УДК 577.13

**Изменение содержания фенольных соединений и аскорбиновой кислоты
в зависимости от места произрастания *Chenopodium album*, *Bidens pilosa***

Бименьиндавы Э., Тимофеева О.А.

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Аннотация

На уровень содержания биоактивных веществ влияет совокупность факторов, которые характеризуют окружающую среду, такие как географическое положение, климатические характеристики, плодородие, влажность, тип и состав почв. В данной работе исследовали зависимость содержания фенольных соединений и аскорбиновой кислоты в надземной части двух видов растений, *Chenopodium album* & *Bidens pilosa*, произрастающих в четырех разных агроклиматических регионах Республики Бурунди.

По результатам исследований содержание исследуемых соединений в лекарственных растениях *Chenopodium album* и *Bidens pilosa* различилось в зависимости от места обитания. Было установлено, что для растения *Chenopodium album* регион Кирими́ро обладает наиболее подходящими условиями для накопления фенольных соединений, а регион Бугесера – для накопления аскорбиновой кислоты. Для растения *Bidens pilosa* условия региона Бурагане наиболее благоприятны для накопления флавоноидов и дубильных веществ, а Кирими́ро – растворимых фенольных соединений и аскорбиновой кислоты. Показано, что условия одного и того же места обитания влияют по-разному на содержание биологически активных соединений у разных видов растений.

Ключевые слова: CHENOPODIUM ALBUM, BIDENS PILOSA, ФЛАВОНОИДЫ, РАСТВОРИМЫЕ ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ, ДУБИЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА, АСКОРБИНОВАЯ КИСЛОТА, РЕСПУБЛИКА БУРУНДИ, БУГЕСЕРА, КИРИМИ́РО, МУГАМБА, БУРАГАНЕ

Введение

На сегодняшний день лекарственные растения являются привлекательным источником натуральных продуктов и лекарственных средств во всем мире. Они

употребляются в виде травы или как натуральные продукты растительного происхождения и используются в медицине, косметике, продуктах питания для профилактики и лечения различных заболеваний [1, 2]. Терапевтические свойства лекарственных растений связаны с наличием большого количества разнообразных биоактивных фитохимических веществ, которые синтезируются в тканях растений в качестве вторичных метаболитов и обладают антиоксидантной активностью, антимикробным эффектом, противораковыми свойствами, способностью активировать ферменты детоксикации радионуклидов, стимулировать иммунную систему, снижать агрегацию тромбоцитов и модулировать гормональный баланс [3, 4].

Однако фармацевтическое использование растений ограничено большими различиями в содержании вторичных соединений в пределах одного и того же вида растений, растущих в разных местах, что приводит к различиям в их качестве и лечебных свойствах. На фитохимический состав и, соответственно, лечебные свойства растений влияют генетическое разнообразие и совокупность факторов, которые характеризуют окружающую среду, таких как свет, температура, плодородие, влажность и засоленность почвы [5]. Также биохимический состав обычно варьирует в зависимости от типа органа и стадии развития растений [6, 7].

Фактически содержание вторичных метаболитов значительно увеличивается или уменьшается при изменении условий окружающей среды. Как полагают, они синтезируются в ответ на стрессы окружающей среды, и, следовательно, их можно рассматривать как элемент защитных механизмов растений [8, 9], который способствует адаптации и выживанию растений при различных воздействиях факторов абиотической и биотической природы в течение всей жизни растений [10, 11].

Chenopodium album является однолетним, быстро растущим сорняком, принадлежащим к семейству Chenopodiaceae. *C. album* очень богат различными питательными веществами, такими как белки, витамины (витамин А и витамин С), минеральные соединения (железо, калий, фосфор и кальций) [12]. Кроме того, в нем выявлено наличие многих фармакологически и терапевтически активных соединений, таких как алкалоиды, гликозиды, флавоноиды, дубильные вещества, сапонины [13].

