

УДК 581.523 + 581.192

^{1,2}Р.А. Музычкина, ^{1,2}Д.Ю. Корулькин,
¹Н.М. Мухитдинов, ¹Н.В. Курбатова*, ¹К.Т. Абидкулова

¹ДГП НИИ проблем биологии и биотехнологии
РГП Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
Республика Казахстан, г. Алматы

²ДГП Центр физико-химических методов исследования и анализа
РГП Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
Республика Казахстан, г. Алматы

*E-mail: kurbatova_nv77@mail.ru

**Экологическое воздействие выхлопных газов автотранспорта
на качество лекарственного растительного сырья
Rumex tianschanicus A. Los. и *Rumex confertus* Willd.**

В статье приводятся экспериментальные данные по исследованию влияния относительного количества автомобильных выхлопов на содержание основных промышленно-значимых классов биологически активных веществ двух видов лекарственных растений Казахстана. Впервые проведен сравнительный анализ качественного и количественного состава вторичных метаболитов растений – антрахинонов, дубильных веществ, флавоноидов, кумаринов, терпеноидов, алкалоидов, полисахаридов, аминок-, феноло- и оксикоричных кислот, при их заготовке вблизи автотрасс с низкой, средней и высокой интенсивностью движения, а также с нормированным содержанием аналогичных групп биологически активных веществ в фармакопейных образцах. Приводятся сравнительные данные анализа микроэлементного состава анализируемых видов *Rumex tianschanicus* A. Los. и *Rumex confertus* Willd. Экспериментально обоснованы практические рекомендации о возможности заготовки растений в непосредственной близости от автомобильных дорог и возможности их использования в других биомедицинских целях.

Ключевые слова: *Rumex tianschanicus* A. Los., *Rumex confertus* Willd., автомобильные выхлопы, фитохимический анализ.

R.A. Muzychkina, D.Yu. Korulkin, N.M. Muchitdinov, N.V. Kurbatova, K.T. Abidkulova
**Ecological impact of exhaust gases of cars on quality of medicinal plant raw materials of
Rumex tianschanicus A. Los. и *Rumex confertus* Willd.**

Results of the comparative analysis of qualitative and quantitative composition of secondary metabolites of *Rumex tianschanicus* A. Los. и *Rumex confertus* Willd. (anthraquinones, tannins, flavonoids, coumarins, terpenoids, alkaloids, polysaccharides, phenolic, amino, and hydroxycinnamic acids) at their gathering near highways with low, average and high intensity of the movement are presented in article at the first time. Practical recommendations of possibility of gathering of plants in close proximity to highways and prospect their use in other biomedical purposes are presented.

Key words: *Rumex tianschanicus* A. Los., *Rumex confertus* Willd., automobile exhausts, phytochemical analysis.

Р.А. Музычкина, Д.Ю. Корулькин, Н.М. Мухитдинов, Н.В. Курбатова, К.Т. Абидкулова
***Rumex tianschanicus* A. Los және *Rumex confertus* Willd.
өсімдіктері дәрілік шикізатының сапасына автокөліктердің
пайдаланған газдарының экологиялық әсері**

Мақалада автокөліктер пайдаланған газдар мөлшерінің аталған екі дәрілік өсімдіктердің өндірістік маңызы бар биологиялық белсенді заттар класына әсері туралы тәжірибелік мәліметтер келті-

рілген. Алғаш рет өсімдіктердің екінші метаболиттерінің құрамына (антрохинондар, ілік заттар, флавоноидтар, кумариндер, терпеноидтар, алкалоидтар, полисахаридтер, amino-, феноло- және оксикорқышқылдары) автотрассаға жақын жерлерде дайындауда сапалық және сандық салыстырмалы талдау жасалған. *Rumex tianschanicus* A. Los және *Rumex confertus* Willd. өсімдіктерінің микроэлементтік құрамына салыстырмалы талдау жасалғаны туралы мәліметтер келтірілген. Автокөлік жолдарына жақын жерлерде ол өсімдіктердің жинап шикізат ретінде пайдалануға болатындығы туралы практикалық ұсыныс берілген және оларды биомедициналық мақсатта қолдануға мүмкін екендігі көрсетілген.

