

ФИТОХИМИЯ

DOI: 10.15372/RMAR20240203

ФИТОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ПРОТИВОВИРУСНАЯ АКТИВНОСТЬ
ЭКСТРАКТОВ *ASTRAGALUS GLYCYPHYLLOS* (FABACEAE)

И.Е. Лобанова^{1,*}, Т.А. Кукушкина¹, Т.М. Шалдаева¹, Е.И. Филиппова²,
М.А. Проценко², Е.В. Макаревич², Н.А. Мазуркова², Е.П. Храмова¹

¹Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,
630090, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101, Россия;

irina_lobanova_2012@mail.ru, kukushkina-phyto@yandex.ru, elenakhramova2023@yandex.ru

²Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии “Вектор” Роспотребнадзора,
630559, Кольцово, Новосибирская область, Россия;

filippova_ei@vector.nsc.ru, protsenko_ma@vector.nsc.ru, makarevich_ev@vector.nsc.ru, mazurkova@vector.nsc.ru

Представлены сравнительные данные фитохимической оценки содержания биологически активных веществ, проявления антирадикальной активности и противовирусных свойств в растительном сырье *Astragalus glycyphyllos* L. из дикорастущих популяций лесостепной зоны Западной Сибири. В течение вегетационного периода исследована динамика и показаны особенности накопления общего содержания фенольных соединений, флавоноидов, танинов, фенолокислот, сапонинов, каротиноидов, хлорофиллов *a* и *b*, пектинов и протопектинов, изменение антирадикальной активности и противовирусного действия в отношении вируса гриппа человека – A/Aichi/2/68 (H3N2) и птиц – A/chicken/Kurgan/05/2005 (H5N1) в экстрактах, полученных из растительного сырья надземной и подземной частей *A. glycyphyllos*. Установлено, что содержание БАВ надземной части *A. glycyphyllos* богаче, чем подземной. В надземной части *A. glycyphyllos* накапливаются максимальные количества большинства биологически активных веществ исследуемых групп в разные фазы развития, но, в основном, в фазе окончания плодоношения. В подземной части в максимальных количествах найдены только протопектины – в фазах начала вегетации и плодоношения. Антирадикальная активность экстрактов из надземных и подземных частей *A. glycyphyllos* проявлялась в течение всего вегетационного периода, но более эффективными оказались образцы из сырья надземной и подземной частей в конце вегетации.

Исследование токсичности и противовирусного действия экстрактов, полученных из сырья обеих частей *A. glycyphyllos* в максимально переносимых концентрациях показало, что индекс нейтрализации экстрактов находился в пределах от 0 до 1.5 lg, в зависимости от субтипа вируса гриппа А, периода вегетации *A. glycyphyllos*, его части в исследовании и типа экстракта. По сравнению с контролем, отмечается достоверное снижение инфекционности вируса гриппа человека и вируса гриппа птиц под действием экстрактов *A. glycyphyllos*.

Ключевые слова: *Fabaceae*, *Astragalus glycyphyllos*, биологически активные вещества, антирадикальная и противовирусная активность, вирус гриппа А.

Для цитирования: Лобанова И.Е., Кукушкина Т.А., Шалдаева Т.М., Филиппова Е.И., Проценко М.А., Макаревич Е.В., Мазуркова Н.А., Храмова Е.П. 2024. Фитохимическая характеристика и противовирусная активность экстрактов *Astragalus glycyphyllos* (Fabaceae). *Растительный мир Азиатской России*. 17(2):120–130. DOI: 10.15372/RMAR20240203

ВВЕДЕНИЕ

Растения рода *Astragalus* содержат биологически активные вещества с разнообразной фармакотерапевтической активностью. Но степень изученности видов этого обширного рода в различных аспектах очень неоднородна: находятся виды неполно или фрагментарно изученные и по химическому составу, и по биологической и фармакотерапевтической активности. Астрагал сладколистный

(*Astragalus glycyphyllos* L.) – один из таких видов. В народной медицине используется все растение, как целиком, так и по частям, в качестве гипотензивного, противовоспалительного, мочегонного, отхаркивающего, антимикробного, противоопухолевого, слабительного, лактогенного средства и т. д. Но данный вид астрагала не является официальным. Однако еще в 60-х годах XX в. исследователи установили, что *A. glycyphyllos* обладает фар-

макологически однонаправленным действием с астрагалом шерстистоцветковым *A. dasyanthus* Pall. – одним из фармакопейных видов (Россия) травянистых астрагалов, достаточно хорошо изученным, но имеющим ограниченный ареал и истощенные запасы природного сырья (Соломатина, 1962; ФС, 1972; Государственный реестр..., 2010; Позднякова, Бубенчикова, 2018). Известно, что растительное сырье *A. glycyphyllos* содержит биологически активные соединения, относящиеся к различным химическим классам: фенольные соединения и терпеноиды различных групп, алкалоиды, высшие жирные кислоты, аминокислоты, полисахариды некоторых групп, микроэлементы и др. (Соломатина, 1962; Дерюгина, 1967; Ибрагимова, Кожобекова, 1975; Nikolov et al., 1984; Elenga et al., 1986; Растительные ресурсы России, 1996; Белоус и др., 2005; Абдушаева, 2008; Linnek et al., 2009; Bratkov et al., 2016; Butkute et al., 2018; Shkondrov et al., 2020a,b, 2023). Это обеспечивает широкий спектр биологической активности и проявление разнообразных полезных свойств. Для этого вида астрагала характерны антиоксидантная, антибактериальная, антитрихомонадная, дрожжестатическая, *in vitro* – противоопухолевая и противовирусная активность (в отношении *Simplexvirus humanalpha*), а также проявление контрацептивных, диуретических и других свойств (Ибрагимова, Кожобекова, 1975; Белоус, Самсонова, 2003; Белоус и др., 2005; Шурыгин и др., 2006; Gođevac et al., 2008; Butkute et al., 2017; Shkondrov et al., 2019; Mihaylova et al., 2021). Кроме того, *A. glycyphyllos* обладает активностью в отношении респираторных заболеваний, в том числе и против гриппа (Попов, 2008; Лобанова и др., 2016). В последние годы установлена нейропротективная активность сапонинов, выделенных из сырья астрагала сладколистного (Shkondrov et al., 2020a; Березуцкий и др., 2023). В целом, в современных представлениях, растения *A. glycyphyllos* рассматриваются в качестве перспективного источника витаминно-минерального комплекса и комплекса биологически активных соединений с антиоксидантной активностью. Кроме этого, его рекомендуют в качестве нового многообещающего источника пищевых ингредиентов для обогащения основных продуктов питания (Белоус, Самсонова, 2003; Белоус и др., 2005; Лобанова, 2006; Butkute et al., 2019). Территориально в России *A. glycyphyllos* исследуют в различных аспектах не только в Европейской части, на юге, на Кавказе, но и в Западной Сибири – в Центральном сибирском ботаническом саду (ЦСБС СО РАН, г. Новосибирск). В настоящий момент, ранее начатые нами исследования *A. glycyphyllos*, произрастающего в лесостепной зоне За-

падной Сибири, продолжают (Крогулевич, 2003; Лобанова, 2010a,b, 2011; Лобанова, Чанкина, 2012; Лобанова, Якимова, 2012; Лобанова и др., 2016).

