

ՀՀ ԳԱԱ ԲՈՒՄԱԲԱՆՈՒԹՅԱՆ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ՅԱՍԱՄԻՆ ՆԱՍԵՀ

Euphorbia ցեղի (Euphorbiaceae) կենսակարգաբանական և
ֆիտոաշխարհագրական առանձնահատկությունները
Հյուսիս-արևելյան Իրանում

Գ.00.05 - “Բուսաբանություն” մասնագիտությամբ կենսաբանական գիտությունների
թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության
ՄԵՂՄԱԳԻՐ

Երևան – 2016

ИНСТИТУТ БОТАНИКИ НАН РА

ЯСАМИН НАСЭ

Биосистематические и фитогеографические
особенности рода *Euphorbia* (Euphorbiaceae)
в Северо-восточном Иране

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук
по специальности 03.00.05 – “Ботаника”

ЕРЕВАН – 2016

Ատենախոսության թեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ Բուսաբանության ինստիտուտում

Գիտական ղեկավար՝

Կենսաբանական գիտությունների դոկտոր՝

Է.Ա. Նազարովա

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

Կենսաբանական գիտությունների դոկտոր՝

Մ. Է. Հովհաննիսյան

Կենսաբանական գիտությունների թեկնածու՝

Ա. Թ. Ասատրյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ Երևանի պետական համալսարան
Պաշտպանությունը կայանալու է 2016 թ. փետրվարի 16-ին ժամը 12⁰⁰-ին
Բուսաբանության ինստիտուտում գործող ՀՀ ԲՈՀ-ի “Բուսաբանություն”
035 մասնագիտական խորհրդի նիստում:

Հասցե՝ 0040, Երևան, Աճառյան 1, ՀՀ ԳԱԱ Բուսաբանության ինստիտուտ,

E-mail: botanyinst@sci.am

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ Բուսաբանության ինստիտուտի
գրադարանում և www.botany.sci.am կայքում:

Սեղմագիրն առաքված է 2016 թ. հունվարի 15-ին:

035 մասնագիտական խորհրդի գիտքարտուղար,

Կենսաբանական գիտությունների թեկնածու

Ա.Գ. Ղուկասյան

Тема диссертации утверждена в Институте ботаники НАН РА

Научный руководитель:

доктор биологических наук

Э. А. Назарова

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук

М. Э. Оганесян

кандидат биологических наук

А.Т. Асатрян

Ведущая организация: Ереванский государственный университет

Защита диссертации состоится 16-го февраля 2016 г. в 12⁰⁰ часов на заседании

Специализированного совета 035 по ботанике ВАК РА, действующего при

Институте ботаники НАН РА

Адрес: 0040, Ереван, ул. Ачарян 1, Институт ботаники НАН РА

E-mail: botanyinst@sci.am

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института ботаники НАН РА

и на сайте www.botany.sci.am

Автореферат диссертации разослан 15-го января 2016 г.

Ученый секретарь специализированного совета 035,

кандидат биологических наук

А. Г. Гукасян

Актуальность работы

Северо-восточная часть Исламской Республики Иран – Хорасанская область – является очень интересным в ботаническом и ботанико-географическом отношении объектом. Обладая большим флористическим разнообразием и высокой представленностью различных экосистем и местообитаний, этот регион до последнего времени остается недостаточно изученным в ботаническом отношении. Перед исследователями стоит задача по уточнению видового состава флоры региона и характеристике его растительного покрова. Настоящая работа посвящена изучению рода *Euphorbia* L. на северо-востоке Ирана, что должно стать одной из важных частей дальнейшего комплексного ботанического исследования региона. Род *Euphorbia* - один из самых крупных (около 2000 видов) родов в семействе *Euphorbiaceae* с очень богатым набором жизненных форм, который от вида к виду может меняться от мелких однолетников до шаровидных суккулентов, крупных кустарников и деревьев, произрастающих в различных местообитаниях – от пустынь до лесов. Флора Ирана в целом изучена довольно хорошо, но неравномерно – отдельные труднодоступные регионы страны изучены значительно слабее, чем другие. Одним из таких недостаточно изученных регионов является северо-восток страны. Детальное изучение флоры страны, ее таксономического состава на современном уровне – чрезвычайно важная и актуальная задача, решение которой может помочь при решении многочисленных задач, связанных с проблемами сохранения и использования биоразнообразия. Именно этим положением определяется актуальность исследования, в котором детально, на современном уровне, с использованием различных методов биосистематики был изучен род *Euphorbia*.

Цель и задачи исследования

Основной целью работы является таксономическое изучение видов рода *Euphorbia* Северо-восточного Ирана. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. изучить морфологические признаки видов рода *Euphorbia* исследуемого региона, уточнить их географическое распространение и экологическую приуроченность, составить карты ареалов;
2. изучить микроморфологию семян для уточнения систематической значимости их признаков и использовать устойчивые признаки в целях систематики;
3. исследовать виды методами молекулярно-генетической систематики;
4. составить определительные ключи для всех внутривидовых таксонов рода *Euphorbia* изучаемого региона.

Научная новизна работы.

Впервые проведено детальное исследование рода *Euphorbia* в Северо-восточном Иране, установлено, что здесь произрастает 30 видов этого рода, при этом в ходе исследований обнаружено 3 новых вида для флоры Ирана, 7 новых видов для флоры данного региона, а также один новый для науки вид подрода *Esula*. Впервые на обширном фактическом материале проведены анатомические, кариологические исследования молочаев Северо-восточного Ирана, а также на этом материале проведен ДНК-анализ исследованных видов. Впервые для науки определены хромосомные числа для 4 видов молочаев (*E. turczaninowii* Kar. & Kir. ($2n=2x=20$), *E. monostyla* Prokh. ($2n=20$), *E. densa* Schrenk. ($2n=20$), *E. aucheri* Boiss. ($2n=20$) и дается описание кариотипов для 10 видов рода *Euphorbia* из исследуемого региона, что позволило уточнить структуру рода в исследуемом регионе. Для вида *E. szovitsii* Boiss. впервые приводится тетраплоидная цитораса ($2n=4x=40$). Впервые составлены два определительных ключа для видов *Euphorbia* исследуемого региона – ключ по макроморфологическим признакам растений и ключ по микроморфологическим признакам семян

видов рода, а также ключи для определения подродов и секций исследуемого рода. Впервые проведен географический анализ и составлены карты ареалов исследованных видов.

Практическая значимость работы

Результаты исследования могут быть использованы при решении проблем сохранения биоразнообразия в Исламской Республике Иран; при составлении различных региональных флор и определителей; при проведении исследовательских работ по всему семейству *Euphorbiaceae*; при подготовке различных учебных курсов по флоре Ирана и сопредельных государств. Ряд видов рода *Euphorbia* имеют экономическое значение, они используются в народной медицине, в качестве источников каучука, некоторые виды используются как пищевые растения, а также в декоративных целях. Значительное число видов являются ядовитыми, сорными растениями, некоторые содержат аллергенные и канцерогенные вещества. Исследование видов этого рода позволит лучше понять возможности их использования в хозяйственных целях. Новые данные по морфологии, анатомии, кариологии, анализу ДНК могут помочь исследователям рода *Euphorbia* в других регионах мира.

Апробация диссертационной работы

Результаты работы обсуждались на XVII международном ботаническом конгрессе (г. Вена, Австрия); Национальной конференции по таксономии растений (2007 г., Тегеран, Иран); Национальной конференции студентов-биологов в университете Шахрекорд (2009 г., Шахрекорд, Иран); II Национальной конференции по таксономии растений (2009 г., Тегеран, Иран); на заседаниях ученого совета Института ботаники НАН РА (2014, 2015 гг., Ереван, Армения).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 научных работ.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованной литературы и приложения. Работа изложена на 152 страницах, включает 12 таблиц, 15 карт и 85 иллюстраций. Список цитированной литературы включает 147 источника.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1

Литературный обзор

В главе приводятся краткие сведения о провинции Хорасан, расположенной на северо-востоке Ирана, а именно даны сведения по географии, климате, особенностям ландшафта этой провинции. Также приведены краткие данные о населении, структуре самой провинции, которая подразделяется на три подпровинции. В главе также сделан обзор литературы по истории изучения семейства *Euphorbiaceae* и рода *Euphorbia*, начиная с классических работ авторов XIX века до самых современных.