Түйін сөздер: *Rumex tianschanicus* A. Los., *Rumex confertus* Willd., автокөлік пайдаланған газдар, фитохимиялық талдау.

Введение

Развитие растений тесно связано с условиями окружающей среды. Температуры, характерные для данного района, количество осадков, характер почв, биотические параметры и даже состояние атмосферы – все эти условия, взаимодействуя между собой, определяют как характер ландшафта, его видовой состав, так и химический состав каждого вида. Если окружающие условия изменяются, то изменяется и растительный мир, а именно, содержание химических компонентов в их составе. Иногда такие изменения вызывают увеличение в растениях практически ценных для человека биологически активных веществ, но зачастую внешние факторы способствуют обратному эффекту, при этом повышается токсичность и аллергенность растений при их бытовом либо медицинском использовании. Причем такие изменения способны вызвать даже разницу в количестве осадков, выпадающих в разные годы. Если изменения условий очень значительны, то растения, обладающие большой чувствительностью к таким изменениям, испытывают стресс и, в конечном счете, могут погибнуть. Значительные изменения даже какого-либо одного параметра могут привести к гибели растений.

В нормальных условиях в атмосфере содержится огромное число компонентов, как газообразных, так и в виде аэрозолей. Помимо основных компонентов – кислорода и азота, а также важного, но присутствующего в меньших количествах диоксида углерода, воздух содержит различные химические соединения, которые следует рассматривать как загрязнения, причем наиболее существенный вклад в загрязнение воздушного бассейна больших и малых городов вносят выбросы промышленных предприятий и выхлопы автомобильного транспорта.

Одним из основных индикаторов загрязнения автомобильными выхлопами окружающей

природной среды является растительность, так как она благодаря высокой чувствительности к антропогенному воздействию первой принимает на себя своеобразный «удар» техногенного пресса. Окислы азота и серы, угарный газ нарушают естественный метаболизм растительных компонентов, свинец, накапливаясь в растениях, делает зачастую невозможным его использование в декоративных, кормовых или биомедицинских целях, а пылевые частицы, забивая устьичный аппарат растений, приводят к ухудшению их жизненного состояния, что отражается на темпах роста и развития растительности. Особенно важным в этой связи является контроль таких изменений в химическом составе пищевых и лекарственных растений.

Загрязненные лекарственные растения и фитопрепараты, полученные из такого сырья, являются одним из источников поступления ксенобиотиков в организм человека. Они вызывают серьезные нарушения работы различных органов и систем организма, многие из них меняют в организме человека фармакологическую активность лекарственных веществ.

Впервые в представленной статье нами были проанализированы данные, показывающие взаимосвязь количества автомобильных выхлопов на химический состав основных групп биологически активных веществ двух фармакопейных видов *Rumex tianschanicus* A. Los. и *Rumex confertus* Willd., произрастающих на территории г. Алматы, и сделаны практические выводы о возможности заготовки указанных растений в непосредственной близости от автомобильных дорог.

Материалы и методы

Объектами исследования были корневища двух многолетних дикорастущих видов растений *Rumex tianschanicus* A. Los. (щавель тяньшанский) и *Rumex confertus* Willd. (щавель конс-

кий) семейства *Polygonaceae*, разрешенных к медицинскому использованию на территории Республики Казахстан [1].

Поскольку интенсивность движения и количество выхлопов автотранспорта в г. Алматы не равномерны, были выбраны 2 объекта экоконтроля, разделенных на зоны высокой, средней и низкой интенсивности движения каждый: вдоль р. Большая и Малая Алматинка. Изучаемые виды *Rumex tianschanicus* A. Los. и *Rumex confertus* Willd. заготавливались в фазу покоя, в соответствии с определенными зонами экоконтроля.