Целью настоящей работы является сравнительное изучение содержания биологически активных веществ и противовирусной активности в отношении вируса гриппа А в экстрактах из надземной и подземной частей *A. glycyphyllos*, собранных в течение вегетационного периода.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для настоящего исследования послужили растения *A. glycyphyllos* – бореального травянистого мезофита семейства Fabaceae. Данный вид астрагала встречается в Западной Европе, на Кавказе, в северной части Малой Азии, европейской части России, Сибири, в Восточном Казахстане, в лесах и среди кустарников, на луговых склонах, в горах и на равнинах (Вагапова, 1959; Выдрина, 1994).

Образцы растительного сырья надземной и подземной частей *A. glycyphyllos* из дикорастущей популяции в окрестностях г. Новосибирска (смешанный лес) были собраны в течение вегетационного периода 2021 г. по фазам развития: в начале вегетации (отрастания), во время цветения, в начале и конце плодоношения. Ваучерный образец *A. glycyphyllos* хранится в гербарии NSK (NSK0020486) ЦСБС СО РАН (Новосибирск). Высушенный на воздухе, в тени, растительный материал хранили в бумажных пакетах.

Фитохимическая характеристика растительных образцов *A. glycyphyllos*

Для фитохимического анализа отбирали средние образцы и получали из них водно-этанольные экстракты. Соотношение сырье:экстрагент = 1:10 (экстрагент – 70%-й этанол). Экстракцию проводили трижды, по 30 мин, на кипящей водяной бане. Растительные экстракты анализировали спектрофотометрическим методом на спектрофотометрах марок СФ-56 (Россия) и Agilent 8453 (США).

Общее содержание фенольных соединений (по галловой кислоте) определяли (λ 765 нм) с помощью реактива Фолина–Чокальтеу (Tohidi et al., 2016).

Количество флавонолов (производные флавона, наиболее окисленная группа флавоноидов) в пробе рассчитывали по калибровочному графику, построенному по СО рутина (Россия), (λ 415 нм) (Беликов, Шрайбер, 1970).

Катехины – производные флавана, наиболее восстановленная группа флавоноидов. Количество катехинов (λ 502 нм) в пробе рассчитывали по калибровочной кривой, построенной по (\pm)-катехину “Sigma” (США) (Кукушкина и др., 2003).

Определение танинов – гидролизуемых дубильных веществ, проводили при λ 420 нм с использованием раствора аммония молибденовокислого (Федосеева, 2005). В качестве стандартного образца использовали СО танина (Sigma-Aldrich, CAS 1401-55-4).

Содержание фенолокислот определяли с использованием реактива Арнова (молибдат натрия) (λ 490 нм) (Polish Pharmacopoeia, 2002).

Сапонины определяли по реакции нитрита натрия в дистиллированной воде с серной кислотой после гидролиза. Общее содержание сапонинов (λ 310 нм) рассчитывали по калибровочной кривой, построенной с использованием олеаноловой кислоты в качестве стандарта (Писарев и др., 2009).

Содержание каротиноидов определяли при λ 440.5 нм; хлорофилла *a* – при λ 662; хлорофилла *b* – при λ 644 нм (Кривенцов, 1982). Расчет концентрации пигментов (мг/%, или мг/100 г) проводили согласно А.И. Ермакова с соавторами (1987).

Содержание пектиновых веществ (пектинов и протопектинов) определяли бескарбазольным методом, основанном на получении специфического желто-оранжевого окрашивания уроновых кислот с тимолом в сернокислой среде (λ 480 нм), используя спектрофотометр Agilent 8453 (США) (Кривенцов, 1989). Количественное содержание пектинов и протопектинов в пробе рассчитывали по калибровочной кривой, построенной по галактуроно-вой кислоте.

Оценку антирадикальной активности проводили спектрофотометрическим методом (Kumarasamy et al., 2007; Gawron-Gzella et al., 2016) с модификациями. Метод основан на взаимодействии антиоксидантов со стабильным хромоген-радикалом DPPH (дифенил-2-пикрилгидразил ($C_{18}H_{12}N_5O_6$)). Результаты, обработанные с использованием программ GraphPad Prism v.6.01 (GraphPad Software, USA), выражены в IC_{50} (мкг/мл). IC_{50} – концентрация антиоксиданта, которая вызывает 50%-ю потерю DPPH в анализе на антирадикальную активность. В качестве положительного контроля использовали растворы тролокса и аскорбиновой кислоты (концентрация 2.5–50 мкг/мл). Значения IC_{50} для тролокса и аскорбиновой кислоты составили 7.47 ± 0.01 и 8.69 ± 0.16 мкг/мл соответственно.

Все биохимические показатели в исследовании рассчитаны на массу абсолютно сухого сырья. Определение содержания БАВ проводилось в трехкратной повторности, антирадикальной активности – в двухкратной. Статистическую обработку данных проводили, используя метод описательной статистики в программе Excel.

Далее растительный материал передавали для анализа на противогриппозную активность.

Получение этанольных и водных экстрактов

Данный анализ предполагает получение сухих экстрактов (Костина и др., 2013).

Этанольные экстракты: 2 г сырья помещали в коническую колбу с обратным холодильником, вместимостью 100 мл, добавляли 25 мл 70%-го этилового спирта. Экстрагировали на водяной бане при температуре 60 °С в течение 1 часа. Далее извлечение отделяли от сырья фильтрованием через стеклянный фильтр (размер пор 10–16 мкм). Процедуру экстракции 70%-м этиловым спиртом повторяли трижды. Все извлечения объединяли, упаривали на ротационном испарителе и досушивали в сушильном шкафу при температуре 60 °С.

Водные экстракты: 2 г сырья помещали в круглодонную колбу с обратным холодильником вместимостью 100 мл, прибавляли 60 мл воды очищенной, смесь нагревали при температуре 95 °С в течение 1 часа, отделяли экстракт от сырья фильтрованием через стеклянный фильтр (размер пор 10–16 мкм). Процедуру экстракции повторяли с 40 мл воды. Охлажденные экстракты упаривали и сушили при температуре 60 °С.

Определение токсичности и противовирусной активности

При тестировании токсичности и определении противовирусных свойств экстрактов *A. glycyphyllos* использовали перевиваемую культуру клеток MDCK (клетки почки кокер-спаниеля), полученную из коллекции культур клеток ФБУН ГНЦ ВБ “Вектор” Роспотребнадзора.

Для определения токсичности исследуемый образец разводили в несколько раз средой и вносили в монослой клеток MDCK. Спустя 2 суток инкубирования (при 37 °С, 5 % CO_2 и 100%-й влажности) оценивали наличие токсического действия с помощью инвертированного микроскопа и рассчитывали максимально переносимые концентрации (МПК) экстракта для данной клеточной культуры (Мазуркова и др., 2014).

