

**ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ  
ҚОРҒАУ ЖӘНЕ ҚОРШАҒАН  
ОРТАҒА АНТРОПОГЕНДІК  
ФАКТОРЛАРДЫҢ ӘСЕРІ****ВОЗДЕЙСТВИЕ НА  
ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ  
АНТРОПОГЕННЫХ  
ФАКТОРОВ И ОХРАНА  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ****ENVIRONMENTAL IMPACT  
OF ANTHROPOGENIC  
FACTORS AND  
ENVIRONMENTAL  
PROTECTION**

УДК 582.632

О.К. Абдрахманов, К.К. Мамбеткулова

Институт ботаники и фитоинтродукции МОН РК, Казахстан, г. Алматы

**Эколого-биохимические особенности глицирризинсодержащих  
видов солодок**

**Аннотация.** Так, популяции голой солодки, Уральской и Коржинской, отличаются друг от друга согласно морфологическим, генетическим и биохимическим признакам. Качественный состав исследуемых флавоноидов не одинаков. Поэтому эти признаки можно использовать для идентификации таксонов. Биохимическим путем доказано, что солодка Коржинского является гибридом, полученным между Уральской и голой солодкой.

**Ключевые слова:** бобовые, глицирризинсодержащие виды солодки, морфологические, генетические, биохимические признаки, таксоны, гибрид.

Род *Glycyrrhiza* L. относится к семейству бобовых (Leguminosae), распространен по всему Земному шару и насчитывает 13 видов, из которых на территории СНГ произрастают 7 [1]. Согласно последнему систематическому анализу, род *Glycyrrhiza* L. Делится на секции *Euglycyrrhiza* Boiss и *Pseudoglycyrrhiza* L [1]. К первой группе относятся виды солодок, содержащих в корнях глицирризин – *G. glabra*; *G. uralensis* Fisch; *G. korschinskyi* Grig; *G. aspera* Pall; *G. echinata* Bat.; ко второй – *G. macedonica* Max; *G. foetida* Dest; *G. lepidota* Firsh; *G. scumulosa* Franch; *G. acanthocarpa* J.M.Blanck; *G. astragalina* Gill.

Значимость солодок в народном хозяйстве очень велика [2]. В последние годы медиками установлено, что водный экстракт солодкового корня при пероральном введении в дозе 100 мг/кг в динамике ингаляционной затравки ПУР в разных дозах обладает корректирующим и протекторным действием, повышает активность компенсаторно-адаптивных реакций альвеолярного эпителия на 12-40%, бронхиального эпите-

лия на 12-25%, снижает признаки продуктивного воспаления, фибрирование легких в исследуемые сроки на 25-69%, оптимизирует балансовые соотношения продуктов перекисного окисления липидов и оксидантной защиты в ткани легких на беспородных самцах крысы в малых дозах, путем ингаляции промышленной пыли урановой руды [3]. Также было отмечено, что водный экстракт корня солодки оказывает корректирующий эффект на конечные процессы гликолиза, нормализует содержание МК, сохраняет повышенное содержание ПВК и вызывает стимулирующее действие на активность МДГ с увеличением ее показателей в 1,5-2 раза в тканях почек крыс [4].

В связи с этим основной задачей данного исследования было изучение полиморфизма солодки голой, уральской, Коржинского, а в частности представляло интерес выявить различия между исходными видами и гибридами по биохимическим признакам. В качестве биохимического маркера были взяты состав флавоноидов и нуклеотидная последовательность гена *gbcL*.

Целью исследования являлось доказатель-

ство генетической неоднородности различных популяций солодки с помощью биохимических маркеров – состав белков и гетерогенности ДНК.

Материал и методы: Растительный материал для анализов был собран (август-сентябрь) в период созревания плодов, в различных место-произрастаниях – горная, предгорная, степная, пустынная и пойменная части Казахстана (Алматинская обл).

Методы биохимического исследования подробно изложены в монографиях [5, 6].

Результаты исследования: На обширной территории Казахстана наблюдается значительный полиморфизм различных видов солодок. Это прежде всего связано с условиями произрастания, связанное с почвенно-климатическими и процессами антропогенной трансформации растительного покрова, демутиацией, а также с уровнем зараженности и дифференциацией экологических условий.

Многие лекарственно-технические растения Казахстана слабо изучены в плане изменчивости формового разнообразия с исследованием биохимических маркеров.

