

МОНИТОРИНГ УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ: СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ РАСТЕНИЙ

© 2009 Г.Ю. Морозова

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск

Статья получена 03.08.2009

Урбанизированная среда оценивается как стрессовый фактор в жизни растений и формировании растительных сообществ. Анализируются изменения популяционной структуры растений урбанофлоры и демонстрируется индикаторная роль структуры популяций растений при оценке качества природной среды в городах. Обсуждаются проблемы фитоиндикации качества городской среды в целях оптимизации экологического состояния.

Ключевые слова: мониторинг, урбанизированная среда, популяция растений, фитоиндикация

Экологические и биологические исследования показывают, что сохранение в городах условий природной среды, оптимальных для жизнедеятельности человека, возможно путем поддержания на высоком уровне жизнедеятельности растений, находящихся на урбанизированных территориях. Для оптимизации городской среды обитания необходимо решить немало научных и организационных вопросов. Площадь рекреационных зон города должна в 5-10 раз превышать размер собственно жилой территории. Необходимы городские службы ботанического мониторинга, оперативно вскрывающие наиболее уязвимые точки в зеленой мантии городов и разрабатывающие рекомендации по охране растительного покрова. Для городов должны быть разработаны стандарты на состояние растительного покрова, включающие оценку видового богатства, устойчивости популяций, динамических процессов и др.

Урбанизация действует как стрессовый фактор на растительный компонент урбоэкосистем. Адаптации растений осуществляются за счет внутривидовой дифференциации и перестройки их популяционной структуры (возрастной, онтогенетической, размерной, виталитетной, пространственной, генетической и др.). Реакция на действие нарастающих стрессовых факторов у растений заключается в последовательных этапах: первоначально изменяется метаболизм и биохимия растений, затем наблюдаются изменения их индивидуального развития, позже происходит трансформация размерной и возрастной структур популяций. Завершается этот процесс снижением обилия вида или полным его выпадением из растительного покрова.

Популяция как элементарная биосферная единица жизни оказывается первым акцептором, воспринимающим все многообразие внешних воздействий на растительный покров. Для растений урбанофлоры характерны выраженные пластичность и изменчивость, выступающие механизмом выживания в нестабильной природной среде городов. У некоторых видов комплексный урбанизированный градиент уменьшает общую фитомассу (*Hordeum jubatum*) [20], у других увеличивает (*Bromopsis inermis*), а у третьих она остается относительно стабильной [9]. Под влиянием урбанизированной среды изменяются многие параметры древесных растений. У деревьев, хотя и сохраняется общий ход онтогенеза, заметно меняется жизненность [12]. Так, у видов *Tilia* и *Fraxinus* в городских условиях только 24-37 % деревьев сохраняли нормальную жизненность [13]. Аналогичным образом действуют на *Tilia* и *Betula* автотранспортные городские загрязнения. У *Larix sibirica* в первую очередь страдает репродуктивная сфера [2, 6]. По материалам мониторинга древесных растений Владивостока отмечено общее ухудшение жизненного состояния большинства древесных растений в озеленении скверов и улиц города [19]. При изучении жизненного состояния древесных растений, произрастающих на бульварах и в уличном озеленении г. Хабаровска, деревья высокой жизненности составили соответственно 84,32% и 44,79%, в то время как доля ослабленных растений равнялась 13,11% и 44,93%.

Отмечена определенная стратегия в поведении репродуктивных органов хвойных пород в урбоценозах. В городской среде у *Pinus sylvestris* в возрасте 60-80 лет теряется апикальная доминантность, приводящая в результате к формированию плоских форм кроны деревьев, уменьшению числа побегов женской сексуализации, снижению протяженности женской генеративной зоны с 60% (контроль) до 16-20% объема всей кроны [14]. В два раза сокращается

Морозова Галина Юрьевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. E-mail: togozova@ivep.as.khb.ru

величина годового прироста у растений *P. sylvestris*, произрастающих вдоль автомагистралей [1] по сравнению с растениями пригородных лесов. Действие поллютантов на растения в условиях города сокращает период их вегетации, смещает феноритмику, нарушает водный режим листьев. Все это приводит к утрате устойчивости и раннему старению деревьев [18]. У *Populus nigra* в условиях промышленного загрязнения проявляются черты ксероморфности [16].

