

1-бөлім
БОТАНИКА

Раздел 1
БОТАНИКА

Section 1
BOTANY

Курбатова Н.В.,
Каржаубекова Ж.Ж.,
Гемеджиева Н.Г., Букина Е.Л.

РГП «Институт ботаники
и фитоинтродукции» КН МОН РК,
Казахстан, г. Алматы

**Анатомо-морфологические
и фитохимические
исследования
Peganum harmala L.**

Kurbatova N.V.,
Karzhaubekova Zh.Zh.,
Gemejyieva N.G., Bukina E.L.
Institute of Botany and Phytointroduc-
tion KS MES RK, Kazakhstan, Almaty

**Anatomo-morphological
and phytochemical studies
of *Peganum harmala* L.**

Курбатова Н.В.,
Каржаубекова Ж.Ж.,
Гемеджиева Н.Г., Букина Е.Л.

ҚР Білім және ғылым министрлігі
«Ботаника және фитоинтродукция
институты» РМҚК,
Қазақстан, Алматы қ.

***Peganum harmala* L.
анатомиялық-морфологиялық
және фитохимиялық
зерттеулер**

Представлены результаты по анатомо-морфологическим и фитохимическим исследованиям гармалы обыкновенной *Peganum harmala* L. (сем. Peganaceae (Engl.) Tiegh.) из Южного Прибалхашья.

Выявлены особенности анатомо-диагностических признаков листовой пластинки, стебля и корня у средневозрастных генеративных растений, собранных в фазы цветения и плодоношения. Качественный анализ сырья показал наличие 33 веществ различной природы, из которых идентифицировано более 20 соединений: 3 углевода, 1 фенол, 4 фенолоксиолы, 2 флавоноиды, 7 аминокислот и др. Количественный анализ на содержание некоторых групп БАВ выявил высокое содержание дубильных веществ, амино-, свободных органических кислот в подземной и надземной частях, а также высокое содержание алкалоидов в подземной части исследуемого образца. В надземной части отмечено большее содержание полисахаридов, чем в подземной, в следах обнаружены кумарины.

Ключевые слова: *Peganum harmala* L., анатомо-морфологические особенности корня, стебля, листа, фитохимический анализ.

This investigation presents the results of analyses of anatomical, morphological and phytochemical properties of *Peganum harmala* L. from southern Balkhash area. Anatomical, morphological features of the lamina, stem and the root were identified in middle-aged generative plants which have been collected during blooming and fructification phase. It was determined that some cells of the lamina contained raphides and mucous, the vein was surrounded by the major tissue of the leaf, and cells of the stem's skin had thickened walls. In addition, a row of cells of hypodermis contained calcium oxalate, a belt of sclerenchyma cells was identified, the structure of which was flaky.

Qualitative analysis of the raw materials showed 33 different types of compounds, out of which 20 were identified: 3 carbohydrates, 1 phenol, 4 phenolic and 7 amino acids, 2 flavonoids and etc. Quantitative analysis of the main groups of biologically active BAS revealed high amount of tannins, amino and free organic acids in the underground and aboveground parts, as well as the high content of alkaloids in the underground part. The aboveground part was characterized with high content of polysaccharides, in comparison to roots, and trace amount of coumarines.

Key words: *Peganum harmala* L., anatomo-morphological features of root, stem and leaf, phytochemical analysis.

Бұл мақалада Оңтүстік Балхаш аймағында өсетін Peganaceae (Engl.) Tiegh. тұқымдасының кәдімгі адыраспан *Peganum harmala* L. анатомиялық морфологиялық және фитохимиялық зерттеулері бойынша нәтижелері көрсетілген. Тамыр, сабақ және жапырақ тақташыларынан ерекше анатомиялық-диагностикалық белгілер анықталды. Гүлдену және жемістену кезінде вегетативтік мүшелерін көлденең кесу жүргізілді. Түрлерді зерттеу кезінде шикізаттың негізгі массасын беретін белгілі жас – орта жастағы генеративті өсімдіктер алынды. Анатомиялық морфологиялық зерттеулер нәтижесінде *P. harmala* келесі ерекше өзгерістер анықталды, кейбір жапырақ тақшасының жасушасы рафидтер және сөлді құрайды, жапырақтың негізгі ұлпасы жіпшелермен қоршалған өте қалың қабырғалы ұзын сабақ қабығының жасушасы оксалат кальцимен жинақталған бір қатар жасуша гиподермалар белгіленді, түтікше-тамиқты байлам каллоиды, бірінші қабық және орталық цилиндр жасушаларында майда кристалдар кездеседі.

Сапалы фитохимиялық талдау нәтижелері 33 әртүрлі табиғи зат оның ішінде 20-дан астам қосылыс идентификацияланды: 3 көмірсу, бір фенол, 4 фенолқышқылы, 2 флавоноид, 7 аминқышқылы және тағы басқа. Сандық талдау кезінде ББЗ-ның бірқатар тобының құрамынан жоғарғы дубильді зат, өсімдіктің жер асты және жер үсті бөліктерінен амино-, бос органикалық қышқылдар табылды, сондай-ақ зерттеу үлгісінің жер асты бөлігінде жоғарғы құрамында алкалоидтар анықталды. Полисахаридтер жер үсті бөлігін жер асты бөлігімен салыстырғанда бірқатар жоғары артынша кумариндер табылды.

Түйін сөздер: *Peganum harmala* L., тамыр, сабақ және жапырақ тақташыларының анатомиялық-диагностикалық ерекшелері және фитохимиялық зерттеулер.