В экспериментах по изучению противовирусной активности использовали вирус гриппа птиц A/chicken/Kurgan/05/2005 (H5N1) и адаптированный к лабораторным мышам штамм вируса гриппа человека A/Aichi/2/68 (H3N2), полученные из Государственной коллекции возбудителей вирусных инфекций и риккетсиозов ФБУН ГНЦ ВБ “Вектор” Роспотребнадзора (пос. Кольцово, Новосибирская обл.). Нарботку и титрование вируса гриппа проводили на перевиваемой культуре клеток MDCK. Противовирусная активность исследуемого образ-

ца оценивалась по изменению инфекционности (титра) вируса гриппа в монослое клеток MDCK при использовании МПК. В качестве контроля использовали интактные клетки, культивируемые в питательной среде DMEM, и клетки, инфицированные вирусом гриппа A/Aichi/2/68 и A/chicken/Kurgan/05/2005 без внесения растительного экстракта. Титры вируса гриппа в культуральной жидкости рассчитывали и сравнивали по методу Спирмена–Кербера, выражали в десятичных логарифмах 50%-х тканевых цитопатических доз в мл ($\lg \text{ТЦД}_{50}/\text{мл}$) и представляли в виде $M \pm Sm$ с вычислением стандартного отклонения (Sm). Различия считали достоверными при $p \leq 0.05$ (Закс, 1976). На основании титров вируса гриппа рассчитывали индекс нейтрализации: $ИН = \text{титр вируса в контроле} - \text{титр вируса в опыте}$ (\lg) (Хабриев, 2005).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В надземной и подземной частях *A. glycyphyllos*, собранных в разные периоды вегетации, обнаружены биологически активные соединения исследуемых групп, за исключением танинов, которые отсутствуют в растительном сырье подземной части в конце вегетации, в фазах начала и окончания плодоношения. Накопление БАВ в надземной и подземной частях *A. glycyphyllos* неравномерное в течение всего вегетационного периода и имеет следующие особенности. В надземной части *A. glycyphyllos* накапливаются максимальные количества большинства биологически активных веществ исследуемых групп в разные фазы развития, но в основном – в конце вегетации, в фазе окончания плодоношения (табл. 1). При этом отмечено, что у фенолокислот обнаружены два максимума накопления – в начале и конце вегетации (1.63 мг/мл). Максимумы общего содержания фенольных соединений (1.35 мг/мл) и пектинов (2.58 мг/мл) обнаружены в фазу цветения, а максимальное содержание хлорофилла *b* (142.7 мг/100 г) – в фазе начала плодоношения. В подземной части *A. glycyphyllos* в максимальных количествах содержатся только протопектины, с двумя максимальными пиками накопления – в фазах начала вегетации (5.01 мг/г) и плодоношения (5.03 мг/г). В течение всего вегетационного периода для обеих частей *A. glycyphyllos* характерно достаточно высокое содержание протопектинов: в надземной части 3.58–4.43 мг/г, что составляет 71–88 % от их максимальных значений, а в подземной части на уровне 3.61–5.03 мг/г – 72–100 %. Отметим также высокое, близкое к максимальным значениям, содержание суммарных количеств фенольных соединений в надземной части в течение всего вегетационного

периода – 92–96 % от их максимума. Тогда как на содержание данных соединений в подземной части *A. glycyphyllos* приходится до 30–37 % от их максимальных значений. Кроме того, в подземной части накапливается до 44–58 % катехинов и до 33–44 % сапонинов от их максимальных количеств, содержащихся в сырье надземной части.

Таким образом, по содержанию исследуемых групп БАВ надземная часть превосходит подземную в течение всего периода вегетации. Кроме того, максимальные количества большинства БАВ накапливаются, как правило, в надземной части *A. glycyphyllos* в конце вегетации – в фазе окончания плодоношения (табл. 1).

В дополнение к фитохимической характеристике нами впервые была предпринята попытка определения антирадикальной активности и ее возможного изменения в течение периода вегетации в сырье надземной и подземной частей *A. glycyphyllos*. Антирадикальную активность определяли косвенным DPPH-методом. Результаты оценивали по способности экстрактов *A. glycyphyllos* инактивировать DPPH-радикалы (табл. 2). Максимальное проявление антирадикальной активности выявлено для растительных образцов из подземной части *A. glycyphyllos* в фазу окончания плодоношения (1.10 мг/мл), что совпадает с накоплением максимальных количеств большинства БАВ фенольного типа и терпеноидов изучаемых групп, но в его надземной части. То есть максимальная антирадикальная активность экстрактов, полученных из растительного сырья подземной части оказалась выше, чем антирадикальная активность экстрактов из ее надземной части (см. табл. 2). Однако в целом можно говорить о более эффективном проявлении антирадикальной активности в экстрактах из сырья надземной и подземной частей *A. glycyphyllos* в фазах начала и окончания плодоношения, соответственно. Фитохимическая характеристика *A. glycyphyllos* в данном исследовании показала, что растительное сырье этого вида может служить источником разнообразных природных соединений, принадлежащих к различным химическим классам (см. табл. 1), для некоторых из них характерно и известно проявление антирадикальных свойств. В научной литературе имеются доказательные сведения об антирадикальной активности растений *A. glycyphyllos* разного происхождения (Россия, Сербия). Исследования проводили разными методами, по результатам этих работ сделан вывод, что данный вид астрагала может рассматриваться в качестве источника антиоксидантов (Шурыгин и др., 2006; Gođevac et al., 2008). Если рассматривать сырье *A. glycyphyllos* (Россия, Западная Сибирь) из

Таблица 1

Фитохимическая характеристика растительного сырья *Astragalus glycyphyllos*
в течение вегетационного периода

Phytochemical characterization of plant raw materials of *Astragalus glycyphyllos* during the growing season

Надземная часть				Биологически активные вещества	Подземная часть			
Начало вегетации	Цветение	Начало плодоношения	Окончание плодоношения		Начало вегетации	Цветение	Начало плодоношения	Окончание плодоношения
Фенольные соединения								
1.20 ± 0.04	0.88 ± 0.01	1.15 ± 0.02	1.94 ± 0.05	Флавонолы, мг-экв рутина/г	0.06 ± 0.00	0.03 ± 0.00	0.08 ± 0.00	0.01 ± 0.00
93.53 ± 1.80	103.11 ± 2.0	97.50 ± 0.30	131.30 ± 2.20	Катехины, мг-экв ± катехина/г	76.31 ± 2.80	72.90 ± 2.80	64.03 ± 2.90	58.71 ± 2.80
4.18 ± 0.06	3.53 ± 0.04	3.81 ± 0.03	5.36 ± 0.05	Танины, мг-экв танина/г	0.13 ± 0.00	0.63 ± 0.01	0	0
1.63 ± 0.02	1.14 ± 0.02	1.11 ± 0.01	1.63 ± 0.02	Фенолокислоты, мг-экв кофейной кислоты /г	0.32 ± 0.01	0.16 ± 0.00	0.29 ± 0.00	0.22 ± 0.00
1.24 ± 0.01	1.35 ± 0.01	1.28 ± 0.01	1.29 ± 0.01	Общее содержание фенольных соединений, мг-экв. ГК/г	0.50 ± 0.01	0.46 ± 0.01	0.46 ± 0.01	0.41 ± 0.01
Терпеноиды								
4.98 ± 0.02	5.49 ± 0.09	6.83 ± 0.01	10.29 ± 0.03	Сапонины, мг-экв олеаноловой к-ты/г	3.53 ± 0.03	4.51 ± 0.01	4.38 ± 0.12	3.37 ± 0.02
11.00 ± 0.30	34.83 ± 0.70	32.74 ± 0.50	43.73 ± 0.90	Каротиноиды, мг/100 г	2.50 ± 0.10	1.11 ± 0.00	0.44 ± 0.00	1.30 ± 0.00
169.73 ± 2.90	190.72 ± 3.10	219.12 ± 3.20	244.50 ± 4.00	Хлорофилл а, мг/100 г	–	–	–	–
70.92 ± 0.50	137.52 ± 2.10	142.71 ± 2.00	138.80 ± 2.30	Хлорофилл б, мг/100 г	–	–	–	–
Полисахариды								
0.75 ± 0.03	2.58 ± 0.07	1.29 ± 0.01	0.52 ± 0.02	Пектины, мг/г	0.68 ± 0.01	0.79 ± 0.03	0.49 ± 0.01	0.61 ± 0.02
3.58 ± 0.06	4.43 ± 0.09	4.15 ± 0.03	3.99 ± 0.01	Протопектины, мг/г	5.01 ± 0.13	3.93 ± 0.13	5.03 ± 0.07	3.61 ± 0.04

