

## مطالعه بیوسیستماتیک چهار جمعیت از گونه *Astragalus macrostachys* DC. از بخش *Malacothrix* Bunge در ایران

مسعود رنجبر\*، رؤیا کرمان و اقدس عنایتی اکمل  
گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

### چکیده

در این تحقیق رفتار میوز و ویژگی‌های ریخت‌شناختی و گرده‌شناختی چهار جمعیت از گونه *Astragalus macrostachys* DC. متعلق به *Malacothrix* Bunge از جنس *Astragalus* L. در ایران مطالعه گردیده است. نتایج حاصل از مطالعه میوز در جمعیت‌های مختلف این گونه نشان داد که سه جمعیت دیپلوئید و دارای عدد کروموزومی  $2n=2x=16$  هستند؛ حال آن که یک جمعیت تتراپلوئید و واجد عدد کروموزومی  $2n=4x=32$  است. هرچند جمعیت‌های مورد مطالعه رفتار منظمی طی میوز نشان دادند، لیکن بی‌نظمی‌هایی مانند کروموزوم‌های سرگردان و جدا افتاده در آنافاز I و آنافاز II، دیاکینز/متافاز I، سیتومیکسی در آنافاز I و آنافاز II، چند قطبی در آنافاز II، دوهستکی در پروفاز و پل در آنافاز I و آنافاز II نیز مشاهده شدند. تحلیل داده‌های حاصل از مطالعه میوز در چهار جمعیت این گونه به روش‌های UPGMA و PCO نشان داد که تاکسون‌های مورد مطالعه در دو گروه اصلی قرار می‌گیرند. نتایج حاصل از مطالعه ویژگی‌های ریخت‌شناختی و گرده‌شناختی نیز این گروه‌بندی را تأیید نمود.

**واژه‌های کلیدی:** *Astragalus* L.، بخش *Malacothrix*، رفتار میوز، ریخت‌شناسی، گرده‌شناسی

### مقدمه

کشورهای همسایه، از جمله آذربایجان، ارمنستان، ترکمنستان، ترکیه، عراق و افغانستان نیز می‌رویند. ایران یکی از مهمترین مراکز گونه‌زایی و تنوع بخش *Malacothrix* است و این بخش به لحاظ سیستماتیک یکی از پیچیده‌ترین بخش‌ها به شمار می‌رود (Maassoumi 1989; Maassoumi 1993; Ranjbar *et al.*, 2002; Podlech and Maassoumi 2003; Ranjbar and Karamian, 2004; Ranjbar 2007)

جنس *Astragalus* L. با حدود ۲۵۰۰ گونه بزرگترین جنس گیاهان گل‌دار در دنیاست. ایران به تنهایی با ۸۵۰ گونه یکی از مراکز اصلی تنوع این جنس است. بخش *Malacothrix* Bunge یکی از بزرگترین و پیچیده‌ترین بخش‌های جنس *Astragalus* است که اغلب گونه‌های آن در دنیای قدیم و به طور عمده در محدوده فلور ایران (بیش از ۹۰ گونه) پراکنش دارند. اگرچه برخی از آن‌ها در

نهایت، آنالیز آماری داده‌ها به منظور ارائه روابط فنیتیک بسیار سودمند است.

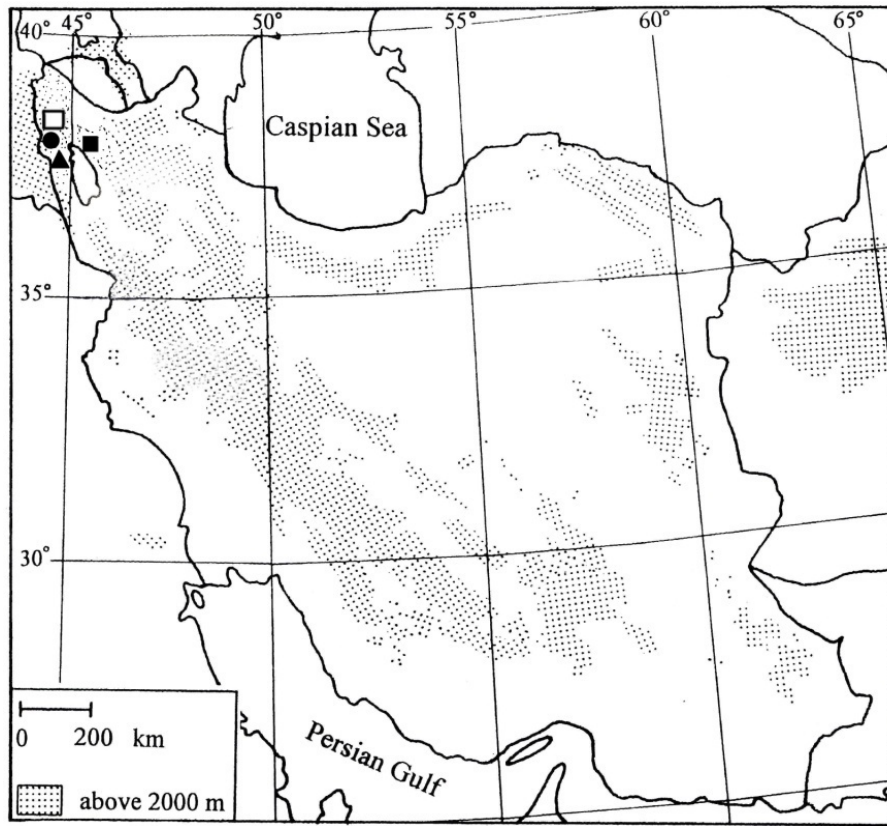
### مواد و روش‌ها مطالعه ریخت‌شناسی

مطالعه ریخت‌شناسی بر روی ۴ فرد از جمعیت متعلق به گونه *A. macrostachys* (18739)، ۴ فرد از جمعیت متعلق به گونه *A. macrostachys* (18740)، ۲ فرد از جمعیت متعلق به گونه *A. macrostachys* (18741) و ۱ فرد از جمعیت متعلق به گونه *A. macrostachys* (18742) انجام شد. نمونه‌ها از مناطق شمال غرب ایران جمع‌آوری شدند (جدول ۱). نقشه پراکنش گونه‌های مورد مطالعه در ایران در شکل ۱ و ویژگی‌های ریخت‌شناختی مربوط به اندام‌های رویشی و زایشی مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده‌اند. در نهایت، داده‌های حاصل از مطالعه ویژگی‌های ریخت‌شناختی، به روش UPGMA و با استفاده از نرم‌افزار MVSP تحلیل و سپس بهترین دندروگرام انتخاب شد. تحلیل داده‌های ریخت‌شناختی به روش PCO نیز انجام شد.

اغلب مطالعات سیتولوژیک در این جنس بر روی شمارش عدد کروموزومی متمرکز شده است (Aryavand, 1983; Maassoumi, 1987; Maassoumi, 1989; Ranjbar et al., 2010). این جنس دارای عدد پایه کروموزومی  $x=8$  با دو سطح پلیپیدی  $2n=4x=32$  و  $2n=2x=16$  در دنیای قدیم است (Maassoumi, 1987, Maassoumi, 1989, Ranjbar et al., 2010). دانه‌های گرده در این بخش منفرد، با اندازه کوچک یا متوسط، بیضی تا مستطیلی، سه شیاره و منفذدار هستند. در اکثر گونه‌ها، دانه‌های گرده دارای تزیینات شبکه‌ای هستند. گونه *A. macrostachys* یکی از گونه‌های چندساله بخش *Malacothrix* است. از آنجا که هر قسمت و یا هر اندام از گیاه در همه مراحل رشد و نمو می‌تواند ویژگی‌های تاکسونومیک خاصی داشته باشد، به دست آوردن اطلاعات از منابع متنوع در مطالعات تاکسونومی گیاهی ارزشمند است. کاربرد اطلاعات حاصل از مطالعات مختلف اعم از ریخت‌شناسی، سیتولوژی، گرده‌شناسی و ... اساساً باعث ارتقای سیستم‌های رده‌بندی جدید در این بخش شده و در

جدول ۱- اطلاعات مربوط به جمعیت‌های مختلف *A. macrostachys* در این مطالعه

شماره هرباریومی	ارتفاع (متر)	تاریخ جمع‌آوری	نام جمع‌آوری کننده	محل جمع‌آوری	گونه
BASU18740	۱۲۹۶	۱۳۸۷/۲/۲۵	رنجبر و عنایتی اکمل	آذربایجان غربی: ارومیه به سلماس، گردنه قوشچی، قره‌باغ	<i>A. macrostachys</i>
BASU18742	۱۳۷۵	۱۳۸۷/۲/۲۵	رنجبر و عنایتی اکمل	آذربایجان غربی: جاده قطور، ۲ کیلومتر به دره‌خان	<i>A. macrostachys</i>
BASU18741	۱۷۵۰	۱۳۸۷/۲/۲۶	رنجبر و عنایتی اکمل	آذربایجان غربی: قطور به رازی	<i>A. macrostachys</i>
BASU18739	۱۶۲۶	۱۳۸۷/۲/۲۷	رنجبر و عنایتی اکمل	آذربایجان شرقی: مرند به صوفیان	<i>A. macrostachys</i>



شکل ۱- پراکنش جمعیت‌های مختلف *A. macrostachys* در ایران: جمعیت ۱۸۷۴۱ (□)، جمعیت ۱۸۷۴۰ (■)، جمعیت ۱۸۷۴۲ (●) و جمعیت ۱۸۷۳۹ (▲).