Целью работы является изучение жизненного состояния популяций древесных растений для мониторинга урбанизированной среды.

В работе использована методика популяционно-онтогенетического направления [3,17], морфометрического анализа [5, 7, 8, 11]. Сбор материала проводили по градиенту урбоэкотопов в г. Хабаровск. Полученные материалы подвергнуты статистическому анализу. Расчеты проведены на IBM PC/AT с использованием специальных программ в пределах пакета STATISTICA, EXCEL и VIT.

Улучшение экологической ситуации в городах связано с совершенствованием системы озеленения, под которой понимается научно обоснованное пространственное размещение всех компонентов в соответствии с градостроительными зонами, климатическими, почвенными и другими факторами с целью достижения оптимального санитарно-гигиенического, экологического и эстетического эффектов. Зеленые насаждения в городе призваны оптимизировать условия окружающей среды и приближать их к зоне комфорта для горожан. Они должны обеспечивать воздух кислородом, очищать его от пыли и вредных газов, создавать комфортный микроклимат, увеличивать концентрацию отрицательно заряженных ионов, обладать бактерицидным действием, защищать от шума, предохранять почвы от эрозии, а также обеспечивать эстетичность городского пейзажа и улучшать визуальные свойства урбанизированных ландшафтов. Такие ожидания оправданы в случае сохранения высокой жизнеспособности городских растений.

Морфометрические показатели роста и развития растений, качество популяций дают объективную картину жизнеспособности видов в городской среде, что позволяет провести подбор экологически пластичных видов растений для озеленения. Урбаностресс изменяет абсолютные значения многих морфопараметров растений, меняет амплитуду их изменчивости и систему корреляционных связей между структурными частями особей [15]. При изучении фенотипической изменчивости *Tilia amurensis* и *Tilia mandshurica* в условиях уличного озеленения г. Хабаровск показано, что техногенные загрязнения изменяют у растений значения всех исследованных параметров морфоструктуры.

Устойчивость фитопопуляций определяется сопряженным действием ценогических и эколого-демографических аспектов и, в частности, способностью элементов к изменению жизненного состояния и сохранению большого генетического разнообразия при сочетании разных виталитетных групп [4]. Виталитетная структура популяций, а также ее динамика – важные показатели, имеющие высокую корреляцию с устойчивостью популяций и их статусом в растительном сообществе, в том числе и искусственных городских насаждениях.

Наиболее вариabельными популяционными параметрами являются возрастная и виталитетная структура. Виталитетные спектры чутко реагируют на флюктуацию экологических условий и выступают индикаторами их состояния, что позволяет использовать их для мониторинга окружающей среды. Техногенное загрязнение отчетливо дифференцировало популяции растений двух изучаемых видов *Tilia*. Несмотря на сходство возрастного состава урбопопуляций лип (виргинильное возрастное состояние) виталитетная структура их была неодинакова и изменялась от равновесной до депрессивной. Многомерное ранжирование по классам виталитета показало, что популяции неоднородны по своему составу, и степень этой неоднородности обусловлена видоспецифически и экологически. Так, по нашим наблюдениям, у разных видов *Tilia* в условиях уличного озеленения только 28,6% деревьев сохраняли средние показатели жизнеспособности. Основная масса исследованных деревьев сформировала низший класс виталитета (71,4%). У *T. amurensis* виталитетный тип популяции характеризовался как депрессивный. Более высокие показатели жизнеспособности отмечены в популяции *T. mandshurica*, ее виталитетное состояние характеризовалось как равновесное. Основная доля растений была представлена деревьями промежуточного класса виталитета – 61,3%, с долей участия растений низкого уровня жизнеспособности – 38,7%. Одновозрастные посадки *T. mandshurica*, в сравнении с *T. amurensis*, имели более высокое качество популяции, индекс качества популяции находился в амплитуде от 0,143 до 0,307. Это позволяет рекомендовать именно *T. mandshurica* для озеленения улиц дальневосточных городов с интенсивным движением автотранспорта.