Благодаря высокой питательной ценности и лечебным свойствам [14, 15], *C. album* используется в народной медицине; употребляется как противопаразитарное, мочегонное,

гепатопротекторное, слабительное и седативное средство [16]. Его листья обладают противоревматическим, глистогонным, противовоспалительным, одонтологическим свойствами и применяются при укусах насекомых, солнечном ударе и отеках ног [17].

Bidens pilosa является быстрорастущим, однолетним сорняком, принадлежащим к семейству Asteraceae, и встречается почти во всех умеренных, тропических и субтропических регионах. *Bidens pilosa* широко используется в народной медицине как пищевая и кормовая добавка [18]. Фитохимические исследования данного растения показали наличие разнообразных биологически активных веществ, таких как алкалоиды, гликозиды, флавоноиды, сапонины, стероиды, дубильные вещества, фенольные кислоты, терпены. *B. pilosa* обладает разнообразным фармакологическим действием, включая антидиабетическую, противовоспалительную, противоаллергическую, антимикробную антиоксидантную активности и т.д. [19-21]. Поэтому *B. pilosa* широко используется в качестве лекарственного растения для лечения ран, воспалительных заболеваний, артериальной гипертензии, язвы кишечника, диабета, ревматизма, диареи, проблем с ушами, глазами, зубной боли и всех типов инфекций [22, 23].

Настоящая работа посвящена выявлению зависимости накопления флавоноидов (кверцетин, авикулярин и цинарозид), растворимых фенольных соединений, дубильных веществ и аскорбиновой кислоты от места произрастания растений *Chenopodium album* и *Bidens pilosa*.

Объекты и методы

Материалы нашего исследований – надземная часть двух видов растений, *Chenopodium Album* и *Bidens pilosa*, собранных из четырех разных агроклиматических регионов Бурунди: Бугесера, Киримири, Мугамба и Бурагане.

Климатические показатели Бурунди во многом зависят от высоты над уровнем моря. Количество осадков увеличивается с высотой над уровнем моря, а средняя годовая температура уменьшается. Таким образом, максимальное количество осадков и минимальная температура наблюдаются в высокогорных регионах. Характеристики регионов представлены в таблице 1.

Растительные материалы были собраны в 2019 г. Для проведения анализа разделяли листья и стебли, а затем измельчали до порошкообразного состояния. Далее полученное

измельченное сырье использовали для приготовления экстрактов.

Экстракт для определения готовили из 0,3 г растительного сырья по методике, описанной В.Ю. Андреевой. Содержание цинарозида [24], авикулярина, кверцетина [25] пересчитывали на абсолютно сухое сырье.

Определение суммарного содержания растворимых фенольных соединений проводили с помощью реактива Фолина-Чокальта. Содержание аскорбиновой кислоты было определено с помощью гексацианоферрата калия по методике [26]. Измерение проводилось на спектрофотометре. Дубильные вещества определяли методом перманганатометрического титрования [27].

Статическая обработка результатов была проведена с использованием Microsoft Excel.

Таблица 1. Геоклиматические характеристики регионов

Регион	Высота над уровнем моря (мм)	Количество осадков (мм)	Температура
Бугесера	1449	1100,90	21,8
Киримири	1603	1321,35	19
Мугамба	2097	1598,40	15,7
Бурагане	1550	1232,83	21,5

Результаты и обсуждение

На синтез и накопление биологически активных соединений растений влияет совокупность факторов, которые характеризуют окружающую среду, таких как высота над уровнем моря, свет, температура, количество осадков, влажность и состав почвы. Также биохимический состав растений характеризуется высокой вариабельностью в зависимости от вида, типа органа и возраста растений.

В наших исследованиях наблюдались значительные различия в содержании биологически активных веществ лекарственных растений, собранных из разных мест произрастания.

Содержание всех исследуемых флавоноидов у *C. album* было выше у растений, произрастающих в регионе Киримири, в то время как у растений *B. pilosa* максимальное содержание кверцетина обнаружено в растениях из Мугамба, а авикулярина и цинарозида

– в растениях, собранных в Бурагане (рис.1-3).

