

УДК 581.4+581.8+582.62

## ИЗУЧЕНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *ALISMA PLANTAGO-AQUATICA* L. (*ALISMATACEAE*) ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОКОЛОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

© 2012 Т.Л. Егошина, Н.Ю. Чиркова, В.Н. Сулейманова, В.В. Ширяев, А.С. Жиряков

Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства  
и звероводства им. проф. Б.М. Житкова Россельхозакадемии, г. Киров

Поступила в редакцию 03.04.2012

Исследованы ценопопуляционные характеристики *Alisma plantago-aquatica* L. Определен градиент благоприятности условий для исследуемых местообитаний *A. plantago-aquatica* по индексу виталитета ценопопуляций (коэффициенту жизнестойкости). Изучена изменчивость морфологических признаков вегетативных и репродуктивных органов в антропогенно измененных местообитаниях.

Ключевые слова: *A. plantago-aquatica*, изменчивость морфологических признаков, антропогенно измененные местообитания

Антропогенная трансформация окружающей среды является одной из наиболее актуальных проблем современности. Изменения растительности под действием антропогенных факторов влияют на состояние биогеоценоза в целом, так как растения обеспечивают жизнедеятельность других биотических компонентов и, вследствие этого, могут использоваться в качестве диагностических признаков состояния экосистем. В настоящее время изучены некоторые возможности использования фитоиндикации состояния наземных [8, 10, 16, 17, 19] и околоводных экосистем [3, 12, 20], выявлены виды-биоиндикаторы. Но количество изученных в этом аспекте видов растений недостаточно, особенно среди представителей околоводных экосистем.

**Цель исследования:** изучение особенностей ценопопуляций растений околоводных экосистем и возможности их использования в целях биоиндикации.

Для реализации этой цели были поставлены следующие **задачи:** исследовать ценопопуляционные характеристики *A. plantago-aquatica* в антропогенно-измененных местообитаниях для определения качества среды околоводных экосистем; определить градиент благоприятности условий для исследуемых местообитаний

*A. plantago-aquatica* по индексу виталитета ценопопуляций (коэффициенту жизнестойкости); изучить изменчивость морфологических признаков вегетативных и репродуктивных органов в антропогенно измененных и фоновых местообитаниях.

**Материал и методы.** Объектом данного исследования явились ценопопуляции (ЦП) частухи подорожниковой (*Alisma plantago-aquatica*) сем. Частуховые (*Alismataceae*). *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 [11]. Исследования ЦП проведены в окрестностях г. Кирова в течение вегетационных сезонов 2008–2010 гг. в 10 ЦП, входящих в состав подвергающихся антропогенной нагрузке и фоновых экосистем.

Изучение содержания некоторых тяжелых металлов (ТМ) (Cu, Ni, Cd, Pb, Zn, Fe, Cr, Mn) в воде и иле экосистем, в которых обследованы ЦП *A. plantago-aquatica*, проведенное ранее [4] показало, что значительная степень загрязнения характерна в основном для воды и донных отложений объектов, находящихся непосредственно на территориях крупных промышленных предприятий или в зоне их влияния (оз. Артемовское, оз. Ивановское, пруд золоотвала ТЭЦ-5 (ТЭЦ-5), пруд очистных Биохимзавода (БХЗ), шламоотвал завода по обработке цветных металлов (ОЦМ)). Водные объекты за пределами предприятий, в жилых зонах (пруд Скоково, Вахрушевский пруд,

Егошина Татьяна Леонидовна, доктор биологических наук, заведующая отделом экологии и ресурсосведения растений. E-mail: etl@inbox.ru

Чиркова Наталья Юрьевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. E-mail: n\_chirkova@mail.ru

Сулейманова Венера Нурутдиновна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. E-mail: vepena-su@mail.ru

Ширяев Валерий Владимирович, доктор биологических наук, заместитель директора по научной работе. E-mail: etl@inbox.ru

Жиряков Андрей Сергеевич, аспирант. E-mail: hanter411@mail.ru

оз. М. Коньп, оз. Прудовое и оз. Черное) характеризуются минимальной концентрацией ТМ и могут быть отнесены по этим показателям к фоновым. По степени антропогенной нагрузки изученные водоемы образуют следующий ряд: пруд Скоково < оз. М. Коньп < оз. Прудовое < Вахрушевский пруд = оз. Черное < оз. Артемовское < ТЭЦ-5 = БХЗ < оз. Ивановское < ОЦМ. По степени увеличения эвтрофности они располагаются следующим образом: пруд Скоково > БХЗ > Вахрушевский пруд = ТЭЦ-5 = оз. Прудовое = оз. М. Коньп > оз. Ивановское = оз. Черное = оз. Артемовское > ОЦМ.