лесостепной зоны Западной Сибири с точки зрения содержания БАВ фенольного комплекса и терпеноидов с уже известными и доказанными антирадикальными свойствами, то наши результаты подтверждают антирадикальную активность экстрактов исследуемого вида астрагала в течение всего периода вегетации.

Таблица 2

Антирадикальная активность образцов *A. glycyphyllos* (IC50, мг/мл)
Antiradical activity of *A. glycyphyllos* samples (IC50, mg/mL)

Фазы развития <i>A. glycyphyllos</i>	IC50, мг/мл	
	Надземная часть	Подземная часть
Начало вегетации	1.64 ± 0.00	1.56 ± 0.01
Цветение	1.92 ± 0.01	2.03 ± 0.01
Начало плодоношения	1.34 ± 0.02	1.36 ± 0.03
Окончание плодоношения	1.55 ± 0.01	1.10 ± 0.01

Проявление противовирусных свойств, как и антирадикальной активности, также связано с содержанием в растении комплексов природных соединений, обладающих разнообразной биологической активностью, в том числе и противовирусной, в отношении вируса гриппа человека и птиц. В продолжение исследований по противогриппозной активности экстрактов *A. glycyphyllos* (Лобанова и др., 2016) и на основе полученных новых данных фитохимической характеристики, с учетом результатов по антирадикальной активности, нами проведено сравнительное исследование динамики противогриппозных свойств экстрактов, полученных из сырья надземной и подземной частей *A. glycyphyllos* в течение вегетационного периода.

При определении токсичности вначале находили МПК, равную концентрации экстракта, не оказывающей на клетки MDCK (перевиваемая культура эпителиальных клеток почки кокер-спа-

ниеля (Madin-Darby Canine Kidney cells) токсического действия. МПК растительных образцов из надземной и подземной частей *A. glycyphyllos* в культуре клеток MDCK варьировала в пределах концентраций от 0.08 до 1.25 мг/мл в течение вегетационного периода (табл. 3). Самыми нетоксичными оказались водные экстракты из надземной части *A. glycyphyllos* в течение всего периода вегетации. Минимальная токсичность зафиксирована в период фазы окончания плодоношения, что совпадает с максимальным накоплением в надземной части *A. glycyphyllos* в этот же период практически всех исследуемых групп фенольных соединений и терпеноидов. В целом, уровень токсичности для *A. glycyphyllos* зависит не только от фазы его развития и части, использованной в исследовании, но и от типа извлечения БАВ (см. табл. 3).

В табл. 4 представлены результаты исследования проявления противовирусной активности в отношении вируса гриппа человека – A/Aichi/2/68 (H3N2) и птиц – A/chicken/Kurgan/05/2005 (H5N1) в экстрактах, полученных из растительного материала надземной и подземной частей *A. glycyphyllos*. Критерием противовирусной активности служит индекс нейтрализации (ИН), который является

Таблица 3

Токсичность образцов экстрактов надземной и подземной частей *A. glycyphyllos* в зависимости от вегетационного периода

Toxicity of extract samples of aboveground and underground parts of *A. glycyphyllos* depending on the vegetation period

Фаза развития	МПК экстрактов, мг/мл			
	Надземная часть		Подземная часть	
	водные	этанольные	водные	этанольные
Начало вегетации	0.625	0.08	0.08	0.15
Цветение	0.625	0.15	0.15	0.15
Начало плодоношения	0.625	0.15	0.313	0.313
Конец плодоношения	1.25	0.15	0.08	0.313

Примечание: МПК – максимально переносимые концентрации экстрактов для культуры клеток MDCK.

Note. MПК is the maximum tolerated concentration of extracts for MDCK cell culture.

Таблица 4

Противовирусная активность растительных образцов надземной и подземной частей *A. glycyphyllos* в течение вегетационного периода

Antiviral activity of plant samples of aboveground and underground parts of *A. glycyphyllos* during the vegetation period

Вирус гриппа человека A/Aichi/2/68 (H3N2)				Фазы развития <i>A. glycyphyllos</i>	Вирус гриппа птиц A/chicken/Kurgan/05/2005 (H5N1)			
Водные экстракты		Этанольные экстракты			Водные экстракты		Этанольные экстракты	
Титр, lg ТЦД ₅₀ /мл (M±Sm)	ИН, lg	Титр, lg ТЦД ₅₀ /мл (M±Sm)	ИН, lg		Титр, lg ТЦД ₅₀ /мл (M±Sm)	ИН, lg	Титр, lg ТЦД ₅₀ /мл (M±Sm)	ИН, lg
Надземная часть								
4.80 ± 0.00	0.50	4.43 ± 0.55	0.87	Начало вегетации	5.80 ± 0.00	0.50	5.30 ± 0.57	1.00
5.30 ± 0.57	0	3.80 ± 0.00*	1.50	Цветение	6.30 ± 0.57	0	6.30 ± 0.57	0
5.80 ± 0.00	0	4.80 ± 0.00	0.50	Начало плодоношения	6.30 ± 0.57	0	6.30 ± 0.57	0
5.80 ± 0.00	0	4.80 ± 0.00	0.50	Окончание плодоношения	5.30 ± 0.57	1.00	5.80 ± 0.00	0.50
Подземная часть								
5.80 ± 0.00	0	4.80 ± 0.00	0.50	Начало вегетации	5.80 ± 0.00	0.50	5.80 ± 0.00	0.50
5.80 ± 0.00	0	4.80 ± 0.00	0.50	Цветение	6.30 ± 0.57	0	6.80 ± 0.00	0
5.80 ± 0.00	0	5.30 ± 0.57	0	Начало плодоношения	5.30 ± 0.57	1.00	5.80 ± 0.00	0.50
5.30 ± 0.57	0	5.80 ± 0.00	0	Окончание плодоношения	6.30 ± 0.57	0	6.80 ± 0.00	0
KB	5.30 ± 0.44				6.30 ± 0.44			

Примечание. М – среднее значение, S_m – стандартное отклонение, вычисленные по методу Спирмена – Кербера; KB – титр вируса в контроле; lg; ИН – индекс нейтрализации = (KB, lg – титр вируса в опыте, lg); * – отличие от соответствующего контроля при p ≤ 0,05, вычисленные по методу Спирмена – Кербера.