Удивительно что максимальное содержание флавоноидов не было выявлено в регионе Мугамба поскольку предыдущие исследования показали, что, содержание флавоноидов положительно коррелируют с увеличением высоты над уровнем моря и снижением температуры [6]. По-видимому, для каждого вида растений существует уникальный набор условий для синтеза и накопления определённых соединений.

Рис. 1. Содержание флавоноидов в пересчете на кверцетин

Рис. 2. Содержание флавоноидов в пересчете на авикулярин

Рис. 3. Содержание флавоноидов в пересчете на цинарозид

Результаты по содержанию растворимых фенольных соединений (рис. 4) показали, что растения, произрастающие в регионе Кирими́ро и Бугесера, характеризовались высоким содержанием данных соединений, в то время как наименьшее значение выявлено у растений из региона Мугамба. Эти результаты согласуются с литературными данными, свидетельствующими о том, что количество фенольных соединений может или увеличиваться, или уменьшаться в зависимости от высоты над уровнем моря [24].

Рис. 4. Суммарное содержание растворимых фенольных соединений

В нашем исследовании наблюдали наибольшее содержание дубильных веществ (рис. 5) *C. album* в растениях, собранных в регионе Мугамба и Кирими́ро, в то время как у

растений *B. pilosa* – из Бугесера, Киримири и Бурагане. Согласно полученным результатам, одни и те же места произрастания дифференцированно влияют на синтез и накопление фенольных соединений в разных видах лекарственных растений.

Рис. 5. Содержание дубильных веществ

Высокое содержание аскорбиновой кислоты (рис. 6) было обнаружено в растениях *C. album*, которые произрастают в регионе Бугесера, в то время как у *B. pilosa* самое большое значение выявлено в растениях из Киримири.

Рис. 6. Содержание аскорбиновой кислоты

Известно, что растения при действии различных абиотических стрессов (высокая температура, засуха, засоление и др.) подвергаются окислительному стрессу, в результате

чего повреждаются многие физиологические и биохимические процессы растения. Чтобы защитить себя и адаптироваться к стрессовым условиям, растения усиливают синтез антиоксидантов, в том числе аскорбиновую кислоту. Аскорбиновая кислота как антиоксидантная молекула и ключевой субстрат для детоксикации активных форм кислорода действует как кофактор для многих ферментов, таких как аскорбатпероксидаза, которая использует ее в качестве донора электронов. Данный фермент требуется в высоком уровне, поскольку он эффективно поддерживает антиоксидантный механизм и защищает растения от окислительного стресса [25].

Как указано выше (табл. 1), регион Бугесера характеризуется небольшим количеством осадков и высокой температурой, что, вероятно, повлияло на содержание аскорбиновой кислоты в растениях *C. album*.

Вывод

В нашем исследовании наблюдали значительные различия в содержании биологически активных веществ в лекарственных растениях *Chenopodium album* и *Bidens pilosa*, собранных из разных мест произрастания. Полученные результаты в очередной раз доказывают, что интенсивность синтеза и накопление биологически активных веществ во многом определяют конкретные факторы окружающей среды. Однако разные растения по-разному реагируют в одних и тех же условиях местообитания. Несомненно, что это объясняется видовой принадлежностью и генетическими особенностями растений. Однако, поскольку синтез и накопление БАВ в лекарственных растениях является чрезвычайно сложным процессом, на который одновременно влияет совокупность экологических факторов, нельзя рассматривать влияние отдельного фактора на накопление вторичных метаболитов. Среди множества факторов окружающей среды довольно затруднительно определить доминирующие экологические факторы, которые влияют на содержание изученных нами фитохимических веществ. Тем не менее для установления закономерностей накопления вторичных метаболитов в зависимости от условий местообитания следует более детально изучить другие факторы, влияющие на синтез и накопление биологических активных соединений, такие как состав и тип почвы, влажность, засоленность и кислотность почвы, освещенность и др.

