

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДОВ SER. SETACEAE РОДА ACHILLEA L. (ASTERACEAE) ФЛОРЫ КАЗАХСТАНА

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE SPECIES OF SER. SETACEAE OF THE GENUS ACHILLEA L. (ASTERACEAE) OF THE FLORA OF KAZAKHSTAN

Yu. Kulemin
A. Kuprijanov

Summary. Species of the genus *Achillea* L. have high polymorphism, as well as weak differentiation in most diagnostic morphological characters. Of particular difficulty are the most similar species *A. setacea* Waldst. et Kit., *A. tianschanica* Kupr. et Kulemin, *A. karatavica* R. Kam., *A. stepposa* Klok. et Krytzka, *A. × kasakhstanica* Kupr. et Alibekov included in ser. *Setaceae* sect. *Millefolium* (Mill.) Koch of the genus *Achillea* L. To distinguish them, molecular genetic methods based on the use of ISSR primers were used. Computer analysis of DNA molecular genetic polymorphism showed a high degree of isolation of the species *A. karatavica*, *A. stepposa*, *A. × kasakhstanica* and insufficient isolation of *A. setacea* and *A. tianschanica*.

Keywords: flora of Kazakhstan, *Achillea setacea*, *Achillea tianschanica*, *Achillea karatavica*, *Achillea stepposa*, *Achillea × kasakhstanica*, molecular genetic methods.

Род *Achillea* L. содержит около 150 видов, произрастающих в странах северного полушария; наиболее многочисленны в странах Европы, Средней Азии, в Северной Америке [1–3].

Во «Флоре Казахстана» [4] род *Achillea* насчитывает 7 видов: *A. asiatica* Serg., *A. biebersteinii* Afan., *A. filipendulina* Lam., *A. micrantha* Willd., *A. millefolium* L., *A. nobilis* L., *A. setacea* Waldst. et Kit. К секции *Millefolium* (Mill.) Koch, ser. *Setaceae* Klok. et Krytzka отнесен один вид *A. setacea*. С момента выхода «Флоры Казахстана» из этой серии описаны *A. karatavica* Kam., *A. × kasakhstanica* Kupr. et Alibekov, *A. tianschanica* Kupr. et Kulemin; найдена на территории Казахстана *A. stepposa* Klok. et Krytzka [5–8] (рис. 1).

Основной сложностью диагностики видов рода *Achillea* L. является высокая полиморфность и способность к гибридизации [9, 10]. К одним из сложно диагностируемым видам, относится виды, входящие в секцию *Millefolium* (Mill.) Koch, ser. *Setaceae* Klok. et

Кулемин Юрий Евгеньевич

Мл. научн. сотр. «Кузбасский ботанический сад»
Федерального исследовательского центра угля
и углехимии СО РАН г. Кемерово
kulemin_y@mail.ru

Куприянов Андрей Николаевич

Д-р биол. наук, профессор, «Кузбасский
ботанический сад» Федерального исследовательского
центра угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово
kupr-42@yandex.ru

Аннотация. Виды рода *Achillea* L., обладают высокой полиморфностью, а также слабой разграниченностью по большинству диагностических морфологических признаков. Особую сложность доставляют наиболее схожие между собой виды *A. setacea* Waldst. et Kit., *A. tianschanica* Kupr. et Kulemin, *A. karatavica* R. Kam., *A. stepposa* Klok. et Krytzka, *A. × kasakhstanica* Kupr. et Alibekov входящие в ser. *Setaceae* sect. *Millefolium* (Mill.) Koch рода *Achillea* L. Для их разграничения были применены молекулярно-генетические методы, основанные на использовании ISSR-праймеров. Компьютерный анализ молекулярно-генетического полиморфизма ДНК показал высокую степень обособленности видов *A. karatavica*, *A. stepposa*, *A. × kasakhstanica* и недостаточную обособленность *A. setacea* и *A. tianschanica*.

Ключевые слова: флора Казахстана, *Achillea setacea*, *Achillea tianschanica*, *Achillea karatavica*, *Achillea stepposa*, *Achillea × kasakhstanica*, молекулярно-генетические методы.

Krytzka (*A. setacea*, *A. tianschanica*, *A. karatavica*, *A. stepposa*, *A. × kasakhstanica*). Классические методы систематики, такие как, морфология листа, форма листовой пластинки, степень опушения, характер окончания листа и форма сегментов не всегда могут точно идентифицировать вид.