Note: M – mean value, S_m – standard deviation, calculated by the Spearman-Kerber method; KB – virus titer in control, lg; IN – neutralization index = (KB, lg – virus titer in experiment, lg); * – difference from the corresponding control at p ≤ 0.05, calculated by the Spearman – Kerber method.

важнейшим показателем оценки потенциально возможного ингибирования вируса гриппа (Хабриев, 2005).

Анализировали и соотносили возможные изменения противогриппозной активности в отношении вируса гриппа человека и птиц экстрактов, полученных из растительных образцов надземной части и корней *A. glycyphyllos*, собранных в течение периода вегетации, динамику изменения содержания БАВ исследуемых групп и изменения антирадикальной активности. Перспективными для дальнейшего изучения *in vivo* считаются образцы, показавшие снижение титра вируса, по сравнению с контролем, на 2 lg и более (Хабриев, 2005). Водные и этанольные экстракты, полученные из *A. glycyphyllos*, в МПК не проявили значимой противовирусной активности в отношении обоих субтипов вируса гриппа: ИН экстрактов составили от 0 до 1.5 lg в зависимости от субтипа вируса гриппа, фазы развития астрагала, части растения в анализе и типа экстракта (см. табл. 4). Экстракты, полученные из надземной части, оказались избирательно более активными в отношении обоих субтипов вируса гриппа в течение всего вегетационного периода. Несмотря на то, что для экстрактов *A. glycyphyllos* ИН составляют менее 2.0 lg, отмечается, по сравнению с контролем, достоверное снижение инфекционности вируса гриппа человека (ИН 1.5) и вируса гриппа птиц (ИН 1.0) под действием экстрактов растения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые проведено сравнительное изучение динамики накопления БАВ, изменения антирадикальной активности и противовирусных свойств в отношении вируса гриппа человека – A/Aichi/2/68 (H3N2) (и птиц – A/chicken/Kurgan/05/2005 (H5N1)) в экстрактах, полученных из надземной и подземной частей *A. glycyphyllos* в течение вегетационного периода. БАВ исследуемых групп обнаружены в обеих частях *A. glycyphyllos*, за исключением танинов, которые отсутствуют в подземной части в конце вегетации. В надземной и подземной частях *A. glycyphyllos* накопление общего содержания фенольных соединений, флавонолов, катехинов, танинов, сапонинов, пигментов, пектиновых веществ неравномерно в течение всего вегетационного периода. Как правило, БАВ *A. glycyphyllos* в максимальных количествах содержатся в надземной части к концу вегетации – в фазу окончания плодоношения, но содержание протопектинов на 20–40 % выше в подземных органах – в начале и конце вегетации. Минимальные количества БАВ накапливались в подземной части *A. glycyphyllos* в течение всего периода вегетации.

В экстрактах из надземной и подземной частей *A. glycyphyllos* антирадикальная активность обнаружена в течение всего периода вегетации, но более эффективны экстракты из сырья надземной и подземной части *A. glycyphyllos* в конце вегетации.

Индексы нейтрализации экстрактов, полученных из сырья обеих частей *A. glycyphyllos* в максимально переносимых концентрациях в течение всего периода вегетации составляли от 0 до 1.5 lg, в зависимости от субтипа вируса гриппа А, фазы развития, части *A. glycyphyllos* в исследовании и типа экстракта. Несмотря на незначительное проявление противогриппозных свойств под влиянием экстрактов *A. glycyphyllos* отмечается достоверное, по сравнению с контролем, снижение инфекционности вируса гриппа человека и вируса гриппа птиц под их действием.

Полученные нами результаты могут быть полезны в комплексной оценке растительного сырья *A. glycyphyllos* в качестве лекарственного – многоцелевого использования.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ЦСБС СО РАН № АААА-А21-121011290025-2 и ФБУН ГНЦ ВБ “Вектор” 30/21.

При подготовке публикации использовались материалы биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН УНУ № USU 440534.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Абдушаева Я.М. 2008. Биоморфологическая характеристика дикорастущих видов астрагала в условиях Новгородской области. *Успехи современного естествознания*. 1:13-16. [Abdushayeva Y.M. 2008. Biomorphological characterization of wild species of Astragalus in conditions of the Novgorod region. *Uspekhi Sovremennogo Estestvosnaniya = Advances in Modern Natural Science*. 1:13-16. (In Russian)].
- Белоус В.Н., Самсонова О.Е. 2003. Астрагалы Ставрополя как перспективные источники биологически активных соединений. *Успехи современного естествознания*. 6:111-112. [Belous V.N., Samsonova O.E. 2003. Astragalus of Stavropol as promising sources of biologically active compounds. *Uspekhi Sovremennogo Estestvosnaniya = Advances in Modern Natural Science*. 6:111-112. (In Russian)].
- Белоус В.Н., Самсонова О.Е., Авдеева О.А. 2005. Эколого-химическая характеристика астрагала сладколистного. *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 1:28-29. [Belous V.N., Samsonova O.E., Avdeeva O.A. 2005. Ecological and chemical characterization of Astragalus sweet-leaved. *Doklady Rosselkhozakademii = Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 1:28-29. (In Russian)].

