

УДК 581.133.1

К СПЕЦИФИКЕ СОДЕРЖАНИЯ ЗОЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЛИСТЬЯХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ (НА ПРИМЕРЕ САМАРЫ)

© *Л.М. Кавеленова*, А.Г. Здетовский, А.Я. Огневенко*

*Самарский государственный университет, ул. Академика Павлова, 1,
443011, Самара (Россия) e-mail: biotest@ssu.samara.ru*

Для ряда видов древесных растений в урбосреде в условиях лесостепи оценивали общее содержание зольных веществ в листовой фитомассе. Обсуждаются вопросы сезонной динамики, связь с условиями местообитания и проявление видоспецифических особенностей накопления зольного компонента листьями древесных растений.

Введение

Зола, или остаток, получаемый после удаления органических веществ из фитомассы, содержит целый ряд нелетучих оксидов так называемых зольных элементов (K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn и др.). Содержание зольных веществ обнаруживает зависимость от принадлежности исследуемого образца к определенным органам и тканям растений. Так, доля зольного компонента высока в тканях, богатых каталитически активными белками, использующими ионы-активаторы, и ионами в составе цитозоля. Обогащенные же органическими метаболитами либо лишенные живых протопластов ткани бедны зольными веществами. Минимальным содержанием золы (около 1%) характеризуется древесина, состоящая преимущественно из мертвых клеток с лигнифицированными стенками. Для семян, которым свойственно преобладание органических веществ запаса, содержание золы может составлять 3%. У характеризующихся высокой метаболической активностью корней и стеблей травянистых растений содержание зольных элементов оценивается на уровне 5%. Наконец, максимальное количество золы (до 15%, порой еще больше) может присутствовать в листьях растений [1–3].

Состав и содержание зольных элементов в фитомассе характеризуются видоспецифичностью (в целом травянистые растения характеризуются более высокими показателями, чем древесные) [2], зависят от возраста, состояния растений, почвенно-климатических условий их произрастания [4]. Содержание зольных элементов в листьях различных видов растений, в первую очередь, определяется внутренними структурными особенностями (генотипически) и внешними характеристиками качества окружающей среды [3]. К факторам внешней среды, определяющим зольный состав растительных тканей, относятся: почвенные условия, температура, интенсивность осадков. Показатель содержания зольных веществ в листьях и листовом опаде важен как в аспекте химизма самого растения, так и с позиций поступления

* Автор, с которым следует вести переписку.

минеральных веществ из фитомассы в прочие компоненты экосистемы [3]. В данной работе представлены некоторые результаты, относящиеся к определению показателя зольности листьев древесных растений в условиях урбосреды.

Экспериментальная часть

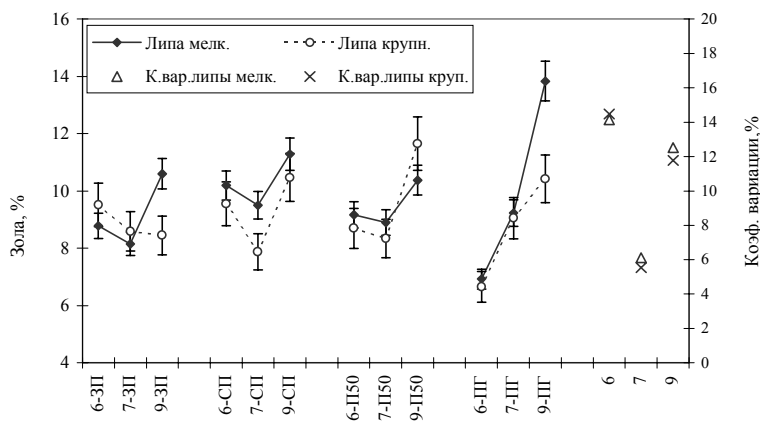
Для территории крупного промышленного центра, расположенного в лесостепи в условиях континентального климата, проводилось определение содержания зольных элементов в листьях ряда видов древесных растений, как местных, так и интродуцированных из иных природно-климатических районов. Пробы листьев отбирали в крупных городских объектах озеленения (парковых массивах), отличавшихся положением в рельефе, уровнем техногенного загрязнения воздуха, и в различной степени генетически связанных с природными (естественными) лесными массивами. Отбор проводили с отдельно стоящих деревьев (не менее 5–7 в каждой точке) приблизительно одного возраста, по периметру кроны с высоты 1,5 м. Листья быстро высушивали и методом сухого озоления в муфельной печи определяли содержание золы (повторность – не менее трехкратной для суммарных проб из данной точки наблюдений) [1]. Математическую обработку цифрового материала выполняли в системе EXEL. Для оценки экологических условий в ряде точек наблюдений был проведен анализ видового списка встреченных видов растений по шкалам Д.М. Цыганова (1983) [5], уровень загрязнения воздуха оценивали условно в баллах по данным Росгидромета для пунктов наблюдения за загрязнением г. Самары.

