

## Структурно-функциональные особенности *Syringa vulgaris* L. и оценка возможности их применения в диагностике атмосферного загрязнения г. Кемерово

Е. Ю. КОЛМОГорова

Институт экологии человека СО РАН  
650065, Кемерово, просп. Ленинградский, 10  
E-mail: biomonitring@bk.ru

### АННОТАЦИЯ

Выявлены структурно-функциональные особенности на уровне листового аппарата, побега, целого организма сирени обыкновенной в условиях г. Кемерово. Дана оценка возможности использования этих особенностей в диагностике атмосферного загрязнения. Максимальные изменения исследуемых параметров у сирени обыкновенной отмечены в Заводском, Кировском и Рудничном районах, которые характеризуются высокой степенью загрязнения атмосферного воздуха.

**Ключевые слова:** структурно-функциональные особенности, диагностика, атмосферное загрязнение, листовой аппарат, *Syringa vulgaris* L.

Загрязнение атмосферного воздуха – одна из наиболее острых экологических проблем г. Кемерово. Его высокие уровни обусловлены высокой концентрацией различных производств на относительно небольшой территории. Оценка уровня загрязнения показывает, что по комплексному показателю (КП) наиболее загрязненной является атмосфера трех районов города – Кировского (КП = 9), Рудничного (КП = 7) и Заводского (КП = 6), далее следует Центральный район (КП = 5), и минимально загрязнена атмосфера Ленинского района (КП = 3,4) [1]. КП рассчитан по 33 загрязняющим веществам, максимальные значения расчетных среднегодовых концентраций которых более 0,1 ПДК<sub>с</sub>: это диоксид азота, аммиак, оксид азота, соляная кислота, серная кислота, сажа, сернистый ангидрид, сероводород, сероуглерод, оксид углерода, ксилол, стирол, толуол, 3,4-бенз(а)пирен, нафталин, амиловый спирт, бутиловый спирт,

метиловый спирт, фенол, уксусная кислота, циклогексанол, динил, диметилформальдегид, формальдегид, ацетон, циклогексанон, диметиламин, монометиламин, циклогексиламин, нитробензол, бензин, бутилацетат.

Несмотря на то что многими авторами растения рассматриваются как один из факторов улучшения городской среды, следует признать, что высокая степень загрязнения, присущая урбанизированным территориям, приводит к ослаблению растительности, преждевременному ее старению, снижению продуктивности, поражению болезнями, вредителями и гибели.

Цель исследования – изучение некоторых структурно-функциональных особенностей сирени обыкновенной на уровне листового аппарата, побега и целого организма в условиях промышленного загрязнения и оценка возможности их применения в диагностике атмосферного загрязнения.

В соответствии с целью решались следующие задачи:

Колмогорова Елена Юрьевна

– на уровне листового аппарата исследовали уровень восстановленных ассимилятов и количество устьиц на 1 мм<sup>2</sup>;

– на уровне побега и целого организма анализировали прирост годичных побегов, количество листьев на годичном побеге, их площадь, количество сухой массы, оценивали жизненное состояние;

– проводили корреляционный анализ между исследуемыми показателями и комплексным показателем атмосферного загрязнения (КП).

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований служила сирень обыкновенная *Syringa vulgaris* L., широко используемая в озеленении города. Исследования проводили в 2000–2005 гг. на территории пяти административных районов города: Ленинского, Центрального, Заводского, Рудничного, Кировского в различных типах насаждений: 1 – вдоль магистралей, 2 – в скверах. Контрольные площади размещались в 30 км от городской черты (в южном направлении) на территории загородных дач.

Оценку фотосинтетической способности листьев проводили в июне, июле и августе по уровню восстановленных ассимилятов бескамерным методом, разработанным О. Д. Быковым [2].

Подсчет количества и доли закрытых и открытых устьиц проводили в зимний период на гербарных образцах, размоченных в течение 24 ч, с помощью микроскопа и осветителя отраженного света ОИ-21.

Для морфобиометрических исследований с 10 модельных растений каждого района срезали 10 ветвей (секатором на шесте с южной стороны из середины кроны дерева). Размеры побегов измеряли с точностью до 0,1 см, площадь листьев рассчитывали по методике И. В. Кармановой [3].