Глава 2

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили 750 гербарных образцов, хранящихся в гербарии университета Фирдоуси Машада (FUMH) и гербарии Хорасанского научного центра сельского хозяйства и природных ресурсов. Были произведены сборы и осуществлено изучение живых растений в различных районах Северо-востока Ирана. Очень важной частью работы было сравнение данных, приведенных в изданиях «Flora Iranica», «Флора СССР», «Flora Orientalis», «Flora of Pakistan», «Flora of Turkey», «Flora of Iraq», «Flora of Palestina», «Flora de l'Iran»,

«Rostanihae Iran» и в различных научных публикациях, посвященных семейству *Euphorbiaceae*. Изучение данного материала позволило уточнить географическое распространение изученных видов, составить их карты ареалов, определить хоротипы.

Исследование анатомии листа 24 видов *Euphorbia* проводилось на световом микроскопе Olympus. Живой материал фиксировался в FAA и содержался в 70% этиловом спирте. Сухой материал выдерживался несколько дней в тройном растворе спирт-глицерин-вода (1:1:1). Поперечные срезы листьев окрашивались с использованием кармина и метиленового зеленого. Постоянные препараты готовились с использованием канадского бальзама, препараты фотографировались.

Для кариологических исследований корешки в течение трех часов обрабатывались 0.002 M раствором 8-Hydroxyquinoline при комнатной температуре. После этого они фиксировались в холодной смеси этанола и уксусной кислоты (3:1). Затем проводилась фиксация в 1N растворе соляной кислоты при 60°C в течение 7-10 минут, промывание корешков в воде, отсечение кончика корня и сдавливание его в капле 45% уксусной кислоты. После этого готовились препараты для микроскопического исследования.

В главе подробно описана использованная в работе методика молекулярного анализа (Rina et al., 2013). Материалом для этого метода послужили высушенные силикагелем листья свежих сборов, а также листья гербарных образцов изученных видов. По результатам молекулярного анализа последовательность праймеров составлена с использованием Sequencher (version 5.2.4, Gene Codes Inc., Ann Arbor, Michigan). Кроме того был использован BLAST для выявления сходства между последовательностью, полученной в настоящей работе, с доступной в GenBank. Обе последовательности были скомбинированы, включая 2 аутгруппы *E. larica* (Subgenus *Athymalus*) и *E. granulata* (Subgenus *Chamaesyce*), и было произведено их выравнивание. Последовательность ITS выровнена с помощью ClustalW (Thompson et al., 1994) как это реализовано в BioEditSequence.

Таблица 1
Последовательность праймеров при использовании PCR

Название праймера	Источник	Sequence (5'-3')
ITS4	White et al. (1991)	5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'
ITS5m	White et al. (1991)	5'-GGAAGGAGAAGTCGTAACAAGG-3'
ITS1F	White et al. (1991)	5'- AAGGTTTCCGTAGGTGAACC-3'
AB101F	Douzery et al. (1999)	5'-ACGAATTCATGGTCCGGTGAAGTG-3'
AB102R	Douzery et al. (1999)	5'-TAGAATTCCTCCGGTTCGCTCGCCGTTAC-3'

Для оценки генеалогии гена по ITS последовательности использован Bayesian-критерий оптимальности MrBayes 3.1.2 (Huelsenbeck and Ronquist, 2001). Для определения эволюционной модели, которая лучше всего подходит для трех разделов (ITS1, 5.8S и ITS2), тест соотношения иерархических вероятностей был рассчитан с использованием MrModeltest 2.2 (Nylander, 2004) с выполнением MrModelblock файла в RAUP* версии 4.10b (Swofford, 2002). Среди 24 доступных моделей, GTR+I+G и SYM+I замещаемые модели были отобраны как наиболее подходящие, учитывающие информационный критерий Akaike (AIC) (Vaezi and Brouillet, 2009; Vaezi et al.,

2014) для ITS1, 5.8S и ITS2 разделов соответственно. Последовательность праймеров при PCR анализе приведена в таблице 1, а программа для амплификации ITS участка nr-ДНК – в таблице 2.

Таблица 2
PCR Программа для амплификации ITS участка nr-ДНК

Процесс	Время	Температура
Денатурация	30 сек.	94°C
Отжиг		52, 58°C
Удлинение	2 мин.	72°C
Расширение	10 мин.	72°C
Окончательное удлинение	2 мин.	72°C

На основании изучения гербарных образцов и собственных полевых исследований были собраны ботанико-географические данные по распространению видов рода *Euphorbia* в Северо-восточном Иране. На основе этих данных с использованием компьютерной программы DIVA-GIS были составлены различные карты распространения видов и частоты встречаемости видов и секций рода по отдельным субрегионам исследуемого региона.

Глава 3

Биосистематическое исследование рода *Euphorbia* в Северо-восточном Иране

Исследование анатомии листьев

Исследование показало большое разнообразие в тканях листовых структур исследованных видов. Так, у некоторых видов (*E. granulata*, *E. chamaesyce*, *E. kopetdaghi*, *E. buhsei* и *E. boissieriana*) клетки эпидермы на двух сторонах листа различны по размеру, у других же (*E. petiolata*, *E. monostyla*, *E. spinidens*, *E. orientalis*) они изодиаметричны. У *E. sequiriana* и *E. aucheri* абаксиальные клетки изодиаметричны, а адаксиальные различаются по размеру. У *E. turczaninovii* адаксиальные клетки мельче абаксиальных.

У большинства исследованных видов листья амфистоматные, при этом устьица обычно располагаются почти равномерно на обеих сторонах листа. Исключение составляют всего несколько видов (*E. falcata*, *E. helioscopia*, *E. amygdaloides*), у которых устьица расположены на нижней поверхности листьев. Поверхность листьев у большинства видов гладкая, но у нескольких видов на эпидермальных клетках есть волоски или папиллы. Так, у *E. petiolata*, *E. granulata* и *E. chamaesyce* волоски наличествуют на обеих сторонах листьев, а у *E. monostyla* и *E. Spinidens* обе поверхности папиллярные.

Как известно, природные условия сильно воздействуют на анатомические признаки, поэтому нет ничего удивительного, что у исследованных видов встречаются разнообразные варианты расположения мезофилла. В целом 24 исследованных вида можно отнести к двум типам – дорзивентральному и изобилатеральному, однако иногда встречаются и различные комбинации данных типов. Например, у *E. amygdaloides*, *E. monostyla*, *E. spinidens*, *E. helioscopia*, *E. cheirolepis*, *E. granulata* и *E. chamaesyce* мезофилл располагается дорзи-вентрально, а у *E. aucheri*, *E. boissieriana*, *E. buhsei*, *E. kopetdaghi*, *E. orientalis*, *E. petiolata*, *E. sequiriana*, *E. turczaninovii*, *E. inderiensis*, *E. szovitsii*, *E. microsciadia*, *E. grossheimii*, *E. bungei* и *E. Flacata* – изобилатерально.

У некоторых исследованных видов (*E. buhsei*, *E. bungei*, *E. grossheimii*, *E. granulata*, *E. chamaesyce*, *E. aucheri*, *E. amygdaloides*, *E. petiolata*, *E. Boissieriana*) палисадная ткань с развитыми межклетниками, а у остальных – без межклетников. Количество слоев палисадной паренхимы сильно варьирует у исследованных видов.

Таким образом, анатомическое исследование листьев изученных видов выявило некоторые важные анатомические особенности, которые могут иметь таксономическое и диагностическое значение. К этим признакам могут относиться наличие или отсутствие откладки проводящих пучков из плотно расположенных клеток мезофилла, количества слоев палисадной ткани и млечников.

Кариологические исследования

Важнейшими кариологическими особенностями видов являются количество, размер и форма хромосом в кариотипе. Необходимо отметить, что размер хромосом в роде *Euphorbia* сильно варьирует – от 1 до 15 мкм, но преобладают мелкие хромосомы размером 1-2 мкм, что сильно затрудняет их кариологическое исследование.

В настоящее время известен следующий ряд основных чисел хромосом в роде *Euphorbia*:

$$X = 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 17$$

Основное число $x=10$ довольно часто встречается у видов рода *Euphorbia* из разных секций. Некоторые исследователи (Webster, 1967; Mehra & Choda, 1978; Wiebecke, 1989) считают это число анцестральным, так как оно связано с довольно архаичными формами, в настоящее время произрастающими в очагах древней реликтовой флоры, таких как Южная Африка и Мадагаскар. В то же время это основное число ($x=10$) довольно часто встречается в различных таксономических группах рода *Euphorbia*. Molero & al. (2002) считают, что это число является стартовой точкой для процесса нисходящей диспloidии ($x=10 \rightarrow \dots \rightarrow x=9$), что теоретически могло происходить в позднем Третичном периоде.