Обсуждение результатов

Определение показателей зольности листовой фитомассы позволяет априори ожидать видоспецифичности, динамики в сезонном отношении и несомненной зависимости от условий места произрастания данных древесных растений. Кратко охарактеризуем выявленные нами особенности, которые обнаруживала зольность листьев древесных растений в условиях г. Самары.

Во-первых, содержание зольных веществ в листьях древесных растений претерпевало сезонные изменения, на которые в неоднородной городской среде накладывался комплекс условий места произрастания, в том числе, вероятно, и актуальный уровень техногенного загрязнения воздуха. Так, для листьев двух видов рода Липа – липы мелколистной и липы крупнолистной (рис. 1) в июне-сентябре 2000 г. для относительно слабо- и среднезагрязненных городских территорий (Загородный парк, Струковский парк, парк им. 50 лет ВЛКСМ) от июня к июлю отмечалось определенное снижение содержания зольных элементов, сентябрьские же показатели в большинстве случаев были наиболее высокими. Некоторое снижение зольности для середины вегетационного периода, при полной зрелости листьев, мы связываем с относительным возрастанием доли органических ассимилятов, формирование которых в этот период должно достигать максимума. В конце вегетационного периода рост зольности листьев мог быть результатом накопления поллютантов, присутствующих в воздушной среде, а также следствием высокой запыленности листовых пластинок в условиях засушливой, жаркой погоды начала осени. В парковом массиве, испытывающем воздействие наиболее сильного загрязнения воздуха (парк им. Гагарина) для обоих видов лип отмечали возрастание зольности листьев с июня по сентябрь, причем здесь для листьев липы крупнолистной содержание зольных компонентов достигало максимума.

Рис. 1. Содержание золы в листьях лип мелколистной и крупнолистной в парках г. Самары и его варьирование по месяцам 2000 г. Пункты наблюдений (Загородный парк, Струковский парк, парк им. 50 лет ВЛКСМ, парк Гагарина) расположены по возрастанию загрязнения



Вторым моментом, на котором хотелось бы остановиться, является оценка варьирования содержания зольных элементов при обобщении показателей каждого месяца (рис. 1). Оказалось, что в начале (июнь) и конце вегетационного периода (сентябрь) коэффициент вариации для показателей зольности листьев лип мелколистной и крупнолистной находился в пределах 12–14%, тогда как в середине вегетационного периода наблюдалась стабилизация показателя, при которой коэффициент вариации не превышал 6%. Иными словами, в процессе формирования ассимиляционной структуры и перехода к ее деструкции локальные условия среды могут оказывать наиболее заметное воздействие, увеличивая вариабельность показателя для групп городских растений. При достижении «взрослого» метаболического состояния зольность листьев стабилизируется, что может быть связано с необходимостью обеспечивать определенный уровень активности метаболических реакций.

Следующим важным моментом, который мы осветим в данном сообщении, является видоспецифичный характер накопления зольных элементов в листьях древесных растений. По данным вегетационного периода 1999 г., исследованные виды древесных растений обладали следующими средними значениями содержания зольных элементов: клен ясенелистный – 11,8%, вяз мелколистный – 10,8%, вяз шершавый – 10,7%, липа крупнолистная – 10,1%, клен остролистный – 8,8%, липа сердцевидная – 8,7%, ясень ланцетный – 8,4%, береза повислая – 6,5%, дуб черешчатый – 6,4%.

Нами был отмечен высокий уровень варьирования зольности как внутри данного видового списка, так и на разных пробных площадях. Максимальное значение зольности (16,62%) отмечено у вяза мелколистного (точка со средним уровнем загрязнения, площадь Кирова). Минимальное значение данного параметра (4,3%) отмечено у дуба черешчатого (пригородный лесной массив, Красная Глинка).

В зависимости от условий произрастания исследуемые древесные виды располагаются по мере снижения зольности в следующие ряды: а) для парковых сообществ: **клен ясенелистный > липа крупнолистная > вяз мелколистный > вяз шершавый > клен остролистный > липа сердцевидная > ясень ланцетный > дуб черешчатый > береза повислая**; б) для пригородных лесных сообществ: **клен ясенелистный > вяз шершавый > вяз мелколистный > липа крупнолистная > клен остролистный > липа сердцевидная > ясень ланцетный > береза повислая > дуб черешчатый**. Как видно, данные ряды при общей схожести обладают некоторыми различиями. Липа крупнолистная, вяз шершавый и береза повислая в городских условиях перемещаются в сторону большего содержания зольных

элементов, что можно связывать с высокими абсорбтивными свойствами покрытых волосками листьев липы крупнолистной и вяза шершавого, липким секретом на поверхности листьев березы и, как следствие, с увеличением содержания пыли в общей доле зольного остатка.