**АНАТОМО-
МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ
И ФИТОХИМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
PEGANUM HARMALA L.**

Введение

Для профилактики и лечения многих заболеваний в настоящее время широко используются лекарственные растения, а более 70% населения предпочитают использовать фитопрепараты, обладающие широким спектром биологического действия. В связи с этим, всесторонние и углубленные исследования лекарственных растений, применяемых в официальной и народной медицине, сохраняют актуальность по сей день [1].

Для выявления новых методологических подходов в выполнении анализов контроля и качества лекарственных растений актуальным является проведение анатомо-морфологических и фитохимических исследований растительного сырья, которые позволяют выявить как теоретически и экспериментально обоснованные методики, так и усовершенствовать существующие. Так, определение анатомо-морфологических особенностей лекарственного растительного сырья необходимо для систематизации терминологии анатомо-диагностических признаков, для теоретического обоснования и разработки единых требований к микроскопическому описанию сырья лекарственного вида.

Объект нашего исследования – официально признанное лекарственное алкалоидоносное растение *Peganum harmala* L. из семейства *Peganaceae* (Engl.) Tiegh. ex Takht.) из Южного Прибалхашья.

Литературный скрининг изученности исследуемого вида выявил наличие данных по применению гармалы у народов Средней и Восточной Азии при окуливании помещений и при ревматизме и болях в ногах. Регулярное использование масла семян при артрозе коленного сустава снимает симптоматические боли [1]. Кроме того, в народной медицине уйгуров, проживающих на территории Китая, семена гармалы используются при лечении расстройств гемиплегии и амнезии. Так, например китайскими исследователями вышесказанное послужило основанием для более детального исследования химического состава семян гармалы, в результате которого были выделены минорные вещества: производные гармина, индола, хиназолина и методом биотестирования определена их высокая ингибирующая активность на ацетилхолинэстеразы (AChE) и бутирилхолинэстеразы (BChE) [2].

Предпринятые ранее фитохимические исследования казахстанского вида *P. harmala* были посвящены изучению и выделению алкалоидов [3], синтезу производных на основе доступного растительного алкалоида гармина (как например, водорастворимая четвертичная соль), который могут применять при лечении заболеваний ЦНС, а также других производных, проявляющих антимикробную и противоопухолевую активность, результаты которых подтверждены рядом патентов РК [4-6].

На основе гармина, выделенного из семян *P. harmala*, получены новые производные изоксазолового ряда и проведена оценка влияния синтезированных соединений на некоторые клеточные линии рака, показавших выраженную активность показали против АСН, при ($IC_{50}=1,9\pm 1,5$ М) [7]. Из метанольного экстракта растения выделены новые производные хинолинового ряда и изучено их влияние на пролиферативное действие линии клеток желудочного рака [8].

Изучению анатомо-морфологических особенностей гармалы обыкновенной была посвящена работа Л.К. Сафиной [9].

Нами продолжены фитохимические и анатомо-морфологические исследования *Peganum harmala* из Южного Прибалхашья.

Материалы и методы

Во время экспедиционного обследования природных популяций гармалы обыкновенной в Южном Прибалхашье на территории Балхашского района Алматинской области в июне 2015 года были собраны образцы растительного сырья для последующего анатомо-морфологического и фитохимического изучения вида. Было исследовано три популяции. Вид *Peganum harmala L.* был определен доктором биологических наук Гемеджиевой Н.Г.

Микроскопические исследования были проведены на растительном материале, который был зафиксирован в смеси спирта, глицерина и воды в соотношении 1:1:1.

При изготовлении и описании препаратов использовались общепринятые в анатомии растений методы [10-12].

Придерживаясь методических указаний, поперечные срезы вегетативных органов проводили в фазу цветения, так как именно в эту фазу структурные анатомические элементы органов растений имеют наибольшую целостность.

Микроскопические исследования проводили при определении морфологических и анатоми-

ческих особенностей корней, стеблей и листьев. При характеристике корней особое значение имеют следующие признаки: на поперечном срезе, при малом увеличении ($10\times$) необходимо выделить первичную кору, чаще всего занимающую большую часть сечения корня, и относительно узкий центральный цилиндр. Описывается их общее очертание, форма и строение клеток, а также распределение элементов ксилемы и флоэмы.

Срезы корней делали в их базальной части по всей их длине через каждые 2-3 см. Для изучения брали растения определенного возраста, но основное внимание было уделено средневозрастным генеративным растениям, дающим основную массу сырья при исследовании видов.

Анатомические препараты были изготовлены с помощью микротомы с замораживающим устройством ОЛ-ЗСО (Инмедпром, Россия), а также делались вручную – с помощью обыкновенных бритв, с двояковогнутым лезвием. Толщина анатомических срезов составляла 10-15 мкм. Для количественного анализа проведено измерение морфометрических показателей с помощью окуляр-микрометра МОВ-1-15 (при объективе $\times 9$, увеличении $\times 10,7$). Микрофотографии анатомических срезов были сделаны на микроскопе МС300 (Micros, Австрия) с видеокамерой САМV400/1.3М(jProbe, Япония).

Описание внешних признаков выполнено в соответствии с требованиями ГФ XI [13,14].

Для фитохимических исследований заготовленные образцы отделяли по органам. Сушку осуществляли воздушно-теневым способом, разложив нарезанное сырье одним слоем, периодически перемешивая. Полученное сухое сырье измельчали и просеивали. Фитохимические исследования были проведены. Фитохимические исследования были проведены в РГП «Институте ботаники и фитоинтродукции» КН МОН РК.