Наличие такой длинной серии основных хромосомных чисел в роде *Euphorbia* говорит о том, что видообразование в этом роде могло идти разными путями кариологической трансформации. Если предположить что $x=7$ является первичным основным числом, как это наблюдается у большинства семейств цветковых растений, то явно имели место нисходящая и восходящая анеупloidии:

$$5 \leftarrow 6 \leftarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow 10 \rightarrow 11$$

Однако Hans (1973) считает, что имела место следующая форма эволюции кариотипа:

$$X=7 \rightarrow \text{удвоение} \rightarrow X=14 \rightarrow \text{анеупloidия} \rightarrow X=13$$

И серия может быть продолжена:

$$X=13 \rightarrow \text{анеупloidия} \rightarrow X=12 \rightarrow \text{анеупloidия} \rightarrow X=11 \text{ и т.д.}$$

Детальные кариологические исследования на большом материале из разных географических зон часто показывают внутривидовую кариотипическую вариабельность.

В таблице 3 приведены хромосомные числа видов рода *Euphorbia* из исследованного региона. Анализ полученных данных показывает, что среди видов рода *Euphorbia* региона исследований преобладает базовое хромосомное число $x=10$. При этом среди этих видов преобладают виды с ограниченным ареалом и эндемичные виды (*E. turczaninowii*, *E. spinidens*, *E. densa*, *E. bushei*, *E. monostyla*, *E. aucheri*, *E. marschalliana*). Среди видов с основным числом $x=7$ выделяются гексапloidный вид *E. helioscopia* ($2n=6x=42$) с очень широким ареалом, включающим Евразию и Северную Африку, с одной стороны, и диплоидный вид *E. petiolata* (секция *Crotonopsidae*) ($2n=2x=14$), с ограниченным ареалом от Сирии до Туркмении.

Таблица 3
Хромосомные числа некоторых видов *Euphorbia* из Северо-восточного Ирана

Секция\ подсекция	Вид	2n	Автор
<i>Anisophyllum</i> Нав.	<i>E.granulata</i> Forssk.	40	Hagerup, 1932; Perry, 1943
		22	Podlech et al., 1969; Podlech, 1986
	<i>E. chamaesyce</i> L.	14	Benedi, Orell, 1991
	<i>E. cheirolepis</i> Fisch. et C.A.Mey.	-	
	<i>E. petiolata</i> Banks. et Soland.	14	Murin et al., 1970; Naseh, 2013
<i>Tithymalus</i> \ <i>Oppositifolia</i>	<i>E. inderiensis</i> Less. ex Kar. et Kir.	-	
	<i>E. densa</i> Schrenk.	20	Naseh, 2013
	<i>E. turczaninowii</i> Kar. et Kir.	20	Naseh, 2013
	<i>E. consanguinea</i> Schrenk.	-	
<i>Esula</i>	<i>E. buhsei</i> Boiss.	20	Sheidai et al., 2010; Naseh, 2013
	<i>E. osyridea</i> Boiss.	-	
	<i>E. boissieriana</i> (Woron.) Prokh.	30	Magulaev, 1979
<i>Sclerocyathium</i>	<i>E. aucheri</i> Boiss.	20	Naseh, 2013
	<i>E. grossheimii</i> Prokh.	-	
	<i>E. turkestanica</i> Regel	-	
	<i>E. bungei</i> Boiss.	20	Sheidai et al., 2010
<i>Helioscopia</i>	<i>E. helioscopia</i> L.	42	Harrison, 1931; Tischler, 1934, 1937; Rohweder, 1937; Bhalla, 1942; Love A., Love D., 1942; Perry, 1943; Gadella et al., 1968; Bauer, 1971; Queiros, 1975; Sarkar et al., 1976; Hurusawa, Shimoyama, 1976; Koul et al., 1976; Mehra et al., 1978; Sheidai et al., 2010; Naseh, 2013
		28	Santosh Bala et al., 2011
<i>Pithyusa</i>	<i>E. falcata</i> L.	16	Polya, 1950
		36	D'Amato, 1939
	<i>E. kopetdaghi</i> Prokh.	-	
	<i>E. microsciadia</i> Boiss.	-	
	<i>E. gedrosiaca</i> Rech.f.	-	
<i>Myrsiniteae</i>	<i>E. marschalliana</i> Boiss.	20	Sheidai et al., 2010; Naseh, 2013
	<i>E. spinidense</i> Bornm. ex Prokh.	20	Sheidai et al., 2010; Naseh, 2013
	<i>E. myrsinites</i> L.	20	Perry, 1943; Strid, Franzen, 1981; Strid, Anderson, 1985; Punina, Geltman, 2007
	<i>E. monostyla</i> Prokh.	20	Naseh, 2013
<i>Arvales</i>	<i>E. franchetii</i> B. Fedtsch.	16	Polya, 1950
<i>Szovitsii</i>	<i>E. szovitsii</i> Fisch. & C. A. Mey	20	Podlech et al., 1969; Sheidai et al., 2010
		40	Naseh, 2013

Исследования на молекулярном уровне

Согласно полученным в результате исследований на молекулярном уровне данным, секция *Helioscopia* (с двумя видами *E. helioscopia* и *E. orientalis*) очень близка (PP=1.00) секции *Pithyusa* с пятью видами (рис. 1). В субкладе В1 три исследованных нами вида (*E. seguieriana*, *E. kopetdaghi* и *E. microsciadia*) группируются со сходными последовательностями, импортированными из GenBank. Остальные исследованные нами виды из подрода *Esula* группируются вместе в кладе А. Вид *E. myrsinites* (секция *Myrsiniteae*) очень близок к секциям *Calyptrata*, *Tithymalus*, *Arvales*, *Esula*, *Szovitsiae*, *Patellares*, *Herpetorrhizae*, *Chylogala* и *Sclerocyathium*. Эти секции разделяются на два субклада – А1 и А2 (рис. 1). В субкладе А1 вид *E. connata* очень близок (PP=0.91) секциям *Tithymalus*, *Arvales*, *Esula*, *Szovitsiae*, *Patellares* и *Herpetorrhizae*. В субкладе А2 две секции - *Chylogala* и *Sclerocyathium* – группируются вместе. В субкладе А3 секция *Szovitsiae* (субклад А6) очень близка секциям *Arvales* и *Esula* (субклад А5). Внутри субклада А4 секция *Patellares* (субклад А7) располагается как сестринская с секцией *Herpetorrhizae* (субклад А8). В эту же группу включается и новый, подготовленный для описания новый для науки вид, который по молекулярным данным очень близок видам *E. aucheri* и *E. deltobracteata*.

Одним из основных приложений данных молекулярной систематики растений является оценка морфологических признаков для классификации групп растений и поиск синапоморфизмов для естественных таксономических групп. Со времен Буассье (Boissier, 1862) на основе морфологических признаков были предложены различные классификации рода *Euphorbia* (Prokhanov, 1949; Gilbert, 1987; Geltman, 2007), при этом использовалось большое число морфологических признаков для разделения видов и других внутривидовых таксономических категорий.

В отличие от других подродов рода *Euphorbia* подрод *Esula* более однороден по формам роста, а большинство видов это однолетние или многолетние растения с травянистыми листьями, хотя небольшое число видов и обладают мясистыми и суккулентными листьями (Riina et al. 2013). В Северо-восточном Иране из 30 видов рода *Euphorbia* 24 относятся к подроду *Esula*, распределены они по 9 секциям. По данным молекулярных исследований все исследованные нами виды распределяются по двум кладам – А и В; клад В состоит из двух секций - *Helioscopia* и *Pithyusa*, а клад А значительно более разнообразный включает в себя 6 секций.

В субкладе В2 располагаются две сестринские секции - *Helioscopia* и *Pithyusa*. Эти секции являются первой и третьей по числу видов в подрode *Esula* (Riina et al., 2013), однако в исследуемом регионе из первой секции представлены только два вида (*E. helioscopia* и *E. orientalis*), а из второй – пять (*E. falcata*, *E. seguieriana*, *E. kopetdaghi*, *E. microsciadia* и *E. gedrosiaca*). Кроме того, еще один представитель секции *Pithyusa* *E. sogdiana* был указан для Северо-восточного Ирана (Pahlevani et al., 2011), однако результаты молекулярных исследований показали, что последовательности из этих образцов полностью совпадают с последовательностями *E. kopetdaghi*, полученными из GenBank. Таким образом, существование *E. sogdiana* в Северо-восточном Иране ставится под сомнение, в связи с этим необходимы дополнительные полевые исследования и сборы гербарного и живого материала для решения вопроса присутствия вида *E. sogdiana* в Северо-восточном Иране, или это было просто ошибочное определение вида *E. kopetdaghi*.