Описания растительных сообществ проводили согласно общепринятым геоботаническим методам [14, 15]. Изученные ценопопуляции *A. plantago-aquatica* приурочены к водным и околоводным сообществам прикрепленных к дну и возвышающихся над водой растений-гелофитов класса Phragmiti-Magnocaricetea Klika in Klika et Novak 1941. Диагностические виды класса: *Alisma plantago-aquatica*, *Cladium mariscus*, *Equisetum fluviatile*, *Galium palustre*, *Lycopus europaeus*, *Lythrum salicaria*, *Phragmites australis*, *Polygonum amphibium*, *Rorippa amphibia*, *Rumex hydrolapathum*, *Scutellaria galericulata*, *Sium latifolium*, *Stachys palustris*. *A. plantago-aquatica* произрастает в сообществах как достаточно глубоководных, так и мелководных водоемов со стоячей или медленно текущей водой союза Phragmition communis Koch 1926, входящего в порядок Phragmitetalia Koch 1926. Из видов, диагностирующих союз и порядок, отмечены: *Butomus umbellatus*, *Equisetum fluviatile*, *Glyceria maxima*, *Scirpus lacustris*, *Sparganium erectum*, *Typha angustifolia*, *T. latifolia*.

Характеристику состояния ЦП модельного вида производили в момент цветения, когда растения максимально развиты [5]. Для оценки внутри- и межпопуляционной изменчивости в каждой ЦП отбирали не менее 30 модельных растений. При морфологическом анализе растений использован «Атлас по описательной морфологии высших растений» [22-25] и иллюстрированный словарь «Биоморфология растений» [6]. Общая и согласованная изменчивость морфологических признаков изучалась в соответствии с классификацией Н.С. Ростовской (2002) [21].

Для координации ЦП по градиенту комплексного фактора благоприятности условий использовали индекс виталитета ценопопуляций (IVC) [9]. Индекс IVC вычисляли для каждой ценопопуляции. Градиент ухудшения условий роста (или усиления стресса) выстраивали как ряд ценопопуляций по убыванию значения их индексов IVC. Наибольшее значение коэффициента соответствует наилучшим условиям реализации ростовых потенциалов, а наименьшее – худшим условиям. Статистическую обработку данных производили в соответствии с общепринятыми методами [2, 7, 18], с использованием программы STATISTICA 6,0.

**Результаты и их обсуждение.** Для исследованных ЦП *A. plantago-aquatica* был установлен градиент ухудшения условий роста по увеличению IVC, который составил следующий ряд ЦП: Скоково (0,68)→БХЗ (0,86)→Вахрушевский пруд (0,89)→Золоотвал ТЭЦ-5 (0,90)→оз. Прудовое (0,93)→М. Коньп (0,96)→оз. Ивановское (1,08)→оз. Черное (1,21)→оз. Артемовское (1,22)→шламоотвал завода ОЦМ (1,31).

Изучение основных демографических параметров ЦП *A. plantago-aquatica* в фоновых и антропогенно измененных околоводных системах показало, что их величина не связана с уровнем антропогенной трансформации экосистем. Так, максимальной средней плотностью особей (70,3 экз./м<sup>2</sup>) характеризовалась ЦП ОЦМ, минимальной – оз. Ивановское (2,0 экз./м<sup>2</sup>), испытывающие максимальное влияние антропогенных факторов, в том числе и химической природы: концентрации многих ТМ в воде и донном грунте здесь, как показало ранее проведенное обследование [4], в 6-10 раз превышает таковые для фоновых экосистем.

