

ISSN-L 2958-7581 (Print)

ISSN 2958-7581 (Online)

**ҚАЗАҚСТАННЫҢ
БОТАНИКАЛЫҚ
ЖУРНАЛЫ**

**БОТАНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ
КАЗАХСТАНА**

**KAZAKHSTAN
JOURNAL OF
BOTANY**

№ 1(2)/2023

15 наурыз 2023 жыл

15 марта 2023 года

March 15, 2023

Жылына 4 рет шығады

Выходит, 4 раза в год

Published 4 times a year

Ақтау, 2023

Ақтау, 2023

Aktau, 2023

Главный редактор
кандидат биологических наук
А.А. Иманбаева
Ответственный секретарь
кандидат химических наук
Г.Ш. Тлепиева

Редакционная коллегия

- Банаев Е.В.** доктор биологических наук, Центральный Сибирский ботанический сад, Новосибирск (Россия);
- Фарзалиев В.С.** доктор биологических наук, Бакинский государственный университет, Баку (Азербайджан);
- Горина В.М.** доктор с.-х. наук, Никитский ботанический сад, Ялта (Россия)
- Сорокопудов В.Н.** доктор с.-х. наук, Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, Мостква (Россия);
- Сафронова И.Н.** доктор биологических наук, Ботанический институт имени В.Л. Комарова, Санкт-Петербург (Россия);
- Мырзагалиева А.Б.** доктор биологических наук, Международный университет Астана, Астана (Казахстан);
- Спиридович Е.В.** кандидат биологических наук, Центральный ботанический сад, Минск (Беларусь);
- Данилова А.Н.** кандидат биологических наук, Алтайский ботанический сад, Риддер (Казахстан);
- Сумбембаев А.А.** доктор PhD Алтайский ботанический сад, Риддер (Казахстан);
- Кожамжарова Л.С.** кандидат биологических наук, Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, Актау (Казахстан).

Адрес редакции: 130000, Республика Казахстан, город Актау, Мангистауская область, 10 микрорайон.

Тел.: +7 (7292) 314936;
E-mail: journal@mebs.kz
Сайт: [https:// mebs.kz](https://mebs.kz)

Редакторы

М.С Сагындыкова, Г.Ш. Тлепиева, Г.Г. Гасанова

Компьютерная верстка

Г.Г. Гасанова

БОТАНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА.

Собственник: РГП на ПХВ "Мангышлакский экспериментальный ботанический сад" Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

Зарегистрировано Министерством информации и общественного развития Республики Казахстан.

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания, информационного агентства и сетевого издания № KZ00VPY00046783 от 11.03.2022 г.

Main Editor
candidate of biological sciences
A.A. Imanbayeva

Responsible Secretary
candidate of chemical sciences
G.Sh. Tlepieva

Editorial board

- Banaev E.V.** Doctor of Biological Sciences, Central Siberian Botanical Garden, Novosibirsk (Russia);
- Farzaliev V.S.** Doctor of Biological Sciences, Baku State University, Baku (Azerbaijan);
- Gorina V.M.** doctor of agricultural sciences Sciences, Nikitsky Botanical Garden, Yalta (Russia);
- Sorokopudov V.N.** doctor of agricultural sciences Sciences, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow (Russia);
- Safronova I.N.** Doctor of Biological Sciences, Botanical Institute named after V.L. Komarova, St. Petersburg (Russia);
- Myrzagalieva A.B.** Doctor of Biological Sciences, Astana International University, Astana (Kazakhstan);
- Spiridovich E.V.** Candidate of Biological Sciences, Central Botanical Garden, Minsk (Belarus);
- Danilova A.N.** Candidate of Biological Sciences, Altai Botanical Garden, Ridder (Kazakhstan);
- Sumbembaev A.A.** Doctor PhD Altai Botanical Garden, Ridder (Kazakhstan);
- Kozhamzharova L.S.** Candidate of Biological Sciences, Sh. Yessenov Caspian University of Technology and Engineering, Aktau (Kazakhstan).

Editorial address: 130000, Republic of Kazakhstan, Aktau city, Mangistau region, 10 microdistrict.
Tel.: +7 (7292) 314936;
E-mail: journal@mebs.kz
Website: <https://mebs.kz>

Editors
M.S. Sagyndykova, G.Sh. Tlepieva, G.G. Gasanova

Computer layout
G.G. Gasanova

KAZAKHSTAN JOURNAL OF BOTANY.

Proprietaru: RSE on REM "Mangyshlak Experimental Botanical Garden" of the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan.

Registered by the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan.

Certificate of registration of a periodical printed publication, news agency and online publication No. KZ00VPY00046783 dated 11.03.2022

ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ И ПРОЯВЛЕНИЯ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ В РАСТЕНИЯХ РОДА *RHAMNUS* spp.

Спиридович Е.В.*, Деева А.М., Агабалаева Е.Д., Решетников В.Н.

Центральный ботанический сад НАН Беларуси,
Республика Беларусь, г. Минск
E-mail: a.spirydovich@gmail.com

Аннотация. Кратко описан род *Rhamnus* spp. и история преднамеренной интродукции жостера слабительного (*Rhamnus cathartica* L.) в регионы Среднего запада США. Выбраны постоянные пробные площадки произрастания *R. cathartica* - аборигенного для Беларуси (3 площадки) и инвазионного в США вида (2 площадки) и жостера Синтениса (*Rhamnus Sintenisi* Rech. fil.) – эндемика Казахстана, произрастающего в аридной зоне. Растения рода *Rhamnus* spp. содержат широкий спектр вторичных метаболитов, обладающих фармакологическим действием. В данной работе был исследован уровень содержания каротиноидов, общих фенолов, глюкофрангулинов и антиоксидантной активности в коре видов рода *Rhamnus* spp., показано значительное варьирование этих показателей у разных видов одного рода в зависимости от условий и ареала произрастания.

Ключевые слова: род *Rhamnus* spp., каротиноиды, общие фенольные соединения, глюкофрангулины, антиоксидантная активность.