Известно, что особи растений и их популяции реагируют на стрессовые факторы неодинаково, и интегральную оценку состояния популяций того или иного вида растения можно дать только на основе комплексного подхода. Отмечено, что сами по себе возрастные спектры популяций, уровень размножения и другие признаки меняются некоррелированно, стохастически и, взятые сами по себе,

каждый в отдельности, не позволяют использовать их как индикаторы состояния особей и популяции. Комплексный подход применим и при оценке состояния популяций растений в условиях урбанизированной природной среды.

Нами был проведен анализ динамики виталитетного состояния у основных пород, используемых в озеленении дальневосточных городов. Виталитетные спектры наиболее распространенных видов растений в озеленении городов представлены на рисунке. Комплексный сопоставительный анализ в отношении изучаемых видов древесных растений в городской среде был проведен на основании количественных параметров, которые характеризовали состояние особей растений (величина прироста, высота растений, диаметр ствола, размер кроны, показатели фотосинтетической активности растения) и наиболее важных популяционных параметров (плотность популяции, условное репродуктивное давление попу-

ляции на экотоп, индекс возрастности популяции и качество популяции) [10].

С учетом общих теоретических положений и фактического изменения статуса особей и структуры популяций изучаемых растений виды были подразделены на три группы:

1. Устойчивые к стрессам урбанизации и повышающие статус особей и популяций: *Ulmus pumila*, *Acer negundo*, *Populus simonii*, *P. tremula*.

2. Виды умеренной устойчивости, имеющие оптимум для особей и популяций на промежуточных ступенях градиента урбанизации: *Fraxinus mandschurica*, *Tilia mandschurica*.

3. Малоустойчивые виды, существенно снижающие обилие, качество особей и популяций в урбанизированной природной среде: *Betula platyphylla*, *Tilia amurensis*, *Pinus sylvestris*. Данные виды могут выступать в качестве индикаторов загрязнения окружающей среды.

