

## К ВОПРОСУ ИНТРОДУКЦИИ БАДАНА ТОЛСТОЛИСТНОГО В УСЛОВИЯХ ХАНТЫ-МАНСЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА-ЮГРЫ

**Резюме.** Статья посвящена изучению некоторых аспектов интродукции бадана толстолистного в условиях г. Сургута, а именно, рассматривается динамика содержания фотосинтетических пигментов хлоропластов и тяжелых металлов (Pb, Cu, Cr, Cd) в зеленых листьях бадана на разных этапах сезонного развития.

Содержание зеленых пигментов в листьях варьировалось в течение вегетационного периода в диапазоне от 0,58 до 0,69 мг/г с максимумом накопления в летние месяцы. На протяжении вегетационного периода отмечено постепенное усиление доли хлорофилла «а», уровень которого в 1,5–3,0 раза превысил таковой хлорофилла «б». Содержание желтых пластидных пигментов на протяжении всего периода наблюдений значительно уступало уровню хлорофиллов. Так, в период вегетации отмечается максимальное значение доли каротиноидов равное 0,39 мг/г. Ассимилирующие органы бадана толстолистного участвуют в накоплении хлорофиллов, каротиноидов, а низкие концентрации химических элементов указывают на их основную аккумуляцию в тканях корневой системы.

Таким образом, содержание фотосинтетических пигментов в зеленых листьях бадана толстолистного на протяжении всего периода наблюдений варьировалось с максимумом накопления в период вегетации. Низкие концентрации исследованных тяжелых металлов в зеленых листьях бадана толстолистного на разных этапах сезонного развития находятся на уровне, характерном для незагрязненных мест произрастания. Отмечены также видовые особенности и дифференциация органов растения к накоплению данных элементов.

**Ключевые слова:** бадан толстолистный, фотосинтетические пигменты, тяжелые металлы, фаза развития.

Бадан толстолистный (*Bergenia crassifolia* Fritsch.) относится к семейству Камнеломковые (*Saxifragaceae*), это вечнозеленый травянистый многолетник с мощным мясистым густо ветвящимся корневищем, покрытым остатками старых прилистников и черешков розеточных листьев. Листья все прикорневые, собранные в густую розетку, крупные, длинночерешковые, кожистые. Листовая пластинка широкоэллиптическая, длина до 35 см., ширина до 30 см. Стебель заканчивается крупным густым метельчато-щитковым соцветием с крупными пятимерными цветками. Околоцветник двойной, чашечка зеленая, венчик лилово-розовый. Плод-коробочка. Произрастает в горах на каменистых осыпях, а также в субальпийском и альпийском поясах. Основной ареал – Алтай, Саяны, Прибайкалье, Забайкалье, Республика Тыва. Интересен цикл развития растения. Зеленые листья остаются в течение нескольких вегетационных периодов по два-три года. Обычно они отмирают к концу сентября третьего года. Верхушечная почка после перезимовки остается живой и из нее появляются и развиваются молодые листья. Поэтому на одном растении находятся зеленые листья, красные – ли-

стья третьего-четвертого года, бурые – листья четвертого-пятого года [3], [12]. Известно, что наиболее ценным в фармакопейном отношении является его корневище, но надземные части также используются, но преимущественно в народной медицине. Вместе с тем, в литературе практически отсутствует информация об их биохимическом составе, что и вызвало наш интерес к этому вопросу. Химический состав растений зависит от целого ряда факторов, среди которых выделяют экологические, определяющие геохимическую обстановку произрастания растений, уровни содержания элементов и их формы в питающей среде, и генетические, обуславливающие биохимическую специализацию отдельных семейств, родов и видов [4], [8], [9]. Однако многие химические элементы являются неотъемлемой частью физиологически необходимых живым организмам соединений, поэтому немаловажно располагать информацией об естественных концентрациях элементов в растениях [13].

Фотосинтетическая продуктивность растений в значительной степени определяется уровнем накопления в ассимилирующих органах пигментов хлоропластов, поэтому

представляется целесообразным исследовать параметры накопления фотосинтезирующих пигментов и тяжелых металлов в листьях бадана толстолистного на разных этапах сезонного развития.