Максимальная генеративность отмечена как в близких к фоновым (ЦП оз. Черное, оз. М. Коньп), так и антропогенно измененных экосистемах (оз. Ивановское – 100%), минимальная – в фоновой ЦП Скоково – 63,4%. На рассчитанном градиенте ухудшения эколого-ценотических условий ЦП исследуемого вида отмечается снижение их генеративности в условиях крайнего пессимума, которому соответствуют условия прибрежно-водной полосы пруда Скоково и в условиях крайнего оптимума – прибрежно-водная полоса шламоотвала завода ОЦМ. В ЦП ОЦМ отмечена наибольшая средняя урожайность надземной массы – 1998,96 г/м<sup>2</sup>. Минимальное среднее значение урожайности зафиксировано в фоновой ЦП Скоково – 23,9 г/м<sup>2</sup>. Результаты рассмотрения изменения урожайности надземной биомассы на рассчитанном для исследуемых ЦП эколого-ценотическом градиенте показывают, что при ухудшении условий обитания вида наблюдается снижение продуктивности популяции.

Анализ морфометрических параметров вегетативных органов особей *A. plantago-aquatica* на данном этапе исследования не выявил закономерностей изменения признаков, связанных с величиной антропогенной трансформации экосистем. Так, максимальное среднее число листьев формируется у растений ЦП оз. Ивановское с высокой степенью антропогенного воздействия – 9,8±2,9 шт, минимальное – у особей ЦП М. Коньп, приближенной к фоновым – 5,5±0,6 шт. Наибольшее и наименьшее количество отмерших листьев наблюдалось в фоновых экосистемах: ЦП Вахрушевский пруд – 4,4±0,4 шт., ЦП Скоково – 0,6±0,1 шт. Наиболее крупные и наиболее мелкие листья отмечены в фоновых и близких к фоновым экосистемам. На данном

этапе исследований не выявлено зависимости между размерами листа и антропогенной нагрузкой на экосистемы. Размеры 3-го фотосинтезирующего листа максимальны в близкой к фоновым ЦП оз. Черное (длина и ширина листовой пластинки  $16,1 \pm 0,6$  см и  $7,1 \pm 0,4$  см соответственно; черешка –  $39,1 \pm 1,6$  см) и фоновой ЦП Скоково (длина и ширина листовой пластинки  $6,2 \pm 0,2$  см и  $3,5 \pm 0,1$  см соответственно; черешка –  $39,1 \pm 1,6$  см). Остальные ЦП имеют средние значения данных параметров.

Изучение генеративных параметров особей *A. plantago-aquatica* в обследованных популяциях показало, что величина данных признаков не зависит от степени нарушенности местообитаний и мало зависит от действия антропогенных факторов. Так, длина репродуктивного побега колеблется в среднем от  $44,6 \pm 1,7$  (ЦП Скоково) до  $119,1 \pm 3,7$  см (ЦП оз. Артемовское). Наибольшее среднее число ярусов в соцветии отмечено в ЦП оз. Черное –  $7,4 \pm 0,3$  шт., минимальное –  $4,4 \pm 0,2$  шт. ЦП Скоково. Полученные материалы подтверждают мнения некоторых исследователей [20] о том, что индикационные возможности высших водных растений весьма ограничены.

В результате исследований для всех изученных ЦП установлена положительная корреляционная зависимость между длиной листа и длиной черешка ( $r=0,96$ , при  $p>0,05$ ), длиной листа и длиной и шириной листовой пластинки ( $r=0,85-0,87$ , при  $p>0,05$ ), длиной листовой пластинки и шириной ( $r=0,85$ , при  $p>0,05$ ), длиной соцветия и длиной генеративного побега ( $r=0,81$ , при  $p>0,05$ ), длиной соцветия и количеством ярусов соцветия ( $r = 0,81-0,92$ ; при  $p < 0,05$ ). Это свидетельствует о высокой степени морфологической целостности особей обследованных ЦП.

Изучение изменчивости морфометрических параметров показало, что все изученные признаки характеризуются средним и высоким уровнем изменчивости. Низкий уровень изменчивости не проявляет ни один параметр. Среди изученных морфологических признаков *A. Plantago-aquatica* эколого-биологических индикаторов адаптивной изменчивости организма, отражающих согласованную изменчивость особи в неоднородной среде, не выявлено. Биологическими индикаторами являются длина листовой пластинки, ширина листовой пластинки, ширина правой доли листа, ширина левой доли листа, расстояние от центральной жилки до 1-4 жилки правой – левой доли листа. Эти признаки характеризуются самыми высокими среди изученных признаков показателями коэффициентов детерминации ( $0,12-0,42$ ) и относительно низкими значениями коэффициента вариации ( $13,95-34,96\%$ ). Признаки с низкой общей и согласованной изменчивостью, такие как высота репродуктивного побега, длина листа, длина

соцветия, число ярусов соцветия могут выступать как генетические индикаторы и определяются преимущественно структурными и адаптивными особенностями организма.