Эколого-химический мониторинг микроэлементного состава в растениях проводили на атомно-абсорбционном спектрометре Shimadzu 6200 series по методике [2]: точные навески растительного сырья озоляли в фарфоровых тиглях, помещенных в муфельную печь при температуре 450-500°C в течение 4 часов. В полученную золу добавляли 1-2 капли концентрированной HNO_3 для полного озоления сырья, затем остаток растворяли в 1% HNO_3 , отфильтровывали через фильтр в мерную колбу на 25 мл и объемом доводили до метки. В полученных растворах определяли количественное содержание металлов методом атомно-абсорбционного спектрального анализа.

Для проведения фитохимического анализа растительного сырья образцы заготовленных растений высушивали, измельчали до размера частиц 3-7 мм и использовали для экстракции индивидуальными и смешанными экстрагентами.

Качественный состав растений и фракций определяли методами хроматографии на бумаге с использованием специфических реакций на основные группы природных соединений. Количественное определение обнаруженных групп природных соединений проводили по методикам Государственной фармакопеи и разработанной авторами методологии фитохимического анализа [1, 3-5].

Результаты и обсуждение

Проведенный анализ литературных данных о химическом составе фармакопейных разрешенных видов *Rumex tianschanicus* A. Los. и *Rumex confertus* Willd. показал, что основными биологически активными веществами корней щавеля конского и щавеля тяньшанского, обуславливающих фармакологическую активность сырья, являются антрахиноны. Антрахиноновые соединения содержатся в свободном состоянии и в виде гликозидов. Основными и наиболее

распространенными антрахиноновыми агликонами являются хризофанол, или хризофановая кислота, франгулаэмодин, или реум-эмодин, и фисцион, или реохризидин. К основным биологически активным веществам корней щавеля конского и щавеля тяньшанского, обуславливающим фармакологические свойства этого сырья, наряду с антраценпроизводными относятся дубильные вещества, являющиеся полимерами катехинов. В корнях и надземных органах щавелей обоих видов были также найдены флавоноиды – флавонолы и лейкоантоцианидины. Среди них идентифицирован кверцетин и его гликозиды – гиперозид, рутин, из корней щавеля конского выделили ранее не описанный флавоновый биозид – румарин. Кроме того, корневища с корнями обоих видов щавелей содержат фенолкарбоновые кислоты (кофейную, хлорогеновую), лимонную и молочную кислоты, следы эфирного масла, оксикумарины, иридоиды, стероиды, смолы, до 1.5% органических соединений железа, витамин К, каротиноиды, углеводы (сахарозу) [6-8].

В результате комплексного исследования интенсивности движения автотранспорта по автодорогам вдоль рек Большая и Малая Алматинка была предложена следующая зональная классификация: вдоль р. Малая Алматинка – зона с высоким количеством автомобильных выхлопов – от пр. аль-Фараби до ул. Оспанова (зона 1), зона со средним количеством автомобильных выхлопов – от ул. Оспанова до г.к. Медео (зона 2) и зона с низким количеством автомобильных выхлопов – от г.к. Медео до г.к. Шымбулак (зона 3) на территории указанных зон проводился сбор корневищ *Rumex tianschanicus*; вдоль р. Большая Алматинка – зона с высоким количеством автомобильных выхлопов – от пр. аль-Фараби до ул. Сапар жолы (зона 1), зона со средним количеством автомобильных выхлопов – от ул. Сапар жолы до ул. Казачка (зона 2) и зона с низким количеством автомобильных выхлопов – от ул. Казачка до Большого алматинского озера (зона 3) на территории вышеперечисленных зон проводился сбор корневищ *R. confertus*.

Результаты атомно-адсорбционного спектрального анализа зольных остатков образцов изучаемых растений по указанным зонам приведены в таблице 1.