Секция *Myrsiniteae* раньше других выделяется в кладе А. Для видов секции характерен дорзивентральный тип мезофила листа и большое число секреторных канальцев. Вероятно, дорзивентральный тип мезофила является анцестральным типом. Данный тип встречается также у представителей подрода *Chamaesyce* и нескольких представителей подрода *Esula*. Однако по

результатам наших исследований можно предположить, что виды секции *Myrsiniteae* более древние, чем виды подрода *Esula*.

Субклады A1 и A2 очень близки между собой. Вид *E. heteradena* (секция *Chylogala*) из субклада A2 оказывается очень близким к секции *Sclerocyathium*, которая в Северо-восточном Иране представлена тремя видами. Виды из этих двух секций характеризуются пильчатыми или мелкозубчатыми листьями, железками без придатков и развитой карункулой на семенах. Кроме того, они произрастают в сходных местообитаниях – песчаные и сухие каменистые горные склоны. В исследуемом регионе в эту секцию входят *E. bungei*, *E. turkestanica* и *E. grossheimii*. Два вида подсекции *Oppositifoliae* - *E. consanguinea* и *E. turczaninowii* – очень близки друг к другу, различия только в двух нуклеотидных мутациях, отражающихся в признаках семян и форме листьев.

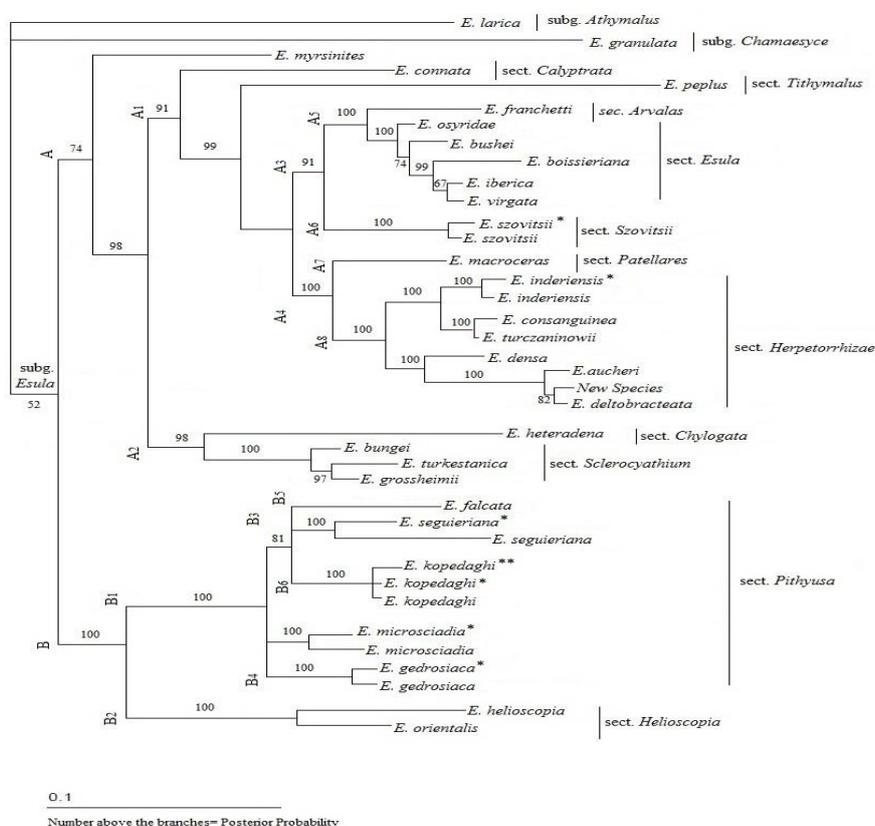


Рис 1. Кладограмма видов рода *Euphorbia* подрода *Esula* из Северо-восточного Ирана

Клад A1 включает несколько небольших и хорошо отличающихся субкладов, включающих 8 секций. *E. connata* (секция *Calyptrata*) первой выделяется в этом кладе, вслед за ней выделяется *E. peplus* из секции *Tithymalus*. Оставшиеся виды разделяются на два крупных клада – A4 и A8. Первый разделяется на два субклада, а второй включает секцию *Herpetorrhizae* с двумя подсекциями: *Aucheriae* с двумя видами (*E. aucheri* и *E. deltobracteata*), встречающимися только в

Иране, и *Oppositifoliae* с 10 однолетними видами, 4 из которых встречаются в Северо-восточном Иране (*E. densa*, *E. turczaninowii*, *E. consanguinea* и *E. inderiensis*).

Клад АЗ включает 3 секции, распределяющихся по двум субкладам. Субклад А5 разделяется на две секции. В секцию *Arvales* включается один вид *E. franchetii*, он первым отделяется на данной стадии анализа. Вторая секция в этом субкладе – *Esula* – включает шесть видов, распространенных в Иране (*E. buhsei*, *E. osyridea*, *E. boissieriana*, *E. virgata*, *E. hebecarpa*, *E. boissieriana*). Надо указать, что вид *E. boissieriana* (Woron.) Prokh. был описан в 1949 году во «Флоре СССР» и в его распространении был указан Иран. В Международном индексе названий растений (IPNI) это название считается валидным. Однако в последней по времени публикации (Pahlevani, 2015) этот вид отсутствует среди представителей секции *Esula* флоры Ирана. Так что в нашем исследовании мы подтверждаем наличие этого вида во флоре Ирана как отдельного от *E. virgata* таксона. Секция *Szovitsii* представлена одним видом и очень близка к секции *Esula*.

Глава 4

Таксономическое и биогеографическое изучение видов рода *Euphorbia* Северо-восточного Ирана

Территория Исламской Республики Иран является второй по богатству видов рода *Euphorbia* после Турции в Азии.

Таблица 4

Таксономический состав рода *Euphorbia* в Северо-восточном Иране

Подрод	Секция	Подсекция	Вид
<i>Esula</i>	<i>Holophyllum</i>		<i>E. rosularis</i>
	<i>Helioscopia</i>		<i>E. helioscopia</i>
			<i>E. rhabdotosperma</i>
			<i>E. myrsinites</i>
	<i>Myrsinitae</i>		<i>E. monostyla</i>
			<i>E. spinidens</i>
			<i>E. gedrosiaca</i>
	<i>Pithyusa</i>		<i>E. kopetdaghi</i>
			<i>E. microsciadia</i>
			<i>E. falcata</i>
			<i>E. grossheimii</i>
	<i>Sclerocyathium</i>		<i>E. bungei</i>
			<i>E. turkestanica</i>
			<i>E. szovitsii</i>
	<i>Szovitsiae</i>		<i>E. szovitsii</i>
	<i>Herpetorrhizae</i>	<i>Aucheriae</i>	
			<i>New species</i>
<i>Oppositifoliae</i>			<i>E. consanguinea</i>
			<i>E. densa</i>
			<i>E. inderiensis</i>
			<i>E. turczaninowii</i>
<i>Arvales</i>		<i>E. franchetii</i>	
<i>Esula</i>		<i>E. buhsei</i>	
		<i>E. osyridea</i>	
		<i>E. boissieriana</i>	
<i>Chamaesyce</i>	<i>Anisophyllum</i>	<i>Hypericifoliae</i>	<i>E. chamaesyce</i>
			<i>E. granulata</i>
			<i>E. maculata</i>
			<i>E. serpens</i>
	<i>Cheirolepidium</i>		<i>E. cheirolepis</i>
			<i>E. petiolata</i>

Здесь этот род представлен 86 видами, 30 из которых произрастают в Хорасанской провинции (Северо-восточный Иран). Согласно проведенным исследованиям установлено, что этот регион является важным центром разнообразия рода на территории Ирана. В целом, 30 видов рода *Euphorbia* в районе исследований распределены по двум под родам (*Esula* и *Chamaesyce*) и 11 секциями (табл. 4).

В главе приведены подробные описания рода *Euphorbia*, подродов и секций, представленных в Северо-восточном Иране, а также оригинальные определительные ключи для определения подродов, секций и видов по макроморфологическим признакам.

Наряду с другими морфологическими признаками видов рода *Euphorbia*, произрастающих в Северо-восточном Иране, в диссертации приведены детальные описания микроморфологических признаков семян этих видов. Показано большое разнообразие форм семян, структуры поверхности, наличие или отсутствие и форма карункулы и др. (рис. 2). На основе этих признаков составлен новый оригинальный ключ для определения видов рода *Euphorbia*, произрастающих в Северо-восточном Иране.