В качестве экологических индикаторов могут выступать такие признаки как число листьев, длина черешка, диаметр основания генеративного побега, диаметр генеративного побега у основания соцветия. Эти признаки наиболее изменчивы и характеризуются высокими коэффициентами вариации ( $45-115\%$ ) при низких значениях коэффициентов детерминации ( $0,03-0,07$ ).

#### Выводы:

1. В качестве экологических индикаторов у растений *A. plantago-aquatica* дифференцированы такие признаки как число листьев, длина черешка, диаметр основания генеративного побега, диаметр генеративного побега у основания соцветия, наиболее зависящие от действия факторов внешней среды.

2. Выявление морфометрических параметров особей *A. plantago-aquatica* в обследованных популяциях показало, что величина большинства изученных признаков не зависит от степени нарушенности местообитаний и мало зависит от действия антропогенных факторов.

3. Для исследуемых местообитаний *A. plantago-aquatica* определен градиент ухудшения условий обитания по размерному спектру: пруд Скоково ( $0,68$ )→пруд очистных БХЗ ( $0,86$ )→Вахрушевский пруд ( $0,89$ )→Золоотвал ТЭЦ-5 ( $0,90$ )→оз. Прудовое ( $0,93$ )→оз. М. Коннып ( $0,96$ )→оз. Ивановское ( $1,08$ )→оз. Черное ( $1,21$ )→оз. Артемовское ( $1,22$ )→шламоотвал завода ОЦМ ( $1,31$ ). Результаты оценки индексов виталитета ценопопуляций свидетельствуют, что наиболее благоприятны для произрастания особей модельного вида условия прибрежно-водной полосы шламоотвала завода ОЦМ – наиболее антропогенно измененной экосистемы, наихудшие условия для *A. plantago-aquatica* складываются в фоновой ЦП – пруд Скоково.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Артюшенко, З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Плод / З.Т. Артюшенко, А.А. Федоров. – Л.: Наука, 1986. 392 с.
2. Боровиков, В.П. Статистика: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. – СПб: Питер, 2001. 656 с.
3. Егоркина, Г.И. Использование высших водных растений для оценки генотоксичности поверхностных вод / Г.И. Егоркина, Е.Ю. Зубрина, В.В. Кириллов // Сибирский экологический журнал. 2000. №6. С. 685-688.
4. Егошина, Т.Л. Накопление тяжелых металлов в водных экосистемах разной степени загрязненности / Т.Л. Егошина, Л.Н. Шихова, Е.М. Лисицын, А.С. Жиряков // Проблемы региональной экологии. 2007. №2. С. 17-23.
5. Ермакова, И.М. Одуванчик лекарственный как индикатор степени нарушенности лугового ценоза /

