

Эколого-биологические особенности формирования элементного состава тысячелистника благородного (*Achillea nobilis*) степной зоны Оренбургского Предуралья

З.Н. Рябина, д.б.н., профессор, **М.В. Рябухина**, к.б.н., **Ю.М. Злобина**, аспирантка, ФГБОУ ВО Оренбургский ГПУ

Современный уровень антропогенной нагрузки, аккумулятивная способность почвы, миграция химических элементов в системе «почва – растение» определяет большое внимание к исследованию накопления растениями тяжёлых металлов. Действие тяжёлых металлов на отдельные виды растений проявляется неоднозначно. Необходимо глубокое изучение дозозависимого эффекта воздействия конкретного вещества, а также суммарное воздействие ряда веществ на определённое растение.

В качестве эксперимента нами выбрано повсеместно распространённое растение, которое нередко применяется в народной медицине, – тысячелистник благородный (*Achillea nobilis*). Наши исследования направлены на оценку биоиндикационных свойств растения, а также способности аккумулировать вещества, поступающие из почвы. Для многих веществ, в частности для тяжёлых металлов, почва является аккумулятором. Учитывая современный уровень техногенной нагрузки на почву, в качестве модели исследования нами выбран район произрастания растения в условиях техногенного воздействия и экологически чистый [1–3].

Цель исследования – определить количественное содержание микроэлементов-биофилов (Cu, Fe, Na, Zn) и тяжёлых металлов (Hg, Pb) в траве тысячелистника благородного.

Материал и методы исследования. Объектом исследования были фотосинтезирующие части (травя) тысячелистника благородного. Травя была собрана в Гайском районе Оренбургской области. Тысячелистник благородный – многолетнее травянистое растение семейства астровых – *Asteraceae*.

Предметом исследования были микроэлементы-биофилы (Na, Zn, Cu, Fe) и тяжёлые металлы (Hg, Pb) в растительном сырье. Определение содержания химических элементов в растительном сырье производили атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре ААС-30 (Германия).

Содержание тяжёлых металлов в растениях, в том числе дикорастущих, в настоящее время законодательно не нормируется, поэтому чаще всего исследователи для гигиенической оценки лекарственного сырья пользуются показателями, которые приняты для биологически активных добавок к пище на растительной основе СанПиН 2.3.2.1078-01 (2002).

Результаты исследования. Видовая специфичность тысячелистника благородного по отношению к тяжёлым металлам определяется тем, что растение аккумулирует необходимое количество элементов для обеспечения физиологических процессов, направленных на рост, репродукцию, газообмен, гидробаланс и другие процессы. В районах с низкой концентрацией биофильных элементов в почве растение выступает как аккумулятор, накапливая химически связанные тяжёлые металлы [4].

Учёные установили, что для биогенных элементов интервал доступных концентраций в почве имеет наибольший диапазон, в то время как для микро- и ультрамикроэлементов, которые относятся чаще всего к группе тяжёлых металлов, приемлемо допустимый диапазон концентрации очень незначителен [2, 3].

Выделяют ряд факторов, которые определяют концентрацию элементов в тканях растений, в первую очередь к ним относятся: 1) количество элемента в почве; 2) наличие биодоступной формы элемента в почве; 3) эколого-биологическая специфичность растения, фаза развития растения и количественное распределение элемента в органах и тканях.

Поэтому нашей задачей является определение биоиндикационной функции растения-космополита тысячелистника благородного на предмет содержания тяжёлых металлов в надземных органах, так как надземные органы растения используются в качестве лекарственного средства.

Для выполнения поставленной задачи нами был произведён отбор проб травы исследуемого растения в июне, в период активного формирования его надземной части. Сбор проводили в утренние часы на удалении 3 км от городской черты, в наиболее техногенно нарушенной зоне ПАО «Гайский ГОК» Оренбургской области, и на контрольном участке – в 25 км от техногенно нарушенной зоны ПАО «Гайский ГОК».

Результаты исследования. Полученные результаты исследования представлены в таблице.

В ходе исследования была выявлена аккумуляция элементов Zn, Fe, а также наличие у растения биологического барьера к таким элементам, как Na, Cu, Hg, Pb (рис.). Наибольшая концентрация Fe выявлена в техногенно нарушенной зоне, количество аккумулируемого Fe превышает количественные показатели других металлов.

Выявленные закономерности объясняются биохимическим значением металлов в растении и способами их поглощения и переноса из почвы. Следует учитывать, что цинк является эссенциальным элементом для всех живых организмов и входит в состав активных центров многих ферментов. Цинк участвует в белковом, углеводном и фосфорном обмене, биосинтезе ряда витаминов

и ауксинов. Недостаток цинка часто приводит к повышению чувствительности клеток растений к окислительному стрессу, которые проявляются пожелтением, некрозом листовой пластины. Поэтому обеспеченность растений цинком определяет их устойчивость к воздействию различных факторов окружающей среды, в частности к засухе, воздействию продолжительных по времени высоких температур, различным заболеваниям [5].

