

УДК 581.5, 557.357

БИОМОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПО НЕКОТОРЫМ ПАРАМЕТРАМ КИНЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

А.Р. Сукиасян¹, А.Г. Симонян²

¹Государственный инженерный университет Армении (Политехник)

²Ереванская основная школа № 180

Исследованы различные по месту произрастания образцы растения *полынь горькая*. Выявлены зависимости кинетических кривых по спонтанной хемилюминесценции и потере влаги от концентрации Mo и Zn в наземной части образцов растения. Концентрации исследуемых металлов коррелируются с параметрами данных кинетических процессов.

Ключевые слова: тяжелые металлы, хемилюминесценция, потеря влаги, *полынь горькая*.

Введение. Загрязнение тяжелыми металлами (ТМ) приводит к биоаккумуляции в пищевых цепях, создавая прямую угрозу здоровью человека. В качестве надежного и доступного способа получения информации о загрязнении ТМ обычно принимается мониторинг качества окружающей среды с помощью биологического материала. Загрязнение ТМ в значительной степени является результатом антропогенного воздействия на окружающую среду. Доминирующую роль в воздействии на человека через систему почва-растение может играть поглощение ТМ [1]. При этом ТМ являются микроэлементами, необходимыми для здоровья человека, но в больших дозах они способны вызвать проблемы со здоровьем и привести ко многим заболеваниям, в том числе к повышению риска развития рака [2].

Главный источник микроэлементов для растений - это их питательная среда, т.е. питательные растворы или почвы. Связь микроэлементов с компонентами почвы - один из наиболее важных факторов, определяющих их биологическую доступность [3]. Особенности распределения молибдена в земной коре свидетельствуют о том, что он связан с гранитными и другими кислыми магматическими породами. Доступность молибдена для растений во многом зависят от pH. Основная ферментативная роль Mo связана с функцией переносчика электронов. В то же время установлено, что уровень его содержания в растениях тесно связан с общим резервом растворимого Mo в почвах, поскольку более активно абсорбируются именно растворимые формы. Другой микроэлемент — цинк, входит в состав ряда ферментов, принимая

участие в происходящих в растении окислительно-восстановительных процессах, в обмене углеводов, липидов, фосфора и серы, в синтезе аминокислот и хлорофилла.

Таким образом, растения являются самыми ценными биоиндикаторами и биоаккумуляторами ТМ в загрязненных районах [4,5]. Загрязненные участки можно рассматривать в качестве резервуаров для местных растений с возможностью переносить или накапливать ТМ в различных диапазонах. Как таковые, они являются хорошими биологическими образцами для исследований по адаптации к различным почвенным условиям [6,7]. Известно несколько эффективных механизмов для ограничения чрезмерной концентрации металла в обменных отсеках клетки растений. Однако некоторые ионы металлов остаются в цитоплазме и вызывают окислительный стресс с помощью генерации активных форм кислорода. При этом эффективность антиоксидантной защиты растений наиболее важна для их устойчивости к металлам.

Цель данного исследования - изучение изменений Mo и Zn в растении *полынь горькая* в различных районах Армении для мониторинга качества окружающей среды и оценки экологических рисков.

Материалы исследования и обсуждение экспериментальной части. В качестве объекта исследования была использована наземная часть полыни горькой (*Artemisia Absinthium L.*). Сбор растения осуществляли согласно ранее разработанной и апробированной модели по заданным критериям: почти не нарушенная естественная флора с достаточно равномерным насыщением, известная геохимическая и геологическая изученность региона, определенное отдаление от крупных промышленных центров. Отбор наземных частей полыни осуществляли с учетом среднего значения измеряемых величин на единицу площади сбора. С четырех различных участков на территории Армении, находящихся на определенном расстоянии от источника загрязнения - ЗАО "Зангезурский медно-молибденовый комбинат" (г. Каджаран), была собрана полынь горькая.

В образцах полыни были определены концентрации Mo и Zn методом атомно-адсорбционной спектроскопии ("Analyst – 800") в растворе 0,5M HCl [8]. Содержание ТМ рассчитывали в мг/кг сухого веса (табл. 1). Известно, что химические элементы, относящиеся к ряду ТМ, распределяются неравномерно с учетом концентрирующей способности самого растения [9]. Знания о толерантности растений к накоплению ТМ позволяют изучать возможную потенциальную биодоступность металлов в почве от загрязненных территорий и незагрязненных зон управления. Согласно полученным результатам, поглощение и концентрация измеренных ТМ отличаются по своей природе. Высокое содержание молибдена наблюдается в наземных частях растения у

образца № 1. В данном случае можно говорить о концентрирующей способности растения ионов молибдена, что нельзя сказать о Zn: наиболее низкая его концентрация у образца № 2.