Количественный анализ алкалоидов, флавоноидов, дубильных веществ, аминокислот, сапонинов, свободных органических кислот, полисахаридов, фенолов, кумаринов и проводили по общепринятым методикам [15, 16].

Содержание флавоноидов определяли спектрофотометрическим методом, оптическую плотность раствора измеряли при длине волны 410 нм. Метод основан на реакции комплексообразования с хлоридом алюминия. Около 1 г сырья помещали в круглодонную колбу (100 мл), прибавляли 30 мл спирта этилового 70%, колбу присоединяли к обратному холодильнику, нагревали на кипящей водяной бане в течение 30 минут, далее охлаждали, фильтровали в мерную

колбу вместимостью 100 мл. Экстракцию повторяли 2 раза, далее доводили объём фильтрата тем же растворителем до метки (раствор А). 5 мл полученного фильтрата помещали в мерную колбу вместимостью 25 мл, прибавляли 2 мл 2% раствора алюминия хлорида в спирте этиловом 95% и доводили объём раствора тем же растворителем до метки; через 20 минут измеряли оптическую плотность раствора на спектрофотометре («Ломо», Россия) при длине волны 410 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. В качестве раствора сравнения использовали раствор, состоящий из 2 мл раствора А, доведённого спиртом этиловым 95% до метки в мерной колбе вместимостью 25 мл.

Количественное содержание алкалоидов определяли титриметрическим способом. Около 10 г измельченного сырья экстрагировали смесью хлороформа и раствора аммиака, встряхивали на вибрационном аппарате в течение 2 часов. Хлороформное извлечение отфильтровывали и отгоняли досуха. К полученному экстракту прибавляли минимальный объём 0,1 М раствора едкого натра, затем добавляли 10 мл 0,1 М раствора хлороводородной кислоты, встряхивали в течение 10 минут и отфильтровывали через тройной бумажный фильтр. Избыток кислоты в фильтрате определили раствором гидроксида натрия 0,01 М в присутствии индикатора метилового красного до появления желтого окрашивания.

Содержание сапонинов определяли спектрофотометрическим методом, оптическую плотность измеряли при длине волны 258 нм в кювете с толщиной слоя 1 см. Извлечение сапонинов проводили ацетоном в присутствии 3% азотной кислоты в течение часа. Экстракцию проводили трижды, извлечения объединяли и отфильтровывали.

Содержание дубильных веществ проводили методом перманганатометрии. Около 3 г измельченного сырья помещали в коническую колбу вместимостью 100 мл, прибавляли 50 мл горячей воды и нагревали на кипящей водяной бане в течение 2 часов. Водное извлечение декантировали, к сырью в колбе прибавляли 50 мл горячей воды и повторно экстрагировали сырьё. Извлечения объединяли и фильтровали. 10 мл полученного раствора переносили в коническую колбу (500 мл), добавляли 100 мл воды очищенной, 10 мл раствора индигосульфокислоты и титровали при постоянном перемешивании 0,02 М раствором перманганата калия до появления золотисто-жёлтого окрашивания.

Количественное определение аминокислот проводили, руководствуясь следующим методом. Около 1 г сырья заливали 20 мл воды очищенной, настаивали при комнатной температуре в течение 24 часов, фильтровали. К 10 мл извлечения добавляли 10 мл нингидринового реактива, нагревали в течение 15 минут на водяной бане, охлаждали, отмечали цвет полученного раствора и измеряли его оптическую плотность на спектрофотометре при длине волны 540 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм. В качестве контрольного раствора использовали воду очищенную с нингидриновым реактивом [16].

Результаты и их обсуждение

Данные анатомо-морфологического анализа представлены описанием анатомических особенностей в строении вегетативных органов исследуемого вида.

Строение листовой пластинки: снаружи лист покрыт толстым слоем кутикулы, под кутикулой в один ряд располагаются клетки эпидермиса. Толщина клеток верхнего эпидермиса $14,21 \pm 2,66$ мкм, толщина клеток нижнего эпидермиса $10,81 \pm 1,67$ мкм, имеет округло-четырёхгранную форму с утолщенными наружными стенками. Мезофилл листа представлен ясно выраженной палисадной паренхимой, толщина которой в среднем составляет $37,03 \pm 1,35$ мкм, опоясывающей со всех сторон рыхло лежащие клетки губчатой паренхимы ($12,40 \pm 2,01$ мкм). Клетки палисадной ткани имеют цилиндрическую форму и располагаются в 2-3 ряда перпендикулярно к поверхности листа. В некоторых клетках губчатой ткани видны кристаллические иголки оксалата кальция – рафиды. Отдельные клетки содержат слизь. Срединная жилка представляет один крупный проводящий пучок и имеет типичное строение; ксилема её обращена к морфологически верхней стороне листа. Для проводящих пучков листа гармалы характерно отсутствие механической обкладки. Жилка окружена основной тканью листа. В листе имеются также от 5 до 8 боковых жилок (рисунок 1).

По совокупности анатомо-морфологических признаков листа гармала обыкновенная относится к ксерофитам. Ксероморфная структура листа гармалы сочетается с некоторыми признаками суккулентности: с выносом солевых отложений в периферийные ткани и содержанием слизи в клетках эпидермиса и мезофилла. Эти анатомические особенности листьев наряду с расположением их в вертикальной плоскости способствуют снижению транспирации.

