
УДК 574.

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ НА НЕКОТОРЫЕ ЭКОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСТЕНИЙ

© 2007 Е.В. Максимова, А.А. Косицына, О.Н.Макурина¹

Проведены исследования морфометрических показателей и содержания фотосинтетических пигментов листьев *Plantago major* в различных районах г. Самары

Введение

Одной из наиболее актуальных проблем современности является охрана окружающей среды. Эта проблема обострилась в XX в., когда интенсивное развитие промышленности и транспорта, а также несовершенство технологических процессов привели к загрязнению атмосферы, воды и почвы. Токсичные вещества нарушают рост растений, способствуя снижению урожаев, потерям в животноводстве, постепенной гибели деревьев.

Основным источником загрязнения атмосферного воздуха свинцом в РФ является автотранспорт, использующий бензин, содержащий свинец. Не малую роль в загрязнении свинцом играют отработанные аккумуляторы, отравляющие почву и воду соединениями свинца [1].

Одной из главных проблем стала глобальная эмиссия тяжелых металлов в воду и почву. Растения обладают способностью аккумулировать металлы из почвы, воды и атмосферы. Проблема поглощения металлов корнями складывается из многих составляющих: необходимости разработки методов защиты пищевых цепей от проникновения металлов в значительных концентрациях, изучения токсичности тяжелых металлов для растений, возможность использования растений как биоиндикаторов загрязнения среды тяжелыми металлами.

Целью нашей работы является изучение влияния оживленного автомобильного движения на эколого-биогеохимическую обстановку в некоторых районах г. Самары (на примере улицы Ново-Садовая). Для реализации этой цели были поставлены следующие задачи:

¹ Максимова Екатерина Викторовна, Косицына Арина Алексеевна, Макурина Ольга Николаевна (dekanat.05.54@mail.ru), кафедра биохимии ГОУВПО «Самарский государственный университет», 443011, Россия, г. Самара, ул. Акад. Павлова, 1.

1) закладка экологического профиля и пробных площадей на нем для сравнительного анализа;

2) выбор растения-биотеста и анализ его эколого-биогеохимического состояния – интенсивности роста надземной части подорожника большого (площадь листовой пластинки) и динамики содержания хлорофиллов групп а и b в листьях подорожника на пробных площадях;

Объектом данного исследования явились растения *Plantago major* – дикорастущего многолетника семейства подорожниковых [4], собранные в окрестностях улицы Ново-Садовая г. Самары.

Улица Ново-Садовая была выбрана по критерию наибольшей протяженности в городе и наличия в ее окрестностях различных по уровню антропогенного загрязнения объектов [2].

Схема проведения эксперимента. Эксперимент проводился в летний период 2006 г. Были исследованы группы растений на выбранных точках вдоль улицы Ново-Садовая (места повышенной экологической опасности – наиболее оживленные перекрестки, автозаправочные станции и объекты относительно невысокой степени загрязненности – лесопарковые зоны и жилые массивы).

Сбор растительного материала проводился с помощью маршрутного метода. Обозначили восемь пробных площадей, с учетом отбора на большинстве из них растительного материала (подорожника большого). Расстояние между пробными площадями около 1200 м, расстояние между первой пробной площадью и последней около 9765 м.

На каждой пробной площади проводился отбор проб растительного материала. Каждая проба помещалась в маркированные пакеты.

В качестве основных метрических показателей были выбраны: площадь листовой пластинки, масса сырых и высушенных наземных частей растения. Площадь сырой листовой пластинки измерялась с помощью миллиметровой бумаги сразу после сбора образцов растений. Сырую массу растений измеряли на торсионных весах с точностью до 1 мг сразу после сбора растений. Сухую массу измеряли аналогично после полного высушивания листьев в тени. Сухие растения измельчались в ступке для удобства определения содержания в них основных фотосинтетических пигментов.

Количественное определение пигментов основано на определении оптической плотности пигментов на длинах волн, являющихся максимумами их поглощения [5]. Достоверность динамики показателей были рассчитаны при помощи среднего арифметического отклонения.

Результаты исследований и их обсуждение

Из анализа данных, полученных в ходе эксперимента, следует, что химические факторы антропогенной природы, в том числе и тяжелые металлы, преобладающие в выхлопах автотранспорта, негативно действуют на ростовые процессы в растениях. Убедительным доказательством сказанного являются данные (рис. 1)

о характере изменений площади листовой пластинки растений подорожника, собранных в указанных выше районах. В течение лета (июнь-август) листья растений всех опытных групп увеличили размеры листовой пластинки, однако, менее значительно подобные изменения произошли в растениях, отобранных вблизи ул. Солнечной, пр. Масленникова и АЗС вблизи ул. Шверника, то есть в тех районах, которые характеризуются весьма оживленным потоком атотранспорта.