- Беликов В.В., Шрайбер М.С. 1970.** Методы анализа флавоноидных соединений. *Фармация*. 1:66-72. [Belikov V.V., Schreiber M.S. 1970. Methods of analyzing flavonoid compounds. *Pharmacia = Pharmacy*. 1:66-72. (In Russian)].
- Березуцкий М.А., Дурнова Н.А., Матвиенко У.А. 2023.** Нейробиологические эффекты химических соединений видов рода *Astragalus* L. и перспективы их применения в медицине (обзор). *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 12(1):199-206. DOI: 10.33380/2305-2066-2023-12-1-199-206 [Berezutsky M.A., Durnova N.A., Matvienko U.A. 2023. Neurobiological effects of chemical compounds of species of the genus *Astragalus* L. and prospects for their use in medicine (review). *Razrabotka i Registraciya Lekarnstvennykh Sredstv = Drug Development and Registration*. 12(1):199-206. (In Russian)].
- Вагапова В.Н. 1959.** Перспективы использования некоторых видов рода *Astragalus*. Труды Алма-Атинского ботанического сада АН Казахской ССР. Алма-Ата. 111-121. [Vagapova V.N. 1959. Prospects for the use of some species of the genus *Astragalus*. Proceedings of the Alma-Ata Botanical Garden of the Academy of Sciences of the Kazakhstan SSR. Alma-Ata. 111-121].
- Выдрин С.Н. 1994.** Род *Astragalus* L. Секция *Glycyphylla* (Steven) Bunge. В: Флора Сибири: Fabaceae (Leguminosae). Т. 9. Под редакцией Л.И. Малышева и др. Новосибирск. 47-48. [Vydrina S.N. 1994. The genus *Astragalus* L. Section *Glycyphylla* (Steven) Bunge. In: L.I. Malyshev et al. (Eds.). *Flora of Siberia: Fabaceae (Leguminosae)*. Vol. 9. Novosibirsk. 47-48. (In Russian)].
- Государственный Реестр лекарственных средств. 2010.** М. Электронная версия: <http://grls.rosminzdrav.ru>. [State Register of Medicines. 2010. Moscow. URL: <http://grls.rosminzdrav.ru> (In Russian)].
- Дерюгина Л.И. 1967.** Фитохимическое исследование некоторых видов астрагалов: Автореферат дис. ... канд. фарм. наук. Харьков, 1967. 23 с. [Deryugina L.I. 1967. Phytochemical study of some species of *Astragalus*: Abstract of Diss. Cand. Sci. Khar'kov. 1967. 23 p.].
- Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. и др. 1987.** Методы биохимического исследования растений. Л. 430:349. [Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P. et al. 1987. Methods of biochemical study of plants. Leningrad. 430:349. (In Russian)].
- Закс Л. 1976.** Статистическое оценивание М.: Статистика. [Zaks L. 1976. Statistical estimation Moscow: Statistics. (In Russian)].
- Ибрагимова Н.Х., Кожобекова С.С. 1975.** Исследования некоторых видов астрагалов, произрастающих в Казахстане. В: Некоторые проблемы фармацевтической науки и практики. Материалы I съезда фармацевтов Казахстана. Алма-Ата. 224-227. [Ibragimova N.H., Kozhabekova S.S. 1975. Studies of some species of *Astragalus* growing in Kazakhstan. In: Some problems of pharmaceutical science and practice. Materials of the 1st Congress of Pharmacists of Kazakhstan. Alma-Ata. 224-227].
- Костина Н.Е., Ибрагимова Ж.Б., Проценко М.А., Макаревич Е.В., Скарнович М.А., Филиппова Е.И., Горбунова И.А., Власенко В.А., Трошкова Г.П., Мазуркова Н.А., Шишкина Л.Н. 2013.** Выделение, характеристика и противовирусные свойства биологически активных веществ из высших грибов Западной Сибири. *Современные проблемы науки и образования. Сетевое издание*. 3. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9394> (дата обращения: 14.11.2023). [Kostina N.E., Ibragimova J.B., Protsenko M.A., Makarevich E.V., Skarnovich M.A., Filippova E.I., Gorbunova I.A., Vlasenko V.A., Troshkova G.P., Mazurkova N.A., Shishkina L.N. 2013. Extraction, characterization and antiviral properties, of biologically active substances from higher fungi of Western Siberia. *Sovremennyye Problemy Nauki i Obrazovaniya = Modern Problems of Science and Education*. 3. (In Russian)].
- Кривенцов В.И. 1982.** Методические рекомендации по анализу плодов на биохимический состав. Ялта. 21 с. [Kriventsov V.I. 1982. Methodical recommendations for analyzing fruits for biochemical composition. Yalta. 21 p. (In Russian)].
- Кривенцов В.И. 1989.** Бескарбазольный метод количественного спектрофотометрического определения пектиновых веществ. *Сборник научных трудов Никитского ботанического сада*. 109:128-137. [Kriventsov V.I. 1989. Carbazole-free method of quantitative spectrophotometric determination of pectin substances. *Sbornik Nauchnykh Trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo Botanicheskogo Sada = Collection of Scientific Works of the Nikitsky Botanical Garden*. 109:128-137. (In Russian)].
- Крогулевич Р.Е. 2003.** Сезонная динамика содержания белка в надземной части *Astragalus glycyphyllos* L. в Новосибирских окрестностях. *Растительные ресурсы*. 39(4):99-103. [Krogulevich R.E. 2003. Seasonal dynamics of protein content in the aboveground part of *Astragalus glycyphyllos* L. in Novosibirsk vicinity. *Rastitel'nye Resursy = Plant Resources*. 39(4):99-103. (In Russian)].
- Кукушкина Т.А., Зыков А.А., Обухова Л.А. 2003.** Манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris* L.) как источник лекарственных средств. В: VII Международный съезд "Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения". Фитофарм 3-5 июля 2003. Санкт-Петербург-Пушкин. 64-69. [Kukushkina T.A., Zykov A.A., Obukhova L.A. 2003. Common cuff (*Alchemilla vulgaris* L.) as a source of medicines. VII International Congress "Actual problems of cre-