Данные по качественному составу фенольных соединений могут быть использованы для хемосистематики рода солодка, а они сами для изготовления перспективных медицинских препаратов. В основном наиболее полно изучен состав всего 3 видов из секции настоящих солодок: с.голая, с.уральская, с.Коржинского. Специфичной группой фенольных соединений как для всего семейства бобовых, так и рода солодка являются две обширные подгруппы: 1,3-дифенилпропаноиды (флавоноиды) и 1,2-дифенилпропаноиды (изофлавоноиды), частично секофлавоноиды и другие. Внутри этих двух подгрупп четко прослеживаются определённые тенденции и взаимосвязи.

Так, в подгруппе флавоноидов, выделенных из подземных органов, превалируют халконы-флавононы (агликоны и их гликозиды), а среди выделенных из надземных органов – флавоны и флавонолы (агликоны и их гликозиды) [7, 8, 9, 10].

В подгруппе изофлавоноидов, выделенных из подземных органов, обнаружены все представители этой группы с преобладанием изофлаванов и изофлавонов, а среди выделенных из надземных органов – в основном изофлавоны. Интересен факт обнаружения в подземных органах куместанов и птерокарпанов. Выделе-

ны и идентифицированы соединения двух интересных классов из подгруппы изофлавоноидов: 2-арилбензофураны и 3-арилкумарины.

Важной особенностью видов солодки является обнаружение в них гликофлавоноидов (С-гликозидов), как правило, в надземной части – С-моноголикозидов, в подземных органах – С-дигликозидов апигенина.

Для хемосистематики видов солодки представляют интерес выделенные из надземных органов флавоны и флавонолы с преобладанием 5-гидроксипрооизводных: апигенина, кемпферола и кверцетина и гликозидных форм: моно- и биозидов флавонолов.

В последние годы появилась большая серия работ по выделению из видов солодки так называемых «минорных» фенольных соединений. Минорные соединения – это соединения, выделяемые из растительного материала в очень малом количестве – в сотых или тысячных долях процента от массы сухого сырья. Как правило, это соединения с необычной химической структурой.

Обычные «мажорные» соединения – это соединения, образующиеся по общепринятым биосинтетическим схемам и характеризующиеся довольно высоким (до нескольких процентов) содержанием в растительном материале. Для видов солодки это соединения флавоноидной природы, которые четко разделены по органам растений. Так, в подземных органах это – 5-дезоксидеидрокси) производные халконов-флавононов с переходом к 5-окси (гидрокси) замещённым флавонам, флавонолам в надземной части. Выделены также такие соединения как ретрофлавоноиды. Их типичным представителем является эхинатин. Это первый природный халкон с заместителями у С-2' и С-4' кольца В и отсутствием оксигрупп у С-2 и С-6 кольца А. Наряду с этим было выделено новое дибензоилметановое производное, названное ликодионом. Предполагается, что он может быть синтезирован в растительной клетке прямо из изоликвиригенина путем окисления халкона с образованием промежуточных продуктов – эпоксида или пероксида .

Многие из фенольных соединений солодки используются в медицине. В СССР на основе выявленного противовоспалительного действия флавоноидов солодки созданы такие лекарственные препараты как таблетки ликвиритона, гранулы флакарбина, препарат желчегонного и

гепатозащитного действия – капсулы лавалона. За рубежом фенольные соединения солодки являются частью ценных лекарственных средств, как например, тонизирующее средство с био-зидом ликвиритигенина; средство, обладающее лимфобластоидным эффектом, – с гликозидом эхинатина; антимулагенное средство – с кемпферолом; ингибитор агрегации тромбоцитов – с циклическим флавоноидом; ингибитор альдозоредуктазы – с халконами-флавононами (ликуразид, ликвиритон); ингибиторов меланизации – с глабреном и глабридином; средство для лечения СПИДа – халконами-флавононами (изоликвири-тин-ликвиридин и др.); противовоспалительное средство – с пиноцембрином; средство при заболеваниях печени и почек – с изоликвиридином и другие средства.

Выделенные в последнее время минорные фенольные соединения и ретрофлавоноиды также обладают биологической активностью. Показана ингибирующая моноаминоксидазу активность изоликвиригенина и его синтетических производных, минорных соединений – ликохалкона А и В, глицирризофлавона, ликокумарина, гликорикона, ликофуранона. Выявлена антимикробная и антиоксидантная активность у следующих соединений: ликохалкоидов А и В, глабрена, глабридина, различных производных дибензоилметана, глицикумарина, ликокумарина и пиноцембрина, ликофлавона. Проверена и обнаружена ангиСПИДовая активность у ряда соединений; ликохалкона А, изоликофлавонола, глицикумарина, ликопиранокумарина.

Основными видами солодки на юго-востоке Казахстана являются солодка голая и уральская. Для солодки уральской характерна изогнутая, морщинистая форма плода (01A07), а для голой – прямая и не морщинистая (01A30). Поверхность плода может быть оволоснена или нет. В ряде случаев встречаются популяции солодки с небольшими слегка изогнутыми плодами (01A24). Эта форма, по мнению ряда солодководов, является гибридной между солодкой уральской и голой. По фенотипу она близка к солодке Коржинского. В связи с этим представляло интерес выявить различия между исходными видами и гибридами по биохимическим признакам. В качестве биохимического маркера были взяты состав флавоноидов и нуклеотидная последовательность гена *gbcL*.

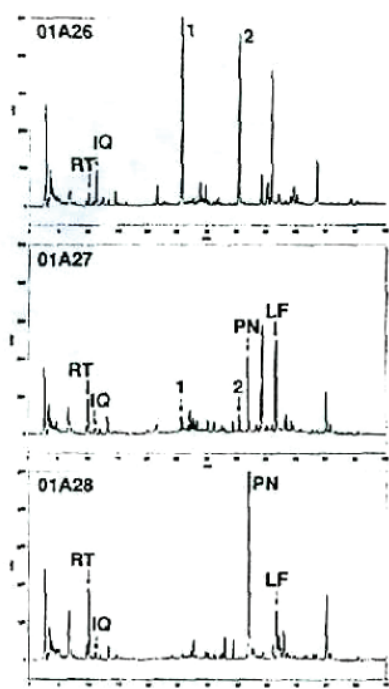
Образцы растений брали близ Алматы. Из 31

взятого нами образца солодок – 5 являются гибридными. Наши ботаники относят их к виду – солодка Коржинского. Форма плода у них прямая. Может быть оволоснена или нет. У солодок голой и уральской также встречаются как оволосненные плоды, так и не оволосненные плоды. У солодки уральской форма листа овальная (01A10), у голой линейно овальная (более вытянутая, 01A12), а у гибридных форм промежуточная между этими двумя формами (01A11 и 01A13).

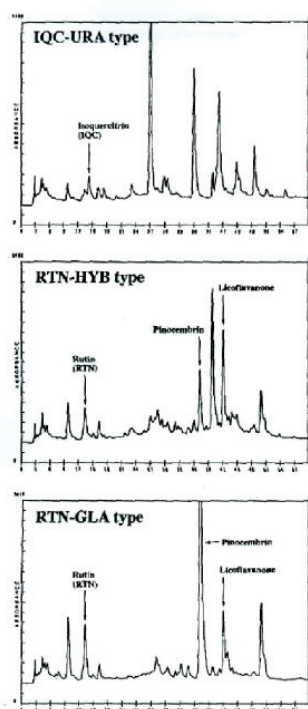
Качественный и количественный анализ флавоноидов показал значительное накопление их в листьях. Однако для каждого вида и гибридов качественный состав специфичен (рис.1, 2). По степени накопления флавоноидов спектры были обозначены как изокверцитиновый (IQC) и рутиновый (RTN). У солодки уральской в основном накапливается изокверцитин, а у солодки голой – рутин. У гибридной формы накапливается также больше рутина, но спектр флавоноидов специфичный, хотя близок к спектру солодки голой.

В той же метанольной вытяжке определяли накопление тритерпенов в корнях. Было обнаружено, что в корнях солодок наблюдается накопление глицирризина, глабридина и глицикумарина. Глабридин накапливается только у с.голой. Глицикумарин у с.уральской. Чем тоньше корень, тем больше в нём гликокумарина. У исследуемых солодок наблюдается накопление глицирризина. Оно колеблется от 1,2 до 6% на сухой вес корня. Интересно, что больше всего глицирризина накапливалось в корнях у с.уральской и гибридной формы. Меньше его было у с.голой. Интересно, что по составу тритерпенов гибридная форма ближе к уральской, чем к с.голой. По составу же флавоноидов ближе к с.голой.