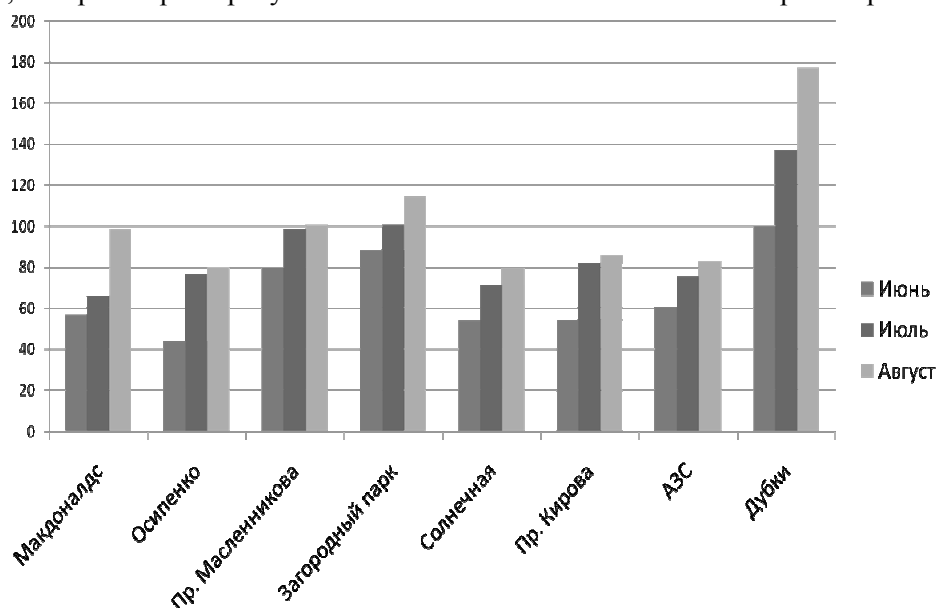


Рис. 1. Площадь листовой пластинки подорожника большого (*Plantago major*), собранного в различных районах г. Самары

Подобное действие не было неожиданным и в литературе имеются сходные данные, но полученные для других растений. Подобное негативное влияние можно объяснить, в частности, накоплением ионов металлов в свободном пространстве клеточной стенки, которое определяется величиной ионообменного коэффициента. Проникая через клеточную стенку, одна часть ионов связывается с реактивными компонентами апопласта, другая поступает в цитозоль. Поступившие в цитоплазму ионы, могут связываться там с биомолекулами. Оставшаяся в цитозоле в виде свободных ионов или растворимых комплексов фракция, симпластическим или трансклеточным путем перемещается из корня в побег и далее – в листья растений по заряженным участкам ксилемы, либо увлекается с транспирационным потоком воды. Результирующий отклик биологической системы на воздействие избыточных концентраций ионов металлов во многом зависит от эффективности их детоксикации в растении.

Ингибирование роста растений происходит, с одной стороны, из-за нарушения метаболизма и, с другой стороны, в результате более прямого действия металла на рост, например, в результате взаимодействия с полисахаридами оболочек, сниже-

ния пластичности клеточных оболочек, ингибирования деления клеток. Ионы тяжелых металлов изменяют фосфолипидный состав мембран, увеличивают их проницаемость, индуцируют ионный дисбаланс за счет выделения из клеток ионов K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , снижают АТФ-азную активность плазмалеммы. Торможение роста растения под действием ионов тяжелых металлов исследовано наиболее полно. В частности основным симптомом токсического действия тяжелых металлов является торможение роста и угнетение накопления биомассы.

При длительном пребывании в среде, содержащей тяжелые металлы, происходит постепенное накопление их в организме растений. Специфика реакций разных объектов на действие тяжелых металлов определяется не только степенью нарушения таких процессов, как синтез ферментов, фитогормонов, их активность, но и разной способностью к синтезу металлсвязывающих соединений и выведению поглощаемых тяжелых металлов из активного метаболизма. Металлсвязывающие белки синтезируются в норме в незначительном количестве. Их содержание в клетке резко возрастает при действии тяжелых металлов.