Род Жостер (*Rhamnus* L., 1753) семейства Крушиновые (*Rhamnaceae* Juss., 1789) включает по разным данным от 125 до 200 видов, которые широко распространены в природе и обитают на всех континентах, за исключением Австралии [1,2]. Наибольшее разнообразие видов представлено в Азии [1]. Для Беларуси многолетний кустарник жостер слабительный (*Rhamnus cathartica* L.) (рисунок 1) является природным видом, в основном распространен по берегам рек (не заболоченным), либо в подлеске светлых широколиственных лесов [3]. Вместе с тем *R. cathartica* (рисунок 2) является широко распространенным агрессивным инвазионным видом в США на Среднем Западе, что приводит к экономическим потерям в результате нарушений и повреждений естественных и сельскохозяйственных экотипов, включая среду обитания птиц. Во вторичном ареале этот вид также является многолетним кустарником, но достигает более развитого габитуса и повышенного плодоношения. Доказан значительный негативный эффект *R. cathartica* на природные экосистемы, в т.ч. конкуренцию с природными видами *Rhamnus* в США [4]. Жостер Синтениса (*Rhamnus sintenisi* Rech. fil.) (рисунок 3) – эндемик Казахстана, растет на каменистых и щебнистых склонах, в оврагах и ущельях, в расщелинах скал и вдоль обрывов [5], представлен в Мангышлакском экспериментальном ботаническом саду.

Растения рода Жостер *Rhamnus* spp. содержат ряд вторичных метаболитов, обладающих фармакологическим действием. Основной группой действующих соединений *R. cathartica* являются производные антрацена, фенольные соединения, каротиноиды. Антраценпроизводные растений рода Жостер (*Rhamnus* L.) встречаются в основном в виде гидроксипроизводных антрахинона, таких, как франгула-эмодин, алое-эмодин, хризофанол, реин, фисцион и другие [6].

Биологическая роль производных антрахинона растений еще мало изучена. Вероятно, эти соединения опосредуют биотические и абиотические взаимодействия растений с окружающей средой. Возможно, они защищают растения от фитофагов, патогенов, конкурентов и внешних абиотических факторов, таких, как электромагнитное излучение видимой и ультрафиолетовой частей спектра. Находясь в мякоти незрелых плодов, они могут способствовать распространению семян, защищая незрелые плоды от поедания, а содержащиеся в семенах антрахиноны препятствуют повреждению семян плодоядными

организмами. [6, 7]. Фенольные группы этих соединений могут взаимодействовать с ферментами, белками-транспортёрами, белками-каналами и рецепторами, осуществляя ингибирующую и сигнальную функции [8]. Помимо этого, данный вид растительного сырья содержит другие органические вещества (флавоноиды, сапонины, алкалоиды, дубильные вещества, кумарины, крахмал, пектин), а также макро- и микроэлементы (калий, кальций, марганец, железо, магний, медь, бор и др.) [1, 2]. Следует отметить, что при интродукции растений в районы, отличные от естественных по погодно-климатическим условиям, адаптация видов может протекать с генетическими изменениями [9, 10], что, возможно, скажется на вторичном метаболизме.

Ранее нами проведено сравнение изучаемых параметров (полное флористическое описание пробных площадок, полевой пересчет растений жостера, средняя высота, проективное покрытие сопутствующих видов) на трех пробных площадках на территории Беларуси и трех площадках на среднем Западе США. Полученные данные подтвердили гипотезу повышения конкурентоспособности чужеродных видов во вторичном ареале (ЕІСА). В американских популяциях, по сравнению с белорусскими, *Rhamnus cathartica* имеет более крупные размеры, более высокую семенную продуктивность, более высокую численность ювенильных особей и более высокую общую численность особей в популяциях вплоть до формирования монодоминантных зарослей. Внедрение жостера в естественные сообщества США снижает число видов травяного яруса в 8 раз. [11]. Для практического решения конкретных проблем сокращения мирового биоразнообразия нужно изучать инвазионные растения на всех уровнях – от экосистемного к молекулярно-генетическому и физиолого-биохимическому, причем исследования необходимо проводить как в первичном, так и вторичном фрагментах ареалов, лучше всего – в сравнительном аспекте. Исходя из выше сказанного, цель исследования – сравнительный анализ видов рода Жостер (*Rhamnus* L.), произрастающие в разных географических и климатических районах, по содержанию каротиноидов, фенолов, глюкофрангулинов и антиоксидантной активности (АОА).

Материалы и методы. Растения для биохимического анализа были отобраны на постоянных пробных площадках (ППП) в 3 локалитетах РБ:

ППП №1 (оз. Болдук) – берег оз. Болдук: площадка 100 м² = 50 м x 2 м,

ППП №2 (Теляки - Скоры) – придорожная часть дороги Р28 Мядель – к/п Нарочь 100 м² = 25 м x 4 м;

ППП №3 (оз. Плисса Витебская область, Глубокский район: площадка вдоль тропинки недалеко от озера Плисса;

в 2 локалитетах США: ППП №4 (Миннесота, графство Carver, частная территория рядом с Миннесотского ландшафтным арборетумом Университета Миннесота (монодоминантные заросли),

ППП №5 (Мичиган, Центральная часть США,) и

в 1 локалитете Казахстана: ППП №6 (г. Мангышлакский экспериментальный ботанический сад, Актау) (таблица 1).

Таблица 1 – Описание и географическая привязка постоянных пробных площадок для отбора образцов

№ локалитета	Наименование, географическая привязка (код популяции)	Тип ассоциации	Дата обследования, отбора проб
1	ППП 1-оз. Болдук (RLB) Мядельский р-н, Беларусь 54° 58' 55,5" / 26°24'065 "	Состав леса: ель- ольха - пихта на побережье озера, конечно-моренная гряда	30.08.2019