Из данных таблицы 1 видно, что, несмотря на в целом стандартный набор микроэлементов растения, в нем можно отметить некоторые особенности. Например, по мере удаления от центра города (от зоны 1 к зоне 3) повышается

количество кальция и магния в зольных остатках растений, что может быть связано с тем, что эти элементы вступают в окислительную седиментацию с кислотными компонентами газовых выхлопов, связывая их в нерастворимые в воде соединения, снижая, таким образом, их токсичное воздействие на растительный организм. Некоторое повышение количества железа и цинка в зольных остатках растений (от зоны 1 к зоне

3) свидетельствует об уменьшении степени гидроксирования ароматических колец полифенольных компонентов растений, повышенное содержание фосфора и серы в исследуемых образцах указывает на значительное превышение количества кислотных газов в выхлопах автотранспорта, по мере повышения интенсивности движения автотранспорта на контролируемых участках.

Таблица 1 – Содержание микроэлементов в зольных остатках корневищ *Rumex tianschanicus* A. Los. и *Rumex confertus* Willd. по зонам фитоэкологического мониторинга, % к массе зольного остатка

Микроэлемент	<i>R. tianschanicus</i> A. Los.			<i>R. confertus</i> Willd.		
	Зона 1	Зона 2	Зона 3	Зона 1	Зона 2	Зона 3
Кальций (Ca)	0.33	0.34	0.34	0.38	0.39	0.40
Калий (K)	0.44	0.44	0.45	0.41	0.42	0.43
Натрий (Na)	0.34	0.33	0.32	0.43	0.41	0.40
Магний (Mg)	0.20	0.21	0.22	0.26	0.28	0.31
Фосфор (P)	0.08	0.07	0.06	0.11	0.09	0.07
Сера (S)	0.60	0.53	0.49	0.53	0.47	0.42
Хлор (Cl)	0.19	0.16	0.15	0.22	0.20	0.19
Кремний (Si)	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10
Свинец (Pb)	0.42	0.31	0.17	0.36	0.25	0.14
Железо (Fe)	0.36	0.39	0.41	0.32	0.34	0.37
Цинк (Zn)	0.24	0.26	0.27	0.28	0.31	0.33

Наиболее значимым, по мере увеличения интенсивности движения автотранспорта, оказывается повышение количества свинца в изучаемых образцах, причем его количество увеличивается в 2.5-2.6 раз вне зависимости от объекта экомониторинга.

Однако, несмотря на выявленные общие закономерности изменения количественного содержания отдельных микроэлементов (уменьшение количества натрия, фосфора, серы, хлора, кремния, свинца и увеличения количественного содержания кальция, калия, магния, железа и цинка), в зольных остатках *Rumex tianschanicus* A. Los. и *Rumex confertus* Willd. их количества находятся в рамках разрешенных правилами ВОЗ и требованиями Государственной фармакопеи Республики Казахстан для лекарственного растительного сырья и не превышают ПДК [1].

Значительные изменения в составе неорганических компонентов растений, особенно в зонах высокой интенсивности движения автотранспорта, приводят к изменению фитохимического состава произрастающих видов.

Фитохимическое исследование образцов *Rumex tianschanicus* A. Los. и *Rumex confertus* Willd., в соответствии с определенными зонами антропогенного воздействия, проводилось с использованием 30% водно-спиртовых извлечений капельным и хроматографическим методами в присутствии аутентичных образцов, а также количественным анализом идентифицированных групп биологически активных веществ растений [1, 3-5]. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Сравнительный анализ данных таблицы 2 показал, что по мере увеличения автомобильных выбросов, особенно в зонах интенсивного движения автотранспорта, происходит снижение общего количества соединений фенольного типа: антрахинонов – на 1.6-2.0%, флавоноидов – на 3.4-3.5%, терпеноидов – на 5.3-8.0%, алкалоидов – на 11.1-14.3% и аминокислот – на 2.6-5.5% от их общего количества в зонах с низкой интенсивностью движения автотранспорта. В то время как общее количество дубильных веществ – на 1.1-1.9%, кумаринов – на 2.8-2.9%, полиса-

харидов – на 1.9-2.0%, фенолокислот – на 5.8-8.6% и оксикоричных кислот – на 5.5-7.4% от их общего количества в зонах с низкой интенсивностью движения автотранспорта – повышается.