### مطالعه گرده‌شناسی

به منظور مطالعه گرده‌شناسی از روش استولیز استفاده شد (Erdtman, 1960). گل‌های جدا شده از نمونه‌ها توسط انتهای همزن شیشه‌ای تا حدی خرد شد و سپس به آن ۶ میلی لیتر محلول استولیز اضافه گردید. زمان لازم برای تیمار دانه‌های گرده با محلول استولیز به مقاومت دانه‌های گرده و بویژه به ضخامت اگزین بستگی دارد. این روش برای از بین بردن محتوای سیتوپلاسمی، انتین و هر نوع پوشش سطحی به کار برده می‌شود. محلول استولیز تقریباً همه بخش‌ها را حل می‌کند، ولی اسپروپولین در مقابل آن مقاوم است. پس از اضافه کردن محلول استولیز، نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه در بن‌ماری حرارت داده شد.

هنگام حرارت دادن، محلول مرتب به هم زده شد. آنگاه لوله‌های آزمایش محتوی محلول فوق با دستگاه سانتریفیوژ Hettich مدل D-7200 با ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. سپس محلول رویی دور ریخته شد و به باقیمانده آب مقطر اضافه و مجدداً سانتریفیوژ گردید. این کار سه بار تکرار شد. در نهایت، چند قطره محلول حاوی گرده روی لام قرار داده شد و پس از خشک شدن و قرار دادن قطره‌ای از محلول گلیسرین-ژل روی آن، پس از ۲۴ ساعت با میکروسکوپ نوری مطالعه گردید. ویژگی‌های مختلف دانه گرده مانند قطر قطبی، قطر استوایی، طول شیار، عرض شیار، فاصله بین دو شیار و ضخامت اگزین برای ۲۰ دانه گرده از هر تاکسون با

زیر بود:

طول گیاه، طول ساقه، کرک ساقه، طول برگ، طول دم‌برگ، تعداد جفت برگچه، طول دم‌گل آذین، طول کرک دم‌گل آذین، طول براکته، عرض براکته، طول کرک براکته، طول دمگل، طول کرک دمگل، طول کاسه، عرض کاسه، طول دندان کاسه، طول لوله کاسه، طول کرک کاسه، طول درفش، عرض درفش، طول ناو، عرض ناو، ناخنک ناو، طول بال، عرض بال، ناخنک بال، گوشک بال و طول پایک مادگی.

در دندروگرام حاصل از نرم‌افزار MVSP به روش UPGMA که بر اساس ۲۸ ویژگی ریخت‌شناختی به دست آمد، اگر خط فرضی تقریباً در سطح ۹۳ رسم شود، تاکسون‌های مورد مطالعه در دو گروه قرار می‌گیرند (شکل ۲). جمعیت *A. macrostachys* (18739) در گروه اول و جمعیت‌های *A. macrostachys* (18740) و *A. macrostachys* (18741) در گروه دوم قرار می‌گیرند. جمعیت *A. macrostachys* (18739) به دلیل دارا بودن برگ، دم‌برگ، دم‌گل آذین و دندان کاسه بلندتر، تعداد جفت برگچه‌های کمتر و بال و ناو کوتاه‌تر از دیگر جمعیت‌های *A. macrostachys* جدا می‌شود. گروه‌های فنتیکی حاصل از تحلیل PCO بر اساس ویژگی‌های ریخت‌شناختی نیز این گروه‌بندی را تأیید می‌کند (شکل ۳) که حاکی از ارزشمندی ویژگی‌های مربوط به برگ (طول برگ، طول دم‌برگ و تعداد جفت برگچه) و گل (طول دندان کاسه، طول بال و طول ناو) در تعیین روابط میان تاکسون‌های مورد مطالعه است.

اوکولر مدرج اندازه‌گیری شد. ویژگی‌های طول قطر قطبی، قطر استوایی، ضخامت آگزین، طول شیار، فاصله بین دو شیار، ضخامت گرانول و نسبت طول قطر قطبی به قطر استوایی برای ۲۰ دانه‌گرده از هر نمونه با استفاده از میکروسکوپ نوری اندازه‌گیری شد. در نهایت، تحلیل داده‌های گرده‌شناختی مربوط به گونه‌های مورد مطالعه به روش‌های UPGMA و PCO انجام شد.

### مطالعه میوز

به منظور مطالعه میوز، غنچه‌های گل جمعیت‌های مختلف گونه *A. macrostachys* از اواسط اردیبهشت تا اواسط تیر ماه از مناطق مختلف جمع‌آوری شد. برای دستیابی به تمام مراحل میوز، از غنچه‌هایی با اندازه‌های مختلف و در ساعات مختلف روز نمونه‌برداری شد. در این مطالعه از سلول‌های مادر دانه‌گرده در بساک پرچم‌ها استفاده شد. غنچه‌های جوان به مدت ۲۴-۴۸ ساعت در محلول پینار تثبیت و پس از شستشو با استوکارمن رنگ‌آمیزی شدند. در نهایت، مراحل مختلف میوز به همراه بی‌نظمی‌های هر مرحله توسط میکروسکوپ Olympus BX-41 بررسی و عکس‌برداری با دوربین دیجیتال Olympus انجام شد. در پایان، تحلیل داده‌های حاصل از رفتار میوز در چهار جمعیت مورد مطالعه به روش‌های UPGMA و PCO انجام شد.

### نتایج

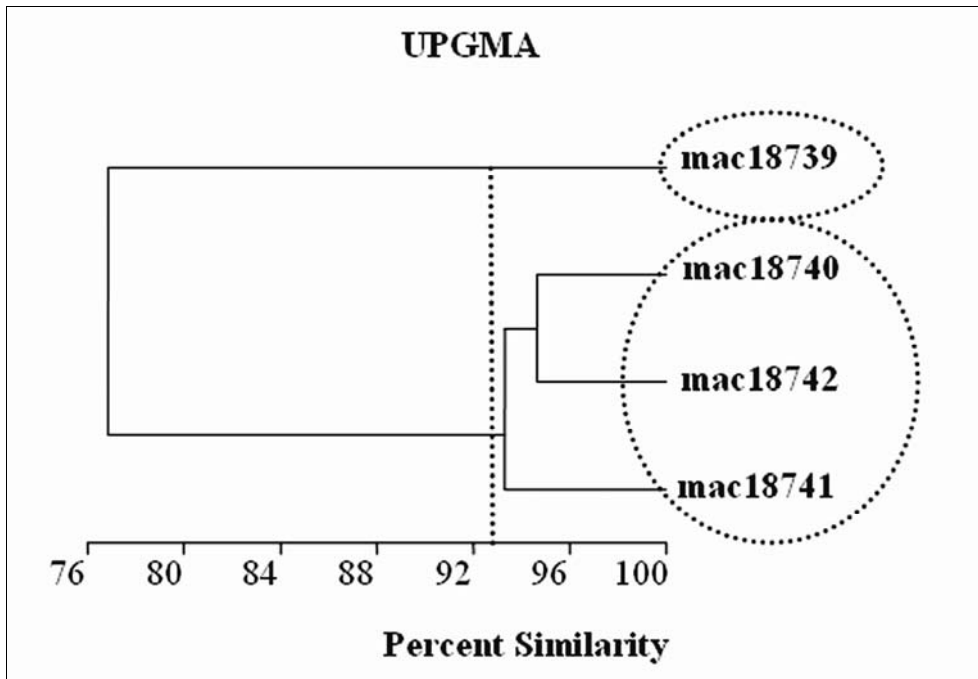
#### مطالعه ریخت‌شناسی

در مطالعه ریخت‌شناسی، ۲۸ ویژگی کمی و کیفی مختلف از چهار جمعیت ارزیابی گردید. این ویژگی‌ها شامل موارد