2	ППП 2 -Теляки-Скоры (RN) Мядельский р-н, Беларусь 54°53'17,4" / 26°47'29,0"	Состав леса - сосново-березовый, моренно-ледниковая волнистая равнина, участок вдоль дороги	31.08.2019
3	ППП 3 – оз. Плисса Витебская область, Глубокский район, 55.2041181, / 27.97469813.	Состав леса: сосна- береза-ольха, участок вдоль тропинки недалеко от озера Плисса	12.09.2019
4	ППП 4 Tamarack Lake restoration (TLR), Миннесота, частная территория на границе ландшафтного Арборетума Университета Миннесоты, N 44°52.434 / W 093°37.876	Состав леса: Клен - Липа - Дуб характеризуется максимальным обилием жостера слабительного, представленного, в основном, взрослыми особями.	12.09.2019
5	ППП 5 г. Анн Арбор, Мичиган, США 42.291062/-83.728344	Рудеральный ландшафт в черте населенного пункта	18.08.2019
6	ППП 6 , Мангышлакский экспериментальный ботанический сад, Актау, Казахстан	Коллекционные фонды	29.04.2019



Рисунок 1 - *Rhamnus cathartica* L., РБ

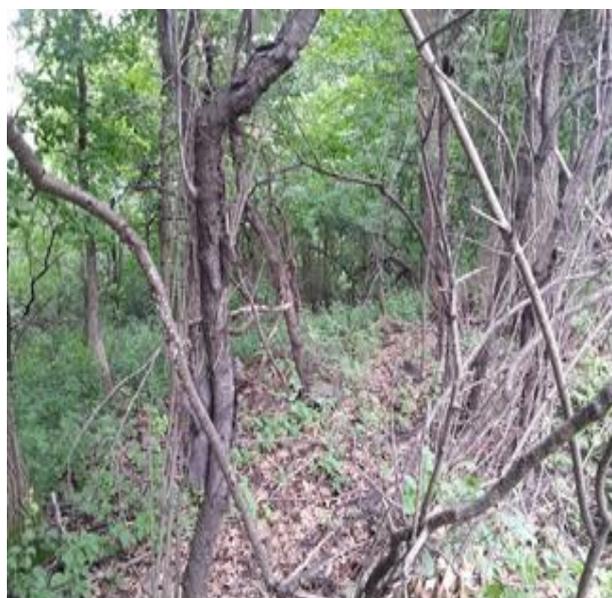


Рисунок 2 - *Rhamnus cathartica* L., США

среднем превышало показатели из других географических областей, так образцы на опытном участке ППП №4 (зона максимальной инвазионности) содержали $13,4 \pm 0,41$ мг%, а образец из ППП №5 (Мичиган) характеризовался максимальным содержанием каротиноидов – $17,3 \pm 0,47$ мг%, что превышало более, чем на 25 % таковое в образцах видов *Rhamnus cathartica* L. из Беларуси. В то же время, минимальное содержание каротиноидов в пересчете на β -каротин содержалось в образцах из Казахстана и составило менее 5 мг %. Согласно данным Фармакопеи РБ ягоды и кора *R. cathartica* L. традиционно рассматривается как источник глюкофрангулинов. Наши исследования показывают, что данный вид растительного сырья может служить перспективным источником каротиноидов, т.к. нормы физиологических потребностей в минеральных веществах и витаминах для мужчин и женщин 18–59 лет в Беларуси предусматривают количество каротиноидов 5 мг в сут. [18].



Рисунок 4 – Содержание каротиноидов в пересчете на β -каротин в коре Жостера слабительного, мг%

Содержание суммы фенольных соединений в анализируемых образцах колебалось в пределах от минимального значения $0,77 \pm 0,02$ % в образцах из США (ППП №4, Миннесота) до $1,97 \pm 0,06$ % - на территории РБ (ППП №1 оз. Болдук) (рисунок 5). Сумма антиоксидантов фенольной природы в образцах, собранных на территории Республики Беларусь (ППП №1 и ППП №2, ППП №3), превышала данный показатель по отношению к американским образцам в среднем на 38%. Таким образом, все исследованные таксоны семейства Крушиновые (*Rhamnaceae*) по содержанию в коре суммы фенольных соединений (%) можно расположить в ряд в порядке убывания: ППП №1 оз. Болдук ($1,97 \pm 0,06$ %) > ППП №3 оз. Плисса ($1,12 \pm 0,04$ %) > ППП №2 Теляки-Скоры ($1,08 \pm 0,04$ %) > ППП №6 Казахстан ($0,95 \pm 0,02$ %) > ППП №5 Мичиган, США ($0,83 \pm 0,03$ %) > ППП №4 Миннесота, США ($0,77 \pm 0,02$ %).

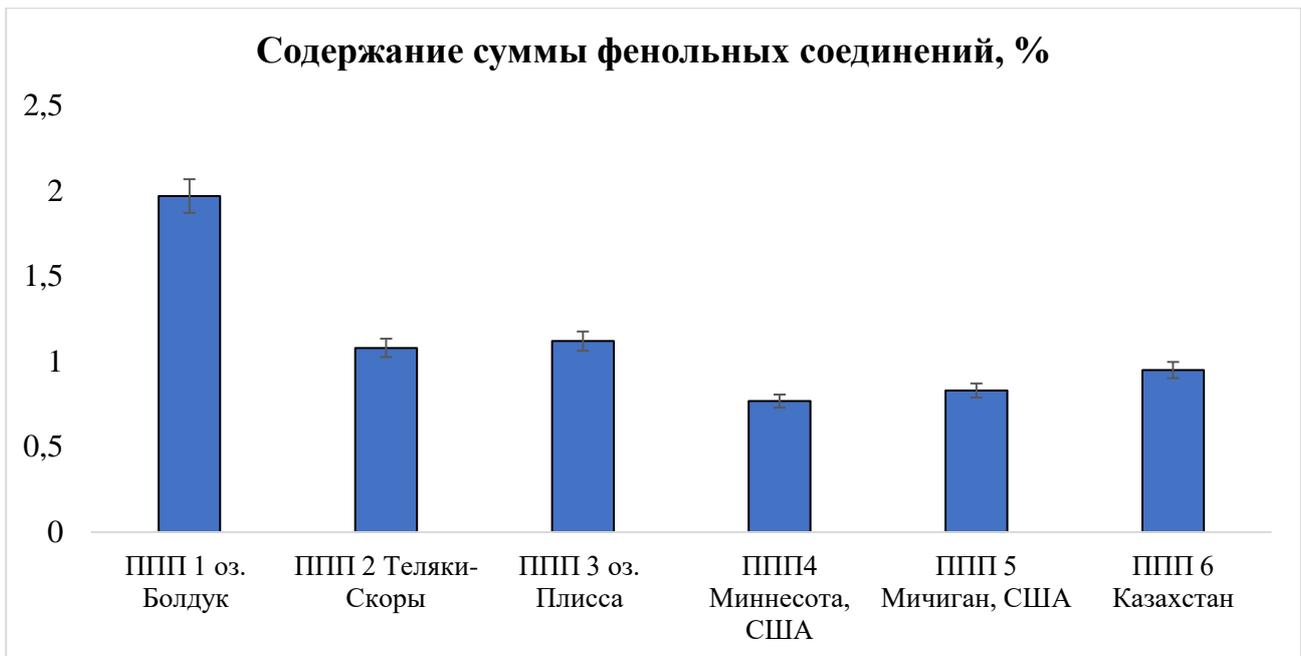


Рисунок 5 – Содержание суммы фенольных соединений в коре Жостера слабительного, %