Найденные закономерности в содержании основных классов биологически активных веществ щавелей конского и тяньшанского в полной мере согласуются с найденными количествами микроэлементов в каждом из исследуемых образцов и ранее сделанными выводами. Т.е. для структурных типов БАВ, имеющих в составе свободную карбоксильную группу (дубильные вещества, феноло- и оксикоричные кислоты) и кислые значения pH, характерно образование малорастворимых солей и хелатных комплексов с ионами кальция и магния, таким образом,

их повышенное содержание стимулирует их дополнительный биосинтез. Некоторое снижение полифенольных соединений в результатах анализа обоих растений связано с повышением количественного содержания свинца. С которым полифенолы образуют достаточно стойкие комплексные соединения, и такие связанные формы антрахинонов и флавоноидов не определяются стандартными фармакопейными методиками. Повышение количества полисахаров в растениях очевидно связано с их фитоадаптивными свойствами, а увеличение общего количества кумариновых соединений необходимо растениям для дополнительной активации процессов фотосинтеза, ввиду высокой запыленности растительных объектов вблизи автодорог.

Таблица 2 – Фитохимический анализ *Rumex tianschanicus* A. Los. и *Rumex confertus* Willd. по зонам экологического мониторинга (в %, в пересчете на абсолютно сухое сырье)

Растительные вещества	<i>R. tianschanicus</i> A. Los.			<i>R. confertus</i> Willd.		
	Зона 1	Зона 2	Зона 3	Зона 1	Зона 2	Зона 3
Антрахиноны	1.92	1.95	1.96	1.82	1.84	1.85
Дубильные вещества	20.14	20.05	19.91	9.23	9.17	9.05
Флавоноиды	3.01	3.03	3.12	3.66	3.70	3.79
Кумарины	1.79	1.77	1.74	1.83	1.82	1.78
Терпеноиды	0.22	0.24	0.24	0.18	0.19	0.19
Алкалоиды	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09	0.09
Полисахариды	14.31	14.24	14.03	12.85	12.74	12.61
Аминокислоты	7.12	7.19	7.31	4.14	4.23	4.38
Фенолокислоты	1.05	1.02	0.99	1.64	1.59	1.51
Оксикоричные кислоты	0.87	0.85	0.81	0.92	0.91	0.88

При сравнении необходимых количеств действующих веществ *Rumex tianschanicus* A. Los. и *Rumex confertus* Willd. – антрахинонов и дубильных веществ, нормируемых Государственной фармакопеей и требуемых для признания растительного сырья доброкачественным, можно отметить, что даже вблизи высокозагруженных автодорог г. Алматы их количество в полной мере соответствует требованиям ГФ РК. Например, фармакопейной статьей на щавель тяньшанский для признания растительного сырья доброкачественным и пригодным для целей промышленной заготовки содержание антрахинонов в нем должно быть не менее 1.5%, дубильных веществ – не менее 16%; для щавеля конского содержание антрахинонов в нем должно быть не менее 1.5%, дубильных веществ – не менее 7.5%. Как

видно из данных таблицы 2, даже в зоне 1 общее количество этих типов БАВ превышает нормируемые нормативы.