Исходя из вышеизложенного целью данного исследования, является, использование молекулярно-генетического метода, основанного на применении ISSR праймеров, который позволяет более точно разграничить наиболее сходные по морфологическим признакам виды, входящие в секцию *Millefolium* (Mill.) Koch, ser. *Setaceae* Klok. et Krytzka рода *Achillea* L.

Объекты и методы исследования

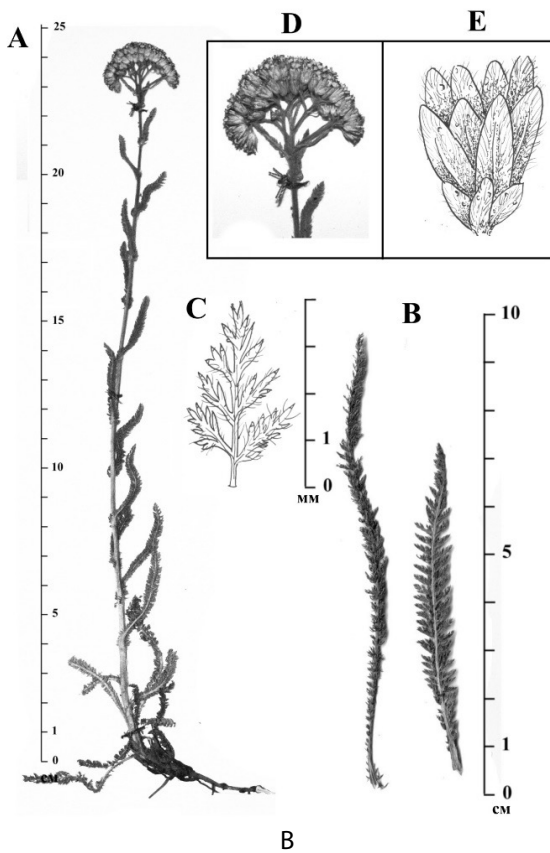
Для работы были отобраны 28 образцов нижних стеблевых листьев видов *A. setacea*, *A. tianschanica*, *A. karatavica*, *A. stepposa*, *A. × kasakhstanica* гербарного



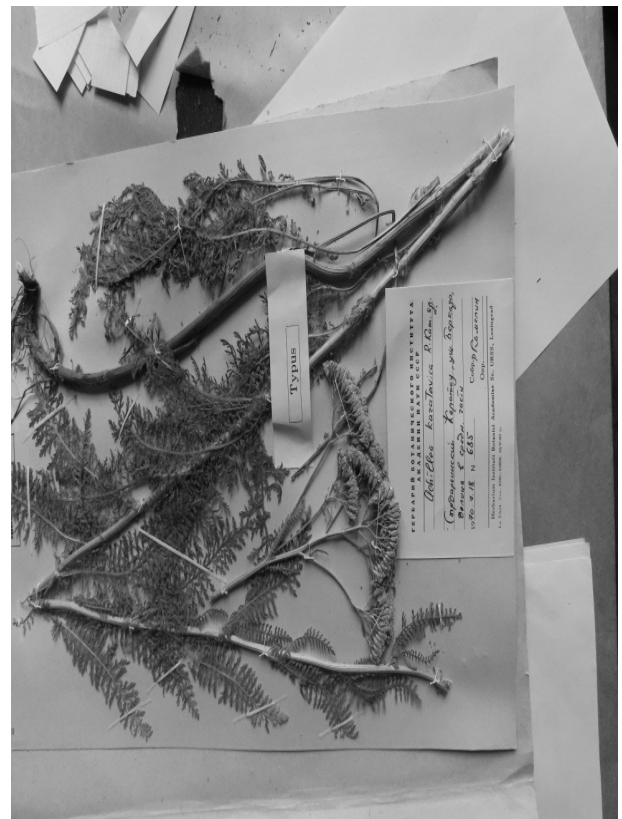
А



Б



В



Б

Рис. 1. Виды рода *A. setaceae*: А — *A. setacea* Waldst. et Kit., Б — *A. tianschanica* Kupr. et Kulemin, В — *A. × kasakhstanica* Kupr. et Alibekov, Г — *A. karatavica* R. Kam.