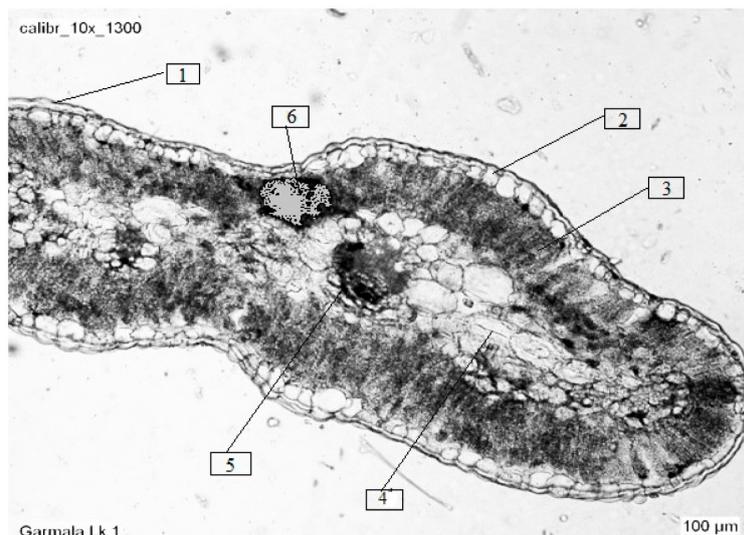


Рисунок 1 – Анатомическое строение листа *Peganum harmala*: 1 – кутикула, 2 – эпидермис, 3 – палисадная паренхима, 4 – губчатая паренхима, 5 – центральный проводящий пучок, 6 – скопление рафид. Увеличение: окуляр – 10х22, объектив – 10х0,25.

На поперечном срезе стебель гармалы обыкновенной имеет следующее строение: снаружи стебель покрыт кожицей с толстой кутикулой, сильное развитие кутикулы связано с засушливыми условиями произрастания гармалы. Клетки кожицы в поверхностном срезе длинные с сильно утолщенными стенками. Устьица крупные, овальной формы с 3-4 сопровождающими клетками. Под кутикулой залегает один ряд более крупных клеток эпидермиса, за которым следует ряд мелкозернистых клеток гиподермы. В клетках кожицы и гиподермы часто встречаются скопления кристаллического песка оксалата кальция. Под гиподермой располагается хлорофиллоносная ткань, состоящая из 2-4 рядов однородных изодиаметрических клеток. В клетках хлорофиллоносной ткани находятся крахмальные зерна. Лежащие под хлорофиллоносной тканью клетки основной паренхимы – более крупные, округлой или овальной формы с тонкими стенками. нижний ряд клеток, прилегающих к склеренхимному поясу, имеет утолщенные одревесневшие стенки. В утолщенных стенках клеток механической ткани наблюдается слоеватость, а также видны поровые каналы. Основную часть центрального цилиндра занимают частично слившиеся сосудисто-волокнистые пучки коллатерального типа. Между вторичной флоэмой и вторичной ксилемой видна прослойка камбия. Вторичная флоэма на продольных срезах представлена крупными ситовидными трубками и тонкостенной лубяной паренхимой.

Вторичная ксилема состоит из сетчатых сосудов, трахеид с окаймленными порами и древесных волокон с простыми порами. Сосуды первичной ксилемы, непосредственно прилегающие к сердцевине, имеют кольчатые и спиральные утолщения стенок. К основным биометрическим показателям стебля относятся: толщина первичной коры $39,91 \pm 0,53$ мкм, диаметр центрального цилиндра $183,17 \pm 10,01$ мкм, площадь ксилемных сосудов $23,78 \pm 6,95$ кв.мкм (рисунок 2).

Следует отметить, что на кожице стебля изредка встречаются железистые волоски. В некоторых эпидермальных клетках откладывается кристаллический песок щавелевокислого кальция. Кожица подстилается гиподермой, её клетки по размерам значительно меньше эпидермальных и сплошь выполнены кристаллическим песком. Многие клетки основной паренхимы заполнены слизью и отличаются более крупными размерами и округлыми контурами.

Анатомо-морфологическое строение корня гармалы обыкновенной: снаружи кора покрыта многослойной пробковой тканью, за которой следует несколько рядов клеток феллодермы. Под феллодермой в основной ткани лежит склеренхимный пояс. На поперечном срезе видно, что полость склеренхимных волокон заполнена воздухом. Стенки сильно утолщены. В клетках первичной коры, окружающих группы склеренхимных волокон, в клетках сердцевинных лучей, пронизывающих луб и древесину, и в клетках феллодермы заметны серые

пятна, представляющие скопления мельчайших кристаллов (кристаллический песок). К склеренхимному поясу примыкает широким слоем вторичная флоэма. Между флоэмой и ксилемой рассматривается камбиальный слой. В центре корня располагается сердцевинная паренхима с включениями, представленная крупными средне- и широкопросветными сосудами ксилемы.

В центральной части центрального цилиндра располагаются крупные клетки сердцевинной паренхимы. Биометрические показатели корня: толщина первичной коры корня в среднем составляет $54,49 \pm 3,16$ мкм, диаметр центрального цилиндра $312,854 \pm 22,9$ мкм, площадь ксилемных сосудов $67,97 \pm 5,45$ мкм² (рисунок 3).