Заключение

Впервые на примере двух фармакопейных видов растений рода *Rumex* L., щавелей конского и тяньшанского из семейства *Polygonaceae* показано влияние загрязнения автомобильными выхлопами воздушного бассейна среды их обитания на изменения в химическом составе растений, в зависимости от интенсивности движения автотранспорта и связанного с этим повышения количества токсичных выбросов в атмосферу окислов азота и серы, угарного газа, бензопиренов, сажи и свинца.

Результаты фитохимического анализа корневищ *Rumex tianschanicus* A. Los. и *Rumex confertus* Willd., а также данные анализа микроэлементного состава зольных остатков обоих растений, проведенного для различных по уровню антропогенного воздействия зон фитоэкологического мониторинга, а также сравнение этих данных с нормируемыми Государственной фармакопеей Республики Казахстан количествами действующих веществ (антрахинонов и танинов), допустимым количеством тяжелых металлов, свидетельствуют о возможности сбора и использования растений, как для кормовых целей в сельском хозяйстве, так и в качестве сырья для

производства фитопрепаратов и лекарственных растительных сборов.

Кроме того, повышенное, в сравнении с аналогами из экологически благоприятных регионов, количественное содержание в изучаемых видах дубильных веществ, кумаринов, полисахаридов, феноло- и оксикоричных кислот позволяет рекомендовать заготовку щавелей в черте населенных пунктов для целей селективного извлечения БАВ указанных структурных групп, например, для получения растительных дубителей для кожевенных производств или фотосенсибилизаторов в средствах от загара для предприятий косметической промышленности.

Литература

- 1 Государственная фармакопея Республики Казахстан. – Т.1. – Алматы: Жибек жолы, 2008. – 592 с.
- 2 Пупышев А.А. Атомно-абсорбционный спектральный анализ. – М.: Техносфера, 2009. – 784 с.
- 3 Музычкина Р.А., Корулькин Д.Ю. Биологически активные вещества растений. Выделение, разделение, анализ. – Алматы: Атамұра, 2006. – 438 с.
- 4 Мамонов Л.К., Музычкина Р.А. Введение в фитохимические исследования и выявление биологической активности веществ растений. – Алматы: Школа XXI века, 2008. – 216 с.
- 5 Музычкина Р.А., Корулькин Д.Ю. Методология исследования растительных метаболитов. – Алматы: MV-Print, 2012. – 324 с.
- 6 Федоров А.А. Растительные ресурсы СССР. – Л.: Наука, 1985, Т. 5. – С. 255-271.
- 7 Муравьева Д.А., Самылина И.А., Яковлев Г.П. Фармакогнозия. – М.: Медицина, 2002. – 656 с.
- 8 Высочина Г.И. Фенольные соединения в систематике и филогении семейства гречишные (Polygonaceae) // Turczaninowia. – 2008. – Т. 11. – № 4. – С. 129-137.

References

- 1 State Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan. – Vol.1. – Almaty: Silk Way, 2008. – 592 p.
- 2 Pupyshev A.A. Atomic absorption spectral analysis. – M.: Technosphere, 2009. – 784 p.
- 3 Muzychkina R.A., Korulkin D.Y. Biologically active substances of plants. Isolation, separation, analysis. – Almaty: Atamura, 2006. – 438 p.
- 4 Mamonov L.K., Muzychkina R.A. Introduction to phytochemical studies and identification of biological active substances of plants. – Almaty: School XXI Century, 2008. – 216 p.
- 5 Muzychkina R.A., Korulkin D.Y. The methodology of the study of plant metabolites. – Almaty: MV-Print, 2012. – 324 p.
- 6 Fedorov A.A. Plant resources of the USSR. – L.: Science, 1985. – Vol. 5. – P. 255-271.
- 7 Myravyeva D.A., Samylina I.A., Yakovlev G.P. Pharmacognosy. – M.: Medicine, 2002. – 656 p.
- 8 Vysochina G.I. Phenolic compounds in taxonomy and phylogeny of the family *Polygonaceae* // Turczaninowia. – 2008. – Vol. 11. – № 4. – P. 129-137.