В нашей работе показано, что в наиболее загрязненных участках ул. Ново-Садовая, растения подорожника большого характеризуются уменьшением не только площади листовой пластинки, но и массы листьев. Рядом авторов установлено, что причиной уменьшения биомассы при воздействии ионов тяжелых металлов может являться значительное снижение интенсивности протекания фотосинтеза, причем, чем более эффективно вещество тормозит протекание фотосинтеза, тем более эффективно уменьшает оно и скорость роста. К концу исследований (август месяц) масса листьев подорожника большого уменьшилась практически во всех выбранных нами местах отбора растений, но наиболее существенно (на 30-45 %) в участках с максимальным антропогенным загрязнением атмосферного воздуха и почвы химическими составляющими выхлопных газов машин и пр. Вполне возможно, что ионы тяжелых металлов, накапливаясь в растениях, оказывают влияние на наиболее существенные стороны метаболизма растений, в том числе и на водный обмен.

Действие тяжелых металлов на водный обмен имеет несколько механизмов. Во-первых, ингибирование роста и снижение пластичности клеточной стенки приводят к уменьшению размеров основных транспирирующих органов. Во-вторых, вызывают снижение содержания тургоренов, что приводит к уменьшению водного потенциала в клетке растения. В-третьих, тяжелые металлы положительно влияют на содержание абсцизовой кислоты, которая индуцирует закрывание устьиц [6].

В целом, чувствительность объекта исследования к тяжелым металлам оказалась высокой. Известно, что в наибольшей степени металлы накапливаются в листьях. Это обусловлено многими причинами, одна из которых – локальное накопление металлов в результате перехода их в малоподвижную форму [7]. Исследования последних лет свидетельствуют, что ингибирующее действие ионов тяжелых металлов на фотосинтетические функции растений обусловлено их взаимодействием с компонентами фотосистемы II. Существует ряд противоречивых экспериментальных

указаний, что ионы тяжелых металлов способны модифицировать состояние кислород-выделяющего комплекса фотосистемы II на внутренней стороне тилакоидной мембраны, либо взаимодействовать со звеньями цепи транспорта электронов фотосистемы II, расположенными на внешней поверхности мембраны.

Известно, что растения, произрастающие в зонах техногенного и антропогенного загрязнения, в частности, в больших городах и крупных промышленных центрах, подвергаясь воздействию вредных составляющих окружающей среды, могут служить чувствительными индикаторами, способными сигнализировать о степени загрязненности ареала их произрастания [8]. Для приблизительной ориентировочной оценки состояния окружающей природной среды достаточно исследования внешнего состояния растений-индикаторов [3].

Показано, что действие ионов металлов на растения, помимо снижения общей суммы пигментов, проявляется и в форме изменения соотношения пигментов в листьях. Так, в норме соотношение хлорофиллов *a* и *b*, а также каротиноидов в соответствии с их функциями находится в следующей форме – хлорофилла *a* более 50%, хлорофилла *b* – около 30% и каротиноидов – менее 20%. Такое соотношение является оптимальным, поскольку основную работу в составе антенного (светособирающего) комплекса выполняет именно хлорофилл *a*, а хлорофилл *b* и каротиноиды выполняют функцию дополнительных и защитных пигментов. Таким образом, обеспечивается наиболее эффективная работа фотосинтетического аппарата.

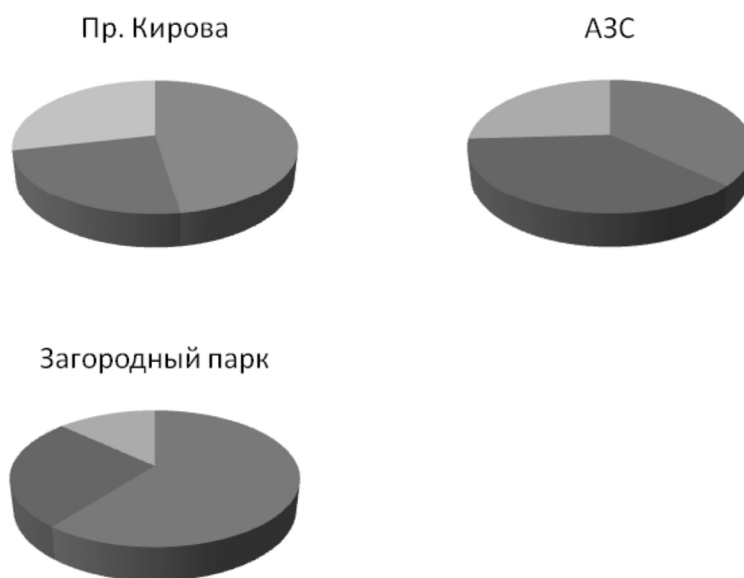


Рис. 2. Содержание основных фотосинтетических пигментов в листьях подорожника большого (мг/г/см^2), собранных в июне месяце. Обозначения: серый цвет – хлорофилл *a*, темно-серый цвет – хлорофилл *b*, светло-серый цвет – каротиноиды