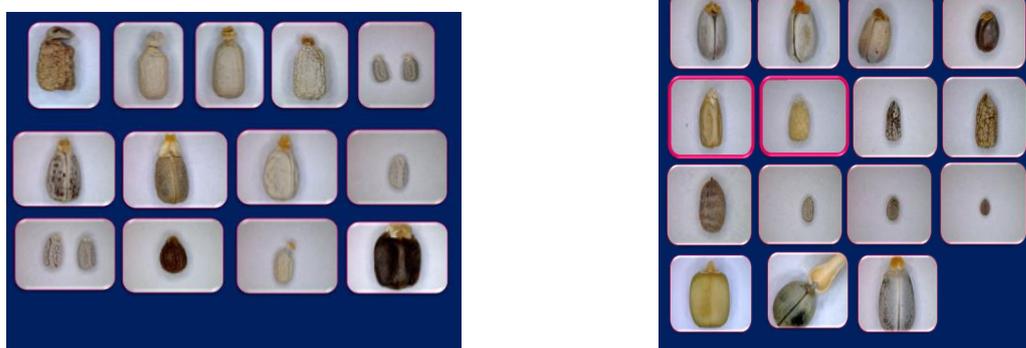


Рис. 2. Вариабельность микроморфологических признаков семян в роде *Euphorbia* в Северо-восточном Иране

Конспект рода *Euphorbia* L. в Северо-восточном Иране

В главе при всех видах даются синонимика, описание вида, время цветения и плодоношения, цитируется типовой образец, указываются место произрастания и распространение, приводится список исследованных образцов и необходимые примечания. В результате проведенных исследований на территории района исследований обнаружен новый для науки вид рода *Euphorbia* подрода *Esula* близкий к виду *E. aucheri* (новизна вида подтверждается морфологическими и молекулярными исследованиями). Описание вида подготовлено для публикации.

Подрод *Chamaesyce* Секция *Anisophyllum* Подсекция *Hypericifoliaea*

1. *E. granulata* Forssk., Fl. Aegypt. – Arab. 94 (1775).

Произрастает преимущественно в пустынях и полупустынях, на песчаных или щебнистых, часто гипсоносных почвах, по обочинам дорог, в садах, на высоте от уровня моря до 1525 м.

Распространение: Палестина, Иордания, Синай, Египет, Саудовская Аравия, Кувейт, Бахрейн, Кавказ, Иран, Ц.Азия, Афганистан, 3. Пакистан, С. Индия, Канарские острова, С. Африка.

2. *E. chamaesyce* L., Spec. Plant., 455 (1753).

Произрастает в сухих и теплых местообитаниях, на сухих каменистых склонах, пастбищах, по обочинам дорог и в садах.

Распространение: Средиземноморье, Ю. Европа, Кипр, Палестина, Турция, Кавказ, Иран, Туркмения, Саудовская Аравия, Египет, З. Пакистан.

3. *E. maculata* L. Spec. Plant., 455 (1753).

Вид впервые приведен нами для флоры Ирана (Naseh & al., 2009).

Произрастает на хорошо освещенных местообитаниях, сорных и рудеральных местах, на полях, по обочинам дорог, опушкам лесов, на прибрежных песках, в трещинах скал и на стенах.

Распространение: С., Ц. и Ю. Америка, Кавказ, Ближний Восток (Израиль, Сирия), Иран, Китай, Тайвань, Япония, Новая Зеландия, Австралия.

4. *E. serpens* Kunth in Humb., Bonpl. & Kunth, Nov. Gen. Sp. 2: 52, 1817.

Впервые вид был обнаружен в Иране в 2006 г. (Djavadi & al., 2006), нами впервые приводится для Северо-восточного Ирана.

Произрастает на песчаных и глинистых почвах, по обочинам дорог, на прибрежных песках, как сорное в полях и садах.

Распространение: Родина вида – Америка, занесен в Средиземноморье, Юго-Западную Азию и Африку.

Секция *Cheirolepidium*

5. *E. cheirolepis* Fisch. & C. A. Mey. ex Ledeb., Fl. ROSS. 3: 558 (1850).

Вид впервые нами приводится для Северо-восточного Ирана (Naseh & al., 2008).

Произрастает в пустынях, на песчаных дюнах.

Распространение: Иран, Туркмения, Узбекистан, Афганистан.

6. *E. petiolata* Banks & Soland. in Russ., Nat. Hist. Aleppo 2: 253 (1794).

Произрастает как сорное в полях и виноградниках.

Распространение: Кипр, Турция, Иран, Туркмения, Синай, Пакистан, Алжир.

Подрод *Esula*

Секция *Herpetorhizae*

Подсекция *Aucheriae*

7. *E. aucheri* Boiss., Diagn. Pl. Or. Nov. Ser. 1, 7: 94 (1846).

Произрастает среди камней на горных склонах и на осыпях, до высоты 2300 м над ур.м.

Распространение: Ирак, Иран, Туркмения, Афганистан.

8. *E. sp. nova*

Type specimen: W Bojnurd, 6 km from Chaman-bid towards Jozak, Natural Resources Reserved Area; 1440m, N: 37°26'02.9", E: 56 °37'44.0", 7.6.2011, Memariani & Arjmandi 44338.

Подсекция *Oppositifoliae*

9. *E. inderiensis* Less. ex Kar. & Kir., Bull. Soc. Nat. Mosc. 15: 448 (1842).

Произрастает в степях, на полях, на песчаных почвах и сухих холмах.

Распространение: Иран, Туркменистан, Казахстан, Киргизия, Таджикистан, Узбекистан, Афганистан.

10. *E. densa* Schrenk, Bull. Phys.- Math. Acad. Petersbg. 3: 308 (1845).

Произрастает на супесчаных и суглинистых почвах, на каменистых местах, в лесах.

Распространение: Ирак, Палестина, Иран, Туркмения, Казахстан, Афганистан, Саудовская Аравия, Кувейт, Бахрейн, Прикаспий.

11. *E. turczaninowii* Kar. & Kir., Bull. Soc. Nat. Mosc. 15: 447 (1842).

Произрастает на подвижных песках, в полях, зарослях колючих кустарников, долинах рек.

Распространение: Иран, Туркмения, Казахстан, Киргизия, Монголия, Таджикистан, Узбекистан, Афганистан.

12. *E. consanguinea* Schrenk in Fisch. & C.A. Mey., Enum. Pl. Nov., 1: 88 (1841).

Вид нами впервые приводится для флоры Ирана (Naseh & al., 2009).

Произрастает на полях и в виноградниках.

Распространение: Иран, Афганистан, Сонгария.

Секция *Helioscopia*

13. *E. helioscopia* L., Spec. Plant., 459 (1753).

Вид нами впервые приводится для Северо-восточного Ирана (Naseh & al., 2008).

Произрастает на полях, по обочинам дорог, в садах, на каменистых склонах и сорных местах.

Распространение: Европа, Скандинавия, Средиземноморье, Кавказ, Турция, Сирия, Иран, Афганистан, Саудовская Аравия, Пакистан, С. Африка.

14. *E. rhabdotosperma* A. Radcliffe-Smith in Notes in R. B. G. Edinb. 34: 129 (1975)

Произрастает в степях и на полях, среди известняковых камней.

Распространение: Кавказ, Турция, Иран.

Секция *Sclerocyathium*

15. *E. grossheimii* Prokh., Izv. Glavn. Bot. Sada S. S. S. R., 29: 551 (1930)

Произрастает в пустынях и полупустынях, на песчаных и щебнистых почвах, лессах, в сухих руслах рек, от уровня моря до 900 м.

Распространение: Кавказ, Ирак, Иран, Палестина, Туркмения, Иордания, Синай, Угипет, Саудовская Аравия.

16. *E. turkestanica* Regel, Descr. Pl. Nov. Fedtsch. 78 (1882).

Вид нами впервые приводится для Северо-восточного Ирана (Naseh & al., 2008)

Произрастает в сухих степях и на сорных местах.

Распространение: Кавказ, Иран, Туркмения, Тянь-Шань, Памиро-Алай.

17. *E. bungei* Boiss. in DC. Prodr. 15,2: 115 (1862).

Произрастает на каменистых склонах, в ковыльных степях.

Распространение: Турция, Кавказ, Иран, Туркмения, Афганистан.

Секция *Arvales*

18. *E. franchetii* B. Fedtsch. in O. et B. Fedtsch., Consp. Fl. Turkest. 6: 310 (1916).

Вид нами приводится впервые для флоры Ирана (Naseh & al., 2008).

Произрастает на каменистых и галечных склонах, лессовых суглинках, до высоты 1500 м над ур.м.

Распространение: Россия, Иран, Туркмения, Казахстан, Киргизия, Таджикистан, Узбекистан, Афганистан, Китай, Памиро-Алай.

Секция *Szovitsiae*

19. *E. szovitsii* Fisch. & C. A. Mey., Ind. Sem. Hort. Petrop. 1: 27 (1835).

Произрастает на галечных осыпях и прибрежных галечных наносах.

Распространение: С. Турция, Иракский Курдистан, Сирия, Кавказ, Тальш, Иран, Туркмения, Афганистан, Пакистан.