Таблица 1
Содержание некоторых ТМ (в мг/кг сухого веса) в образцах
наземных частей полыни горькой и почвы
(показатель погрешности данных не превышает 5%)

Вариант	Zn	Mo
Образец № 1 (Горис)	8,6	8,5
Образец № 2 (с. Фонтан)	6,8	2,5
Образец № 3 (Ереван)	7,3	2,4
Образец № 4 (Степанакерт)	8	2,0

В дальнейших экспериментах была исследована зависимость потери массы образцов от продолжительности процесса влагоудаления в натуральных величинах (рис. 1). Собранные образцы были подвергнуты влагоудалению при $T=30\pm 2^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 1%. Из рисунка следует, что общее содержание влаги в образцах составляет около 75%. Однако промежутки времени (τ), необходимый для установления равновесия, существенно отличается. При сравнении хода кинетических процессов по кривым потери влаги были рассчитаны коэффициенты диффузии Фика.

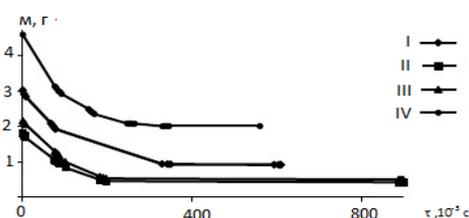


Рис. 1. Изменение массы 4-х образцов полыни горькой в процессе влагоудаления

Анализ полученных результатов методом решения уравнения диффузии Фика удовлетворительно описывает процесс переноса через клеточные мембраны [8]. В этой связи были сравнены параметры диффузии для четырех образцов (табл. 2).

Сравнение параметров диффузии свидетельствует, что корреляция между их значениями и содержаниями ТМ наблюдается только в случае ионов молибдена. Данный факт можно объяснить переходным характером данного элемента, что отражает степень его влияния на стабильность мембраны.

Таблица 2

Параметры диффузии для образцов полыни горькой

Вариант	Коэффициент диффузии Фика, m^2/c		Величина достоверности линейной аппроксимации	
	*	**	*	**
Образец № 1	$(2,5066 \pm 0,0086) \cdot 10^{-7}$	$(2,56 \pm 0,28) \cdot 10^{-7}$	0,991	0,996
Образец № 2	$(3,2834 \pm 0,0056) \cdot 10^{-7}$	$(3,21 \pm 0,41) \cdot 10^{-7}$	0,995	0,998
Образец № 3	$(3,4397 \pm 0,0039) \cdot 10^{-7}$	$(3,47 \pm 0,65) \cdot 10^{-7}$	0,997	0,996
Образец № 4	$(3,7772 \pm 0,0011) \cdot 10^{-7}$	$(3,70 \pm 0,56) \cdot 10^{-7}$	0,998	0,990

* - по уравнению, описывающему начальный этап переноса влаги через мембрану, характеризующую "быструю" диффузию; ** - по уравнению, описывающему конечный этап переноса влаги через мембрану, характеризующую "медленную" диффузию.

Механизмы свободно радикального окисления растительной клетки не известны до конца, так как одновременное протекание химических и физических процессов вызывает рекомбинацию радикалов и реакцию диспропорционирования. Известно, что хемилюминесценция зависит от многочисленных факторов (облучение, температура, рН и т.д.) [10]. Но все эти исследования объединяет тот факт, что явление сверхслабого свечения - это свободно радикальный процесс с молекулами в возбужденном состоянии. Сверхслабое свечение может дать информацию о некоторых звеньях окислительных процессов, развивающихся в клетках, и о влиянии различных факторов на этот процесс. В наших экспериментах таким фактором является изменение концентрации некоторых ТМ.

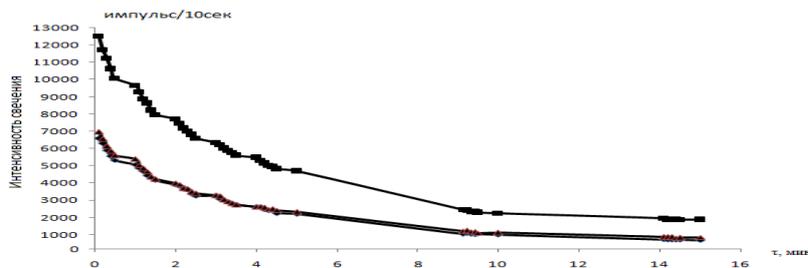


Рис. 2. Кинетика спонтанной хемилюминесценции экстрактов полыни горькой (образец № 2) в зависимости от pH значения среды

Первоначально мы получили кинетические кривые спонтанной хемилюминесценции водных экстрактов растения при различных значениях pH среды (рис. 2). Интенсивность свечения экстрактов на 2...3 порядка превышала установленный контрольный фон (87 ± 8 импульс/10 с).

