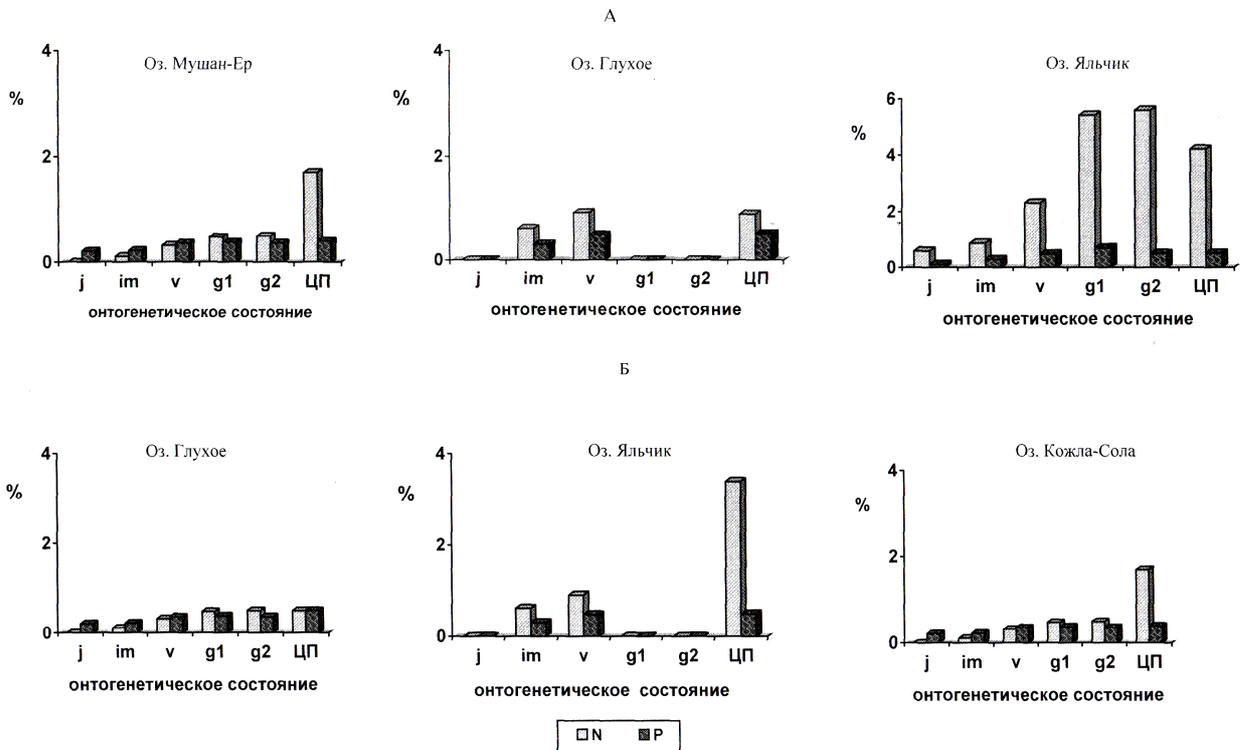


Рисунок 2 – Доля содержания азота и фосфора (%) в ЦП: А – *Sagittaria sagittifolia* L.; Б - *Alisma plantago-aquatica* L.

Заключение

Таким образом, поведение ЦП изученных видов в малых круговоротах биогенных элементов достаточно сходно, хотя небольшое преимущество в масштабах накопления азота и фосфора имеют ЦП *A. plantago-aquatica*. В то же время *S. sagittifolia* часто заканчивает свой онтогенез в течение одного сезона, в результате отмирания и разложения растений азот и фосфор ежегодно включаются в малые круговороты веществ, протекающие в прибрежно-водных экосистемах. Следовательно, скорость оборота химических элементов в ЦП *S. sagittifolia* (эксплерент) значительно выше, чем у *A. plantago-aquatica* (пациент). Несмотря на ограниченность подобной информации в популяционной биологии гелофитов наши исследования позволили установить, что ЦП изученных видов вносят реальный вклад в биогенные круговороты прибрежно-водных экосистем.

Исследование выполнено при поддержке ФЦП № 14.В37.21.1111 «Экологические аспекты функционального состояния растений в условиях городской среды», НИР № 5.8479.2013 «Экологический мониторинг и прогнозирование состояния урбанизированных и природных популяций растений».

Список литературы

1. Алябышева Е.А., Жукова Л.А., Воскресенская О.Л. Онтогенетический атлас лекарственных растений. Т. 2. – Йошкар-Ола : МарГУ, 2000. – С. 116–130.
2. Воскресенская О.Л., Алябышева Е.А., Половникова М.Г. Большой практикум по биоэкологии. Ч. 1. – Йошкар-Ола, 2006. – 107 с.
3. Дикиева Д.Н., Петрова Н.А. Химический состав макрофагов и факторы, определяющие концентрацию минеральных веществ в высших водных растениях // Гидробиолог. Процессы в водоемах. – Л. : Наука, 1983. – С. 107-213.
4. Кокин К.А. Экология высших водных растений. – М. : МГУ, 1982. – 158 с.
5. Лелекова Е.В. Биоморфология водных и прибрежно-водных семенных растений северо-востока Европейской России : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Пермь, 2006. – 21 с.
6. Макрофиты – индикаторы изменений природной среды. – Киев : Наук. думка, 1993. – 435 с.
7. Распопов И.М. Фитомасса и продукция макрофитов Онежского озера // Микробиология и первичная продукция Онежского озера. – Л., 1973. – С. 123–142.
8. Эйнон Л.О. Макрофиты в экологии водоемов. – М., 1992. – 256 с.

Рецензенты:

Воскресенская О.Л., доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой ФГБОУ ВПО «Марийский государственный университет», г. Йошкар-Ола.

Винокурова Р.И., доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола.