



<https://tbj.ui.ac.ir/?lang=en>

Taxonomy and Biosystematics

E-ISSN: 2322-2190

Document Type: Research Paper

Vol. 15, Issue 2, No. 55, (2023), P: 79-88

Received: 22/11/2023 Accepted: 22/01/2024

Chromosome Count and Karyotype Analysis of Six Brassicaceae Species in Iran

Azadeh Akhavan Roofigar * 

Assistant Professor, Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran
a.akhavan@areeo.ac.ir

Fereshteh Asadi-Corom

PhD, Department of Biotechnology, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Tehran, Iran
asadi201058@yahoo.com

Adel Jalili

Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, AREEO, Tehran, Iran
a.jalili@areeo.ac.ir

Abstract

In the present study, chromosomal data are presented for six species representing five genera within the Brassicaceae family including *Odontarrhena lanigera* (DC.) Španiel, Al-Shehbaz, D.A. German & Marhold (= *Alyssum lanigerum* DC.) $2n=16$, *Aubrieta parviflora* Boiss. $2n=16$, *Matthiola flava* Boiss. $2n=12$, (= *Matthiola ovatifolia* Bél.) *M. tomentosa* (Boiss.) Boiss. $2n=12$, *Sisymbrium erylloides* Des. $2n=14$ and *Sterigmotemum longistylum* (Boiss.) Kuntze $2n=14$. Two of the studied species (*Matthiola flava* and *Sterigmotemum longistylum*) are reported for the first time, while the chromosomal data for the remaining species are consistent with previous findings. These species exhibit a basic chromosome number of $x=6$, 7, or 8. Karyotypic analyses were also conducted in the existing samples and idiogram was drawn for them. The shortest chromosomes belong to *Odontarrhena lanigera* ($2n=16$) and the longest chromosomes were observed in *Matthiola flava* ($2n=12$) species.

Key words: Cruciferae, Chromosome number, Karyotype, Ideograms, Iran.

Introduction

Brassicaceae is a diverse group of flowering plants recognized for their economic, ecological, and evolutionary importance. This family encompasses a wide array of species, each exhibiting varied chromosome numbers and karyotypic characteristics. Understanding the chromosomal counts and karyotypic features of different Brassicaceae taxa is important for clarifying their genetic diversity, evolution, and potential applications in agriculture and conservation. Iran, with its varied ecological conditions, hosts an impressive diversity of Brassicaceae species. Within Iran, this family comprises approximately 100 genera and over 359 species, with a remarkable 53 species endemic to the country. This taxonomic diversity and endemism underscore the

*Corresponding author

Akhavan Roofigar, A., Asadi-Corom, F., Jalili, A. (2023). Chromosome Count and Karyotype Analysis of Six Brassicaceae Species in Iran, 15 (2), 79-88.



2322-2190 © The Author(s). Published by University of Isfahan

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>).



<http://dx.doi.org/10.22108/TBJ.2024.139872.1247>

region's significance in terms of plant biodiversity within the Brassicaceae family. The present research aims to conduct a comprehensive study of six Brassicaceae species in Iran, focusing on their chromosomal counts and karyotypic features. The goal of this study is to achieve chromosomal counting for several Brassicaceae species in Iran, identify two previously unreported species, and produce ideograms to demonstrate their karyotypes.

Materials and Methods

In this study, karyotype analysis was conducted on mitotic metaphase chromosomes using the squash technique. To prepare the chromosomes for analysis, root tips were treated with a 0.01% aqueous colchicine solution for 2 hours at room temperature, followed by 14 hours at 4 °C. Subsequently, the root tips were fixed using Carnoy's solution, a mixture of glacial acetic acid and ethanol, and then preserved in 70% ethanol. For enhanced chromosome visualization, the materials underwent hydrolysis in 1 N HCl for 10 minutes at 60 °C, followed by staining in 2% aceto-orcein for 3 hours. After staining, the roots were gently squashed in 45% acetic acid, and the best metaphase plates were selected for imaging. For karyotype analysis, the chromosomes were sorted by length, and chromosome pairs were arranged following the Levan classification. Ideograms were constructed for all species, and karyotype asymmetry parameters, including TF%, AR, As K%, and Syi, were comprehensively assessed.

Research Findings

For the first time, we report the chromosome numbers for two species, namely *Matthiola flavida* and *Sterigmostemum longistylum*. Chromosome numbers for the other four species (*Odontarrhena lanigera* = *Alyssum lanigerum*, *Aubrieta parviflora*, *Matthiola tomentosa* = *M. ovatifolia*, and *Sisymbrium erysimoides*) have been previously documented.

A karyological analysis of *Odontarrhena lanigera* (DC.) Španiel, Al-Shehbaz, D.A.German & Marhold (= *Alyssum lanigerum* DC.) revealed a diploid chromosome number of $2n=2x=16$, with seven metacentric and one submetacentric chromosome. Compared to other studied species, this species' chromosomes were the shortest in length. Additionally, it exhibited the highest TF% (0.44) and Syi% value (0.77), while having the lowest S% (44%) and Ask% value (0.55) among all the investigated species. The results of this study confirmed a diploid chromosome number of $2n=2x=16$ for *Aubrieta parviflora* Boiss., consistent with earlier reports on the somatic chromosome number. The karyotype of this species consisted of six metacentric and two submetacentric chromosomes.

Discussion of Results and Conclusions

In *Matthiola flavida* Boiss., our analysis indicated a chromosome count of $2n=2x=12$ and a karyotypic formula of $4m+1sm+1st$. This is the first reported chromosome count for *M. flavida*, providing valuable insights into the cytology of this species. *Matthiola tomentosa* Bél. (= *Matthiola ovatifolia* (Boiss.) Boiss.) is diploid with a chromosome count of $2n=2x=12$. The karyotype consists of metacentric and subtelocentric chromosomes, with a formula of $4m+2st$. This finding aligns with previous reports. Notably, it exhibited the lowest TF% (0.34) and Syi% value (0.51), while having the highest S% (55%) and Ask% value (0.65) among the studied species. *Sisymbrium erysimoides* Desf. is a diploid species with a chromosome count of $2n=2x=14$, this species had six pairs of metacentric and one pair of submetacentric chromosomes, consistent with earlier findings. *Sterigmostemum longistylum* (Boiss.) Kuntze. was identified as diploid with a chromosome count of $2n=2x=14$, and a karyotypic formula of $3m+4sm$. This is the first report of both the chromosome number and karyotype details for this species. To conclude, this study presents the first reported chromosome counts for *Matthiola flavida* and *Sterigmostemum longistylum*, while confirming and detailing the chromosomal numbers and karyotypic features for several Brassicaceae species in Iran.

بررسی عدد کروموزومی و تحلیل کاریوتایی شش گونه از خانواده Brassicaceae (شب بو) در ایران

آزاده اخوان روفیگر* ، استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

a.akhavan@areeo.ac.ir

فرشته اسدی کروم، دکترای تخصصی، محقق بخش تحقیقات بیوتکنولوژی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

کشاورزی، تهران، ایران

asadi201058@yahoo.com

عادل جلیلی، استاد پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

a.jalili@areeo.ac.ir

چکیده

در این مطالعه، داده‌های کروموزومی برای شش گونه از پنج جنس مختلف خانواده Brassicaceae (شب بو) شامل *Odontarrhena lanigera* (DC.) Španiel, Al-Shehbaz, D.A.German & Marhold (= *Alyssum lanigerum* (Matthiola ovatifolia 2n=12 Matthiola flava Boiss. 2n=16 Aubrieta parviflora Boiss. 2n=16 DC.) *Sterigmotemum* و 2n=14 *Sisymbrium erysimoides* Des. 2n=12 Bél. (=) *M. tomentosa* (Boiss.) Boiss. 2n=14 *longistylum* (Boiss.) Kuntze ارائه شده‌اند. از بین این گونه‌ها، دو گونه *Matthiola flava* و *Sterigmotemum longistylum* برای اولین بار گزارش شده‌اند؛ درحالی‌که داده‌های کروموزومی سایر گونه‌ها با یافته‌های قبلی همخوانی داشته‌اند. عدد پایه کروموزومی در گونه‌های مطالعه‌شده $x=6,7,8$ هستند. تجزیه و تحلیل کاریوتایی در نمونه‌های موجود انجام گرفت و ایدیوگرام نیز برای آنها رسم شد. کوتاه‌ترین کروموزوم‌ها متعلق به گونه *Odontarrhena lanigera* با عدد کروموزومی 2n=16 و بلندترین کروموزوم‌ها در گونه *Matthiola flava* با عدد کروموزومی 2n=12 مشاهده شدند.

واژه‌های کلیدی: شب بو، شمارش کروموزومی، کاریوتایپ، ایدیوگرام، ایران.

مقدمه

خانواده Brassicaceae (Cruciferae) یا شب بو، تعدادی از گیاهان گلدار هستند که به دلیل اهمیت اقتصادی، اکولوژیکی و تکاملی شناخته شده‌اند. این خانواده شامل طیف گسترده‌ای از گونه‌ها با عدد کروموزومی مختلف و

* مسئول مکاتبات

اخوان روفیگر، آزاده، اسدی کروم، فرشته، جلیلی، عادل (۱۴۰۲). بررسی عدد کروموزومی و تحلیل کاریوتایی شش گونه از خانواده Brassicaceae (شب بو) در ایران. تاکسونومی و بیوسیستماتیک ۱۵(۵۵)، ۷۹-۸۸.



ویژگی‌های کاربوتایی متفاوت است. شناخت تعداد کروموزوم‌ها و ویژگی‌های کاربوتایی گونه‌های مختلف خانواده Brassicaceae برای روشن شدن تنوع ژنتیکی، تکامل و کاربردهای بالقوه آنها در علوم کشاورزی و بحث حفاظت بسیار با اهمیت است. ایران با شرایط اکولوژیکی متنوع خود میزبان تنوع چشمگیری از گونه‌های مربوط به خانواده Brassicaceae است. این گونه‌ها با طیف وسیعی از شرایط محیطی سازگار شده‌اند. خانواده Brassicaceae در ایران تقریباً دارای ۱۰۰ جنس و بیش از ۳۵۹ گونه است که ۵۳ گونه انحصاری کشور است (Mirzadeh Vaghefi and Mahmoudi, 2022; Assadi, 2017). این تنوع در تعداد گونه‌های بومی در خانواده Brassicaceae، اهمیت ایران را از نظر تنوع زیستی برجسته می‌کند. مطالعات سیتولوژیکی متعددی روی گونه‌های جنس‌های مختلف خانواده Brassicaceae انجام شده‌اند که ویژگی‌های کروموزومی گونه‌های مختلف این خانواده را روشن می‌کند؛ از جمله Sheidai and Sonboli (2011) عدد کروموزومی $2n=2x=14$ را برای چهار گونه *Sterigmostemum* شامل *St. sulphureum* (Banks & Sol.) Bornm، *St. incanum* M.Bieb، *St. ramosissimum* (O.E.Schulz) Rech.f و *St. acanthocarpum* (Fisch. & C.A.Mey.) Kuntze گزارش کردند. علاوه بر این، Martin et al. (2016) آنالیز کاربوتاییپ برای ۱۲ گونه از جنس *Matthiola* در ترکیه را انجام و عدد کروموزومی $2n=14$ را نشان دادند. همچنین گفتنی است مطالعات سیتولوژی تکمیلی مربوط به گونه‌های متعلق به خانواده Brassicaceae در ایران انجام شده‌اند که به Maassoumi (1980)، Khosravi and Maassoumi (1998)، Ghaffari (2008)، Keshavarzi et al. (2014)، Ghaffari (2020) و Shariat et al. (2021) اشاره کرد که براساس منابع موجود عدد کروموزومی $2n=12-64$ برای جنس‌های مختلف این خانواده گزارش شده است. هدف از این مطالعه، دستیابی به عدد کروموزومی و ویژگی‌های کاربوتایی شش گونه از خانواده Brassicaceae در ایران و رسم ایدیوگرام برای آنها است. تنها گونه *Sterigmostemum longistylum* انحصاری ایران است و عدد کروموزومی برای آن در این مطالعه برای اولین بار گزارش می‌شود. این مطالعه در قالب طرح ملی تعیین عدد کروموزومی و سطح پلوئیدی گونه‌های گیاهی فلور ایران انجام شده که هدف از این طرح ملی تعیین عدد کروموزومی گونه‌های گیاهی مختلف و غنی‌سازی اطلاعات پایگاه داده‌های ایندکس کروموزومی فلور ایران است.

مواد و روش‌ها

انتخاب گونه‌ها براساس فهرست بذری است که بانک ژن مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور به‌منظور انجام طرح تعیین عدد کروموزومی و سطح پلوئیدی گونه‌های گیاهی فلور ایران ارائه کرده است. از بین آنها گونه‌های مربوط به خانواده Brassicaceae انتخاب شدند و براساس تعداد جمعیت در دسترس، مطالعه صورت گرفت. گونه‌های مطالعه‌شده *Matthiola*، *Matthiola flava*، *Aubrieta parviflora*، *Odontarrhena lanigera* (= *Alyssum lanigerum*) و *Sisymbrium erysimoides* (= *Matthiola ovatifolia*) هستند.

به‌منظور مطالعات سیتولوژی در این گونه‌ها از مرحله میتوز در سلول‌های مریستم نوک ریشه استفاده شد. در این پژوهش، بذرها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد درون پتری‌دیش جوانه زدند. سپس نوک ریشه ابتدا به مدت ۲ ساعت در

دمای اتاق و سپس ۱۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی گراد درون محلول ۰/۰۱ درصد کلشی سین به عنوان پیش تیمار قرار گرفت. پس از شستشوی نمونه‌ها، نوک ریشه با استفاده از مخلوطی از اسید استیک و اتانول، تثبیت و سپس در اتانول ۷۰ درصد نگهداری شد. سپس نمونه‌ها با HCl 1 N به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد، هیدرولیز و پس از شستشو در استوار سین ۲ درصد به مدت ۳ ساعت رنگ آمیزی شدند. پس از رنگ آمیزی، ریشه‌ها در اسید استیک ۴۵ درصد له شدند و تصویر بهترین صفحات متافازی با استفاده از میکروسکوپ (Olympus BX40) با عدسی ۱۰۰ تهبه شد. برای اندازه گیری کروموزوم‌ها از نرم افزار Digimizer 5.4.9 استفاده شد. به منظور تجزیه و تحلیل کاریوتایپ، کروموزوم‌ها براساس طول، طبقه بندی و جفت کروموزوم‌ها براساس طبقه بندی (Levan, 1964) مرتب شدند. برای دسته بندی کاریوتایپ از روش دو طرفه (Stebbins, 1971) استفاده شده است. ایدیوگرام‌ها برای همه گونه‌ها رسم شدند و پارامترهای عدم تقارن کاریوتایپ، از جمله درصد شکل کلی یا TF% (Huziwar, 1962)، نسبت بازوها (AR)، درصد شاخص عدم تقارن کاریوتایپ (As K%) (Arano, 1963) و شاخص تقارن کاریوتایپ (Syi) (Greilhuber and Syi, 1976) ارزیابی شدند.

نتایج و بحث

در این پژوهش برای اولین بار، عدد کروموزومی دو گونه *Matthiola flavida* و *Sterigmostemum longistylum* تعیین شد و عدد کروموزومی چهار گونه دیگر (*Aubrieta parviflora*, *Odontarrhena lanigera* = *Alyssum lanigerum*) قبلاً گزارش شده است که نتایج گزارش شده در مطالعات قبلی در این مطالعه نیز تأیید شده‌اند (Küpfer, 1980; Aryavand, 1975; Khatoon and Ali, 1993; Cartier, 1983; Maassoumi, 1980; DíazLifante et al., 1992; Jonsell, 1976). فاکتورهای کاریوتایی مطالعه شده درباره تمام گونه‌ها در جدول ۱ ارائه شده‌اند و جزئیات مربوط به هریک از گونه‌ها نیز در ادامه به تفصیل بحث شده است.

Odontarrhena lanigera (DC.) Španiel, Al-Shehbaz, D.A.German & Marhold (= *Alyssum lanigerum* DC.): $2n=16$

این گونه در افغانستان، عراق و ایران پراکنش دارد (POWO, 2023). نمونه مطالعه شده از این گونه متعلق به استان زنجان، ماهنشان، ارتفاع ۲۱۸۰ متر است. مختصات جغرافیایی نقطه جمع آوری $N: 36^{\circ}, 48', 01''$; $E: 47^{\circ}, 26', 17''$ و کد بانک ژن بذر مربوط به آن ۴۷۰۰۹ است.

تجزیه و تحلیل کروموزومی این گونه انجام شد و عدد کروموزومی $2n=2x=16$ و عدد پایه کروموزومی $x=8$ برای آن به دست آمد که این یافته نشان دهنده نتایج تحقیق قبلی (Aryavand, 1983) است که مربوط به جمعیت چهارمحال و بختیاری، زرد کوه است. این گونه دارای هفت جفت کروموزوم متاسانتریک و یک جفت کروموزوم ساب متاسانتریک ($7m+1sm$) است و از نظر تقارن در کلاس 2B قرار می گیرد. علاوه بر این، کروموزوم‌های این گونه بین کروموزوم‌های گونه‌های مطالعه شده کوتاه ترین طول را داشتند و نتایج به دست آمده بالاترین درصد TF (۰/۴۴) و مقدار Syi (۰/۷۷) را نشان دادند که حاکی از وجود کاریوتایپ متقارن در این گونه است؛ در حالی که کمترین مقادیر S (۴۴ درصد) و Ask (۰/۵۵) به دست آمد و وجود کاریوتایپ متقارن در این گونه را تأیید کرد (شکل 1 A، جدول ۱).

Aubrieta parviflora Boiss.: $2n=16$

این گونه در کشورهای ایران، ترکیه و عراق رویش دارد (POWO, 2023; Assadi, 2017). نمونه مطالعه شده از این گونه متعلق به استان لرستان، پل دختر، ارتفاع ۷۱۰ متر است. مختصات جغرافیایی نقطه جمع آوری N: 33°, 15', 49"; E: 47°, 45', 48" و کد بانک ژن بذر مربوط به آن ۴۷۴۴۸ است.

عدد کروموزومی این گونه در تحقیق حاضر $2n=2x=16$ و عدد پایه کروموزومی $x=8$ به دست آمد که با گزارش‌های قبلی درباره عدد کروموزومی توسط Küpfer (1980) مربوط به جمعیت کرمانشاه و چهارمحال و بختیاری و (Aryavand 1975) مربوط به جمعیت اصفهان (همایون‌شهر) مطابقت دارد. کاریوتایپ این گونه شامل شش جفت کروموزوم متاسانتریک و دو جفت کروموزوم ساب متاسانتریک ($6m+2sm$) بود (شکل ۱B، جدول ۱). کروموزوم‌های این گونه در کلاس 1A قرار می‌گیرند. همچنین، وجود درصد بالای TF و Syi در این گونه نشان‌دهنده کاریوتایپ متقارن در آن است. علاوه بر این، مقدار نسبتاً پایین شاخص عدم تقارن کاریوتایپ (Ask%) و میزان بالای شاخص تقارن (S%)، تقارن کاریوتایپ این گونه را تأیید می‌کند.

Matthiola flavida Boiss.: $2n=12$

این گونه در کشورهای ایران، افغانستان و پاکستان پراکنش دارد (POWO, 2023; Assadi, 2017). نمونه مطالعه شده از این گونه متعلق به استان فارس، مرودشت، ارتفاع ۱۷۵۰ متر است. مختصات جغرافیایی نقطه جمع آوری N: 32°, 03', 15"; E: 52°, 39', 15" و کد بانک ژن بذر مربوط به آن ۴۶۹۱۶ است.

عدد کروموزومی نمونه‌های این گونه به صورت $2n=2x=12$ و عدد پایه کروموزومی $x=6$ مشخص شد؛ بنابراین، در این گونه ۴ جفت کروموزوم متاسانتریک، ۱ جفت کروموزوم ساب متاسانتریک و ۱ جفت کروموزوم ساب تلوسانتریک وجود دارد (شکل ۱C، جدول ۱). نکته مهم این است که این اولین شمارش کروموزومی گزارش شده برای گونه *Matthiola flavida* است که یافته ارزشمندی درباره سیتولوژی این گونه ارائه می‌دهد. کروموزوم‌ها تقریباً بزرگ هستند و از نظر تقارن در کلاس 2A قرار می‌گیرند. وجود درصد کمتر TF در این گونه نشان‌دهنده کاریوتایپ نامتقارن در آن است.

Matthiola tomentosa Bél. (= *Matthiola ovatifolia* (Boiss.) Boiss.): $2n=12$

گونه *M. ovatifolia* در ایران و ترکیه پراکندگی دارد (POWO, 2023). نمونه مطالعه شده از این گونه متعلق به استان فارس، آباءه، ارتفاع ۲۰۰۰ متر است. مختصات جغرافیایی نقطه جمع آوری N: 31°, 00', 30"; E: 52°, 51', 55" و کد بانک ژن بذر مربوط به آن 45941 است.

این گونه، دیپلوئید ($x=6$) و دارای عدد کروموزومی $2n=2x=12$ است. کاریوتایپ این گونه شامل کروموزوم‌های متاسانتریک و ساب تلوسانتریک با فرمول کاریوتایی $4m+2st$ است و کروموزوم‌های آن در کلاس 2A قرار می‌گیرند (شکل ۱D، جدول ۱). این شمارش با یافته‌های قبلی (Cartier 1983) در ایران، تهران، سرخه حصار، Maassoumi (1980) و (Ghaffari 2008) در جمعیت‌های متعلق به تهران مطابقت دارد. جالب توجه است که این گونه کمترین TF% (۰/۳۴) و Syi% (۰/۵۱) را دارد و بنابراین دارای کاریوتایپ نامتقارن است. همچنین، بالاترین S% (۵۵ در صد) و Ask% (۰/۶۵) را دارد که نشان‌دهنده کاریوتایپ نامتقارن در این گونه است (جدول ۱).

Sisymbrium erysimoides Desf.: $2n=14$

این گونه در مناطق متعددی از جمله قسمت‌های مدیترانه‌ای اروپا، ایران، عراق، پاکستان، فلسطین، سوریه، شبه جزیره عربستان و شمال آفریقا پراکنش دارد (POWO, 2023; Assadi, 2017). نمونه مطالعه‌شده از این گونه متعلق به استان بوشهر، ارتفاع ۸۲۰ متر است. مختصات جغرافیایی نقطه جمع‌آوری $N: 29^{\circ}, 06', 25''$; $E: 51^{\circ}, 36', 07''$ و کد بانک ژن بذر مربوط به آن ۴۶۷۱۱ است.

این گونه، دیپلوئید ($x=7$) با عدد کروموزومی $2n=2x=14$ تعیین شد. در این نمونه، شش جفت کروموزوم متاسانتریک (m) و یک جفت باقی‌مانده ساب متاسانتریک (sm) بود و بنابراین فرمول کاریوتایی آن به صورت $(6m+1sm)$ است (شکل E۱). همچنین، این گونه از نظر تقارن در کلاس 2B قرار می‌گیرد (جدول ۱). این نتایج با یافته‌های قبلی گزارش شده توسط DíazLifante et al (1992) در فلسطین اشغالی و Jonsell (1976) در ایتوپیی مطابقت دارد. نتایج حاصل از این مطالعه در صد بالای TF و Sy_i را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده کاریوتایپ متقارن در این گونه است. علاوه بر این، مقدار کم شاخص عدم تقارن کاریوتایپ ($Ask\%$) و میزان بالای شاخص تقارن ($S\%$)، وجود کاریوتایپ متقارن در این گونه را تأیید می‌کند.

Sterigmostemum longistylum (Boiss.) Kuntze.: $2n=14$

گونه *S. longistylum* انحصاری ایران محسوب می‌شود و در استان‌های اصفهان، یزد، فارس، کرمان و هرمزگان پراکنده است (POWO, 2023; Assad, 2017). نمونه مطالعه‌شده از این گونه متعلق به استان کرمان، بردسیر، ارتفاع ۱۸۴۳ متر است. مختصات جغرافیایی نقطه جمع‌آوری $N: 29^{\circ}, 28', 61''$; $E: 57^{\circ}, 60', 42''$ و کد بانک ژن بذر مربوط به آن ۴۵۵۱۸ است.

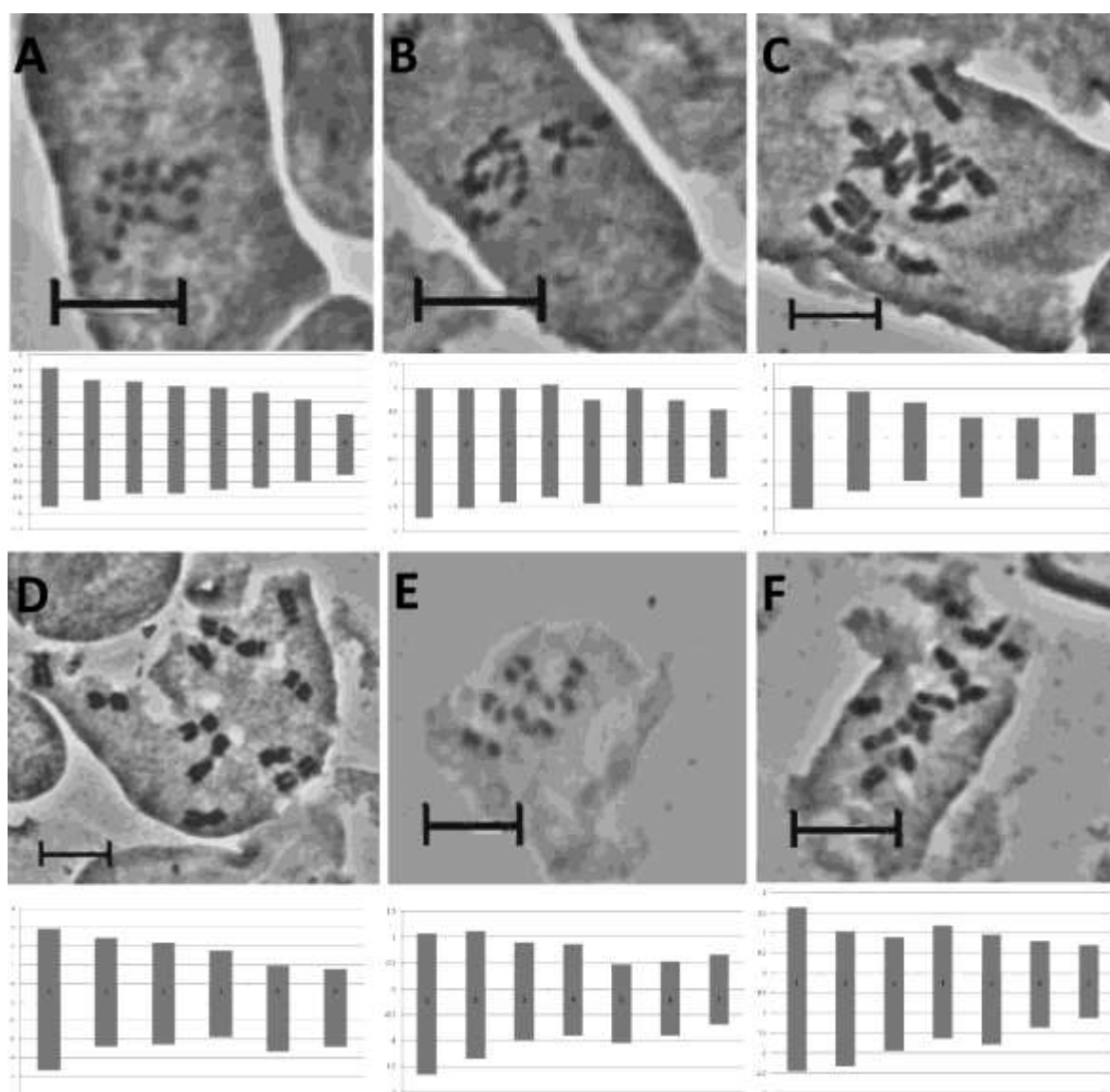
این گونه، دیپلوئید ($x=7$) و دارای عدد کروموزومی $2n=2x=14$ است. فرمول کاریوتایی آن $3m + 4sm$ است و ۳ جفت کروموزوم متاسانتریک و ۴ جفت کروموزوم ساب متاسانتریک دارد. علاوه بر این، از نظر تقارن در کلاس 2B قرار می‌گیرد (شکل F۱، جدول ۱). این اولین گزارش از تعداد کروموزوم و جزئیات کاریوتایپ برای این گونه است. وجود درصد پایین TF در این گونه وجود یک کاریوتایپ نامتقارن را نشان می‌دهد. همچنین، مقدار بالای شاخص عدم تقارن کاریوتایپ یا $Ask\%$ و میزان پایین شاخص تقارن یا $S\%$ حاکی از همین موضوع است.

جدول ۱- عدد کروموزومی و پارامترهای کاریوتایی مربوط به شش گونه متعلق به خانواده Brassicaceae. CL: طول کروموزوم به میکرون، q: بازوی بلند به میکرون، p: بازوی کوتاه به میکرون، $TF\%$: درصد شکل کلی کروموزوم، $S\%$: شاخص تقارن، $Ask\%$: شاخص عدم تقارن کاریوتایپ، $Sy_i\%$: شاخص تقارن کاریوتایپ، SC: کلاس تقارن Stebbins و KF: فرمول کاریوتایی (m : متاسانتریک، sm : ساب متاسانتریک، st : ساب تلوسانتریک).

Table 1- Chromosome number and karyotypic parameters related to six species belonging to different species of the Brassicaceae family. CL: Chromosome length in microns, q: long arm in microns, p: short arm in microns, $TF\%$: percentage of total chromosome form, $S\%$: Symmetry index, $Ask\%$: Arano's Asymmetry Index of Karyotype, $Sy_i\%$: Karyotype Symmetry Index, SC: Stebbins' Symmetry Class, and KF: Karyotype Formula (m : metacentric, sm : submetacentric, st : subtelocentric).

نام گونه	عدد کروموزومی	CL	p	q	$TF\%$	$S\%$	$Ask\%$	$Sy_i\%$	SC	KF
<i>Odontarrhena lanigera</i>	$2n=2x=16$	۱/۲۸	۰/۵۶	۰/۷۲	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۵۵	۰/۷۷	2B	7m+1sm
<i>Aubrieta parviflora</i>	$2n=2x=16$	۲/۰۵	۰/۸۸	۱/۳	۰/۴۰	۰/۵۳	۰/۵۹	۰/۶۷	1A	6m+2sm

نام گونه	عدد کروموزومی	CL	p	q	TF%	S%	Ask%	Syi%	SC	KF
<i>Matthiola flavida</i>	2n=2x=12	۶/۹۵	۲/۶۸	۴/۳۴	۰/۳۸	۰/۵	۰/۶۱	۰/۶۱	2A	4m+1sm+1st
<i>Matthiola tomentosa</i>	2n=2x=12	۵/۴۱	۱/۸۵	۳/۵۶	۰/۳۴	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۵۱	2A	4m+2st
<i>Sisymbrium erysimoides</i>	2n=2x=14	۱/۸۸	۰/۸۱	۱/۰۷	۰/۴۲	۰/۴۹	۰/۵۷	۰/۷۵	2B	6m+1sm
<i>Sterigmostemum longistylum</i>	2n=2x=14	۲/۸۴	۱/۰۳	۱/۸۱	۰/۳۶	۰/۴۴	۰/۶۳	۰/۵۶	2B	3m+4sm



شکل ۱- کروموزوم‌های متافازی و ایدیوگرام آنها. A: *Odontarrhena lanigera* (2n=2x=16), B: *Aubrieta parviflora* (2n=2x=16), C: *Matthiola flavida* (2n=2x=12), D: *Matthiola tomentosa* (2n=2x=12), E: *Sisymbrium erysimoides* (2n=2x=14), F: *Sterigmostemum longistylum* (2n=2x=14). مقیاس: 10 μm.

Figure 1- Metaphase chromosomes and their ideograms. A: *Odontarrhena lanigera* (2n=2x=16), B: *Aubrieta parviflora* (2n=2x=16), C: *Matthiola flavida* (2n=2x=12), D: *Matthiola tomentosa* (2n=2x=12), E: *Sisymbrium erysimoides* (2n=2x=14), F: *Sterigmostemum longistylum* (2n=2x=14). Scale: 10 μm.

سپاسگزاری

نویسندگان از بخش تحقیقات منابع طبیعی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان و همچنین مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع ایران برای حمایت از این مطالعه تشکر می‌کنند.

References

- Arano, H. (1963). Cytological studies in subfamily Carduoideae (Compositae) of Japan. IX. The karyotype analysis and phylogenetic considerations on *Pertya* and *Ainsliaea*. *Botanical Journal*, 76, 32-39. <https://doi.org/10.15281/jplantres1887.76.32>
- Aryavand, A. (1975). Contribution a l' étude cytotaxonomique de quelques crucifères de l' Iran et de la Turquie. *Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles*, 98, 43-58.
- Aryavand, A. (1983). A l' etude Cytotaxonomique des Crucifères de l' Iran III. *Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles*, 106, 123-130.
- Assadi, M. (2017). Brassicaceae. In: Assadi, M., Maassoumi A. A., and Sajedi, S. (eds.) *Flora of Iran*. No, 143. Research Institute of Forests and Rangeland publication, 954 p.
- Cartier, D. (1983). In IOPB chromosome number reports LXXXI. *Taxon*, 32, 664.
- DíazLifante, Z., Luque, T., & Bárbara, C. S. (1992). Chromosome numbers of plants collected during Iter Mediterraneum II in Israel. *Bocconeia*, 3, 229-250.
- Ghaffari, S. M. (2008). Chromosome records for some plant species from Iran. *Iranian Journal of Botany*, 14(1), 39-46.
- Ghaffari, S. M. (2020). *Index to Plant Chromosome Number of Iran*. 1st ed. Research Institute of Forests and Rangeland.
- Greilhuber, J., & Speta, F. (1976). C-banded karyotypes in the *Scilla hohenackeri* group, *S. persica* and *Puschkinia* (Liliaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 126, 149-188. <https://doi.org/10.1007/BF00981669>
- Huziwar, Y. (1962). Karyotype analysis in some genera of Compositae. VIII. Further studies on the chromosomes of *Aster*. *American Journal of Botany*, 49, 116-119.
- Jonsell, B. (1976). Some tropical African Cruciferae. Chromosome numbers and taxonomic comments. *Botaniska Notiser*, 129, 123-130.
- Keshavarzi, M., Abbasian, S., & Sheidai, M. (2014). Cytological studies of the genus *Clypeola* L. (Brassicaceae) in Iran. *Iranian Journal of Botany*, 20(2), 201-210. <https://doi.org/10.22092/ijb.2014.11022>
- Khatoun, S. & Ali, S.I. (1993). *Chromosome Atlas of the Angiosperms of Pakistan*. University of Karachi.
- Khosravi, A. R., & Maassoumi, A. A. (1998). Contribution to the cytotaxonomy of some Cruciferae from Iran. *Iranian Journal of Botany*, 7(2), 193-206.
- Küpfer, P. (1980). Contribution à la cytotaxonomie de quelques orophytes Iraniens. *Biologie-Ecologie Méditerranéenne*, 8, 37-48.
- Levan, A., Fredgra, K., & Sandberg A. A. (1964). Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas*, 52, 201-220. <https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1964.tb01953.x>
- Maassoumi, A. A. (1980). *Cruciferae de la fiores' Iran*. Etude Caryosystematique.
- Martin, E., Ünal, M., Doğan, B., Altınordu, F., Sefalı, A., & Kaya, A. (2016). Karyotype analyses of the genus *Matthiola* (Brassicaceae) in Turkey. *Cytologia*, 81(1), 53-60. <https://doi.org/10.1508/cytologia.81.53>
- Mirzadeh Vaghefi, S. S., & Mahmoodi, M. (2022). Brassicaceae family in Iran. *Iran Nature*, 6(6), 51-63. <https://doi.org/10.22092/IRN.2022.355013.1368>
- POWO (2023). *Plants of the World Online*. [Website] <http://www.plantsoftheworldonline.org>.
- Shariat, A., Jalili, A., Vaghefi, M., Sadat, S., & Khanhasani, M. (2021). Chromosome counts of twelve vascular plant species from Iran. *Iranian Journal of Botany*, 27(2), 182-190. <https://doi.org/10.22092/IJB.2021.356767.1342>
- Sheidai, M., & Sonboli, A. (2011). Cytotaxonomy of four species of *Sterigmotemum* (Brassicaceae) in Iran. *Cytologia*, 76(1), 33-39. <https://doi.org/10.1508/cytologia.76.33>
- Stebbins, G. L. (1971). *Chromosome evolution in higher plants*. Edward Arnold Publisher.