- ation of new medicinal preparations of of natural origin". *Phytopharm* 2003. July 3–5. St. Petersburg–Pushkin. 64–69. (In Russian)].
- Лобанова И.Е. 2006.** Галактотаннины семян бобовых (Fabaceae Lindl.) флоры Сибири в связи с их функциями: Автореферат дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск. 24 с. [Lobanova I.E. 2006. Galactotannins of seeds of legumes (Fabaceae Lindl.) of Siberian flora in connection with their functions: Abstract of Diss. Cand. Biological Sci. Novosibirsk. 24 p. (In Russian)].
- Лобанова И.Е. 2010а.** Содержание флавоноидов и сапонинов в надземной части *Astragalus glycyphyllos* L. *Вестник НГУ. Серия: Биология и клиническая медицина*. 8(1):70–73. [Lobanova I.E. 2010. The content of flavonoids and saponins in the aboveground part of *Astragalus glycyphyllos* L. *Vestnik NGU. Seriya: Biologiya i Klinicheskaya Medicina = Vestnik NGU. Series: Biology and Clinical Medicine*. 8(1):70–73. (In Russian)].
- Лобанова И.Е. 2010б.** Динамика содержания аскорбиновой кислоты в растениях астрагала сладколистного и чины весенней. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 4:19–23. [Lobanova I.E. 2010. Dynamics of ascorbic acid content in plants of *Astragalus glycyphyllos* L. and *Lathyrus vernus* L. *Sibirskiy Vestnik Sel'skokhozyaystvennoy Nauki = Siberian Bulletin of Agricultural Science*. 4:19–23. (In Russian)].
- Лобанова И.Е. 2011.** Фитохимическая характеристика *Astragalus glycyphyllos* (Fabaceae). *Растительный мир Азиатской России*. 1:87–90. [Lobanova I.E. 2011. Phytochemical characterization of *Astragalus glycyphyllos* (Fabaceae). *Rastitel'nyy Mir Aziatskoj Rossii = Flora and Vegetation of Asian Russia*. 1:87–90. (In Russian)].
- Лобанова И.Е., Якимова Ю.Л. 2012.** Антимикробная активность масляных и этанольных экстрактов *Astragalus glycyphyllos*. *Вестник НГУ. Серия: Биология и клиническая медицина*. 10(2):79–84. [Lobanova I.E., Yakimova Y.L. 2012. Antimicrobial activity of oil and ethanol extracts of *Astragalus glycyphyllos*. *Vestnik NGU. Seriya: Biologiya i Klinicheskaya Medicina = Vestnik NGU. Series: Biology and Clinical Medicine*. 10:2:79–84. (In Russian)].
- Лобанова И.Е., Чанкина О.В. 2012.** Элементный состав *Astragalus glycyphyllos*. *Химия растительного сырья*. 2:93–99. [Lobanova I.E., Chankina O.V. 2012. Elemental composition of *Astragalus glycyphyllos*. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya = Chemistry of Plant Raw Materials*. 2:93–99. (In Russian)].
- Лобанова И.Е., Филиппова Е.И., Высочина Г.И., Мазуркова Н.А. 2016.** Противовирусные свойства дикорастущих и культивируемых растений Юго-Западной Сибири. *Растительный мир Азиатской России*. 2(22):64–72. [Lobanova I.E., Filipova E.I., Vysochina G.I., Mazurkova N.A. 2016. Antiviral properties of wild and cultivated plants of Southwestern Siberia. *Rastitel'nyy Mir Aziatskoj Rossii = Flora and Vegetation of Asian Russia*. 2(22):64–72. (In Russian)].
- Мазуркова Н.А., Филиппова Е.И., Макаревич Е.В., Лобанова И.Е., Высочина Г.И. 2014.** Высшие растения как основа для разработки притивогриппозных препаратов. *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 4:55–56. [Mazurkova N.A., Filippova E.I., Makarevich E.V., Lobanova I.E., Vysochina G.I. 2014. Higher plants as a basis for the development of anti-influenza drugs. *Voprosy Biologicheskoy, Meditsinskoy i Farmatsevticheskoy Khimii = Issues of Biological, Medicinal and Pharmaceutical Chemistry*. 4:55–56. (In Russian)].
- Писарев Д.И., Мартынова Н.А., Нетребенко Н.Н., Новиков О.О., Сорокопудов В.Н. 2009.** Сапонины и их определение в корневищах аралии маньчжурской в условиях Белгородской области. *Химия растительного сырья*. 4:197–198. [Pisarev D.I., Martynova N.A., Netrebenko N.N., Novikov O.O., Sorokopudov V.N. 2009. Saponins and their determination in rhizomes of Manchurian aralia in conditions of Belgorod region. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya = Chemistry of Plant Raw Materials*. 4:197–198. (In Russian)].
- Позднякова Т.А., Бубенчикова Р.А. 2018.** Разработка методики количественного определения суммы флавоноидов в траве астрагала шерстистогоцветкового (*Astragalus dasyanthus* L.). *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 21(6):10–15. DOI:10.29296/25877313-2018-06-02 [Pozdnyakova T.A., Bubenchikova R.A. 2018. Development of a technique for quantitative determination of the sum of flavonoids in the herb *Astragalus woolly-flowered* (*Astragalus dasyanthus* L.). *Voprosy Biologicheskoy, Meditsinskoy i Farmatsevticheskoy Khimii = Issues of Biological, Medicinal and Pharmaceutical Chemistry*. 21(6):10–15.].
- Попов П.Л. 2008.** Виды растений, применявшиеся при вирусных болезнях человека и животных: закономерности распределения в филогенетической классификационной системе. *Journal Stress Physiology and Biochemistry*. 4:3:17–64. [Popov P.L. 2008. Plant species used in human and animal viral diseases: distribution patterns in phylogenetic classification system. *Journal Stress Physiology and Biochemistry*. 4:3:17–64. (In Russian)].
- Растительные ресурсы России и сопредельных государств в 2-х частях. 1996.** Санкт-Петербург. Часть II. 571 с. [Plant resources of Russia and neighboring countries in 2 parts. 1996. St. Petersburg. Part II. 571 p. (In Russian)].
- Соломатина З.Н. 1962.** Фармакологическая характеристика астрагала сладколистного: Автореферат дис. ... канд. биол. наук. Алма-Ата. 16 с. [Solomatina Z.N. 1962. Pharmacological characterization of *Astragalus sweet-leaved*: Abstract of Diss. Cand. Biol. Sci. Alma-Ata. 16 p.].

- Федосеева Л.М. 2005.** Изучение дубильных веществ подземных и надземных вегетативных органов бадана толстолистного (*Bergenia crassifolia* (L.) Fitsh), произрастающего на Алтае. *Химия растительного сырья*. 2:45-50. [Fedoseeva L.M. 2005. Study of tannins of underground and above-ground vegetative organs of thick-leaved badan (*Bergenia crassifolia* (L.) Fitsh), growing in Altai. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ja* = *Chemistry of plant raw materials*. 2:45-50. (In Russian)].
- Хабриев Р.У. 2005.** Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / под общей редакцией Хабриева Р.У. 2-е изд., перераб. и доп. М. ОАО "Издательство "Медицина". 832 с. [Khabriev R.U. 2005. Manual on experimental (preclinical) study of new pharmacological substances / under the general editorship of Khabriev R.U. 2 ed., revision and supplement. Moscow. JSC "Publishing House "Medicine". 832 pp. (In Russian)].
- Шурыгин А.Я., Уварова Г.В., Игнатова Е.А. 2006.** К изучению антиоксидантных свойств экстракта из надземной части *A. glycyphyllos* (Fabaceae). *Растительные ресурсы*. 42(1):97-99. [Shurygin A.Y., Uvarova G.V., Ignatova E.A. 2006. To the study of antioxidant properties of the extract from the above-ground part of *A. glycyphyllos* (Fabaceae). *Rastitel'nye Resursy* = *Plant Resources* 42:1:97-99. (In Russian)].
- Bratkov V.M., Shkondrov A.M., Zdraveva P.K., Krasteva I.N. 2016.** Flavonoids from the genus *Astragalus*: Phytochemistry and biological activity. *Pharmacognosy Reviews*. 10:11-32. [Bratkov V.M., Shkondrov A.M., Zdraveva P.K., Krasteva I.N. 2016. Flavonoids from the genus *Astragalus*: Phytochemistry and biological activity. *Pharmacognosy Reviews*. 10:11-32].
- Butkute B., Padaruskas A., Ceseviciene J., Pavilonis A., Taujenis L., Lemeziene N. 2017.** Perennial legumes as a source of ingredients for healthy food: proximate, mineral and phytoestrogen composition and antibacterial activity. *Journal of Food Science and Technology* (New Delhi, India). 54(9):2661-2669.
- Butkute B., Padaruskas A., Ceseviciene J., Taujenis L., Norkeviciene E. 2018.** Phytochemical composition of temperate perennial legumes. *Crop and Pasture Science*. 69(10):1020-1030.
- Butkute B., Taujenis L., Norkeviciene E. 2019.** Small-seeded legumes as a novel food source. variation of nutritional, mineral and phytochemical profiles in the chain: raw seeds-sprouted seeds-microgreens. *Molecules*. 24(1):133/1-133/18.
- Elenga P., Nikolov St., Panova D. 1986.** Triterpene glycosides and sterols from *Astragalus glycyphyllos* L. *Pharmazie*. 41(4):300.
- Gawron-Gzella A., Witkowska-Banaszczak E., Bylka W., Dudek-Makuch M., Odwrot A., Skrodzka N. 2016.** Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of *Sanguisorba officinalis* L. extracts. *Pharmaceutical Chemistry Journal*. 50(4):244-249. DOI: 10.1007/s11094-016-1431-0
- Gođevac D., Zdunić G., Šavikin K., Vajs V., Menković N. 2008.** Antioxidant activity of nine Fabaceae species growing in Serbia and Montenegro. *Fitoterapia*. 79:185-187. DOI:10.1016/j.fitote.2007.10.001
- Kumarasamy Y., Byres M., Cox P.J., Jaspars M., Nahar L., Sarker S.D. 2007.** Screening seeds of some Scottish plants for free radical scavenging activity. *Phytotherapy Research*. 21(7):615-621. DOI:10.1002/ptr.2129
- Linnek J., Mitaine-Offer A.-C., Miyamoto T., Duchamp O., Mirjolet J.-F., Lacaille-Dubois M.-A. 2009.** Cycloartane-type glycosides from two species of *Astragalus* (Fabaceae). *Natural Product Communications*. 4(4):477-478.
- Mihaylova R., Shkondrov A., Aluani D., Ionkova I., Tzankova V., Krasteva I. 2021.** *In vitro* antitumour and immunomodulating activity of saponins from *Astragalus glycyphyllos*. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*. 35(1):1948-1955.
- Nikolov S., Elenga P., Panova D. 1984.** Flavonoids of *Astragalus glycyphyllos* L. *Farmatsiya*. 34(6):26-29.
- Polish Pharmacopoeia VI. 2002.** Polish Pharmaceutical Society; Warszawa, The Netherlands: p. 150.
- Shkondrov A., Krasteva I., Ionkova I., Popova P., Zarev Y., Mihaylova R., Konstantinov S. 2019.** Production of saponins from *in vitro* cultures of *Astragalus glycyphyllos* and their antineoplastic activity. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*. 33(1):1413-1418.
- Shkondrov A., Krasteva I., Bucar F., Kunert O., Kondeva-Burdina M., Ionkova I. 2020a.** A new tetracyclic saponin from *Astragalus glycyphyllos* L. and its neuroprotective and hMAO-B inhibiting activity. *Natural Product Research*. 34(4):511-517.
- Shkondrov A., Krasteva I., Kozuharova E., Zdraveva P., Savev S. 2020b.** Bulgarian species of genus *Astragalus* as potential sources of mauritianin. *Pharmacia* (Sofia, Bulgaria). 67(4):229-232.
- Stambolov I., Shkondrov A., Krasteva I. 2023.** *Astragalus glycyphyllos* L.: Phytochemical constituents, pharmacology, and biotechnology. *Pharmacia*. 70(3):635-641. DOI:10.3897/pharmacia.70.e107989
- Tohidi B., Rahimmalek M., Arzani A. 2016.** Essential oil composition, total phenolic, flavonoid content, and antioxidant activity of *Thymus* species collected from different region of Iran. *Food Chemistry*. 153-161. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016/09/203