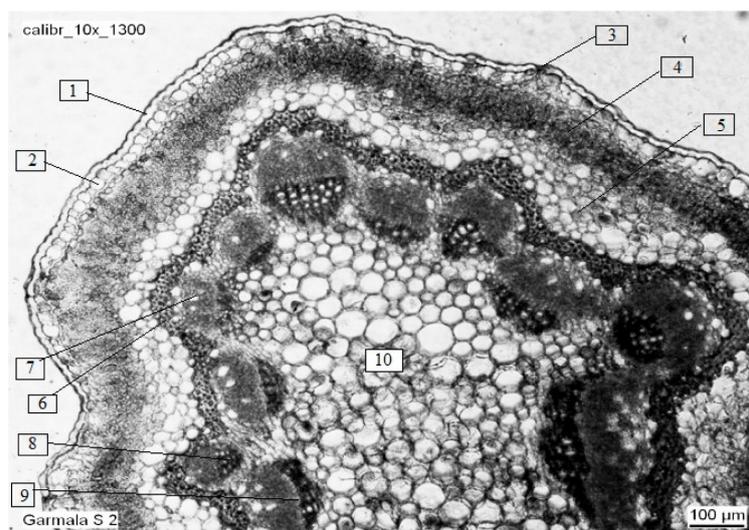


Рисунок 2 – Анатомическое строение стебля *Reganum harmala*: 1 – кожа с кутикулой, 2 – слой эпидермиса и гиподерма, 3 – устьице, 4 – хлорофиллоносная ткань (хлоренхима), 5 – клетки основной паренхимы, 6 – склеренхимная обкладка, 7 – вторичная флоэма, 8 – вторичная ксилема, 9 – камбий, 10 – сердцевина. Увеличение: окуляр – 10х22, объектив – 10х0,25.

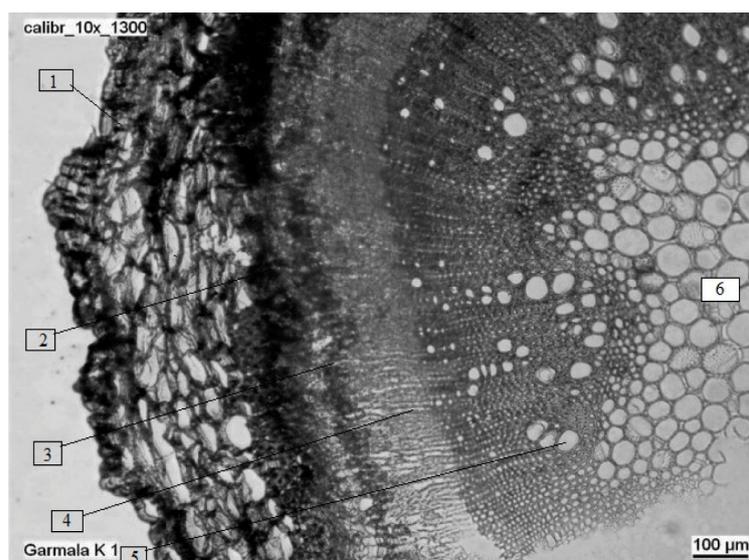


Рисунок 3 – Анатомическое строение корня *Reganum harmala*. 1 – кора с многослойной пробковой тканью, 2 – феллодерма, 3 – склеренхимный пояс, 4 – луб, 5 – сосуды ксилемы, 6 – сердцевина. Увеличение: окуляр – 10х22, объектив – 10х0,25.

Проведённые анатомо-морфологические исследования согласуются с литературными источниками по гармале обыкновенной в плане экологических признаков, которые характеризуют растение как ксерофит. Лист имеет центрическую структуру, указывающую на глубокую адаптацию растения к аридным условиям. Однако отмечено, что гармала не обладает всем арсеналом ксерических приспособлений. Такие признаки, как значительное число устьиц на обеих сторонах пластинки листа, их непогружённость, отсутствие опушения, слабая утолщённость эпидермальных клеточных стенок, сильное развитие палисадной ткани, способствуют обеспечению интенсивной транспирации, связанной с наличием у растения глубокоразвитой корневой системы, достигающей грунтовых вод и в то же время являющейся приспособлением, защищающим его от перегрева. Отмеченные признаки указывают на то, что гармала принадлежит к числу гемик-

серофитов. Анализ элементарного состава древесины стебля и корня гармалы показал довольно высокую степень её специализации. Среди трахеальных элементов стебля имеются сосуды с более совершенным типом поровости, чем у корня. Структурные изменения в корне затрагивают водопроводящие и механические элементы древесины [9].

Для углубленного фитохимического анализа и полноты извлечения основных групп БАВ в исследуемых образцах проведена его количественная оценка, переменным фактором, которого являлись определение оптимального растворителя, время экстракции, температурный режим, а также соотношение сырья к растворителю (таблица 1). Наиболее приемлемым растворителем, обеспечивающим выход максимального количества БАВ из растительного сырья в ряду использованных, явился водно-этиловый спирт при соотношении вода–этиловый спирт 1:1.

Таблица 1 – Влияние растворителей на полноту извлечения экстрактивных веществ из *Peganum harmala*

№	Растворитель	Содержание экстрактивных веществ, %	Экстрагируемая группа природных соединений
1	Хлороформ, бензол, гексан	8-12 11-13	Неполярные соединения (смолы, предельные и непредельные углеводороды), стеролы, жирные кислоты.
2	Вода	18-24	Соли неорганических и органических веществ, алкалоиды, белки, углеводы, аминокислоты, водорастворимые витамины, гидролизуемые дубильные вещества, гликозидированные формы флавоноидов, кумаринов.
3	Этиловый спирт	23-26	Флавоноиды, терпеноиды, кумарины, дубильные вещества и их производные.
4	Водно-этиловый спирт (10-30%)	25-28	Соли неорганических и органических веществ, углеводы, аминокислоты, полисахариды, соли алкалоидов, гликозидированные формы флавоноиды, кумаринов и др.
5	Водно-этиловый спирт (50%)	28-32	Соединения полифенольной природы, и их гликозиды, тритерпеновые сапонины и др.
6	Водно-этиловый спирт (70%)	26-29	Моно-, бигликозидированные производные терпеноидов, флавоноидов, кумаринов и др.