Наиболее вариабельным по содержанию зольного компонента является клен ясенелистный, наименее – дуб черешчатый. При несомненной видоспецифичности уровня зольности листьев древесных растений, при анализе близкородственных видов (в пределах рода) выявляется большая вариабельность у видов-интродуцентов по сравнению с аборигенными видами. Данный факт очевидно определяется меньшей (по сравнению с местными видами) адаптированностью к условиям произрастания видов-интродуцентов.

Практически для всех рассматриваемых видов нами отмечено увеличение содержания зольных элементов в листьях в условиях городских насаждений по сравнению с пригородными лесными экосистемами (рис. 2).

Анализируя влияние на зольность различных экологических факторов, мы провели корреляционный анализ, используя индексацию уровня воздействия экологических факторов по системе Д.Н. Цыганова. Для этого на основе списков видов, произраставших на используемых для долговременных (мониторинговых) исследований площадках, методом нахождения среднего балла была проведена оценка уровня воздействия ведущих экологических факторов – температурного режима (T_m), режима увлажнения (H_d), солевого режима (Tr) кислотности (R_c) и богатства почв азотом (N_t), переменности (контрастности) увлажнения (fH) и режима затенения (L_c). Матрица данных для проведения корреляционного анализа по каждому из исследованных видов растений содержала: показатели балльной оценки экологических условий каждого местообитания по шкалам Цыганова, баллы условной оценки относительного уровня техногенного загрязнения воздуха, показатели зольности листовой фитомассы данного вида растений в соответствующей точке отбора проб. При этом однотипные показатели располагали в виде столбцов, построчно размещались данные, соответствующие одному из местообитаний (точке отбора проб). Результаты корреляционного анализа для различных видов древесных растений мы свели в единую таблицу (табл. 1). Кратко остановимся на некоторых обнаруженных связях.

Для клена остролистного, аборигенного древесного растения наших лесов, свойственны определенная теневыносливость, а также достаточно высокая требовательность к увлажнению и уровню плодородия почвы [6, 7]. Для показателей накопления зольных элементов в листьях этого вида наиболее тесная связь обнаруживалась с термоклиматическим режимом (T_m) ($r = 0,78$) и освещенностью (L_c) ($r = -0,60$), т.е. экологические факторы, определяющие условия протекания фотосинтеза, влияли на накопление зольных элементов сильнее всего. Влияние техногенного загрязнения не было выражено.

У клена ясенелистного, интродуцента североамериканского происхождения, в новых природно-климатических условиях связь накопления зольных элементов была отмечена по отношению ко многим отслеживаемым факторам. Это может соответствовать определенной «разбалансировке» взаимосвязей между функционально значимыми параметрами в процессе адаптации. У березы, весьма светолюбивого, мало требовательного к почвенным условиям растения, корреляционные связи содержания золы [8] показателя среднего уровня отмечались для освещения ($r = -0,49$), богатства почв азотом ($r = 0,47$), содержания минеральных солей ($r = 0,43$) и термоклиматического режима ($r = 0,44$), что вполне соотносится с биоэкологическими особенностями данного вида. Отсутствие корреляционной связи с

уровнем техногенного загрязнения могло соответствовать тому факту, что данный показатель представляет собой высоко опосредованную характеристику метаболизма.

Для интродукта ясеня ланцетного, свето- и влаголюбивого вида, требующего почв, богатых кальцием [7], содержание зольного компонента обнаружило среднюю корреляционную связь с уровнем загрязнения ($r = 0,58$), а также условиями солевого режима, кислотности, богатства почв азотом и контрастности увлажнения. Для этого вида адаптация к новым условиям, судя по данному показателю, поставила накопление зольных элементов в листьях в зависимость не только от почвенной среды, но и от техногенного загрязнения воздуха.

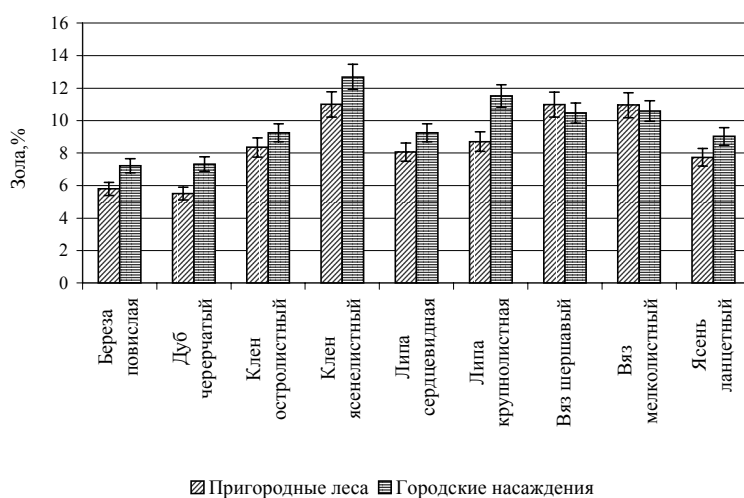


Рис. 2. Средние показатели зольности листьев древесных растений в условиях пригородных лесов и городских насаждений г. Самары (август 1999 г.)