Секция *Pithyusa*

20. *E. microsciadia* Boiss., Diagn. Pl. Or. Nov. Ser. 1,7: 89 (1846).

Произрастает в полупустынях, на песчаных и каменистых местах, по обочинам дорог, на суглинках по берегам каналов.

Распространение: Ирак, Иран, Афганистан, Пакистан.

21. *E. kopetdagi* (Prokh.) Prokh.

Произрастает на степных склонах.

Распространение: Иран, Туркмения.

22. *E. gedrosiaca* Rech.f, Aell., Esfand., Anz.Math.-naturw. KL. Oester.

Вид впервые приводится нами для Северо-восточного Ирана.

Произрастает в пустынях и полупустынях.

Распространение: эндемик Ирана.

23. *E. falcata* L. Spec. Plant. 456 (1753).

В исследуемом регионе встречается только subsp. *falcata*.

Произрастает как сорное на полях и в огородах, на каменистых склонах, берегах рек, песчаных речных наносах до высоты 3000 м над ур.м.

Распространение: Ц. и Ю. Европа, Средиземноморье, Турция, Ирак, Закавказье, Иран, Туркмения, Афганистан, Пакистан, С. Африка.

Секция *Esula*

24. *E. boissieriana* (Woron.) Prokh. Fl. URSS. 14: 445 (1949).

Произрастает на переувлажненных и рудеральных местообитаниях, в зарослях кустарников и степях, в лесах и на лугах до высоты 3400 м над ур.м.

Распространение: В. Турция, Иракский Курдистан, Кавказ, Иран, Туркмения, Ц. Азия.

25. *E. buhsei* Boiss. in DC., Prodr.15,2: 167 (1862).

Произрастает на каменистых и глинистых склонах.

Распространение: Иран, Туркмения, Афганистан.

26. *E. osyridea* Boiss. Diagn. PL. Or. Nov. Ser. 1, 7: 87 (1846).

Вид нами впервые приводится для Северо-восточного Ирана (Naseh & al., 2008)

Произрастает на скалистых холмах, в известняковых ущельях, щебнисто-песчаных местах, суглинках.

Распространение: Иран, Афганистан.

Секция *Myrsinitae*

27. *E. spinidens* Bornm. ex Prokh., Conp. Syst. *Tithym. Asiae Mediae* 208 (1933).

Произрастает на каменистых и скалистых местах в горах и на равнинах.

Распространение: Иран, Туркмения, Узбекистан, Афганистан.

28. *E. myrsinites* L., Spec. Plant. 461 (1753).

Произрастает на хорошо освещенных местах, обычно на сухих почвах.
Распространение: Европа, Тальш, Иран, Туркмения.

29. *E. monostyla* Prokh., Fl. USSR. 14: 406 (1949).

Произрастает на сухих каменистых склонах, щебнистых и глинистых почвах.
Распространение: Иран, Туркмения.

Секция *Holophyllum*

30. *E. rosularis* A. Theod. in Bot. Mat. Gerb. Bot. Inst. AN SSSR, IX (1941).

Вид впервые приводится нами для Северо-восточного Ирана (Naseh & al., 2009).

Произрастает на каменистых склонах и осыпях, в можжевельниковых редколесьях на высоте 2500-2800 м над ур.м.

Распространение: Иран, Туркмения, Памиро-Алай.

Сомнительный вид

В 2015 г. Saeidi & Ghayormand (2015) описали новый вид рода *Euphorbia* из Северо-восточного Ирана - *E. khorasanica* Saeidi & Ghayormand. Однако, по нашему мнению, это может оказаться *E. boissieriana* (Woron.) Prokh., так как описанная авторами структура поверхности семян нового вида не соответствует типовому образцу. Необходимы дополнительные исследования для уточнения статуса вида *E. khorasanica* Saeidi & Ghayormand.

Ботанико-географический анализ видов рода *Euphorbia* Северо-восточного Ирана

Район исследований расположен в Ирано-Туранской области и Армено-Иранской провинции (Тахтаджян, 1978) и является частью одного из центров разнообразия рода *Euphorbia*. Как показали наши исследования в Хорасанской провинции Ирана произрастает 30 видов исследуемого рода, при этом они встречаются во всех административных районах провинции. При этом наибольшее число видов встречается в Северо-Хорасанском и Разави-Хорасанском районах.

С био-географической точки зрения наши исследования подтверждают факт, что Центральная Евразия и Средиземноморье являются центрами разнообразия подрода *Esula* рода *Euphorbia*. Здесь произрастает приблизительно две трети всех видов этого подрода. Так, на территории Турции произрастает 87 видов, в Иране 75 и на Кавказе 68 видов этого подрода. Судя по всему остальные виды подрода, произрастающие вне пределов указанных регионов, располагаются по иным хорошо отграниченным секциям, по своему происхождению связанным с регионами Центральной Евразии и Средиземноморья.

В районе исследований наибольшее разнообразие видов рода *Euphorbia* сосредоточено в центральной и Северо-восточной частях Разави-Хорасанского района. В таблице 5 приведены сводные данные по распространению изученных видов *Euphorbia* по территории Ирана и дано их общее распространение.

Как видим из таблицы 5, среди видов рода *Euphorbia* в Северо-восточном Иране, как этого и следовало ожидать, преобладают Восточно-Древнесредиземноморские и Восточно-Ирано-Туранские виды, в целом род *Euphorbia* здесь тяготеет к Древнему Средиземноморью. Только два вида из секции *Anisophyllum* подрода *Chamaesyce* (*E. maculata* и *E. serpens*) являются адвентивными, вероятно, занесенными с Американского континента. Один вид (*E. gedrosiaca*) является эндемиком Ирана, и новый вид по современным данным является эндемиком Северо-восточного Ирана.

Таблица 5
Общее распространение и распространение по территории Ирана
исследованных видов *Euphorbia*

Вид	Общее распространение	Распространение по территории Ирана	Географический элемент
Подрод <i>Esula</i>			
<i>Секция <i>Holophyllum</i></i>			
<i>E. rosularis</i>	Иран, Туркмения, Памиро-Алай	СВИ*	В. Ирано-Туранский
<i>Секция <i>Helioscopia</i></i>			
<i>E. helioscopia</i>	Европа, Турция, Сирия, Иран, Кавказ, Афганистан, Пакистан, Аравия	С, З, Ц, Ю Иран, СВИ	Евро-Древнесредиземно-морский
<i>E. rhabdotosperma</i>	Кавказ, Турция, Иран	СВИ	Армено-Иранский
<i>Секция <i>Myrsinitae</i></i>			
<i>E. myrsinites</i>	Европа, Талыш, Иран, Туркмения	С, З, Ц Иран, СВИ	Евро-Древнесредиземно-морский
<i>E. monostyla</i>	Центральная Азия, Иран	СВИ	В. Ирано-Туранский
<i>E. spinidens</i>	Иран, Туркмения, Узбекистан, Афганистан	В Иран, СВИ	В. Ирано-Туранский
<i>Секция <i>Pithyusa</i></i>			
<i>E. gedrosiaca</i>	Иран	Ю и ЮВ Иран, СВИ	Иранский
<i>E. kopetdaghi</i>	Ирак, Иран, Афганистан, Пакистан	Весь Иран, СВИ	В. Ирано-Туранский
<i>E. microsciadia</i>	Ирак, Иран, Афганистан, Пакистан	Весь Иран, СВИ	В. Ирано-Туранский
<i>E. falcata</i>	Центральная и Восточная Европа, В. Турция, Закавказье, Ирак, Иран, Туркмения, Афганистан, Пакистан	Весь Иран, СВИ	Евро-Древнесредиземно-морский
<i>Секция <i>Sclerocyathium</i></i>			
<i>E. grossheimii</i>	Кавказ, Иран, Палестина, Туркмения	Ю Иран, СВИ	Кавказско-Иранский
<i>E. bungei</i>	Турция, Кавказ, Иран, Туркмения, Афганистан	С, З и Ц Иран, СВИ	В.Древнесредиземно-морский
<i>E. turkestanica</i>	Иран, Туркмения, Тянь-Шань, Памиро-Алай, Закаспий	СВИ	Ирано-Туранский
<i>Секция <i>Szoivitsiae</i></i>			
<i>E. szovitsii</i>	В Турция, Закавказье, Талыш, Иракский Курдистан, Сирия, Иран, Туркмения, Афганистан, Пакистан	Весь Иран, СВИ	В.Древнесредиземно-морский
<i>Секция <i>Herpetorrhizae</i></i>			
<i>E. aucheri</i>	Ирак, Иран, Туркмения, Афганистан	Весь Иран, СВИ	В. Ирано-Туранский
<i>New species</i>	Северо-восточный Иран	СВИ	СВИ
<i>E. consanguinea</i>	Иран, Афганистан	СВИ	В.Древнесредиземно-морский
<i>E. densa</i>	Иран, Туркмения, Афганистан, Пакистан, Прикаспий	С, Ц, В, Ю Иран, СВИ	В.Древнесредиземно-морский
<i>E. inderiensis</i>	Иран, Туркмения, Афганистан	СВИ	В.Древнесредиземно-морский
<i>E. turczaninowii</i>	Иран, Туркмения, Афганистан	СВИ	В.Древнесредиземно-морский
<i>Секция <i>Arvales</i></i>			
<i>E. franchetii</i>	Иран, Туркмения, Памиро-Алай, Афганистан	СВИ	В.Древнесредиземно-морский
<i>Секция <i>Esula</i></i>			
<i>E. buhsei</i>	Иран, Туркмения, Афганистан	Ц, В, Ю Иран, СВИ	В.Древнесредиземно-морский
<i>E. osyridea</i>	Иран, Афганистан	Ю Иран, СВИ	В.Древнесредиземно-морский
<i>E. boissieriana</i>	В Турция, Кавказ, Ирак, Иран, Туркмения, Афганистан, Пакистан	Весь Иран, СВИ	В.Древнесредиземно-морский