Для определения оптимального объема экстрагента изменяли объем растворителя от 2 до 10-кратного его избытка при постоянстве массы воздушно сухого сырья (5 г), времени и однократной экстракции. Полнота извлечения экстрактивных веществ достигалась при соотношении сырья и растворителя 1:5.

При оценке влияния времени на полноту экстракции определили, что максимальное экстрагирование основных групп БАВ достигается при комнатной температуре и 48 часовом настаивании 50%-водно-этиловым спиртом.

Известно, что время экстракции возможно сократить, влияя на температурный режим

процесса, так нами проведено получение экстрактивных веществ при температурах в пределах от 25°C до 50°C. Установили, что при увеличении температуры до 30-35°C выход экстрактивных веществ составил 33,4 %. Методом двумерной и одномерной хро-матографии на бумаге (БХ) в

различных системах растворителей и проявителей установили наличие основных групп БАВ в надземной части обнаружены 33 вещества (таблица 2): фенолокси кислоты (1, 7, 9, 14, 16); дубильные вещества (3, 6); флавоноиды (11, 13, 15, 17 – 20), алкалоиды (2, 4, 5, 8).

Таблица 2 – Результаты качественного анализа надземной части *Reganium harmala* из Южного Прибалхашья

№ пятна	Rf ₁ (2% уксусная кислота), мл.	Rf ₂ (бутанол: уксусная кислота: вода) 40:12,5:29, мл.	Видимый свет	УФ-свет	Пары NH ₃	Диазотированный п-нитроанилин (ДзПНА)	1% водный раствор железа – аммониевых квасцов (ЖАК)	Реактив Драгендорфа
1	0,920	0,373	–	слаб. фиол.	–	фиол.	корич.	–
2	0,880	0,682	–	роз	–	–	–	кирп.
3	0,684	0,619	–	светящ	–	–	темно-корич	–
4	0,718	0,555	желт.	светящ	–	–	–	оранж.
5	0,708	0,532	–	–	–	–	–	оранж.
6	0,712	0,460	–	светящ	–	–	тёмно-корич	–
7	0,629	0,413	–	светящ	–	розов.	–	–
8	0,690	0,262	–	–	–	–	корич	желт.
9	0,808	0,342	желт	–	–	фиол.	–	–
10	0,693	0,498	–	светящ	–	–	корич	–
11	0,594	0,513	–	–	желт.	корич.	–	–
12	0,580	0,679	св. желт	светящ	–	ярко-желт	–	–
13	0,552	0,769	–	светящ	–	желт	–	–
14	0,489	0,786	–	–	–	оранж	–	–
15	0,412	0,812	–	светл. корич	–	желт	корич	–
16	0,301	0,427	–	светящ	–	сирен	–	–
17	0,078	0,752	–	светящ	–	желт	–	–
18	0,699	0,360	–	светящ	–	–	корич	–
19	0,652	0,420	–	светящ	ярко-желт	желт.	–	–
20	0,715	0,400	–	светящ	ярко-желт	желт.	корич	–
21	0,535	0,350	желт	светящ	–	–	корич	–

Таблица 3 – Результаты качественного анализа надземной части *Peganum harmala* из Южного Прибалхашья

№ пятна	Rf ₁ (2% уксусная кислота), мл.	Rf ₂ (БУВ) 40:12,5:29	Видимый свет	УФ -свет	Пары NH ₃	Диазотированный п-нитроанилин (ДзПНА)	1% водный раствор железо – аммониевых квасцов (ЖАК)	Реактив Драгендорфа
1	0,632	0,563	св. желт	Светящ.	желто-корич.	фиол.	тёмно-корич	–
2	0,630	0,558	св. желт	светящ	–	–	корич.	корич
3	0,614	0,486	–	светящ	желт.	розов.	зелёно-чёрн.	–
4	0,672	0,363	св. желт	светящ	желт.	–	корич.	желт.
5	0,569	0,742	желт	–	желто-корич.	фиол.	–	–
6	0,493	0,803	св. желт	светящ	желт.	–	корич.	корич
7	0,411	0,621	св. желт	светящ	желт.	корич.	–	–
8	0,574	0,724	св. желт	светящ	желт.	ярко-желт.	зелёно-чёрн.	–
9	0,387	0,598	–	светящ	желто-корич.	желт.	–	–
10	0,289	0,469	св. желт	–	желто-корич.	оранж.	зелёно-чёрн.	–
11	0,291	0,465	св. желт	–	–	–	–	корич

В подземной части (таблица 3) обнаружено 11 веществ, из которых соединения 1, 3, 5 отнесены к фенолокислотам; 1, 3, 8, 10 к дубильным веществам; 7, 9 – к флавоноидам и 2, 4, 6, 11 – к алкалоидам.

Результаты количественных определений на содержание некоторых групп БАВ, а также потери массы при высушивании представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты количественного анализа основных групп БАВ в гармале обыкновенной, % а.с.с.