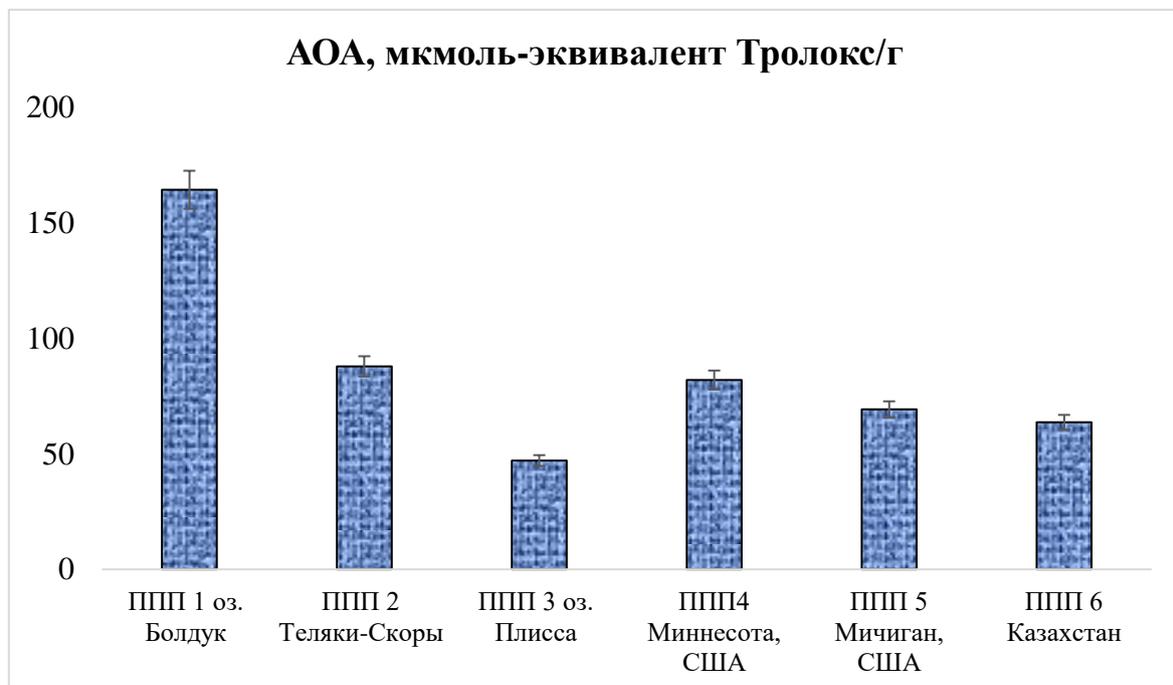


Рисунок 6 – Уровень антиоксидантной активности экстрактов коры жостера слабительного, мкмоль Тролокс/г

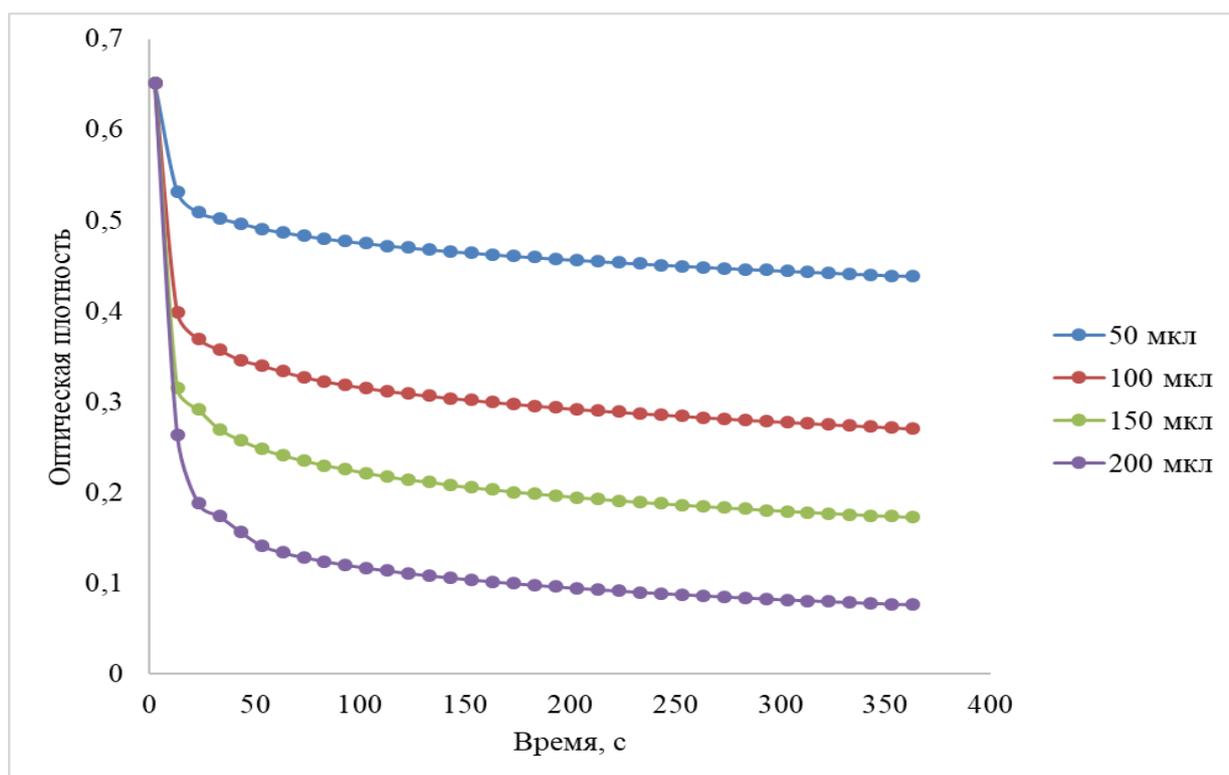


Рисунок 7 - Кинетические кривые обесцвечивания раствора с катион-радикалами АБТС+• в присутствии различных объемов экстрактов коры жостера слабительного (ППП №2)