Таблица 1. Характеристика места сбора образцов

№ образцов	Нахождение образцов
<i>A. setacea</i> Waldst. & Kit.	
30	Казахстан, Туркестанская (Южно-Казахстанская) обл., терр. Сырдарья-Туркестанского природного парка, горы Боралдайтау, окр. с. Актас, ур. Акбастау, «Боролдайские ворота», долина реки Боролдай, 42.87100°с.ш. 70.07166 в.д. 696 м над у.м. 08.07.2019.
54	Казахстан, Туркестанская (Южно-Казахстанская) обл., терр. Сырдарья-Туркестанского природного парка, долина р.Ортау-Сунга, окр.с.Шукаршак, 42.96740°с.ш. 70.14327° в.д., 836 м над у.м. 21.05.2018.
55	Казахстан, Карагандинская область, Каркаралинский р-он, горы Каркаралы, урочище Шанкоз, каменистые склоны, осинник. 27.07.2013.
153	Казахстан, Северо-Казахстанская область, Тайыншинский р-он, окр. с.Зеленой Гай, залежь. 24.06.2014.
151	Казахстан, Акмолинская обл, окр. пос. Шортанды, отд. Западное, разнотравно-злаковая степь, на темно-каштановой почве. 26.06.1992.
<i>A. tianschanica</i> Kupr. et Kulemin	
7, 10	Казахстан, Боролдайские ворота, окр. н/ж п. Акбастау, родник Шымбулак, 42.83487°с.ш., 070.05089°в.д. 1215 м над у.м. 18.09.2019
8, 9	Казахстан, Туркестанская (Южно-Казахстанская) обл., терр. Сайрам-Угамского нац. парка, возле дороги. 42.16748°с.ш., 070.37968°в.д. 1682 м над у.м. 16.09.2019.
12	Казахстан, Туркестанская (Южно-Казахстан. Обл), Сырдарья-Туркестанский парк, долина р. Боролдай, Боролдайские ворота, фриганоиды. 1600 м над у.м. 07.07.2019.
32	Южно-Казахстанская обл., терр. Сайрам-Угамского нац.парка можжевельовый лес, долина р. Сайрамсу, 42°15025´с.ш. 70°41113´ в.д., 1869 м над у.м. 28.06.2019.
33	Южно-Казахстанская обл., терр. Сайрам-Угамского нац. парка берег р.Сайрамсу, 42°15403´с.ш. 70°40582´ в.д., 1786 м над у.м. 26.06.2019.
34	Южно-Казахстанская обл., терр. Сайрам-Угамского нац. парка, зарастающий галечник по правому притоку Сайрамсу. 42°12044´с.ш. 70°42908´ в.д., 2344 м над у.м. 03.06.2019.
35	Южно-Казахстанская обл., терр. Сайрам-Угамского нац.парка, горелый лес, 1857 м над у.м., 42°14382´с.ш. 70°41009´ в.д., 07.07.2019.
<i>A x kasakhstanica</i> Kupr. et Alibekov	
216	Оренбургская область, 15 км на В от г. Калачинска, остепненный луг, 28.08.21
218	Челябинская область, окр. пос. Тимирязевского, опушка березового леса 24.08.21
251, 252	Казахстан, Карагандинская область, Нуринский р-он, сопки Амантау, окр. пос. Амантаусский, природниковый луг. 29.06.2013
<i>Achillea karatavica</i> R. Kam.	
27, 38–42	Южно-Казахстанская (Туркестанская) область, территория Сырдарья-Туркестанского природного парка, гор. Боралдайтау, окр. с.Актас, ур.Акбастау, берег реки Боролдай. Н=696 м н.у.м. 08.07.2019
<i>A. stepposa</i> Klok.	
64–66	ВКО, окр.с Казнаковка, разбитые пески. 23.06.2002

материала хранящиеся в гербарии Кузбасского ботанического сада (KUZ). (табл. 1).

Для выявления полиморфизма ДНК рода *Achillea* был произведен выбор наиболее информативных ISSR-праймеров производства компании «СИНТОЛ», Москва. Для этого было протестировано 32 ISSR-праймера, из которых пять показали наилучшие результаты для дальнейшего анализа (табл. 2).

Продукты амплификации разделяли в 1,5% агарозном геле и 0,5 М ТАЕ-буфере в присутствии бромистого

этидия при 80 В в течение 2,0 часов в горизонтальной электрофорезной камере Sub Cell GTSystem (Bio-Rad, США). После электрофореза гели были сфотографированы в системе гель-документации Gel-Doc XR (Bio-Rad, США) [11]. Для компьютерной обработки полученные результаты были представлены в виде матрицы бинарных данных. ISSR-профили анализировали по наличию (1) или отсутствию (0) полос на геле. Компьютерный анализ молекулярно-генетического полиморфизма ДНК проведен с помощью компьютерных программ PAST 4.08. Для построения филогенетических деревьев на основе данных фрагментного анализа использовали UPGMA-метод [12].