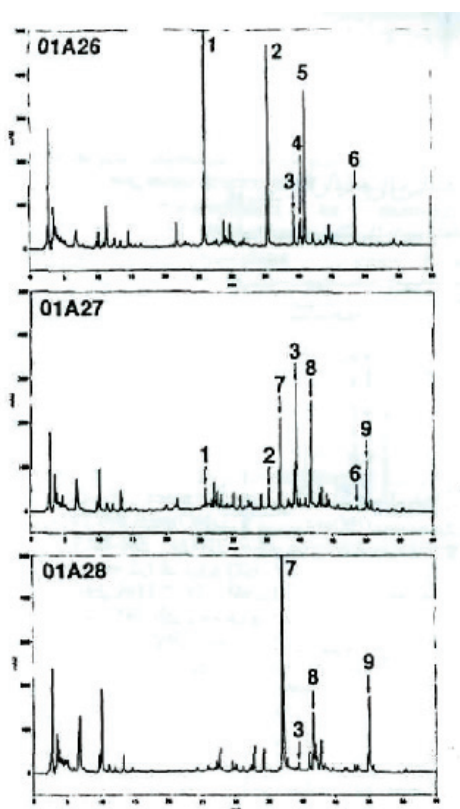
Для более подробного изучения состава флавоноидов нами была проведена идентификация пиков. Для этого листья экстрагировали этанолом в течение ночи, затем встряхивали в смеси вода: этил ацетат и этилацетатную фракцию фракционировали на колонках с силикагелем и хроматографировали на колонках HPLC (рис.3). В результате нами были выявлены новые соединения – один флавонон, который назван ликолифолом(1), пренилированный дигидростибен (6) – уралстибеном и 4 известных компонента. Последние компоненты были идентифицированы как 8-диметилаллилэридиктиол (2), софорафлавонон В (3), ганкаонин (4) и 6-диметилаллилэриктидиол (6-пренилэриктидиол) (5).



**Рис. 1** – Накопление флавоноидов у видов солодки: голой (01A28), уральской (01A26) и промежуточной (01A27)



**Рис. 2** – HPLC-профиль метанольного экстракта из листьев: вверху – уральской, посередине – гибридной, внизу – голой солодки. Поглощение при 292 им, RT – рутин, IQ – изокверцитин, PN – пиноцембрин, LF –ликофлавонон



**Рис. 3** – HPL-профиль метанольного экстракта листьев солодки уральской (01A26), гибрида-промежуточной формы (01A27) и голой (01A28) Поглощение при 292 им, 1-ликолифол, 2.-8-диметилаллилэридиктиол, 3-софорафлавонон, 4-ганкаонин, 5.-6-диметилаллилэридиктиол, 6-уралстибен, 7-пиноцембрин, 8-ликофлавоно, 9-глабринин.

В листьях промежуточного типа были найдены флавононы – пиноцембрин (7), ликофлавоны (8), глабринин (9), который также обнаруживается у солодки голой.

Для анализов брали листья солодки голой и уральской, которые росли вместе. Между ними собирали образцы промежуточного типа солодки. Т.е. нами были найдены смешанные популяции этих видов. Мы предположили, что флавонолы и дигидростибин могут быть хорошими маркерами видов солодки. Содержание и состав фенольных соединений мы определяли с помощью HPLC-хроматографического метода. На HPLC профиле видно, что у солодки уральской 5 главных пиков представлены 3 флавононами и 2 дигидростибенами, у гладкой – 3-мя флавононами, у промежуточной наблюдались характерные для уральской (1,2,5,6 компоненты) и гладкой (7,9 – компоненты). Т.е. спектр был гибридным.

Анализ собранных семян показал, что у промежуточного типа % прорастания выше, чем у солодок голой и уральской. Мы предположили, что у проростков должны сохраняться те же закономерности накопления фенольных соединений, что у родительских видов. Для изучения этого вопроса мы брали семена 27 образцов трех видов солодки и проращивали в теплице. У полученных проростков форма листьев была различной. Для того, чтобы увязать форму листьев с составом и накоплением фенолов мы брали пробы листьев из каждого образца.

Было обнаружено, что HPLC-профиль всех образцов проростков солодки уральской почти идентичен родительскому. Тем не менее содержание флавононов 1 и 2 выше, чем в родительском типе. В то же время содержание компонентов 4 и 6 у проростков значительно варьирует.

HPLC-профиль проростков солодки голой отличается от родительского. Компонент 9 является главным флавоном в спектре у проростков. Содержание его в 8-ми проростках было выше, чем в родительском типе. Это, вероятно, связано с выращиванием проростков в теплице. При выращивании проростков на открытом воздухе такого не наблюдается.