Поскольку значимость лекарственных растений определяется совокупностью

содержащихся в них фитохимических соединений, результаты данной работы со всей очевидностью свидетельствуют, что наилучшее сырье с высокими количествами изученных веществ у *B. pilosa* было найдено в регионе Киримиро, а *C. album* – в Бурагане.

Список использованных источников

1. Fabio F., Luigi G. Herbal medicine today: Clinical and research issues // Evidence-based complementary and alternative medicine. – 2007. – Vol. 4. – N 1. – P. 37-40.
2. Egamberdieva D., Nazim M., Elisa O., Antonio T., Lyle C. Phytochemical and pharmacological properties of medicinal plants from Uzbekistan: A review // Journal of medicinally active plants. – 2016. – Vol. 5. – N 2. – P. 59-75.
3. Mamta S., Jyoti S., Rajeev N., Dharmendra S., Abhishek G. Phytochemistry of medicinal plants // Journal of pharmacognosy and phytochemistry. – 2013. – Vol. 1. – N 6. – P. 168-182.
4. Sandeep K., Amita Y., Manila Y., Jaya P. Y. Effect of climate change on phytochemical diversity, total phenolic content and in vitro antioxidant activity of aloe vera (L.) burm.f // BMC research notes. – 2017. – Vol. 10. – N 1. – P. 1-12.
5. Yang L., Wen K.S., Ruan X., Zhao Y. X., Wei F., Wang Q. Response of plant secondary metabolites to environmental factors // Molecules. – 2018. – Vol. 23. – N 4. – P. 1-26.
6. Yang L., Pei C., Mingming Z., Tongli W., Shengzuo F., Xulan Shang., Xiangxiang F. Geographic variation in the chemical composition and antioxidant properties of phenolic compounds from *Cyclocarya paliurus* (Batal) Iljinskaja leaves // Molecules. – 2018. – Vol. 23. – N 10. – P. 1-12.
7. Liu W., Liu J., Yin D., Zhao X. Influence of ecological factors on the production of active substances in the anti-cancer plant *Sinopodophyllum hexandrum* (Royle) T.S. Ying // Plos one. – 2015. – Vol. 10. – N 4. – P. 1-22.
8. Bastien L., Andreas P., Thomas D., Emeline C., Françoise H. Variations of secondary metabolites among natural populations of sub-antarctic ranunculus species suggest functional redundancy and versatility // Plants, MDPI. – 2019. – Vol. 8. – N 7. – P. 1-23.
9. Guo L.P., Wang S., Zhang J., Yang G., Zhao M., Ma W., Zhang X., Li X., Han B. X., Chen N., Huang L. Effects of ecological factors on secondary metabolites and inorganic elements of *Scutellaria baicalensis* and analysis of geoherbism // Sci China life sci. – 2013. – Vol.56. – N 11. – P. 1047–1056.
10. Isa T. Stress and defense responses in plant secondary metabolites production // Biological research. – 2019. – Vol. 52. – N 1. – 2019. – P. 1-25.
11. Nenad M. Z., Milan S. S. Variability of secondary metabolites of the species *cichorium intybus* L. from different habitats // Plants. – 2017. – Vol. 6. – N 3. – P. 1-9.
12. Ramesh K., Dinesh K., Roshni P. Evaluation of phytochemical constituents and

antioxidant activity of *Chenopodium album* of Bundelkhand region // Journal of pharmacy research. – 2018. – Vol. 12. – N 1. – P. 81-86.

13. Choudhary S. P., D. K. Sharma. Bioactive constituents, phytochemical and pharmacological properties of *Chenopodium album*: a miracle weed // International journal of pharmacognosy. – 2014. – Vol.1. – N 9. – P. 545-552.