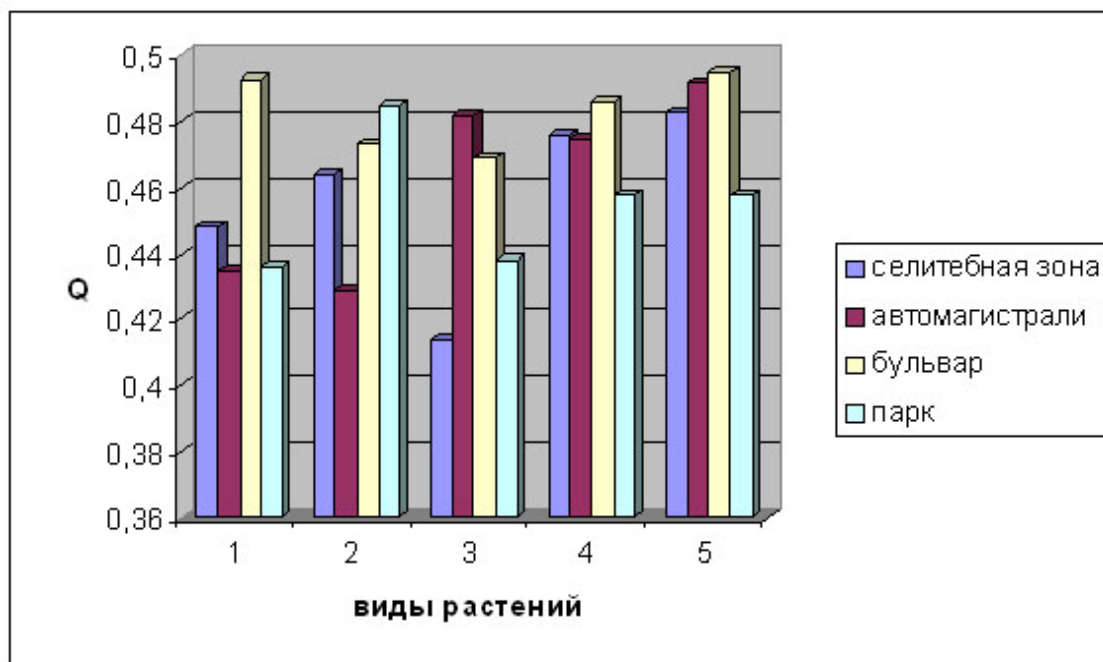


Рис. 1. Динамика качества урбопопуляций (Q) древесных растений по градиенту урбанизированных экотопов: 1 – *Populus simonii*; 2 – *Betula platyphylla*; 3 – *Ulmus pumila*; 4 – *Fraxinus mandschurica*; 5 – *Acer negundo*.

Выводы: реакция растений на стрессы в урбанизированной природной среде индивидуальна. Некоторые виды растений по урбанизированным градиентам сохраняют постоянство ряда основных параметров особей и популяций, у других наблюдается компенсаторная интенсификация метаболизма, роста и формообразования, ведущие к усилению их позиции, у третьих – осуществляется регрессивные трансформации как на уровне особей, так и на уровне популяций. Морфометрический и виталитетный анализы популяций видов на экологических градиентах показали высокую сте-

пень информативности методов популяционного анализа при различной степени антропогенного преобразования среды и возможность их использования для мониторинга окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильева, Е. Оценка жизненного состояния хвойных деревьев в урбанизированной среде / Е. Васильева, Г.Ю. Морозова // Матер. международного симпозиума ELPIT, Тольятти. □ 2007. □ С. 267-270.