Анализируя полученные результаты, можем заключить, что Мо выступает в качестве прооксиданта, так как образец с наибольшим его содержанием заметно замедляет влагоудаление. В этой связи следует отметить, что Zn является возможным активным ингибитором окислительной реакции. Очевидно, что между свободно радикальными окислительными процессами и влагоудалением просматривается определенная корреляционная связь: чем медленнее окисление, тем быстрее выделяется влага. В пользу данного факта говорят и схожие кинетические кривые как по интенсивности спонтанной хемилюминесценции, так и по потере влаги: они протекают симбатно, несмотря на различную продолжительность процесса.

Выводы. На основе полученных экспериментальных результатов была выявлена корреляционная связь между содержанием переходных ТМ (на примере молибдена и цинка) и проницаемостью клеточных мембран растения, антиоксидантная активность которого была исследована ранее [11].

В результате проведенных исследований можно рекомендовать полынь горькую в качестве индикатора загрязнения окружающей среды такими ТМ, как медь и молибден.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Uptake of toxic heavy metals by rice (*Oryza sativa* L.) cultivated in the agricultural soils near Zhengzhou City, People's Republic of China / **W.X. Liu, L.F. Shen, J.W. Liu, et al** // Bull. Environ. Contam. Toxicol. - 2007.- 79.- P. 209–213.
2. **Wuana R.A., Okieimen F.E.** Heavy metals in contaminated soils: A review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation // Int. Sch. Res. Netw. - 2011.- P. 1–20.
3. **Willers S., Gerhardsson L., Lundh T.** Environmental tobacco smoke (ETS) exposure in children with asthma-relation between lead and cadmium, and nicotine concentrations in urine // Respir. Med.- 2005.- 99.- P.1521–1527.
4. Biological indicators in environmental protection/ Editor **M. Kovács.** - New York: Ellis Horwood, 1992.- 437 p.
5. Screening for heavy metal accumulators amongst autochthonous plants in a polluted site in Italy / **N. Massa, F. Andreucci, M. Poli, et al** // Ecotoxicol Environ Saf.- 2010.- 73.- P. 1988–1997.
6. **Przedpelska E., Wierzbicka M.** *Arabidopsis arenosa* (Brassicaceae) from a lead-zinc waste heap in southern Poland a plant with high tolerance to heavy metals // Plant Soil.- 2007.- 299.- P. 43–53.
7. **Słomka A., Libik-Konieczny M., Kuta E., Miszalski Z.** Metalliferous and non-metalliferous populations of *Viola tricolor* represent similar mode of antioxidative response // J Plant Physiol.- 2008.- 165.- P.1610–1619.

8. Экспресс-метод диагностики тяжелых металлов / **А.В. Тадевосян, А.Ф. Амбарцумян, А.А. Киракосян и др.** // Известия НАН РА и ГИУА. Серия Техн. наук.- 2008.- Т. 61, № 3.- С. 402-406.
9. **Гончаров Т.А.** Энциклопедия лекарственных растений.- Т.2.- М.: Изд. дом МСП, 2004.- 716 с.
10. **Vladimirov Yu.A.** The rule breaches of the lipid layer membranes properties in during pathology processes // Patol. Physiol. And Exper. Therap.- 1989.- N 4.- P.7-19.
11. **Sukiasyan A.R.** Antioxidant effectivity of some drug plant // Medical Science of Armenia.- 2002.- V. XLII, N 2.- P. 32- 34.

*Поступила в редакцию 16.04.2014.
Принята к опубликованию 11.07.2014.*

ՇՐՋԱԿԱ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ ԱՂՏՈՏՄԱՆ ԿԵՆՍԱՄՈՆԻԹՈՐԻՆԳ՝ ԿԻՆԵՏԻԿ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑՆԵՐԻ ՈՐՈՇ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐՈՎ

Ա.Ր. Սուքիասյան, Ա.Գ. Սիմոնյան

Ուսումնասիրվել են տարբեր վայրերում աճող *դառը օշինդր* բույսի նմուշները: Բացահայտված են կախվածություններ սպոնտան քիմյումինեսցենցիայի խոնավության կորստի կինետիկ կորերի և Mo, Zn կոնցենտրացիաների միջև բույսի վերգետնյա մասերում: Այդ մետաղների կոնցենտրացիան փոխադարձ հարաբերակցության մեջ է կինետիկ գործընթացների պարամետրերի հետ:

Առանցքային բառեր. ծանր մետաղներ, քիմյումինեսցենցիա, խոնավության կորուստ, դառը օշինդր:

BIOMONITORING OF THE ENVIRONMENT POLLUTION BY SOME PARAMETERS OF KINETIC PROCESSES

A.R. Sukiasyan, A.G. Simonyan

Plant samples *Artemisia Absinthium L.* growing in different places are studied. The dependences on the kinetic curves of the spontaneous chemiluminescence, moisture loss, and concentrations of Mo and Zn in the ground part of the plant samples are revealed. The concentrations of the studied metals are correlated with the parameters of the given kinetic processes.

Keywords: heavy metals, chemiluminescence, moisture loss, *Artemisia*.