Подрод <i>Chamaesyce</i>			
Секция <i>Anisophyllum</i>			
<i>E. chamaesyce</i>	Средиземноморье, Кавказ, Иран, Туркмения, Афганистан, Пакистан, С Африка	Весь Иран, СВИ	Древнесредиземноморский
<i>E. granulata</i>	Иран, Афганистан, Пакистан, С Индия, Аравия, С Африка	З и В Иран, СВИ	Древнесредиземноморский
<i>E. maculata</i>	С., Ц. и Ю. Америка, Кавказ, Ближний Восток (Израиль, Сирия), Иран, Китай, Тайвань, Япония, Новая Зеландия, Австралия	СВИ	Адвентивный
<i>E. serpens</i>	Америка, занесен в Средиземноморье, Юго-Западную Азию и Африку	Ц Иран, СВИ	Адвентивный
Секция <i>Cheirolepidium</i>			
<i>E. cheirolepis</i>	Иран, Туркмения, Кара Кум, Афганистан, Пакистан, Прикаспий	Ю Иран, СВИ	В.Древнесредиземноморский
<i>E. petiolata</i>	Кипр, Турция, Иран, Туркмения, Синай, Пакистан, Алжир	С, З, Ц Иран, СВИ	Древнесредиземноморский

*СВИ – Северо-восточный Иран

При рассмотрении региона исследований обращает на себя внимание, что наибольшее число секций рода *Euphorbia* представлено в Разави-Хорасанском районе, а наибольшее видовое богатство приурочено к хребтам Биналуд и Гезар-Масъед этого района.

Наиболее часто встречающимися видами рода *Euphorbia* в Северо-восточном Иране являются *E. bungei*, *E. densa*, *E. microsciadia* и *E. szovitsii*, ненамного реже встречаются *E. buhsei*, *E. boissieriana*, *E. granulata*, *E. kopetdagi*, *E. spinidens*, *E. aucheri* и *E. falcata*.

Выводы

■ Иран является второй после Турции (91 вид) страной в Азии по представленности видов *Euphorbia*. Здесь произрастает 86 видов этого рода, из которых 74 принадлежат подроду *Esula*, 11 относятся к подроду *Chamaesyce*, и один вид – *E. larica*, относится к подроду *Athymalus*.

■ Согласно данным “Flora Iranica” (Rechinger & Schiman-Czeika, 1963) для Северо-восточного Ирана указывалось 18 видов рода *Euphorbia*, в результате данного морфологического и биосистематического исследования это число достигло 30 видов.

■ Виды рода *Euphorbia* в Северо-восточном Иране распределяются по двум под родам - *Esula* и *Chamaesyce* и 11 секциям.

■ На основе морфологических признаков составлен определительный ключ и дается описание 30 видов рода *Euphorbia* Северо-восточного Ирана.

■ Новый для науки вид рода *Euphorbia* sp. nova из подрода *Esula* обнаружен в Северном Хорасане, описание которого подготовлено к публикации. Этот вид близок к виду *E. aucheri*, но хорошо отличается по морфологическим и молекулярным признакам.

■ Виды *E. franchetii*, *E. consanguinea*, *E. maculata*, *E. turkestanica*, *E. myrsinites* и *E. rosularis* приводятся как редкие для флоры Хорасанской провинции.

■ Микроморфологические признаки семян имеют большое значение для разграничения видов и секций рода *Euphorbia*: скульптура поверхности семян, их форма и размеры, а также

наличие карункулы являются важными признаками для разграничения видов рода. Разработан и предлагается определительный ключ видов рода *Euphorbia* Северо-восточного Ирана по микроморфологическим признакам семян.

■ Для видов рода *Euphorbia* установлены некоторые признаки анатомии листа, имеющие диагностическое значение. Например, наличие или отсутствие откладки проводящих пучков из плотно расположенных клеток мезофилла, количества слоев палисадной ткани и млечников.

■ Установлены хромосомные числа для 10 видов рода *Euphorbia*, при этом для 4 диплоидных видов они указываются впервые: *E. turczaninowii* Kar. & Kir. ($2n=2x=20$), *E. monostyla* Prokh. ($2n=20$), *E. densa* Schrenk. ($2n=20$), *E. aucheri* Boiss. ($2n=20$). Наиболее часто встречающимся основным хромосомным числом среди видов Северо-восточного Ирана является $x=10$. Большинство видов с этим основным числом хромосом имеют ограниченный ареал или являются эндемиками региона, например, *E. turczaninowii*, *E. spinidens*, *E. densa*, *E. bushei*, *E. monostyla*, *E. aucheri*, *E. marschalliana* Boiss. Вид *E. petiolata* является диплоидом с основным хромосомным числом $x=7$ ($2n=14$) и так же имеет довольно ограниченный ареал от Сирии до Туркмении. Вид *E. helioscopia* является гексаплоидом $2n=6x=42$ и имеет очень широкий ареал – Евразия, Северная Африка.

■ Согласно молекулярным исследованиям установлено, что *E. boissieriana* (Woron.) Prokh. является действительным видом, подтверждено его отличие от *E. virgata* Waldst. & Kit. Анализ данных молекулярных исследований ставит под сомнение наличие в Иране вида *E. deltobracteata*, для решения проблемы этого вида необходимы дополнительные исследования.

■ «Горячие точки» разнообразия секций рода *Euphorbia* в основном располагаются в центральной и северо-восточной частях Разави Хорасанской провинции, а разнообразия видов рода располагаются в основном на хребтах Биналуд и Гезар-Масъед Разави.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Nasseh, Y. & Joharchi M. R. 2004. New records and interesting taxa of Euphorbiaceae from Iran (Khorassan province) // Iran. J. Bot., 10 (2): 189-193.
2. Nasseh Y. & Joharchi M. 2005. A taxonomic revision on the genus of *Euphorbia* (Euphorbiaceae) in Iran // XVII International Botanical Congress, Vienna, Austria: 417.
3. Nasseh, Y., Joharchi M. R. & Zehzad B. 2006 Two new records of the genus *Euphorbia* (Euphorbiaceae) for the flora of Iran // Iran. J. Bot. 11 (2): 78-81.
4. Jaafari A. & Nasseh Y. 2008. Anatomical study on some of species of *Euphorbia* in Iran // Pajouhesh- va- Sazandegi, No. 77: 180-183.
5. Nasseh Y. & Joharchi M. 2008. A new record and interesting report of *Euphorbia* L. (Euphorbiaceae) from Iran // Iran. J. Bot., 14 (2): 112-116.
6. Jaafari A. & Nasseh Y. 2009. An internal structure investigation on *Euphorbia* L. species in North-East of Iran // Asian Journal of Plant Sciences 8 (1): 86-88.
7. Pakravan M., Sheidaei M., Ghazi-Birjandi M., Nasseh Y., Pahlavani A.H. 2009. A study of flower morphological characters in some of the species of the genus *Euphorbia* (Sect.

Tithymalus) in Iran // National Conference of Biology students, Shahrekord University, Iran, Shahrekord: 277.

8. Nasseh Y. 2013. Chromosome numbers of some Iranian species of the genus *Euphorbia* (Euphorbiaceae) // *Takhtajania*, 2: 116-117.
9. Nasseh Y. 2016. Floral anatomical studies in some of the species of *Euphorbia* L. in North-East of Iran // *Electronic Jour. of Natural Sciences*, 1 (26): 3-11.