### Цель работы

Изучение содержания фотосинтетических пигментов хлоропластов и тяжелых металлов (Pb, Cu, Cr, Cd) в зеленых листьях бадана толстолистного на разных этапах сезонного развития.

### Задачи

- определить и сравнить содержание фотосинтетических пигментов (хлорофиллы «а» и «б», каротиноиды) у бадана толстолистного в период вегетации в фазах: бутонизация, цветение, плодоношение, вегетация;
- рассмотреть уровень концентрации элементов (Pb, Cu, Cr, Cd) в зеленых листьях бадана толстолистного и выявить факторы, влияющие на их накопление в растении.

### Материалы и методы

Объекты исследования – зеленые листья бадана толстолистного, срезанные с растений в разные фазы сезонного развития (бутонизация, цветение, плодоношение, вегетация) [10]. Проводили анализ фаз с подсчетом количества дней от всходов до начала цветения, длительности цветения и роста. Биометрические замеры (высота растения; число цветков в соцветии; длина, ширина и число листьев) проводили у 10–20 растений. Посевные качества семян определяли по методике М. С. Зориной и С. П. Кабанова [6].

Исследование содержания пигментов и тяжелых металлов проводили в научной лаборатории биохимии и комплексного мониторинга загрязнения окружающей среды НИИ экологии Севера СурГУ.

Содержание фотосинтетических пигментов определяли в 3-кратной биологической повторности на спектрофотометре СФ – 56 по методике А.Т. Мокроносова [11]. Наличие пигментов рассчитывали в мг/г сухого вещества.

Определение химических элементов выполнено методом атомной абсорбции на спектрометре МГА – 915 МД [5]. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в ассимилирующих органах бадана приводится в мг/кг сухого вещества.

### Результаты и их обсуждение

Биологической особенностью бадана толстолистного является его раннее цветение, которое наступает во второй декаде мая. Продолжительность периода от начала весенней вегетации до начала цветения составляет в среднем 14–16 дней, а от бутонизации до цветения соответственно 8–10 дней. Длительность цветения составляет 25–28 дней (табл. 1), массового цветения – 12–15 дней, от начала цветения до массового созревания семян проходит в среднем 50–60 дней. Семена вытянутые, морщинистые, черного цвета. Длина семян 0,2–0,3, ширина 0,1 см. Средняя масса 1000 шт. семян составляет 0,19 гр.

Содержание зеленых пигментов в листьях варьировалось в течение вегетационного периода в диапазоне от 0,58 до 0,69 мг/г с максимумом накопления в летние месяцы (табл. 2). На протяжении вегетационного периода отмечено постепенное усиление доли хлорофилла «а», уровень которого в 1,5–3,0 раза превысил таковой хлорофилла «б», о чем свидетельствовало соответствующее изменение соотношения этих групп зеленых пигментов в период наблюдений. Для хлорофилла «б» было характерно увеличение накопления в первой половине сезона, сменившееся незначительным снижением к концу вегетации. Содержание желтых пластидных пигментов на протяжении всего

Таблица 1. Средние биометрические показатели вегетативных и генеративных органов и характеристика продолжительности цветения *Bergenia crassifolia* Fritsch. В Сургуте

| Высота, см | Лист       |           |            | Длина цветочной стрелки, см | Число цветков на один генеративный побег, шт. | Число дней |
|------------|------------|-----------|------------|-----------------------------|-----------------------------------------------|------------|
|            | число, шт. | длина см  | ширина см  |                             |                                               | 1          |
| 30,4± 1,1  | 10,3±1,4   | 16,1± 0,3 | 12,4 ± 0,3 | 58,5 ± 3,6                  | 32,0 ± 4,5                                    | 25-28      |

1– продолжительность цветения

периода наблюдений значительно уступало уровню хлорофиллов. Так, в период вегетации отмечается максимальное значение доли каротиноидов равное 0,39 мг/г.

Таким образом, содержание фотосинтетических пигментов в зеленых листьях бадана толстолистного на протяжении всего периода наблюдений варьировалось с максимумом накопления в период вегетации.