HPLC-спектр 9 проростков (9 образцов) промежуточного типа можно было разделить на 3 варианта: 1 -уральской (01A27-2,-4), 2 – голой (01A27-7,-9) и промежуточного типа (01A27-1,-

3,-5,-6,-8). Специфичные для уральской и голой компоненты встречаются в спектре у промежуточного типа солодки. Форма листьев у проростков солодки 01A26 была овальной, солодки голой – продолговатой, а у промежуточного типа варьировала от овальной до продолговатой. Эти данные подтверждают, что промежуточный тип солодки является гибридом солодок голой и уральской,

Нами также сопоставлялась нуклеотидная последовательность (первичная структура) гена *gbcL* (рибулезобифосфаткарбоксилазы/оксигеназы) солодок голой, уральской и гибридной. Ранее нами было выявлено, что разница между 2 видами по последовательности этого фермента составляет 2 нуклеотида. На основании полученных данных последовательность нуклеотидов в гене большой субъединицы *gbcL* была обозначена у с.уральской G-A типом, у с.голой – A-T типом. У гибридной формы встречаются как G-A, так и A-T типы последовательностей. Т.е. хотя последовательность гена *gbcL* видоспецифична у гибридных форм она неодинакова. Последовательность гена *gbcL* не может быть использована для определения степени родства гибридных форм к тому или иному виду.

Таким образом, у солодок голой и уральской видоспецифичные флавоноиды, тритерпены и нуклеотидная последовательность гена *gbcL*. У гибридной формы набор этих маркеров также специфичен, хотя недостаточен для отнесения к тому или иному виду. По внешней форме плода гибрид ближе к с.голой. По ряду биохимических признаков ближе к с.уральской. Это свидетельствует о возможности отнесения этой формы к гибриду между с.голой и с.уральской.

### Литература

- 1 Круганова Е.А. Обзор видов рода *Glycyrrhiza* L. и *Merisropis* Fisch et Mey // Тр.БИН АН СССР. Сер. биол. 1, 4. – 1955.
- 2 Абдрахманов О.К., Кузьмин Э.В., Дюскалиева Г.У. Солодка и ее практическое использование // Сб.: Растительный мир и его охрана (12-14 сентября). – Алматы, 2007. – С.340-342.
- 3 Джумашева Р.Т. Морфология легких в условиях длительного воздействия промышленной пыли руды (экспериментальное исследование): автореф. дисс. докт.биол.наук. – Алматы, 2010. – 39 с.

- 4 Сарсенова Л.К. Особенности энергетического обмена ткани почек крыс при длительной ингаляции пыли урановой руды и применении экстракта солодки: автореф. канд. дисс. – Алматы, 2010. – 24 с.
- 5 Сарсенбаев К., Хайаши Хироаки, Гишо Хонда, Абдрахманов О. Биохимические особенности популяции глицирризинсодержащих видов солодки Казахстана. – Алматы, 2002. – 177 с.
- 6 Сарсенбаев К., Иманбаева А., Хайаши Хонда, Мамбеткулова К. К хемосистематике рода солодка *Glycyrrhiza* L. – Алматы, 2004. – 139 с.
- 7 Амосов А.С., Литвиненко В.И. Фенольные соединения родов *Glycyrrhiza* L. и *Merisropis* Fisch et Mey // Сообщение 1, 2. Растительные ресурсы. – 1995. – Т.31. – Вып.3. – С. 120-135; с. 136-145.
- 8 Fukai T., Wang Q.H., Nomura T. Six prenylated phenols from *Glycyrrhiza uralensis* // *Phytochem*-1991. Vol.30. – №4. – P.1245-1250.
- 9 Nakonishi T., Inada A., Kambayashi K., Yoneda K. Flavanoid glycosides of the roots of *Glycyrrhiza uralensis* // *Phytochem*. – 1985. – Vol.24. – №2. – P. 339-341.
- 10 Mieting H., Speicher-Brinker A. Neoliquorasidein neus chalkonglycosid aus der *Sussholz* // *Arc.Pharm [Weinheim]* 1989. №322. S.141-143.

О.Қ. Абдрахманов, К.К. Мамбеткулова

#### Құрамында глицирризині бар мия түрлерінің эколого-биохимиялық ерекшеліктері

Жалаң қызыл мия, орал және Коржинский мия популяцияларының бірімен бірі морфологиялық, генетикалық, биохимиялық белгілері жағынан айырмашылықтары бар. Зерттелген түрлерінің флавоноид сапасының құрамы бірдей емес. Сондықтан сол өзгешеліктері, токсондары идентификациялау ретінде пайдаланылуы мүмкін. Биохимиялық зерттеу арқылы Коржинский қызыл миясы орал мен жалаң қызыл миялардың гибриді болғаны дәлелденді.

O.K. Abdrakhmanov, K.K. Mambetkulova

#### Ecologo-biochemical features of liquorice's types containing the glycyrrizin

So, bare liquorice, Ural and Korzhinski ones differ from each other according to morphological, genetic and biochemical signs. Quality content of flavonoids of investigates species are not the same and it may be used for their identification and their toxins. By biochemical way it is proved that Korzhinski liquorice is a hybrid got between Ural and bare liquorices.