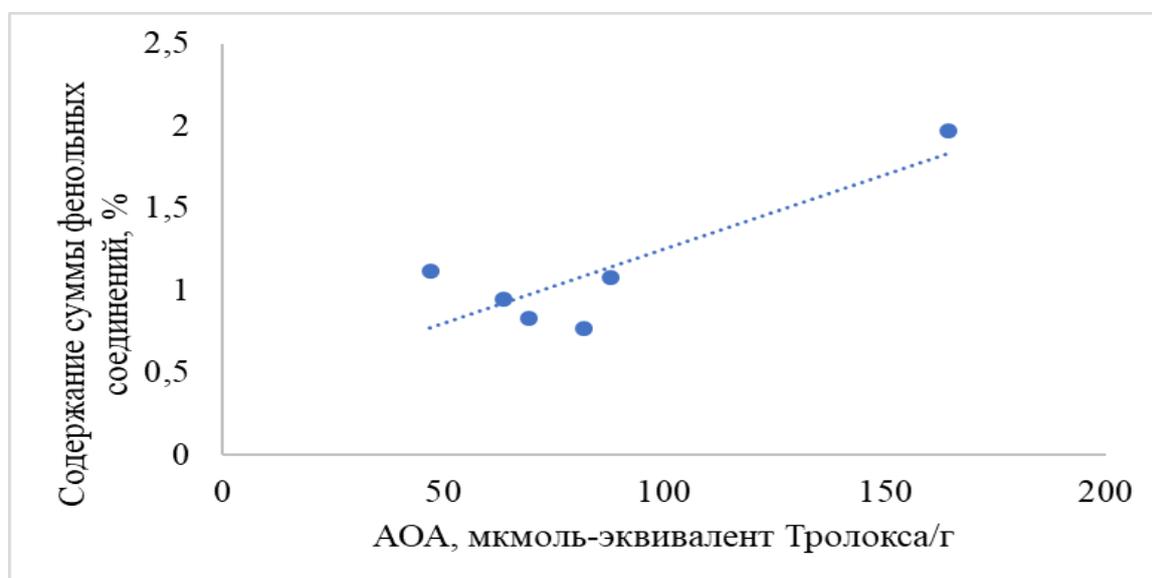


Рисунок 8 - Корреляционная связь между уровнем антиоксидантной активности, мкмоль Тролокс /г и содержанием фенольных соединений, %

Кора растений жостера, благодаря различному фитохимическому составу и разным условиям произрастания, может характеризоваться различными свойствами и разной способностью к проявлению антиоксидантной активности. По результатам, приведенным на рисунке 6, видно, что антиоксидантная активность, измеренная при помощи АБТС+•, колебалась в пределах от $47,1 \pm 1,7$ до $164,4 \pm 7,1$ мкмоль тролокс/г. Наименьшей АОА (менее 70 мкмоль тролокс/г) обладали образцы, собранные на территории ППП №3 (оз. Плисса), ППП №6 (Казахстан) и ППП №5 (Мичиган). АОА в образцах, собранных на территории ППП №1 (оз. Болдук), превышала значение 160 мкмоль тролокс/г. Из сравнения характера кинетических кривых (рисунок 7) и показателей АОА (на примере образцов, отобранных на

территории ППП №2 Теляки-Скоры) можно сделать вывод, что соединения, обладающие активностью, реагировали с катион-радикалами в течение первой минуты, обеспечивая 70–88 % вклада в АОА, а затем протекала более медленная стадия, на протяжении которой, возможно, проходила реакция с катион-радикалами продуктов окисления фенольных соединений, образовавшихся на начальной стадии процесса, как это было показано ранее [19].

На рисунке 8 представлена корреляционная связь между величиной АОА (мкмоль тролокс/г) и содержанием фенольных соединений (%). Коэффициент корреляции между уровнем АОА и содержанием фенольных соединений составил 0,85 и являлся значимым на основании того, что расчетные значения критерия Стьюдента во всех корреляционных полях превышали табличные при уровне значимости $p < 0,05$, т.е. существует тесная положительная корреляционная связь между АОА и содержанием фенольных соединений.

Содержание глюкофрангулинов в коре видов *Rhamnus*, собранных на территории Республики Беларусь, США и Казахстана представлены на рисунке 9. На территории Республики Беларусь изучение количественного содержания глюкофрангулинов в коре *Rhamnus cathartica* L. проводили в 2019 на ППП №1 и ППП №2 и ППП №3. Так, количественное содержание франгулинов в коре *Rhamnus cathartica* L., собранных на участке ППП №1, составило $1,47 \pm 0,03$ %, на ППП №2 – $1,81 \pm 0,04$ %, на ППП №3 – $1,30 \pm 0,05$ %. Данный показатель был максимальным ($1,81 \pm 0,04$ %) в образцах *Rhamnus cathartica* L., собранных на ППП №2, а минимальным ($1,30 \pm 0,05$ %) – в образцах из ППП №3.