Жизненное состояние растений оценивали визуальным методом, в основу которого положено определение степени нарушения ассимиляционного аппарата и кроны [4]. В этом случае оценивается: 1 – доля живых (P<sub>1</sub>) ветвей в кронах деревьев (10 % = 1 балл); 2 – степень охвоенности (P<sub>2</sub>) или облиственности кроны (10 % = 1 балл); 3 – доля живых (без

некрозов) листьев (P<sub>3</sub>) в кронах (10 % = 1 балл); 4 – средняя доля (P<sub>4</sub>) живой площади листа (10 % = 1 балл). Суммарная оценка состояния деревьев (Св) каждого вида в зеленых насаждениях проводится по 10–25 модельным деревьям по формуле:

$$Св = P_1 + P_2 + P_3 + P_4.$$

Максимальная величина состояния деревьев в нормальных насаждениях составляет по этому методу 39–40 баллов, а в ослабленных и усыхающих – менее 39.

Математическая обработка представленного материала проводилась с помощью статистического пакета Statistica 5,5 для IBM-совместимых компьютеров. Для интерпретации полученных материалов использовали корреляционный анализ (метод главных компонент). Исследовали корреляции между морфофизиологическими характеристиками древесных растений с учетом степени загрязнения района, типа насаждений. В качестве характеристики атмосферного загрязнения учитывали комплексный показатель загрязнения (КП).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований показали, что максимальная фотосинтетическая активность у сирени в июле. К концу вегетации (в августе) процесс синтеза органических веществ замедлялся, что связано со старением листьев (рис. 1).

В городской среде отмечено снижение интенсивности фотосинтеза у сирени по срав-

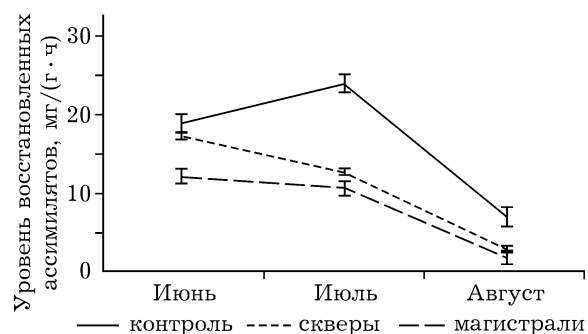


Рис. 1. Интенсивность фотосинтеза у листьев сирени обыкновенной в условиях г. Кемерово (средние данные за 2000–2005 гг.)

нению с контролем. У растений, произрастающих в скверах и примагистральных посадках, максимальное снижение синтеза ассимилятов отмечалось в августе – на 57,5 и 67 % соответственно.

Фотосинтетическая способность сирени обыкновенной различалась по районам города. Максимальное снижение интенсивности фотосинтеза отмечено у растений Заводского, Кировского и Рудничного районов города, характеризующихся наиболее высокой техногенной нагрузкой.

Достоверная корреляционная связь между фотосинтезом и КП ( $r = -0,17$  при  $p < 0,05$ ,  $n = 504$ ) доказывает, что с нарастанием техногенных факторов снижается интенсивность фотосинтеза.

Таким образом, фотосинтетическая способность сирени обыкновенной может служить в качестве индикатора уровней суммарного загрязнения различных зон города.

В литературных источниках имеются сведения, что в условиях промышленного загрязнения одним из проявлений общей ответной реакции фотосинтетического аппарата является ксерофитизация ассимиляционных органов, вызванная подавлением фазы растяжения клеток из-за недостатка ассимиля-

тов и, возможно, нарушения гормональной регуляции роста [5, 6].

Явления ксероморфоза у сирени обыкновенной в условиях г. Кемерово проявлялись в увеличении числа устьиц на  $1 \text{ мм}^2$ , замедлении роста боковых побегов, снижении площади листьев на годичных побегах. Указанные изменения более выражены у растений в примагистральных посадках, а также в Заводском и Кировском районах города.

В среднем по городу за годы исследований количество листьев на годичном побеге снижалось на 45,6–50 % в скверах и на 46,5–47,1% в примагистральных посадках; площадь листьев на годичном побеге – на 66 % в скверах и на 71–74 % в примагистральных посадках; существенно снижалась сухая масса листьев годичного побега – на 74,5–75,5 % в скверах и на 79,6–81,5 % в примагистральных посадках (табл. 1).

Установлена прямая корреляционная связь интенсивности фотосинтеза с приростом годичных побегов ( $r = 0,6$  при  $p < 0,05$ ,  $n = 560$ ), массой листьев годичного побега ( $r = 0,39$  при  $p < 0,05$ ,  $n = 560$ ), площадью листьев годичного побега ( $r = 0,46$  при  $p < 0,05$ ,  $n = 560$ ), количеством листьев годичного побега ( $r = 0,3$  при  $p < 0,05$ ,  $n = 560$ ).