Ионы металлов в различной степени изменяют это «идеальное» соотношение пигментов, тем самым нарушают работу фотосинтетического аппарата растений. Соотношения пигментов в растениях, отобранных в различных районах города различны (рис. 2). В наиболее благополучных (по сравнению с наиболее загрязненными) районах – Загородный парк, зона отдыха Дубки – количество хлорофилла *a* выше токового в других районах. Содержание каротиноидов отличается в листьях растений не столь существенно, нежели содержание хлорофиллов *a* и *b*.

В основном наблюдается эффект снижения содержания хлорофилла *a* и дополнительные пигменты, компенсируя недостаток основного пигмента, частично берут на себя его функции. Наиболее ярко это проявилось в тех районах, в которых интенсивность потока автотранспорта наиболее оживленная – районы пр. Кирова, пр. Масленникова, ул. Солнечная, ул. Шверника (АЗС) и ул. Полевой (кафе «Макдоналдс»). В течение лета не существенно изменилось соотношение основных фотосинтетических пигментов в таких местах отбора проб растений, как район Загородного парка и зоны отдыха Дубки. Хотя количество пигментов изменилось, но их соотношения изменились не достоверно.

Следует отметить, что суммарное содержание пигментов в листьях растений, произрастающих в местах наиболее интенсивного движения автотранспорта, ниже по сравнению с растениями, отобранными в зоне отдыха Дубки.

К концу эксперимента (август месяц) отмечается снижение доли хлорофилла *a* при увеличении долей хлорофилла *b* и каротиноидов в листьях растений в большинстве исследуемых групп.

На основании выполненных исследований мы можем сделать следующие **выводы**:

1. Морфологическая оценка подорожника большого (площадь листовой пластинки) показала ярко выраженное техногенное и рекреационное воздействие на различных пробных площадях. У растений, произрастающих в рекреационной зоне, площадь листовой пластинки на 30-40% больше, чем у растений, произрастающих в зонах повышенного загрязнения.
2. На исследованных пробных площадях наблюдается эффект снижения содержания хлорофилла *a*, а содержание хлорофилла *b* и каротиноидов значительно возрастает. В целом, общее содержание основных фотосинтетических пигментов на единицу площади листа растения сильно варьирует в зависимости от степени химического загрязнения.
3. Эколого-биогеохимическое состояние растительного покрова изученных территории нестабильно, что связано с меняющимся уровнем антропогенного воздействия и с аккумуляцией тяжелых металлов в растительных тканях к концу летнего сезона.

Литература

- [1] Ильин, В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.
- [2] Мониторинг состояния загрязнения атмосферного воздуха в Самарской области в 1994 г. – Самара: Приволжское территориальное УГМОС, 1995. – 988 с.
- [3] Николаевский, В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации / В.С. Николаевский. – Пушкино: Министерство природных ресурсов РФ, 2002. – 220 с.
- [4] Новиков, В.С. Популярный атлас-определитель. Дикорастущие растения / В.С. Новиков, И.А. Губанов. – М.: Дрофа, 2002. – 416 с.
- [5] Полевой В.В. Физиология растений / В.В. Полевой. – М.: Высшая школа, 1989. – 464 с.
- [6] 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.
- [7] Серегин, И.В. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения / И.В. Серегин, В.Б. Иванов // Физиология растений. – 2001. – Т. 48. – С. 606-612.
- [8] Ермаков, В.В. Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы. Биогеохимическая эволюция таксонов биосферы в условиях техногенеза / В.В. Ермаков. – М.: Наука, 2003. – 351 с.

Статья поступила в редакцию 26/XII/2006;
в окончательном варианте – 26/XII/2006.

THE INFLUENCE OF CHEMICALS FACTORS ON SOME ECOLOGICAL-BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF PLANTS²

© 2007 E.V.Maksimova, A.A.Kosicyna, O.N.Makurina

A research of morphometrical parameters and content analysis of photosynthetic pigments of *Plantago major* plant leaves in the different districts of Samara city are carried out.

Paper received 26/XII/2006.

Paper accepted 26/XII/2006.

² Maksimova Ekaterina Viktorovna, Kosicyna Arina Alekseevna, Makurina Olga Nikolaevna (rambler@biomig.ru), Dept. of Biochemistry, Samara State University, Samara, 443011, Russia.