Содержание глюкофрангулинов в коре *Rhamnus cathartica* L., собранных на ППП №6, составило $2,91 \pm 0,10$ %, данный показатель на ППП №3 – $1,30 \pm 0,05$ %. Все исследованные виды рода жостер *Rhamnus* по содержанию в коре глюкофрангулинов в пересчете на франгулин А (%) можно расположить в ряд в порядке убывания: *Rhamnus Sintenisi* Rech. Fil из ППП №6, Казахстан ($2,91 \pm 0,10$ %) > *Rhamnus cathartica* L. из ППП №4, Миннесота ($1,92 \pm 0,03$ %) > *Rhamnus cathartica* L. из ППП №2, Теляки Скоры ($1,81 \pm 0,04$ %) > *Rhamnus cathartica* L. из ППП №1, оз. Болдук ($1,47 \pm 0,03$ %) > *Rhamnus cathartica* L. из ППП №5 Мичиган ($1,33 \pm 0,02$ %) > *Rhamnus cathartica* L. из ППП №3, оз. Плисса ($1,30 \pm 0,05$ %) .

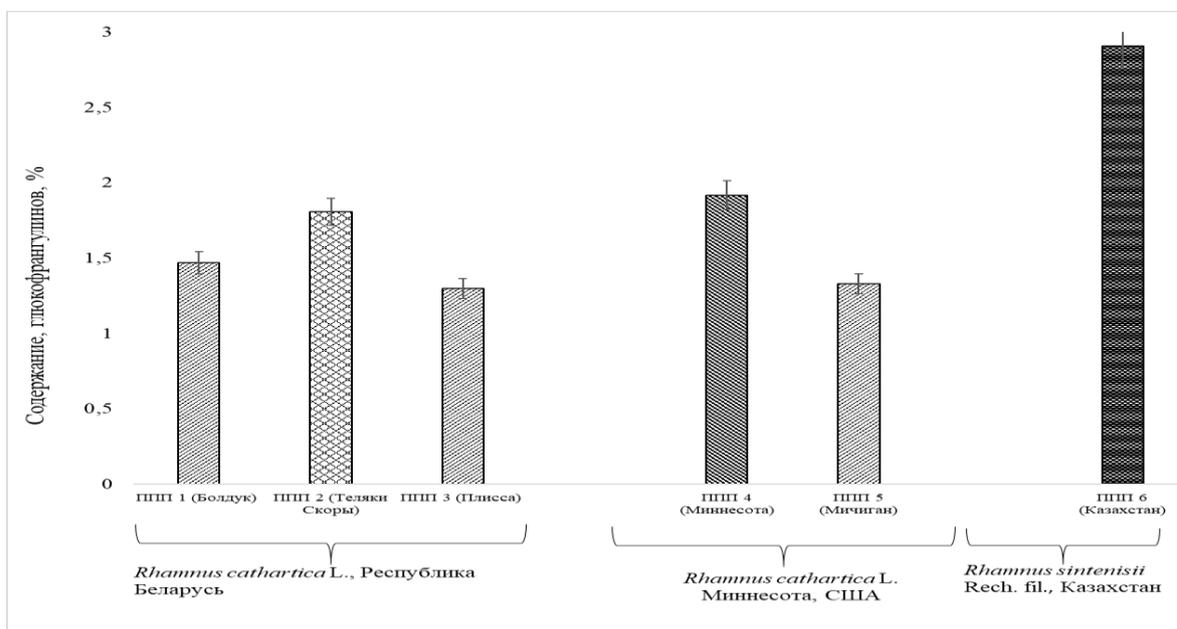


Рисунок 9 - Содержание глюкофрангулинов в коре видов рода *Rhamnus* (%)

Обсуждение. Результаты ANOVA для межвидовой и внутривидовой изменчивости анализируемых веществ в коре видов *Rhamnus* приведены в таблице 2. Дисперсионный анализ показал, что наиболее выраженная изменчивость обнаружена у глюкофрангулинов, менее выражена у фенольных соединений и каротиноидов, а минимальная – у АОА.

Хозяйственно-полезные дикорастущие растения, каким является жостер слабительный *Rhamnus cathartica* L. в РБ, при культивировании обычно снижают содержание биологически активных веществ. Исследования обратного процесса довольно редки, и до сих пор мало сведений о том, повышается ли уровень вторичных метаболитов у растений, «сбегающих» из культуры и вторгающихся в природные сообщества (инвазионных видов), как случилось с этим видом в США. Пока еще одиночные фитохимические исследования выполнены на представителях из родов *Aronia*, *Echinocystis*, *Solidago* [20], их сложно включить в определенную гипотезу. Если сослаться на гипотезу «бегства от естественных врагов» (Enemy Release Hypothesis), предложенную в нескольких вариантах [20], общая суть которой заключается в том, что многие виды адвентивных растений после занесения или натурализации на новой территории освобождаются от пресса специализированных природных врагов (в частности, фитофагов и патогенов), которые обычно контролируют численность вида или его популяций в пределах первичного ареала, то она не работает при долгосрочной инвазии, как у *Rhamnus cathartica* в США. Так, проведенный мониторинг фитофагов и патогенных организмов *Ribes aureum* выявил, что в процессе натурализации патогены адаптируются к чужеродным растениям. Продолжительность этого процесса определяется условиями окружающей среды, влиянием антропогенных факторов и возрастом насаждений. Таким образом, гипотеза о влиянии фитофагов и фитопатогенов на успех инвазии чужеродных видов во вторичном ареале может рассматриваться только на начальном этапе натурализации. В дальнейшем фитофаги и патогены близкородственных видов активно включаются в систему «чужеродный вид – патоген» [21].

Табл. 2 - Межвидовая и внутривидовая изменчивость содержания каротиноидов (Кар), фенольных соединений (Фс), глюкофрангулинов (Гл) и уровня антиоксидантной активности (АОА).

	ППП 1	ППП 2	ППП 3	ППП 4	ППП 5	ПП П 6
ПП						
П 1						
ПП	Кар*Фс*Гл*А					
П 2	ОА*					
ПП	Кар*Фс*Гл*А	Кар*Фс				
П 3	ОА*	Гл*АОА*				
ПП	Кар	Кар*Фс*Гл*А	Кар*Фс*Гл*А			
П 4	Фс*Гл*АОА*	ОА	ОА*			
ПП	Кар*Фс*Гл*А	Кар*Фс*Гл*А	Кар*Фс*Гл*А	Кар*Фс*Гл*А		
П 5	ОА*	ОА*	ОА*	ОА*		
ПП	Кар*Фс*Гл*А	Кар*Фс*Гл*А	Кар*Фс*Гл*А	Кар*Фс*Гл*А	Кар*Фс*Гл*	
П 6	ОА*	ОА*	ОА*	ОА*	АОА	

Звездочка за буквой указывает на значимое различие при $p \leq 0,05$.