Т а б л и ц а 1

**Морфометрические параметры ассимиляционного аппарата у сирени обыкновенной в различных районах г. Кемерово (средние данные 2000 – 2005 гг.)**

Район	Количество листьев на годичном побеге, шт.	Площадь листьев годичного побега, $\text{см}^2$	Масса листьев на годичном побеге, г.	
			сырая	сухая
Загородная зона (контроль)	15,5±0,72	52,4±2,40	16,0±0,83	14,2±0,70
Ленинский	11,6±0,6*	21,3±1,10*	6,6±0,31*	3,9±0,15*
	9,2±0,37*	19,3±0,82*	7,8±0,27*	4,7±0,21*
Центральный	8,4±0,07*	20,8±0,90*	6,2±0,27*	3,7±0,13*
	8,1±0,40*	10,2±0,54*	5,6±0,24*	1,5±0,06*
Заводский	6,3±0,20*	16,4±0,80*	5,5±0,22*	3,3±0,11*
	7,7±0,33*	11,3±0,58*	4,3±0,22*	1,9±0,04*
Кировский	5,8±0,21*	14,2±0,70*	4,2±0,21*	2,9±0,16*
	–	–	–	–
Рудничный	6,7±0,32*	25,6±0,65*	4,6±0,19*	3,6±0,17*
	–	–	–	–
Средняя по городу	7,76	17,7	5,42	3,48
	8,3	13,6	5,9	2,63

П р и м е ч а н и е. Звездочкой отмечены достоверные отличия от контроля при уровне вероятности  $V = 0,95$ . Первая строка в каждой графе – скверы, вторая – магистрали.

Некоторые анатомические показатели листьев сирени обыкновенной в различных районах г. Кемерово (средние данные 2000–2005 гг.)

Район	Число устьиц на 1 мм <sup>2</sup> , шт.	Открытые, %	Закрытые, %
Загородная зона (контроль)	120,7 ± 3,4	60,6	39,4
Ленинский	207,6 ± 1,9*	53,2	46,8
	181,3 ± 1,7*	48,0	52,0
Центральный	220,7 ± 1,8*	53,5	46,5
	220,3 ± 3,8*	55,4	44,6
Заводский	231,5 ± 1,7*	54,3	45,7
	284,6 ± 3,5*	45,4	54,6
Кировский	254,2 ± 2,1*	51,4	48,6
	–	–	–
Рудничный	220,7 ± 1,8*	53,5	46,5
	–	–	–
Средняя по городу	226,9	53,2	46,8
	228,7	49,6	50,4

П р и м е ч а н и е. Усл. обозначения см. табл. 1.

Отмечено увеличение числа устьиц на 1 мм<sup>2</sup> листовой поверхности, повышение доли закрытых устьиц, причем в большей степени у растений примагистральных посадок по сравнению со скверами (табл. 2).

Максимально увеличивалось число устьиц на 1 мм<sup>2</sup> листа у сирени, произрастающей в примагистральных посадках Заводского района: на 135,8 % по сравнению с контролем.

Данные корреляционного анализа показали, что увеличение доли закрытых устьиц зависит от степени загрязнения районов города и уменьшается в ряду: Ленинский < Центральный < Рудничный < Заводский < Кировский ( $r = 0,5$  при  $p < 0,05$ ,  $n = 560$ ). Увеличение количества закрытых устьиц может рассматриваться как защитная реакция растений на высокое содержание промышленных газов в воздухе.

Выявленные нарушения на уровне листового аппарата приводили к снижению прироста годичных побегов в условиях города (рис. 2).

Данный показатель снижался по сравнению с контролем у растений скверов и примагистральных посадок, причем максимально в Заводском и Кировском районах (в среднем прирост годичных побегов на 44–73 % ниже по сравнению с контролем).

Жизненное состояние растений в загородной зоне оценивалось не ниже 39 баллов. При этом на листьях не отметили некрозов, хотя присутствовал невысокий процент мерт-

вых ветвей в кронах, что, по-видимому, связано с особенностями температурного режима резко континентального климата Западной Сибири.

Исследования показали, что в городе ухудшается жизненное состояние сирени: снижаются доля живых ветвей в кроне, степень облиственности, доля живых (без некрозов) листьев в кроне, средняя доля живой площади листа. Угнетение изучаемого вида в большей степени выражено в примагистральных посадках, а также в Заводском и Кировском районах города, вероятно, за счет более высокой техногенной нагрузки.