***Euphorbia* ցեղի (Euphorbiaceae) կենսակարգաբանական և ֆիտոաշխարհագրական առանձնահատկությունները Հյուսիս-արևելյան Իրանում**

Յասամին Նասեհ

Ամփոփագիր

Աշխատանքը նվիրված է *Euphorbia* ցեղի ուսումնասիրությանը Հյուսիս-արևելյան Իրանում: *Euphorbia* կոսմոպոլիտ ցեղը ծաղկավոր բույսերի խոշորագույն ցեղերից մեկն է, որը ներառում է տարբեր կենսաձևերի պատկանող տեսակներ՝ միամյա խոտաբույսեր, գնդաձև սուկուլենտներ, թփեր և ծառեր, որոնք օժտված են բարձր հարմարողականությամբ էկոլոգիական տարբեր պայմանների նկատմամբ՝ անապատներից մինչև անտառներ: Ցեղի բոլոր տեսակներին բնորոշ է կաթնահյութի առկայությունը: Տեսակների մեծ մասն ունեն տնտեսական մեծ նշանակություն և օգտագործվում են բժշկության, սննդի արդյունաբերության մեջ: Շնորհիվ այն բանի, որ Իրանի ֆլորայում *Euphorbia* ցեղը հարուստ է ներկայացված և ունի տեսակների մեծ բազմազանություն, անհրաժեշտություն առաջացավ իրականացնել այդ ցեղի լայնածավալ՝ առաջին հերթին տաքսոնոմիական ուսումնասիրություն:

Կենսակարգաբանական հետազոտությունների արդյունքում տրվել են Հյուսիս-արևելյան Իրանում աճող *Euphorbia* ցեղի բոլոր տեսակների մորֆոլոգիական նկարագրությունները: Բույսերի մակրոմորֆոլոգիական և սերմերի միկրոմորֆոլոգիական հատկանիշների հիման վրա կազմվել են որոշիչ բանալիներ: Հավաքված բուսաաշխարհագրական տեղեկատվության հիման վրա DIVA-GIS ծրագրի օգնությամբ բոլոր տեսակների համար կազմվել են արեալների քարտեզներ: Բացահայտվել են դրանց աճելավայրերը և աշխարհագրական տարրերը:

Ուսումնասիրվել է Մաշհադի Ֆիրդուսու համալսարանի հերբարիումում (FUMH) և Խորասանի գյուղատնտեսության և բնական ռեսուրսների գիտական կենտրոնի հերբարիումում պահպանվող ավելի քան 750 հերբարիումային նմուշ, ինչպես նաև հետազոտվել են հեղինակի կողմից Հյուսիս-արևելյան Իրանի տարբեր կետերից հավաքված կենդանի բույսերը:

Համաձայն “Flora Iranica”-ի (Rechinger & Schiman-Czeika, 1963) Հյուսիս-արևելյան Իրանի համար նշված էր *Euphorbia* ցեղի 18 տեսակ, իսկ ժամանակակից տաքսոնոմիական հետազոտությունների արդյունքում հետազոտվող տարածքի համար բերվում է այդ ցեղի 30 տեսակ, որոնք պատկանում են երկու ենթատեսակների (*Esula* և *Chamaesyce*) և 11 բաժինների:

Կատարվել է *Euphorbia* ցեղի տեսակների ռիբոսոմալ ԴՆԹ-ի միջուկային հաջորդականության ֆիլոգենետիկական անալիզ, արդյունքում հաստատվեց *E. boissieriana* տեսակի գոյությունը և բացահատվեց դրա տարբերությունը *E. virgata* տեսակից, բացառվեց *E. deltobracteata* տեսակի առկայությունն Իրանի ֆլորայում:

Euphorbia ցեղի տեսակների տերևների անատոմիական ուսումնասիրությունների արդյունքում բացահայտվել են կառուցվածքային լուրջ տարբերություններ, որոնք օգտագործվել են տեսակների իդենտիֆիկացման համար: Լուսային մանրադիտակով հետազոտվել են Հյուսիս-արևելյան Իրանում աճող *Euphorbia* ցեղի 24 տեսակի տերևների լայնակի կտրվածքները: Ուսումնասիրվող տարածքի տարբեր շրջաններից հավաքած տեսակների տերևների անատոմիական կառուցվածքի տարբերությունները պայմանավորված են կլիմայական գործոնների (ջերմաստիճանի, տեղումների քանակի) ազդեցությամբ:

Կարիոլոգիական հետազոտությունների արդյունքում 10 տեսակի համար բացահայտվել են քրոմոսոմային թվերը, ընդ որում 4 տեսակի համար դրանք բերվում են առաջին անգամ:

Ներկայացվող աշխատանքի կարևորագույն արդյունքն է հանդիսանում այն փաստը, որ հետազոտվող տարածքում աճում է *Euphorbia* ցեղի 30 տեսակ (նախկինում բերվող 18-ի փոխարեն), երկու ենթացեղից և 11 բաժիններից: Հայտնաբերվել է գիտության համար *Euphorbia* ցեղի նոր տեսակ, որը մոտ է *E. aucheri* տեսակին, ինչը հաստատվել է մորֆոլոգիական և մոլեկուլյար հետազոտություններով: Հայտնաբերվել է նաև 3 նոր տեսակ Իրանի ֆլորայի և 7 նոր տեսակ Հյուսիս-արևելյան Իրանի համար:

**Biosystematics and phytogeographical studies on the
genus *Euphorbia* L. (Euphorbiaceae) in NE Iran**

Yasamin Naseh

Abstract

This study has focused on the genus of *Euphorbia* in NE Iran. The cosmopolitan genus *Euphorbia* is one of the largest plant genera with an extreme phenotypic plasticity ranging from annual plants to globose succulents, large shrubs and trees adapted to very divergent habitats such as forests or deserts. *Euphorbia* characterizes with milky sap or latex. Many species are of considerable economic importance and use in medicinal, rubber and nutrition industries. Many species are used as food. Some species have been used in folk medicine for centuries.

Many *Euphorbia* species contain a poisonous milky-latex sap that is suggested to have a protective and defensive role in helping heal wounds and in deterring potential plant-eaters. Many are grown as ornamental plants, but a number of plants of this genus are poisonous or cancerous or weeds. Since there are many plants of this genus in our country and due to their uses in different industries and their different effects on human and non-human life their taxonomic study is necessary.

Taxonomic studies were carried out, and there were provided descriptions and identification keys for *Euphorbia* species in NE Iran according to plant morphological and seed micromorphological features, as well as phytogeographical information and distribution maps.

More than 750 herbarium specimens existed in Ferdowsi University of Mashhad, Herbarium (FUMH) and Herbarium of Khorassan Research Center of Agricultural and Natural Resources and also living specimens collected from different parts NE Iran were studied.

According to "Flora Iranica" (Rechinger & Schiman-Czeika, 1963) 18 species of *Euphorbia* have been reported from NE Iran, but in recent systematic studies based on morphological characters and by using different references especially the last recent works (Naseh & al. 2004, 2005, 2006; Phalevani & al. 2007, 2009) we report 30 species from studied area. These species are classified within different sections belong to subgenera *Esula* and *Chamaesyce*.

Identification keys and descriptions have been written for *Euphorbia* species in NE Iran based on plant morphological and seed micromorphological features. Furthermore Phytogeography information have been obtained based on herbarium collection of *Euphorbia*. Distribution maps were provided according to existed information by using DIVA-GIS. Furthermore localities and chorotype for the whole species in this area have been prepared. Also plant and seed pictures have been prepared for the whole species in studied area.

We performed phylogenetic analysis of sequence data from the nuclear ribosomal ITS region. Our analysis following the last work performed by Riina & al.(2013) in addition to verify their conclusion, revealed and provided some evidences to resolve problems among the species in NE Iran. In this study we analyzed our findings according to recent molecular phylogenetic studies.

The potential application of foliar anatomy was evaluated as an instrument to identify *Euphorbia* species. The purpose of the present study was to investigate the leaf anatomical properties of *Euphorbia* and to evaluate their systematic importance. Internal foliar traits of 24 species *Euphorbia* species were studied by optical microscope. For comparative anatomy studying, cross sections from leaf blade of species were prepared. Significant differences in leaf anatomy among *Euphorbia* species in different regions revealed relationships between leaf features and the effects of climatic factors including temperature and precipitation on leaf structure. Some of the anatomical characteristics observed in this study indicated a number of interesting and notable features, with some characters which could be of taxonomic and diagnostic values.

Karyological studies on *Euphorbia* species growing in NE Iran were done. The chromosome numbers were presented for 10 species out 30 typical to that region, for 4 species they are provided in the first time.