Таблица 1. Значения коэффициента корреляции между содержанием зольного компонента в листьях древесных растений и различными условиями места произрастания

Виды	Рельеф*	Уровень загр.*	Освещ.*	Tm sr**	Hd sr**	Tr sr**	Rc sr**	Nt sr**	fH sr**	Lc sr**
Клен остролистный	-0,50	-0,07	-0,09	0,78	-0,02	0,19	-0,22	0,23	0,07	0,60
Клен ясенелистный	-0,75	-0,75	0,40	-0,85	0,01	-0,37	-0,06	-0,29	-0,16	0,24
Ясень зеленый	-0,35	-0,58	0,77	-0,06	-0,41	-0,64	0,41	-0,84	-0,97	0,74
Дуб черешчатый	0,12	0,61	-0,22	0,84	-0,59	0,81	0,60	0,88	0,83	-0,77
Липа сердцевидная	-0,06	-0,03	0,14	0,51	0,63	-0,45	-0,67	-0,36	-0,22	0,45
Липа крупнолистная	0,11	0,11	-0,59	-0,18	0,18	0,43	-0,18	0,68	0,89	-0,56

* Оценка условий для конкретных местообитаний была проведена в условных баллах.

** Оценка уровня воздействия фактора проводилась по шкалам Цыганова, 1983: термоклиматический режим, режим увлажнения, солевой режим, кислотность почв, богатство почв азотом, переменность увлажнения, уровень освещенности.

Для дуба черешчатого, который по своим экобиологическим особенностям несколько напоминает ясень, но менее требователен к влаге, в целом картина корреляционных связей была сходной с тем, что было отмечено для ясеня. Однако по ряду факторов связь стала более тесной, что соответствовало возрастанию значений коэффициента r (для техногенного загрязнения, термического режима, солевого режима почв и их богатства азотом и др.). В целом это сходство зависимостей наводит на мысль о неких общих закономерностях, которые могут затрагивать метаболические реакции у растений со сходными биоэкологическими характеристиками. Увеличение тесноты связи показателя зольности листьев дуба черешчатого с большинством факторов среды, возможно, свидетельствует о неблагоприятных условиях среды [9]. Для липы сердцевидной общая картина корреляционных связей несколько напоминала форму зависимостей, отмеченных для клена остролистного, при возрастании значений для ряда коэффициентов. На фоне видоспецифичных различий, на наш взгляд, это вновь означало определенные общие стратегические моменты, которые свойственны древесным растениям первого-второго яруса, требовательным к почве и увлажнению, формирующим крупные и тонкие листовые пластинки.

Таким образом, содержание зольных элементов в листьях древесных растений в условиях городской территории в лесостепи обнаруживает зависимость от видовой принадлежности и связь с эколого-биологическими характеристиками растений. Влияние техногенного загрязнения не становится единственным значимым фактором окружающей среды, формирующим определенный уровень химизма фитомассы. Сезонная динамика зольности листьев обнаруживает некоторые количественные изменения в зависимости от условий конкретного местообитания, что наиболее отчетливо прослеживается в начальном и завершающем этапах вегетационного периода.

Список литературы

1. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А.И. Ермакова. М., 1987. 480 с.
2. Лебедев С.И. Физиология растений. М., 1988. 544 с.
3. Алексеев В.А. Экологическая геохимия. М., 2000. 627 с.
4. Ковальский В.П. Геохимическая экология. М., 1974. 300 с.
5. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М., 1983. 197 с.
6. Булыгин Н.Е. Дендрология. М., 1985. 280 с.
7. Плотникова Л.С. Деревья и кустарники рядом с нами. М., 1994. 175 с.
8. Древесные растения главного ботанического сада АН СССР / П.И. Лапин, М.С. Александрова, Н.А. Бородин и др.; Под ред. Н.В. Цицина. М., 1975. 547 с.
9. Петрушенко В.В., Григорян Э.М., Азарова Л.В. Применение метода корреляционных плеяд при оценке состояния древесных растений в различных экологических условиях // Ботанический журнал. 1981. Т. 66. №2. С. 255–259.

Поступило в редакцию 12 марта 2001 г.

После переработки 3 апреля 2001 г.