Жизненное состояние сирени ухудшилось в среднем по городу на 13 % в скверах и 15 % в примагистральных посадках в основном за счет увеличения доли мертвых ветвей в кронах (рис. 3).

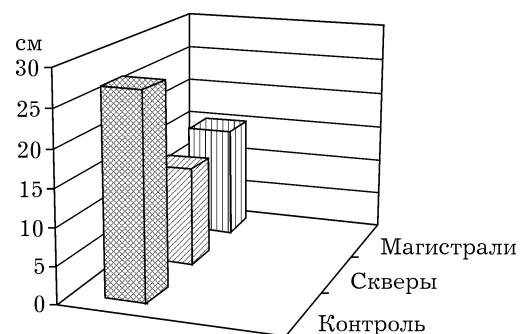


Рис. 2. Прирост годичных побегов в длину у сирени обыкновенной в условиях г. Кемерово (средние данные за 2000–2005 гг.)

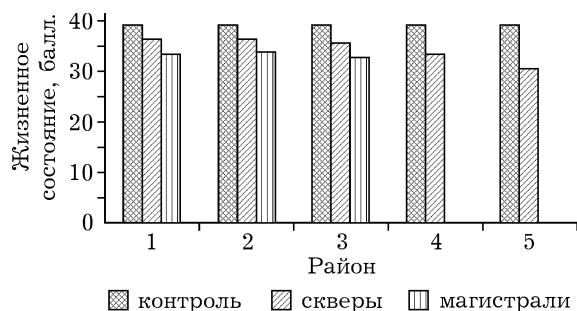


Рис. 3. Характеристика жизненного состояния сирени обыкновенной в условиях г. Кемерово (средние данные за 2000–2005 гг.).

Районы: 1 – Ленинский, 2 – Центральный, 3 – Заводский, 4 – Кировский, 5 – Рудничный

#### ВЫВОДЫ

1. Выявлены структурно-функциональные особенности сирени обыкновенной на уровне листового аппарата и целого растения в условиях г. Кемерово. На уровне листового аппарата отмечено снижение фотосинтетической способности, явление ксероморфоза, выражающиеся в увеличении количества устьиц на  $1 \text{ мм}^2$  и доли закрытых устьиц, замедлении роста боковых побегов, в снижении на них площади листьев. На уровне целого организма изменялись структура, форма и размеры крон, снижались облиственность ветвей, количество живых ветвей в кроне, ухудшались показатели жизненного состояния.

2. Максимальные изменения исследуемых параметров у сирени обыкновенной отмечены в Заводском, Кировском и Рудничном районах г. Кемерово, которые характеризовались высокой степенью загрязнения атмосферного воздуха.

3. Наличие достоверной корреляционной связи между морфофизиологическими показателями древесных растений и уровнем загрязнения атмосферного воздуха с учетом районов города доказывает возможность их использования для оценки суммарного загрязнения городской среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Быков А. А., Неверова О. А. Моделирование загрязнения атмосферы и экологическое зонирование территории г. Кемерово // Инженерная экология. 2002, № 6. С. 25–32.
2. Быков О. Д. Бескамерный способ изучения фотосинтеза: Методические указания. Л., 1974. 17 с.
3. Карманова И. В. Математические методы изучения роста и продуктивности растений. М.: Наука, 1976. 221 с.
4. Николаевский В. С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. М.: МГУЛ, 1999. 193 с.
5. Николаевский В. С. Экотоксикология и охрана природы. Рига, 1988. С. 124–125.
6. Фролов А. К. Окружающая среда крупного города и жизнь растений в нем. СПб.: Наука, Ленингр. отделение, 1998. 328 с.

## Structural and Functional Features of *Syringa vulgaris* L. and Evaluation of the Possibility to Use Them in the Diagnostics of Atmospheric Pollution in Kemerovo

E. Yu. KOLMOGOROVA

Institute of Human Ecology SB RAS  
650065, Kemerovo, Leningradsky ave., 10  
E-mail: biomonitoring@bk.ru

Structural and functional features at the level of the leaf apparatus, sprout, entire organism of *Syringa vulgaris* under the conditions of Kemerovo city were revealed. The possibility to use these features in the diagnostics of atmospheric pollution was evaluated.

Maximal changes of the parameters under investigation for *Syringa vulgaris* were observed in Zavodsky, Kirovsky and Rudnichny districts that are characterized by the high degree of atmospheric air pollution.

**Key words:** structural and functional features, diagnostics, atmospheric pollution, leaf apparatus, *Syringa vulgaris* L.