2. Глушкова, Е.М. Изменчивость морфометрических показателей *Pinus silvestris* L. и *Betula pendula* Roth. в условиях загрязнения среды выбросами автотранспорта / Е.М. Глушкова, Н.В. Соловьева, Е.А. Булыгина // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Кн.2. Йошкар-Ола: Периодика Мари-эл. – 1998. – С. 159-160.
3. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений // Деревья и кустарники. М., 1989. – Ч. 1. – 102 с.
4. Жукова, Л.А. Принципы устойчивости ценопопуляций растений как элементов фитоценозов // Проблемы ботаники на рубеже XX-XXI веков: Тез. докл., представленных II (X) съезду Русского ботанического общества (26-29 мая 1998 г., Санкт-Петербург). Т.2. СПб: БИН РАН. – 1998. – С. 250.
5. Злобин, Ю.А. Структура фитопопуляций // Успехи совр. биологии. – 1996. – Т. 116, вып. 2. – С. 133-146.
6. Карасева, М.А. Влияние атмосферного загрязнения на семеношение лиственницы сибирской // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Кн. 2. Йошкар-Ола: Периодика Мари-эл. – 1998. – С. 160-161.
7. Карманова, И.В. Математические методы изучения роста и продуктивности растений. М.: Мир, 1976. – 223 с.
8. Морозова, Г.Ю. Анализ жизнеспособности клоновых растений на основе морфометрического подхода (на примере *Salmagrostis langsdorffii*) // Журнал общей биологии. – 2000. – Т.61, №4. – С. 428-438.
9. Морозова, Г.Ю. Растения в урбанизированной среде. Учебное пособие // Хабаровск: Изд-во ХГТУ, 2003. – 104 с.
10. Морозова, Г.Ю. Урбопопуляции древесных растений как объект пользования, управления и мониторинга / Г.Ю. Морозова, А.А. Бабурин // Вестник КрасГАУ. – 2008, № 6. – С.83-88.
11. Морозова, Г.Ю. Растения в урбанизированной природной среде: формирование флоры, ценогенез и структура популяций / Г.Ю. Морозова, Ю.А. Злобин, Т.И. Мельник // Журнал общей биологии. – 2003. – Т. 64, № 2. – С.166-180.
12. Разумовский, Ю.В. Особенности развития липы *Tilia cordata* Mill. в городе // Биологические науки. – 1991. - № 8. – С. 151-160.
13. Торопова, Н.А. Жизненность деревьев (липы и ясени) как индикатор состояния городской среды / Н.А. Торопова, Н.В. Берлинская // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Кн. 2. Йошкар-Ола: Периодика Мари-эл, 1998. – С. 157-158.
14. Третьякова, И.Н. Морфоструктура кроны и репродуктивная активность – признаки устойчивости хвойных в нарушенных лесных и урбосистемах Сибири. Классификация и динамика лесов Дальнего Востока / И.Н. Третьякова, Е.В. Бажина, В.А. Осколков и др. // Материалы междунар. конференции. Владивосток: Дальнаука. – 2001. – С. 298-300.
15. Турбина, М.Р. Влияние промышленных выбросов на морфоструктуру растений // Изуч., охрана и рац. использ. прир. ресурсов. Уфа. – 1989. - Вып. 1. – С. 119.
16. Уразгильдин, Р.В. Анатомо-морфологические особенности листьев тополей в условиях загрязнения (Предуралье) / Р.В. Уразгильдин, И.Р. Кагарманов, Н.Г. Кужлева // Проблемы ботаники на рубеже XX-XXI веков: Тез. докл., представленных II (X) съезду Русского ботанического общества (26-29 мая 1998 г., Санкт-Петербург). Т.2. СПб: БИН РАН. – 1998. – С. 83.
17. Уранов, А.А. Жизненное состояние вида в растительном сообществе // Бюлл. МОИП. Отд. биол. – 1960. - Т. 65, №3. – С. 77-91.
18. Федорова, А.И. Оценка морфо-физиологических показателей листьев древесных растений при индикационных исследованиях в городских экосистемах / А.И. Федорова, Е.В. Шунелько, В.В. Шестопалова, Н.В. Каверина // Проблемы ботаники на рубеже XX-XXI веков: Тез. докл., представленных II (X) съезду Русского ботанического общества (26-29 мая 1998 г., Санкт-Петербург). Т.2. СПб: БИН РАН. – 1998. – С.318.
19. Шихова, Н.С. Деревья и кустарники города Владивостока / Н.С. Шихова, Е.В. Полякова // Владивосток: Дальнаука, 2006. – 236 с.
20. Yakovleva, A.I. Intraspecific variability of ruderal types of plants in urbanized environment / A.I. Yakovleva, G.Yu. Morozova // Materials of the Fifth International Scholars' Forum of the Asia-Pacific Region Countries. Vladivostok, Russia. Far East Technical University. – 2003. – P. 462-463.

MONITORING OF THE URBANIZED INHABITANCY: STRUCTURE OF PLANT POPULATIONS

© 2009 G.Yu. Morozova

Institute of Water and Ecological Problems FEB RAS, Khabarovsk

Article is received 2009/08/03

The urbanized inhabitancy is estimated as the stressful factor in a life of plants and formation of vegetative communities. Changes in population structures of urban flora plants are analyzed and the indication role of plant populations structure is shown at the estimation of natural habitat quality in cities. Problems of phytoindication the qualities of an urban environment with a view of optimization the ecological condition are discussed.

Key words: *monitoring, urbanized inhabitancy, plant population, phytoindication*