В исследуемых пробах была отмечена биоконцентрация меди, что объясняется биогенностью элемента. Медь входит в состав активного центра полифенолоксидаз – ведущих ферментов, принимающих участие в биогенезе фенольных соединений, а также в образовании пигментов, накоплении некоторых витаминов, ряда белков, ауксинов, сапонинов и алкалоидов [6, 7].

Выявлена закономерная миграция элементов в системе «почва – растение». В частности, концентрация тяжёлых металлов в почве и траве исследуемого растения в техногенно нарушенной зоне в значительной степени превышает контроль. Так, содержание цинка в почве техногенно нарушенного участка (Гайский ГОК) составляло 5,627 мг/кг, а в почве контрольного участка – 3,511 мг/кг.

Выводы. 1. Специфическая реакция тысячелистника благородного по отношению к тяжёлым металлам заключается в том, что в онтогенетическом развитии растение выработало адаптивную реакцию, которая проявляется в выборочной аккумуляции металлов, необходимых для обеспечения физиологических процессов и роста. В контроле, где концентрация биофильных элементов в почве низкая, растение проявляет высокие аккумулятивные свойства. Происходит накопление биохимически связанных в почве тяжёлых металлов, которые тесно взаимосвязаны с биофильными элементами.

2. Соотношение количественного и качественного состава тысячелистника благородного можно рассматривать в качестве биоиндикационной реакции по определению биохимической ситуации в техногенно изменённом районе.

3. В образцах, собранных в радиусе 3 км от техногенно изменённой зоны, обнаружено повышенное по сравнению с контрольным образцом содержание тяжёлых металлов.

Численные показатели содержания тяжёлых металлов в надземной массе *Achillea nobilis* и почве, мг/кг

Место сбора \ Элементы	Na	Zn	Cu	Fe	Hg	Pb
Трава <i>Achillea nobilis</i>						
Контроль	0,936	4,124	0,096	8,209	0	0,005
Гайский ГОК	1,026	4,300	0,103	8,300	0,0001	0,015
Почва						
Контроль	1,230	3,511	0,177	6,112	0	0,013
Гайский ГОК	1,595	5,627	0,186	6,590	0,00023	0,189

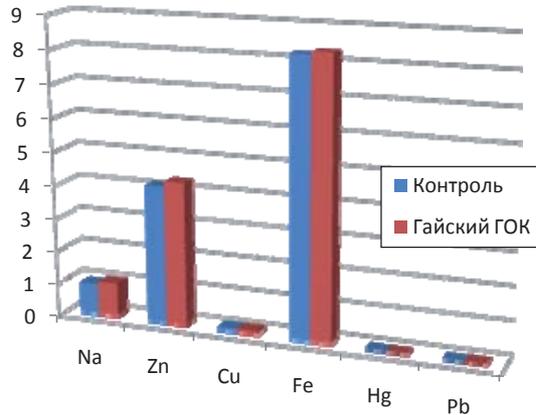


Рис. – Накопление тяжёлых металлов (мг/кг) в траве *Achillea nobilis*

4. Сравнение содержания микроэлементов-биофилов и тяжёлых металлов в почве и исследуемой части травы тысячелистника благородного показало, что физиологический барьер характерен для Na, Cu, Hg, Pb. Тяжёлые металлы Zn, Fe аккумулируются в надземной части травы тысячелистника благородного.

Литература

1. Боев В.М. Дисбаланс микроэлементов как фактор экологически обусловленных заболеваний / В.М. Боев, В.В. Утенина, В.В. Быстрых [и др.] // Гигиена и санитария. 2001. № 5. С. 68.
2. Гусев Н.Ф., Петрова Г.В., Злобина Ю.М. Влияние угольного разреза на особенности элементного состава *Achillea millefolium* L. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 4 (42). С. 201–203.
3. Тищенко Н.Н. Влияние цинка и меди на урожайность тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.) на лугово-чернозёмной почве в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Омский научный вестник. 2015. № 1 (138). С. 123–127.
4. Немерешина О.Н., Петрова Г.В., Гусев Н.Ф. Индукция синтеза антиоксидантов *Achillea nobilis* L. в зоне влияния выбросов предприятий Газпрома // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 3 (35). С. 224–229.
5. Ведина О.Т., Толеа С.И., Пайлик И.С. Цинк в сельскохозяйственных растениях придорожных экосистем // Тяжёлые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах. М., 1994. С. 4–16.
6. Гладышев А.А., Гусев Н.Ф., Немерешина О.Н. Естественное восстановление растительного покрова на шламовом поле криолитового производства // Безопасность в техносфере. 2012. № 1 (34). С. 20–24.
7. Немерешина О.Н., Гусев Н.Ф., Филиппова А.В. Анатомо-морфологические изменения тысячелистника обыкновенного в техногенной зоне // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 4 (48). С. 158–161.