Рассмотрим уровень концентрации Pb, Cu, Cr, Cd в ассимилирующих органах бадана толстолистного на разных этапах сезонного развития. Результаты исследования представлены в таблице 3.

Высокое содержание свинца вызывает нарушения метаболизма у растений. Основным симптомом действия свинца является торможение роста и угнетение накопления биомассы. Естественные уровни содержания свинца в растениях из незагрязненных и безрудных областей находятся в пределах 0,1–10,0 мг/кг сухой массы при средней концентрации 4,1 мг/кг [7]. Во всех исследуемых образцах содержание элемента не превышает 1 мг/кг.

Биохимические функции меди очень многообразны. Она присутствует в составе многих ферментов, комплексных соединений, играет важную роль в процессах фотосинтеза, дыхания, влияет на проницаемость сосудов ксилемы, контролирует образование ДНК и РНК. Дефицит элемента тормозит репродукцию растений. по данным М. Я. Школьника [14],

в зависимости от природных условий среднее содержание меди в растениях находится в пределах 6,3–8,7 мг/кг сухого вещества. Накопление элемента в большинстве исследуемых образцов колеблется от 0,058 до 0,128 мг/кг сухого вещества, с максимумом в период цветения. Возможно, это объясняется универсальностью Cu как активного центра ряда ферментов.

Анализ литературных данных свидетельствует о незначительной биологической роли хрома, как микроэлемента, в жизни растений [1], [2], [8]. Нетоксичные концентрации хрома могут вызвать некоторую стимуляцию физиологических процессов, в то время как высокие – существенно ингибируют все ростовые процессы. Согласно данным D. E. Baker [15], нормальное содержание хрома в листьях растений составляет 0,1–0,5 мг/кг сухой массы и предположительно максимальное – 2 мг/кг сухой массы. В целом концентрация Cr попадает в диапазон нормальных содержаний, при которых нет нарушений метаболических функций у растений.

Кадмий не является физиологически важным элементом для растений, которые, однако, легко его поглощают. Видимые симптомы, вызванные повышенным содержанием кадмия в растениях – это задержка роста, повреждение корневой системы, хлороз листьев.

Средняя концентрация Cd в травах составляет 0,007–0,27 мг/кг сухой массы [9]. Отмечен низкий уровень элемента в течение всего

Таблица 2. Содержание пигментов хлоропластов в листьях *Bergenia crassifolia* Fritsch. на разных этапах сезонного развития, мг/г

| Дата отбора проб | Фаза развития   | Хлорофиллы |          |            |            | Каротиноиды |
|------------------|-----------------|------------|----------|------------|------------|-------------|
|                  |                 | <i>a</i>   | <i>b</i> | <i>a+b</i> | <i>a/b</i> |             |
| 14.05            | бутонизация     | 0,42       | 0,16     | 0,58       | 2,63       | 0,11        |
| 25.05            | цветение        | 0,44       | 0,16     | 0,60       | 2,75       | 0,11        |
| 10.06            | плодоношение    | 0,52       | 0,17     | 0,69       | 3,06       | 0,14        |
| 13.07            | вегетация       | 0,55       | 0,14     | 0,69       | 3,93       | 0,39        |
| 28.08            | конец вегетации | 0,48       | 0,11     | 0,59       | 4,36       | 0,31        |

Таблица 3. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в листьях *Bergenia crassifolia* Fritsch. на разных этапах сезонного развития, мг/кг

| Дата отбора проб | Фаза развития   | Pb     | Cu    | Cr     | Cd     |
|------------------|-----------------|--------|-------|--------|--------|
| 14.05            | бутонизация     | 0,0015 | 0,058 | 0,0023 | 0,0001 |
| 25.05            | цветение        | 0,0019 | 0,128 | 0,0017 | 0,0001 |
| 10.06            | плодоношение    | 0,0008 | 0,112 | 0,0013 | 0,0001 |
| 13.07            | вегетация       | 0,0009 | 0,093 | 0,0012 | 0,0001 |
| 28.08            | конец вегетации | 0,0005 | 0,065 | 0,0005 | 0,0001 |

вегетационного периода, что показывает о его незначительном содержании в почвах данного региона.