PHYTOCHEMICAL CHARACTERIZATION AND ANTIVIRAL ACTIVITY OF *ASTRAGALUS GLYCYPHYLLOS* (FABACEAE) EXTRACTS

Irina E. Lobanova¹, Tatiana A. Kukushkina¹, Tatiana M. Shaldaeva¹, Ekaterina I. Filippova², Maria A. Protsenko², Elena V. Makarevich², Natalya A. Mazurkova², Elena P. Khramova¹

¹Central Siberian Botanical Garden, SB RAS, Novosibirsk, Russia;

irina_lobanova_2012@mail.ru, elenakhramova2023@yandex.ru

²State Scientific Center of Virology and Biotechnology "Vector" of Rospotrebnadzor, Koltsovo, Novosibirsk Region, Russia;

filippova_ei@vector.nsc.ru, protsenko_ma@vector.nsc.ru, makarevich_ev@vector.nsc.ru, mazurkova@vector.nsc.ru

Comparative data of phytochemical evaluation of the content of biologically active substances, antiradical activity and antiviral properties in plant raw materials of *Astragalus glycyphyllos* L. from wild populations of the forest-steppe zone of Western Siberia are presented. During the vegetation period the dynamics of the content and the peculiarities of accumulation of the total content of phenolic compounds, flavonoids, tannins, phenolic acids, saponins, carotenoids, chlorophylls *a* and *b*, pectins and protopectins were investigated, changes in antiradical activity and antiviral action against human influenza virus – A/Aichi/2/68 (H3N2) and bird – A/chicken/Kurgan/05/2005 (H5N1) in extracts obtained from plant raw materials of above-ground and underground parts of *A. glycyphyllos*. It was found that the aboveground part of *A. glycyphyllos* is richer in BAS content than its underground part. In the aboveground part of *A. glycyphyllos* maximum amounts of most biologically active substances of the studied groups are accumulated in different phases of development, but mainly in the phase of fruiting termination. In the underground part, only protopectins were found in maximum amounts in the phases of the beginning of vegetation and fruiting. The antiradical activity of extracts from above-ground and underground parts of *A. glycyphyllos* was manifested during the whole vegetation period, but samples from raw materials of above-ground and underground parts at the end of vegetation were more effective.

The study of toxicity and antiviral effect of extracts obtained from raw materials of both parts of *Astragalus glycyphyllos* in maximum tolerated concentrations showed that the IN of the extracts was within the range from 0 to 1.5 lg, depending on the subtype of influenza A virus, the growing season of *A. glycyphyllos*, its part in the study and the type of extract. Compared to the control, there was a significant decrease in the infectivity of human influenza virus and avian influenza virus under the influence of *A. glycyphyllos* extracts.

Key words: Fabaceae *Astragalus glycyphyllos*, biologically active substances, antiradical and antiviral activity, influenza A virus.

For citation: Lobanova I.E., Kukushkina T.A., Shaldaeva T.M., Filippova E.I., Protsenko M.A., Makarevich E.V., Mazurkova N.A., Khramova E.P. 2024. Phytochemical characterization and antiviral activity of *Astragalus glycyphyllos* (Fabaceae) extracts. *Rastitel'nyj Mir Aziatskoj Rossii = Flora and Vegetation of Asian Russia*. 17(2):120-130. DOI: 10.15372/RMAR20240203

Acknowledgments. The work was carried out within the framework of the state task of the Central Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences No. AAAA-A21-121011290025-2 and the state task 30/21 of the State Scientific Center for VB "Vector" Rospotrebnadzor.

In preparing the publication, materials from the bioresource scientific collection of the Central Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences "Collections of living plants in open and closed ground", UNU No. USU 440534, were used.

ORCID ID

I.E. Lobanova 0000-0002-0979-5606

T.A. Kukushkina 0000-0001-8870-6101

T.M. Shaldaeva 0000-0002-6049-9179

E.I. Filippova 0000-0001-9554-4462

M.A. Protsenko 0000-0002-1995-7588

E.V. Makarevich 0000-0002-5146-8979

N.A. Mazurkova 0000-0002-1896-2684

E.P. Khramova 0000-0002-8430-4575

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию / Received by the editors 14.02.2024

Принята к публикации / Accepted for publication 25.03.2024