- И.М. Ермакова, Н.С. Сугоркина // Бюл. моск. о-ва испытателей природы. Отд. Биол. 2005. Т. 110, вып. 3. С. 71-79.
6. Жмылев, П.Ю. Биоморфология растений: иллюстрированный словарь. Учебное пособие / П.Ю. Жмылев, Ю.Е. Алексеев, Е.А. Карпухина, С.А. Баландин. – М.: 2002. 240 с.
  7. Зайцев, Г.Н. Математический анализ биологических данных. – М.: Наука, 1991. 184 с.
  8. Захаров, В.М. Здоровье среды: практика оценки / Центр экологической политики России / В.М. Захаров, А.Т. Чубинишвили, С.Г. Дмитриев и др. – М., 2000. 318 с.
  9. Ишибирдин, А.Р. Адаптивный морфогенез и эколого-ценологические стратегии выживания травянистых растений / А.Р. Ишибирдин, М.М. Ишмуратова // Методы популяционной биологии: Материалы VII Всерос. популяционного семинара. Сыктывкар, 2004. Ч.2. С. 113-120.
  10. Кавеленова, Л.М. Экологические основы и принципы построения системы фитомониторинга урбосреды в лесостепи // Вестник СамГУ. 2003. С. 182-191.
  11. Лелекова, Е.В. Биоморфология водных и прибрежно-водных семенных растений северо-востока Европейской России. Автореф. дисс. к.б.н., Пермь. 2006. 21 с.
  12. Макрофиты – индикаторы изменения природной среды. – Прага, 1993. 461 с.
  13. Максимова, Е.В. Влияние антропогенных факторов химической природы на некоторые эколого-биохимические характеристики растений / Е.В. Максимова, А.А. Косицына, О.Н. Макурина // Вестник СамГУ. 2007. №8(58). С. 146-152.
  14. Методы изучения лесных сообществ. – СПб., 2002. 240 с.
  15. Миркин, Б.М. Наука о растительности (история и состояние основных концепций) / Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова. – Уфа, 1998. 413 с.
  16. Неверова, О.А. Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». 2009. Т. 1. №1. С. 82-92.
  17. Николаевский, В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации / В.С. Николаевский. – Пушкино: Министерство природных ресурсов РФ, 2002. 220 с.
  18. Плохинский, Н.А. Биометрия. – М., 1970. 367 с.
  19. Прохорова, Н.В. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье / Н.В. Прохорова, Н.М. Матвеев, В.А. Павловский. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 1998. 131 с.
  20. Распопов, И.М. Индикационные возможности макрофитов // Гидробиотика 2000. V всероссийская конференция по водным растениям. – Борок, 2000. С. 204-205.
  21. Ростова, Н.С. Корреляции: структура и изменчивость // Труды СПберб. о-ва естествоиспытателей; Сер. 1. Т. 94. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2002. 308 с.
  22. Федоров, А.А. Атлас по описательной морфологии высших растений: Цветок / А.А. Федоров, З.Т. Артюшенко. – Л.: АН СССР, 1975. 350 с.
  23. Федоров, А.А. Атлас по описательной морфологии высших растений: Соцветия / А.А. Федоров, З.Т. Артюшенко. – Л.: АН СССР, 1979. 295 с.
  24. Федоров, А.А. Атлас по описательной морфологии высших растений: Лист / А.А. Федоров, М.Э. Кирпичников, З.Т. Артюшенко. – М.-Л.: АН СССР, 1956. 303 с.
  25. Федоров, А.А. Атлас по описательной морфологии высших растений: Стебель и корень / А.А. Федоров, М.Э. Кирпичников, З.Т. Артюшенко. – М.- Л.: АН СССР, 1962. 352 с.

## STUDYING THE CENOPOPULATIONS OF *ALISMA PLANTAGO-AQUATICA* L. (ALISMATACEAE) FOR EVALUATION THE QUALITY OF AQUATIC ECOSYSTEMS

© 2012 T.L. Egoshina, N.Yu. Chirkova, V.N. Suleymanova, V.V. Shiryaev, A.S. Zhiryakov

All-Russia Scientific Research Institute of Hunting Economy and Fur Farming  
named after Prof. B.M. Zhitkov, Rosselkhozakademiya, Kirov

Cenopopulation characteristics of *Alisma plantago-aquatica* L. are investigated. The gradient of usefulness of conditions for studied habitats of *A. plantago-aquatica* is determined by vitality cenopopulation index (coefficient of vitality). Variability of morphological signs of vegetative and reproductive organs in antropogenic changed habitats is studied.

Key words: *A. plantago-aquatica*, variability of morphological signs, antropogenic changed habitats

*Tatiana Egoshina, Doctor of Biology, Head of the Ecology and Resource Management Department. E-mail: etl@inbox.ru*

*Nataliya Chirkova, Candidate of Biology, Senior Research Fellow.*

*E-mail: n\_chirkova@mail.ru*

*Venera Suleymanova, Candidate of Biology, Senior Research Fellow.*

*E-mail: venera-su@mail.ru*

*Valeriy Shiryaev, Doctor of Biology, Deputy Director on Scientific Work.*

*E-mail: etl@inbox.ru*

*Andrey Zhiryakov, Post-graduate Student. E-mail: hanter411@mail.ru*