Заключение. Таким образом, при сравнительном содержании каротиноидов, глюкофрангулинов, общих фенолов и антиоксидантной активности в коре видов рода *Rhamnus* spp., нами зафиксировано максимальное содержание каротиноидов в пересчете на β -каротин в образце инвазионной зоны Мичигана - $17,3 \pm 0,47$ мг%, что превышало более, чем на 25 % таковое в образцах видов *Rhamnus cathartica* L. из Беларуси. Минимальное содержание каротиноидов содержалось в образцах эндемика из Казахстана (5 мг %). Интересно, что этот эндемик - *Rhamnus Sintenisi* Rech. Fil из Казахстана - характеризовался максимальным содержанием (2,91±0,10 %) глюкофрангулинов при относительно равных значениях этого показателя в образцах из РБ (от 1,3 до 1,81 %) и США (от 1,33 до 1,92 %). Кора растений жостера, благодаря различному фитохимическому составу и разным условиям произрастания,

характеризуется различными свойствами и разной способностью к проявлению антиоксидантной активности. Анализ результатов показал, что антиоксидантная активность, измеренная при помощи АБТС+•, колебалась в пределах от $47,1 \pm 1,7$ до $164,4 \pm 7,1$ мкмоль тролокс /г. Обнаружена тесная положительная корреляционная связь между уровнем антиоксидантной активности и содержанием фенольных соединений (коэффициент корреляции 0,85). Коэффициент корреляции являлся значимым на основании того, что расчетные значения критерия Стьюдента во всех корреляционных полях превышали табличные при уровне значимости $p < 0,05$.

В настоящий момент представители флоры рода *Rhamnus* в Беларуси, США и Казахстане, имеющие разный статус, синтезирующие гидроксипроизводные антрахинона, и другие вторичные метаболиты как лекарственное растительное сырье, изучены не в полной мере. Использование производных антрахинона, обладающих широким спектром биологического действия, применяется в практике только в виде слабительного средства. Более полное изучение сравнительного качественного и количественного состава, а также биологического действия производных антрахинона позволит понять их роль как метаболитов и раскрыть потенциал применения. Эта статья является первым опытом сравнительного количественного анализа вторичных метаболитов у видов рода *Rhamnus*, произрастающих на территории РБ, как природный вид, в США, как инвазионный и в Казахстане как эндемик аридной зоны. Полученные данные могут служить основой для прогнозирования биологических активностей экстрактов коры различных видов жостера, произрастающих в разных регионах мира, при разработке подходов к получению фармакологически ценных метаболитов, при развитии деятельности по предотвращению последствий биологических инвазий, способствуя рациональному использованию природного растительного сырья интактных растений рода *Rhamnus* spp.

Список литературы

1. Сем. *Rhamnaceae* Juss. – Крушиновые / Ю.А. Алексеев, Н.Н. Цвелёв // Флора Восточной Европы / Отв. ред. и ред. тома Н. Н. Цвелёв. – СПб. : Мир и семья-95, 1996. – Т. IX. – С. 392–398. – 456 с.
2. Грубов, В.И. Монографический обзор рода *Rhamnus* L. / В.И. Грубов // Тр. Ботанического института АН СССР. Серия 1. – 1949, Л., 1949. – Т. 8. – С. 241–423.
3. Данные о распространении некоторых редких и охраняемых видов сосудистых растений флоры Беларуси / Д. В. Дубовик [и др.] // Ботаника (исследования): Сборник научных трудов. Выпуск 47 / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси – Минск: 2018. – С.32-51.
4. Above- and belowground impacts of European buckthorn (*Rhamnus cathartica*) on four native forbs / Klionsky S. [et al.] // *Restor Ecol* 19. – 2011. – P. 728–736.
5. Красная книга Казахской ССР. – Алма-Ата: Изд-во «Наука» Казахской ССР, 1981. – Ч. 2. Растения. – 260 с.
6. Anthraquinone profiles, antioxidant and antimicrobial properties of *Frangula rupestris* (Scop.) Schur and *Frangula alnus* Mill. Bark / D. Kremer [et al.] // *Food Chemistry*. – 2012. – Vol. 31. – P. 1174–1180.
7. Paneitz, A., Westendorf, J. Anthranoid contents of rhubarb (*Rheum undulatum* L.) and other *Rheum* species and their toxicological relevance / *European Food Research and Technology* // A. Paneitz, J. Westendorf. 1999. – Vol.210. – P. 97–101.
8. Wink, M., Schimmer, O. Modes of action of defensive secondary metabolites. In: Wink M, ed. *Functions of plant secondary metabolites and their exploitation in biotechnology*. Sheffield, UK: Sheffield Academic Press. // M. Wink, O. Schimmer. – 1999. – P. 17–133.
9. Genetic and Ecological Comparisons between Belarus and Upper Midwest Populations of *Rhamnus cathartica* // D. Miller, N.V. Vlasava, A.N. Skuratovich, E.V. Spiridovich / *Sharing Innovative and Practical Solutions. Abstracts of 2018 Upper Midwest Invasive Species Conference* -

North American Invasive Species Management Association (UMISC - NAISMA 2018), Rochester, Minnesota, USA, October 15–18. – 2018. – P. 19-20.

10. Phenotypic and genetic differentiation between native and introduced plant populations / O. Bossdorf [et al.] // *Oecologia*. – 2005. – Vol. 144. – P. 1-11.

11. Мониторинг фенологических, генетических и биохимических параметров на примере оценки растительных сообществ жостера слабительного в Беларуси и в регионе среднего запада США // Е.В. Спиридович, А.Б. Власова, А.И. Кохановский, Е.Д. Агабалаева, А.М. Деева, Д.В. Дубовик, А.Н. Скуратович, Ю.К. Виноградова, В.Н. Решетников / Материалы международной научной конференции, посвященной 95-летию со дня рождения члена-корреспондента НАН Беларуси Е.А. Сидоровича «Теоретические и прикладные аспекты организации, проведения и использования мониторинговых наблюдений» 9-10 марта 2023 года, Минск. – Изд-во «ИВЦ Минфина». – С.24 – 28.