14. Priyanka P., Sugandha T. Identification of different phytochemicals in methanolic extract of *Chenopodium album* (L.) leaf through GC-MS // Pharma innovation. – 2020. – Vol.9. – N 3. – P. 175-178.

15. Shipra P., Rajinder K. G. Screening of nutritional, phytochemical, antioxidant and antibacterial activity of *Chenopodium album* (Bathua) // Journal of pharmacognosy and phytochemistry. – 2014. – Vol.3. – N 3. – P. 1-9.

16. Rashi S., Dinesh K., Amita M. Antimicrobial and phytochemical potential of *Chenopodium album* Linn // International journal of scientific & technology research. – 2019. – Vol. 8. – N 7. – P. 877-880.

17. Ritu P. Phytochemical and pharmacognostical analysis on *Chenopodium album*: A Plant with immense antioxidant and nutritional potential // Journal of agricultural engineering and food technology. – 2015. – Vol. 2. – N 1. – P. 58-63.

18. Arlene P. B., Irene M. V., Wen-Chin Y. *Bidens pilosa* L. (Asteraceae): Botanical properties, traditional uses, phytochemistry, and pharmacology // Evidence-Based complementary and alternative medicine. – 2013. – Vol. 2. – P. 1-51.

19. Yang W. C. Botanical, pharmacological, phytochemical, and toxicological aspects of the antidiabetic plant *Bidens pilosa* L. // Evidence-based complementary and alternative medicine. – 2014. – P. 1-14. – DOI: 10.1155/2014/698617.

20. Fabiana L. S., Dominique C. H. F., Josean F. T., Marcelo S. S., Petronio F. A. F., Jose M. B. F. Compilation of secondary metabolites from *Bidens pilosa* L // Molecules. – 2011. – Vol. 16. – N 2. – P. 1070–1102.

21. Frédéric N., Laurent M., Eliane M. Impact of altitude on morphological traits-based phenotypic variability in *Bidens pilosa* L. from three natural regions of Burundi // Annual research & review in biology. – 2018. – Vol. 28. – N 3. – P. 1-11.

22. Garima S., Ajit K. P., Pratibha S., Vincent V. L., Sarathbabu S., Brijesh K., Bhim P. S., Hauzel I., Nachimuthu S. K. Pharmacological potential of *Bidens pilosa* L. and determination of bioactive compounds using UHPLC-QqQLIT-MS/MS and GC/MS // BMC complementary and alternative medicine. – 2017. – Vol. 17. – N. 492. – P. 1-16.

23. Tran Dang X., Tran D. K. Chemistry and pharmacology of *Bidens pilosa*: an overview // Journal of pharmaceutical investigation. – 2016. – Vol. 46. – N 2. – P. 91-132.

24. Андреева В.Ю., Калинкина Г.И. Разработка методики количественного определения флавоноидов в Манжетке обыкновенной *Alchemilla vulgaris* L.s.l // Химия растительного сырья. – 2000. – С. 85-88.

25. Федосеева Г.М., Минович В.М., Горячкина Е.Г., Переломова М.В.

Фитохимический анализ растительного сырья, содержащего флавоноиды. Методическое пособие. – Иркутск, 2009. – 67 с.

26. Сибгатуллина Г.В., Хаертдинова Л.Р., Гумерова Е.А., Акулов А.Н., Костюкова А.Ю., Никонорова А.Н., Румянцева И.Н. Методы определения редокс-статуса культивируемых клеток растений. Учебно-методическое пособие. – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2011. – 45 с.

27. Сулейманов Ф.Ш., Определение дубильных веществ в траве золотарника канадского (*Solidago canadensis* L) // The journal of scientific articles “Health and education millennium”. – 2017. – V. 19. – N 12. – С. 302-306.

=====

Цитирование:

Бименьиндавы Э., Тимофеева О.А. Изменение содержания фенольных соединений и аскорбиновой кислоты в зависимости от места произрастания *Chenopodium album*, *Bidens pilosa* [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №3. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/3/st_318.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20213318>.