Показатели доброкачественности сырья	Исследуемая часть	
	надземная	подземная
Потеря массы при высушивании	6,3	7,5
Аминокислоты	3,1	4,3
Свободные органические кислоты	1,1	2,2
Фенолы	0,1	1,3
Флавоноиды	1,2	1,6
Кумарины	0,02	0,4
Алкалоиды	0,7	2,8
Сапонины	1,6	1,5
Дубильные вещества	2,4	5,2
Полисахариды	1,2	0,2

Вид *P. harmala* известен как алкалоидоносное растение, которое также характеризуется высоким содержанием дубильных веществ, что согласуется с литературными данными [17]. В надземной части содержание кумаринов значительно ниже (0,02 %) по сравнению с содержанием их в подземной части (0,4 %). Содержание аминокислот варьирует в пределах 3,1 – 4,3%; незначительно отличается содержание флавоноидов и сапонинов.

Таким образом, в результате проведенных анатомо-морфологических и фитохимических исследований вида *P. harmala* из Южного Прибалхашья выявлены анатомо-диагностические признаки листовой пластинки, стебля, корня и установлено для:

- листовой пластинки, где некоторые клетки губчатой паренхимы содержат кристаллические структуры – рафиды, отдельные клетки содержат слизь, для проводящих пучков характерно отсутствие механической обкладки, жилка окружена основной тканью листа, отмечено от 5 до 8 боковых жилок;

- стебля, где клетки кожицы в поверхностном срезе длинные с сильно утолщенными стенками. Под кожицей залегает ряд клеток гиподермы, в клетках которой встречаются скопления оксалата кальция. Имеется – склеренхимный пояс с утолщенными одревесневшими стенками, в структуре которых отмечена слоистость. Сосудисто-волокнистые пучки – коллатеральные.

- корня, в котором полость склеренхимных волокон заполнена воздухом, стенки силь-

но утолщены. В клетках первичной коры, сердцевинных лучей, феллодермы заметны серые пятна, мельчайших кристаллов.

В результате качественного фитохимического анализа выявлены 33 вещества различной природы, из которых идентифицировано более 20 соединений из: углеводов – глюкоза, мальтоза и сахароза; фенолов: флороглюцин; фенолокислот: кофейная, коричная, оксикоричная, о-кумаровая и сиреневая; флавоноидов: кверцетин, мирицетин; аминокислот: гистидин, пролин, триптофан, фенилаланин, тирозин, аспарагин, аргинин.

Количественный анализ на содержание некоторых групп БАВ выявил высокое содержание дубильных веществ, амино-, свободных органических кислот в подземной и надземной частях растения. Обнаружено высокое содержание алкалоидов в подземной части исследуемого образца. Содержание полисахаридов в надземной выше по сравнению с подземной частью, в следах обнаружены кумарины.

Проведенная количественная оценка на полноту извлечения основных групп БАВ позволила выявить оптимальный растворитель, обеспечивающий выход максимального количества БАВ из растительного сырья.

Настоящая работа выполнена в рамках гранта 0939/ГФ4 «Ресурсная характеристика некоторых хозяйственно-ценных растений (солodka, гармала, ревень) Прибалхашья».

Литература

- 1 Abolhassanzadeh Z., Afkari E., Yousefi G., Mohagheghzadeh A. Randomized clinical trial of peganum oil for knee osteoarthritis // J Evid Based Complementary Altern Med. - 2015. – 20(2). – P. 126-131. doi: 10.1177/2156587214566867.
- 2 Yadi Y., Xuemei Cheng, Wei Liu, Guixin Chou, Zhengtao Wang, Changhong Wang. Potent AChE and BChE inhibitors isolated from seeds of *Peganum harmala* Linn by a bioassay-guided fractionation // Journal of Ethnopharmacology. – 2015. – Vol. 168. – P. 279–286.
- 3 Турмухамбетов А.Ж. Алкалоиды растений Казахстана. Строение молекул, свойства и применение. – Дисс.... канд. хим. наук, – СПб., 2009, – 341 с.
- 4 Сариев А.К., Адекенов С. М., Турмухамбетов А.Ж., Анаев А.А., Арыстан Л.И., Нурмаганбетов Ж.С. Применение 7-Метокси-1-метил-9Н-пиридо [3,4-б]индол-2Н-гидрохлорида в качестве антидепрессивного, противогипоксического и антипаркинсонического средства // Инновационный патент РК №29584 от 16.03.2015.
- 5 Мукушева Г. К., Адекенов С. М., Турмухамбетов А. Ж., Нурмаганбетов Ж.С., Исагулова Н.М. Гидрохлорид 7-метокси-1-метил-9Н-пиридо [3,4-б]индола, обладающий высокой цитотоксичностью и эффективным влиянием на апоптоз опухлевых клеток // Инновационный патент РК № 23473 от 15.12.2010.
- 6 Жарылгасина Г.Т., Нурмаганбетов Ж.С., Турмухамбетов А.Ж., Сейдахметова Р.Б., Адекенов С.М. 1-Метил-7-метокси-2-(2-оксо-2-фенилэтил)-9Н-пиридо [3,4-б]индол-2-иний бромид, обладающий выраженной антимикробной активностью // Патент № 29197 от 17.11.2014.
- 7 Filali I., Romdhane A., Znati M., Jannet H.B., Bouajila J. Synthesis of New Harmine Isoxazoles and Evaluation of their Potential Anti-Alzheimer, Anti-Inflammatory, and Anticancer Activities <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26362768>.
- 8 Wang C.H., Zeng H., Wang Y.H., Li C., Cheng J., Ye Z.J., He X.J. Antitumor quinazoline alkaloids from the seeds of *Peganum harmala* // J. Asian Nat. Prod. Res. – 2015. – 17(5). – P. 595-600. doi:10.1080/10286020.2015.1042373.