Подводя итог вышеизложенному, следует отметить, что ассимилирующие органы бадана толстолистного участвуют в накоплении хлорофиллов, каротиноидов, а низкие концентрации химических элементов указывают на их основную аккумуляцию в тканях корневой системы.

### Выводы

1. Содержание зеленых пигментов в листьях варьировалась в течение вегетационного периода в диапазоне от 0,58 до 0,69 мг/г с макси-

мумом накопления в фазы плодоношения и вегетации при минимуме в период бутонизации.

2. Желтые пластидные пигменты на протяжении всего периода наблюдений уступали в 5–8 раз количеству хлорофиллов, с максимальным значением 0,39 мг/г в период вегетации.

3. Низкие концентрации исследованных тяжелых металлов в зеленых листьях бадана толстолистного на разных этапах сезонного развития находятся на уровне, характерном для незагрязненных мест произрастания. Отмечены также видовые особенности и дифференциация органов растения к накоплению данных элементов.

20.09.2015

### Список литературы:

1. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
2. Бессонова, В. П. Накопление хрома в растениях и его токсичность / В. П. Бессонова, О. Е. Иванченко // Питание, биоиндикация, экология – Запорожье: ЗНУ, 2011. – Вып. 16. №2. – С. 35-52.
3. Гаммерман, А. Ф. Дикорастущие лекарственные растения СССР / А. Ф. Гаммерман, И. И. Гром – М.: Медицина, 1976. – С. 104-106.
4. Гринкевич, Н. И. Геохимическая эволюция лекарственных растений-новое направление в фармакогнозии / Н. И. Гринкевич, М. Н. Баландина // Фармация. -1982. – Т.31. – №3. – С.17-19.
5. ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов, М.: Стандартиформ, 2010. – 10 с.
6. Зорина, М.С. Определение семенной продуктивности и качества семян интродуцентов / М.С. Зорина, С.П. Кабанов // Методики интродукционных исследований в Казахстане. Алма-Ата, 1987. С. 75– 85.
7. Ильин, В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение / В. Б. Ильин – Н.: Наука, 1991. – 151 с.
8. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас – М.: Мир, 1989. – 439 с.
9. Ковальский, А. Л. Биогеохимия растений / А. Л. Ковальский. – Н.: Наука. Сиб. отд., 1991. – 288 с.
10. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР / Совет ботан. Садов СССР. – М.: ГБС АН ССР, 1975. – 27 с.
11. Мокроносов, А. Т. Малый практикум по физиологии растений: учеб. пособие для вузов / А. Т. Мокроносов. Изд. 9-е перераб. и доп. — М.: Изд-во МГУ, 1994. – 184 с.
12. Растительные ресурсы СССР.– С.-Пб.: Наука, 1991.– Т.6.–200 с.
13. Физиология растительных организмов и роль металлов/ под ред. Н.М. Чернавской.– М.: Изд-во МГУ, 1988. – 157 с.
14. Школьник, М. Я. Микроэлементы в жизни растений / М.Я. Школьник – Л., 1974.– 342 с.
15. Baker D. E. Chemical monitoring of soil for environmental anality and animal and human health / D.E. Baker, Chesnin // Advances in Agronomy. – 1975. – 27. – P. 306-360.

### Сведения об авторах:

**Турбина Ирина Николаевна**, директор Учебно-научного центра растениеводства научно-исследовательского института экологии Севера Сургутского государственного университета, кандидат биологических наук, 030201  
e-mail: scilla3@yandex.ru

**Мантрова Мария Викторовна**, младший научный сотрудник Учебно-научного центра растениеводства научно-исследовательского института экологии Севера Сургутского государственного университета, 03.02.08  
тел.: 8(3462)763162, e-mail: gmaryi@yandex.ru

**Кравченко Инесса Вячеславовна**, ведущий научный сотрудник научной лаборатории биохимии и комплексного мониторинга окружающей среды научно-исследовательского института экологии Севера Сургутского государственного университета, кандидат биологических наук, 03.02.08  
тел.: 8(3462)763094, e-mail: kiv@mf.surgu.ru