Таблица 2. Характеристика праймеров, использованных в ISSR-PCR

Название	Последовательность (5'→3')	Кол-во амплифицированных фрагментов
17898A	(CA) ₆ AC	10
17898B	(CA) ₆ GT	9
17899A	(CA) ₆ AG	7
17899B	(CA) ₆ GG	8
HB 12	(CAC) ₃ GC	11

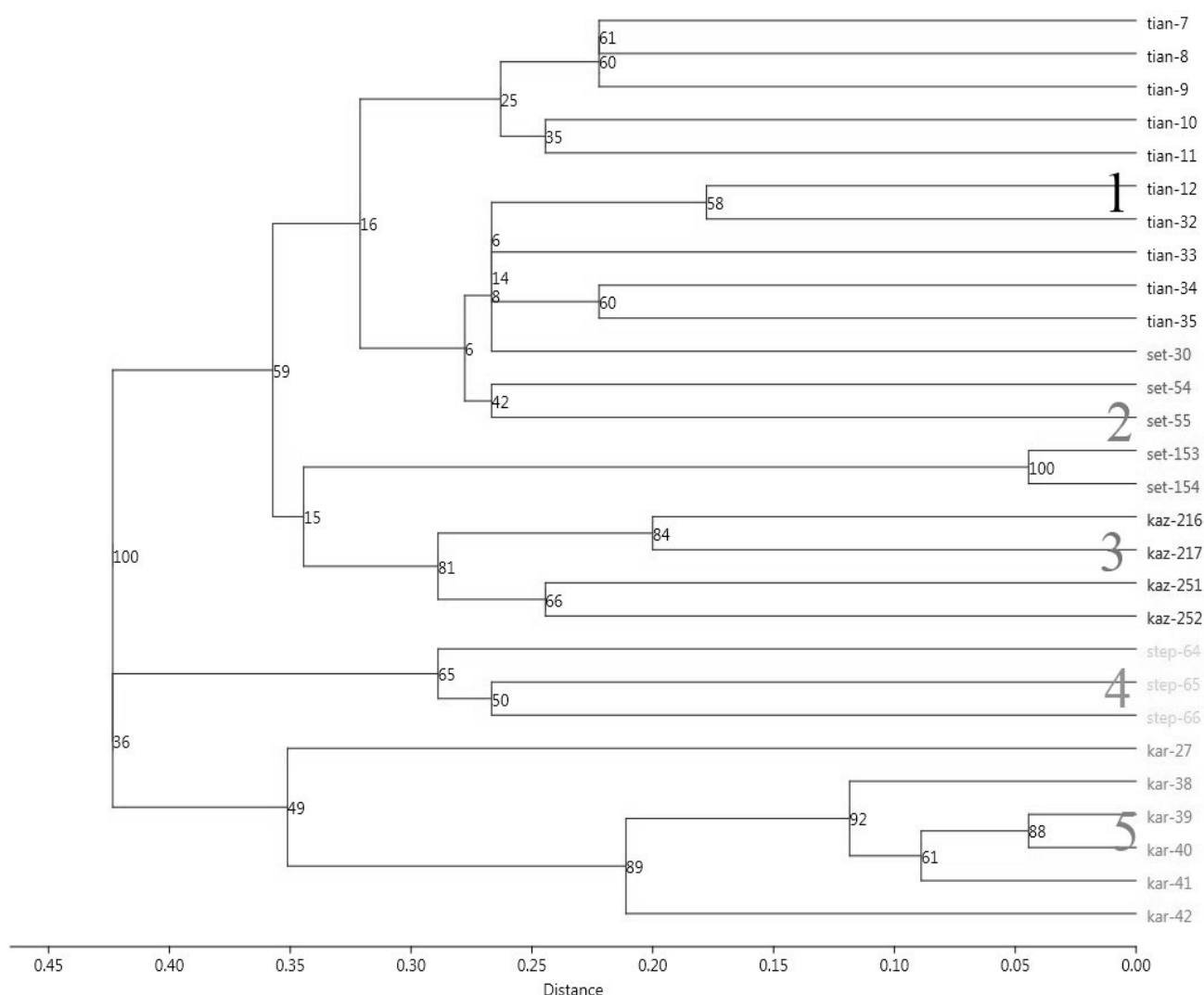


Рис. 2. UPGMA дендрограмма построенная на основе ISSR данных для видов: 1. *A. tianschanica*, 2. *A. setacea*, 3. *A. × kasakhstanica*, 4. *A. stepposa*, 5. *A. karatavica*, с использованием коэффициента Gower.