- 9 Сафина Л.К. Гармала обыкновенная. – Алма-Ата: Наука, 1977. – С. 23-50.
- 10 Пермяков А.И. Микротехника. – М.: МГУ, 1988. – С. 11-29.
- 11 Прозина М.Н. Ботаническая микротехника. – М.: МГУ, 1960. – 260 с.
- 12 Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г. Справочник по ботанической микротехнике. – М.: МГУ, 2004. – 313 с.
- 13 Государственная фармакопея СССР, XI изд., вып.1., – М.: Наука, 1987. – 334 с.
- 14 Государственная фармакопея СССР, XI изд., вып.2., – М.: Наука, 1990. – 250 с.
- 15 Мамонов Л.К., Музычкина Р.А. Введение в фитохимические исследования и выявление биологической активности веществ растений. – Алматы: Школа XXI века, 2008. – 216 с.
- 16 Музычкина Р.А., Корулькин Д.Ю. Методология исследования растительных метаболитов. – Алматы: MV-Print, 2012. – 324 с.
- 17 Кучинская Н.С. К изучению содержания дубильных веществ, органических кислот и микроэлементов в дикорастущих растениях Алма-атинской области // Труды института физиологии, Москва. – 1964. – С.59-64.

References

- 1 Abolhassanzadeh Z., Aflaki E., Yousefi G., Mohagheghzadeh A. Randomized clinical trial of peganum oil for knee osteoarthritis // J Evid Based Complementary Altern Med. – 2015. – 20(2). – R. 126-131. doi: 10.1177/2156587214566867.
- 2 Yadi Y., Xuemei Cheng, Wei Liu, Guixin Chou, Zhengtao Wang, Changhong Wang. Potent AChE and BChE inhibitors isolated from seeds of *Peganumharmala* Linn by a bioassay-guided fractionation // Journal of Ethnopharmacology. – 2015. – Vol. 168. – R. 279–286.
- 3 Turmuhambetov A. Zh. Alkaloidyrasteniy Kazahstana. Stroeniemolekul, svoystvaiprimenenie. – Diss. ... kand. him. nauk, – SPb., 2009, – 341s.
- 4 Sariev A.K., Adekenov S. M., Turmuhambetov A. Zh., Anaev A. A., Aryistan L.I., Nurmaganbetov Zh.S. Primenenie 7-Metoksi-1-metil-9N-pirido [3,4-b]indol-2N-gidrohlorida v kachestveantidepressivnogo, protivogipoksicheskogoiantiparkinsonicheskogosredstva // Innovatsionnyiy patent RK № 29584 ot 16.03.2015.
- 5 Mukusheva G. K., Adekenov S. M., Turmuhambetov A. Zh., Nurmaganbetov Zh. S., Ismagulova N. M. Gidrohlorid 7-metoksi-1-metil-9N-pirido[3,4-b]indola, obladayuschiyvisokoytsitotoksichnostyuieffektivnyimvliyaniemnaapaptozopuholevyihkletok // Innovatsionnyiy patent RK № 23473 ot 15.12.2010.
- 6 Zharylgasina G. T., Nurmaganbetov Zh. S., Turmuhambetov A. Zh., Seydahmetova R. B., Adekenov S. M. 1-Metil-7-metoksi-2-(2-okso-2-feniletil)-9N-pirido[3,4-b]indol-2-iniy bromid, obladayuschiy vyrazhennoy antimikrobnoy aktivnostyu // Patent № 29197 ot 17.11.2014.
- 7 Filali I., Romdhane A., Znati M., Jannet H.B., Bouajila J. Synthesis of New HarmineIsoxazoles and Evaluation of their Potential Anti-Alzheimer, Anti-Inflammatory, and Anticancer Activities <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26362768>.
- 8 Wang C.H., Zeng H., Wang Y.H., Li C., Cheng J., Ye Z.J., He X.J. Antitumor quinazoline alkaloids from the seeds of *Peganumharmala* // J. Asian Nat. Prod. Res. – 2015. – 17(5). – P. 595-600. doi:10.1080/10286020.2015.1042373.
- 9 Safina L.K. Garmalaobyiknovennaya. – Алма-Ата: Наука, 1977. – С. 23-50.
- 10 Permyakov A.I. Mikrotehnika. – М.: МГУ, 1988. – С. 11-29.
- 11 Prozina M.N. Botanicheskayamikrotehnika. – М.: МГУ, 1960. – 260 с.
- 12 Baryikina R.P., Veselova T.D., Devyatov A.G. Spravochnikpobotanicheskoymikrotehnike. – М.: МГУ, 2004. – 313 с.
- 13 Gosudarstvennayafarmakopeya SSSR, XI izd., vyip.1., – М.: Nauka, 1987. – 334 с.
- 14 Gosudarstvennayafarmakopeya SSSR, XI izd., vyip.2., – М.: Nauka, 1990. – 250 с.
- 15 Mamonov L.K., Muzyichkina R.A. Vvedenie v fitohimicheskieissledovaniyaivvyavleniebiologicheskoyaktivnostiveschestvrasteniy.-Almatyi: Shkola XXI veka, 2008.- 216 s.
- 16 Muzyichkina R.A., KorulkinD.Yu. Metodologiyaissledovaniyarastitelnymetabolitov.-Almatyi: MV-Print, 2012.- 324 s.
- 17 Kuchinskaya N.S. K izucheniyusoderzhaniyadubilnyihveschestv, organicheskikhkislottimikroelementov v dikorastuschihras-teniyah Alma-atinskoyoblasti // Trudyiinstitutafiziologii, Moskva. – 1964. – С.59-64.