12. The European Pharmacopoeia is published by the Directorate for the Quality of Medicines and Health Care of the Council of Europe (EDQM) // Council of Europe, Strasbourg Cedex France, 2007. – С. 1248.

13. Государственная фармакопея Республики Беларусь. В 3 т. Т. 2. Контроль качества фармацевтических субстанций / УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении»; под общ. ред. А.А. Шерякова. – Минск : Минский государственный ПТК полиграфии им. В. Хоружей, 2008. – с. 727.

14. Analysis of antioxidative phenolic compounds in artichoke (*Cynara scolymus* L.) / M. Wang [et al.] // *J. Agric. Food Chem.* – 2003. – Vol. 51, N 3. – P. 601–608. <https://doi.org/10.1021/jf020792b>.

15. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay / R. Re [et al.] // *Free Radic. Biol. Med.* – 1999. – Vol. 26, N 9–10. – P. 1231–1237.

16. Фармакогностическая характеристика листьев какалии копьевидной (*Cacalia hastata* L.) - Химия растительного сырья. 2004. №3. С. 43–52.

17. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск: Вышэйшая школа, 1964. 328 с.

18. *Rhamnus cathartica* как перспективный источник каротиноидов // А.С. Новикова, Е.В. Спиридович, Е.Д. Агабалаева, А.М. Деева, В.Н. Решетников // Клеточная биология и биотехнология растений: тез. докл. III Междунар. науч.-практ. конф., Респ. Беларусь, Минск, БГУ, 25– 27 мая 2022. – С. 83.

19. Phytochemical variation among the traditional Chinese medicine Mu Dan Pi from *Paeonia suffruticosa* (tree peony) / S.-S. Li [et al.] // *Phytochemistry*. – 2018. – Vol. 146. – P. 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2017.11.008>.

20. Виноградова Ю. К. и др. Черная книга флоры Дальнего Востока. М.: КМК, 2021. 510 с.

21. Виноградова Ю. К. Ключевые направления изучения фитоинвазий в России // Ответственный редактор: д-р биол. наук, директор Ботанического сада МГУ ВВ Чуб
Редакционная коллегия: Т.И. Варлыгина, Ю.К. Виноградова, С.В. Ефимов. – 2022. – С. 29.

**PECULIARITIES OF THE CONTENT OF SECONDARY METABOLITES AND
MANIFESTATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY IN PLANTS OF THE GENUS
*RHAMNUS SPP***

Spirydovich E. V. *, Deeva A. M., Ahabalayeva A. D., Reshetnikov V. N.

The Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus
E-mail: a.spirydovich@gmail.com

Annotation.: The genus *Rhamnus* spp. is briefly described. and the history of the deliberate introduction of laxative *Rhamnus cathartica* L. into regions of the US Midwest. Permanent trial plots of *R. cathartica*, native to Belarus (3 plots) and invasive in the USA (2 plots), and *Rhamnus Sintenisi* Rech. fil., an endemic of Kazakhstan, growing in the arid zone, were selected. Plants of the genus *Rhamnus* spp. contain a wide range of secondary metabolites with pharmacological effects. In this work, the level of content of carotenoids, total phenols, glucofrangulins, and antioxidant activity in the bark of species of the genus *Rhamnus* spp. was studied; a significant variation of these indicators in different species of the same genus was shown depending on the conditions and habitat.

Key words: genus *Rhamnus*, carotenoids, total phenolic compounds, glucofrangulins, antioxidant activity.

ВВЕДЕНИЕ *SYRINGA VULGARIS* L. В КУЛЬТУРУ *IN VITRO*

Жарасова Д.Н., Төлеп Н.А.

Мангышлакский экспериментальный ботанический сад» КН МОН РК,

Республика Казахстан г. Актау

E-mails: dynara_zharassova@mail.ru, ainaz_t@mail.ru

Аннотация. Микрклональное размножение растений является наиболее хорошо разработанным и широко применяемым методом биотехнологии. Этот способ тиражирования растений позволяет наладить массовое производство высококачественного посадочного материала пользующихся повышенным спросом. В статье приведены данные экспериментов по введению в культуру сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris* L.) в условиях *in vitro*. Подобраны условия стерилизации эксплантов сирени обыкновенной с применением различных стерилизующих агентов. Получены асептические культуры *S. vulgaris* L. и они обладали регенеративной способностью. Выявлено, что оптимальной питательной средой для введения в культуру *in vitro* являлась среда WPM.

Ключевые слова. Микрклональное размножение, *in vitro*, *Syringa vulgaris* L., биотехнология, WPM, МЭБС.

Культивирование растений в условиях *in vitro* представляет собой альтернативный, перспективный способ сохранения генофонда высших растений. Биотехнологические методы, основанные на клональном микроразмножении растений, играют важную роль в сохранении видового разнообразия. Такие методы позволяют быстро размножать и сохранять редкие и исчезающие виды, возвращать их в естественные условия обитания, в короткие сроки получать биомассу растений для нужд промышленности [1,2].

В качестве исходного материала для асептического введения и стабилизации *in vitro* используют различные части растений: стеблевые сегменты, эпи- и гипокотили, ткани зародыша и семена. При работе с редкими и исчезающими видами предпочтительно использовать семенной материал, поскольку это позволяет на максимальном уровне сохранить естественную популяцию. Однако у многих редких видов растений возникает проблема глубокого покоя семян, преодолеть которую возможно в условиях *in vitro*, и значительно сократить срок вывода семян из состояния покоя [3].

Мангистауская область, расположенная в пустынной зоне на западе Республики Казахстан, является одной из крупных интенсивно осваиваемых регионов, характеризуется сложными физико-географическими условиями (резко континентальный аридный климат, высокая солнечная инсоляция, засоленность почв и др.) и разнообразием ландшафтно-климатических зон со своеобразными и уникальными комплексами видов [4].

Микрклональное размножение сирени является одним из быстрых способов вегетативного размножения. Растение сирени, полученные методами микрклонального