Результаты и обсуждения

Для установления филогенетических взаимоотношений была построена дендрограмма между видами ser. *Setaceae* Klok. et Krytzka (рис. 2).

Кластерный анализ (UPGMA) выявил несколько основных групп. В первую группу вошли образцы *A. tianschanica*, во вторую *A. setacea*, третью *A. × kasakhstanica*, четвертую и пятую составили *A. stepposa* и *A. karatavica*. Все группы между собой хорошо отличимы и располагаются в разных кладах. Исключение составляют *A. tianschanica* и *A. setacea*. Они имеют одну общую кладу, поскольку данные виды

являются более близкими по морфологическим признакам. Ранее *A. tianschanica* во флоре Казахстана, Узбекистана и Киргизии тестировалась как *A. millefolium* (образцы собранные до середины XX века) или как *A. setaceae*.

Секция *Millefolium* (Mill.) Koch, ser. *Setaceae* Klok. et Krytzka рода *Achillea* L. во флоре Казахстана состоит из *A. setacea*, *A. tianschanica*, *A. karatavica*, *A. stepposa*. К этим видам следует добавить *A. × kasakhstanica*, который является гибридом *A. setacea* и *A. asiatica* Serg. Использование молекулярно-генетических методов позволяет решить такие проблемы, в которых требуется более точная идентификация видов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цвелев Н.Н. *Achillea* L. // Флора европейской части СССР. СПб.: Наука, 1994. Т. 7. С. 117–12
2. Anderberg A.A., Baldwin B.G., Bayer R.G. [et al.]. *Compositae* // The families and genera of vascular plants. Vol. VIII. Flowering plants. Eudicots. Asterales. — edited by K. Kubitzki; volume editors J.W. Kadereit and C. Jeffrey. Berlin: Springer, 2007. P. 61–588.
3. Ehrendorfer F., Guo Y.P. Changes in the circumscription of the genus *Achillea* (Compositae-Anthemideae) and its subdivision // *Willdenowia* 35 (1). 2005. P. 49–54.
4. Оразова А. *Achillea* L. // Флора Казахстана. Алма-Ата: Изд-во Наука КазССР. 1966. Т. 9. С. 9–17.
5. Куприянов А.Н. Новый вид для Казахстана — *Achillea stepposa* Klok. et Krytzka // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. Т. 18. 2012. С. 3–4.
6. Куприянов А.Н., Кулемин Ю.Е. *Achillea tianschanica* Kupr. et Kulemin — новый вид из Западного Тянь-Шаня и Сырдарьинского Каратау (Казахстан) // Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета. 2020. № 122. С. 3–13. <https://doi.org/10.17223/20764103.123.1>
7. Куприянов А.Н., Алибеков *Achillea × kasakhstanica* (Asteraceae) новый вид из Казахского мелкосопочника. Ботанический журнал. 2019. Т. 104, № 1. С. 155–158. DOI: 10.1134/S0006813619010071
8. Камелин Р.В., Ковалевская С.С. Род *Achillea* L. // Определитель растений Средней Азии 1993. Т. 10. Ташкент: ФАН. С. 520–525.
9. Сытник К.М., Андрощук А.Ф., Клоков М.В. Тысячелистники Киев: Наукова Думка. 1984. 271 с.
10. Danihelka J. *Achillea setacea* in the Czech Republic, with taxonomic remarks // *Preslia*. 2001. 73. P. 97–120.
11. Rohlf F.J. NTSYS-рс. Numerical taxonomy and multivariate analysis systems // Exeter Software, Applied Biostatistics. New York. 1992. 225 p.
12. Miller M.P. Tools for population genetic analyses (TFPGA) 1.3: A Windows program for the analysis of allozyme and molecular population genetic data. Computer software distributed by author. 1997.

© Кулемин Юрий Евгеньевич (kulemin_y@mail.ru), Куприянов Андрей Николаевич (kupr-42@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»