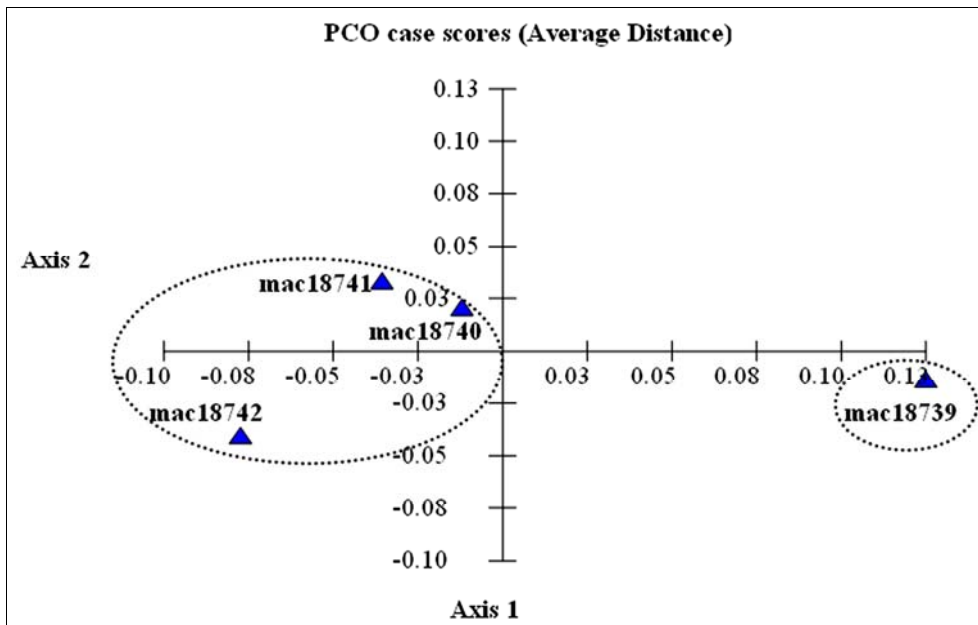
جدول ۲- ویژگی‌های ریخت‌شناختی مورد مطالعه در جمعیت‌های مختلف *A. macrostachys*

mac18739	mac18741	mac18742	mac18740	ویژگی‌های ریخت‌شناختی*
۶۰۰	۲۲۰	۲۶۰	۲۶۵	طول گیاه (میلی متر)
۰/۳۵	۰/۵	۰/۶	۰/۵	اندازه کرک کاسه (میلی متر)
۴۰	۴۰	۴۵	۵۵	طول ساقه (میلی متر)
۱۲۰	۹۸/۲	۱۰۷/۵	۹۵	طول برگ (میلی متر)
۳۷/۸۷	۲۶	۱۶/۵	۲۴/۹	طول دم‌برگ (میلی متر)
۱۱	۱۳	۱۶	۱۴	تعداد جفت برگچه
۱۳۹	۱۱۷	۱۰۵	۱۱۲	طول دم‌گل‌آذین (میلی متر)
۰/۴	۰/۵	۰/۶	۰/۴	اندازه کرک دم‌گل‌آذین (میلی متر)
۴	۳/۷	۳	۳	طول براکته (میلی متر)
۰/۲	۰/۴	۰/۵	۰/۵	عرض براکته (میلی متر)
۱/۱	۰/۵	۱/۱	۰/۶	اندازه کرک براکته (میلی متر)
۰/۹	۰/۸	۰/۱	۰/۷	طول دمگل (میلی متر)
۰/۱۵	۰/۳۵	۰/۴۵	۱/۱۵	اندازه کرک دمگل (میلی متر)
۱۱/۸	۱۱/۵	۱۱	۱۱/۷	طول کاسه (میلی متر)
۵/۴	۴/۵	۳/۵	۵	طول دندانه کاسه (میلی متر)
۷	۷	۵/۵	۷	طول لوله کاسه (میلی متر)
۵	۵	۴/۵	۵/۶	عرض لوله کاسه (میلی متر)
۱/۰۵	۰/۴۵	۱/۲۵	۱	اندازه کرک کاسه (میلی متر)
۱۶/۱	۱۸	۱۶/۵	۱۷	طول درفش (میلی متر)
۶/۴	۶/۷	۶/۵	۷/۱	عرض درفش (میلی متر)
۱۳/۵	۱۴/۵	۱۴	۱۴/۵	طول ناو (میلی متر)
۱/۹	۲/۳	۲	۲/۳	عرض ناو (میلی متر)
۷/۴	۶/۸	۶/۵	۷/۷	طول ناخنک ناو (میلی متر)
۱۴/۹	۱۷/۳	۱۵	۱۶	طول بال (میلی متر)
۱/۷	۲	۲/۵	۲/۲	عرض بال (میلی متر)
۷/۱	۷/۲	۷	۸/۱	طول ناخنک بال (میلی متر)
۱/۳	۱/۷	۱/۲	۱/۶	طول گوشک بال (میلی متر)
۰/۷	۰/۵	۰/۵	۰/۵	طول پایک مادگی (میلی متر)

\* داده‌ها میانگین مقادیر مطالعه شده در افراد هر جمعیت است.



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تحلیل داده‌های ریخت‌شناختی با استفاده از MVSP به روش UPGMA در جمعیت‌های مختلف *A. macrostachys*

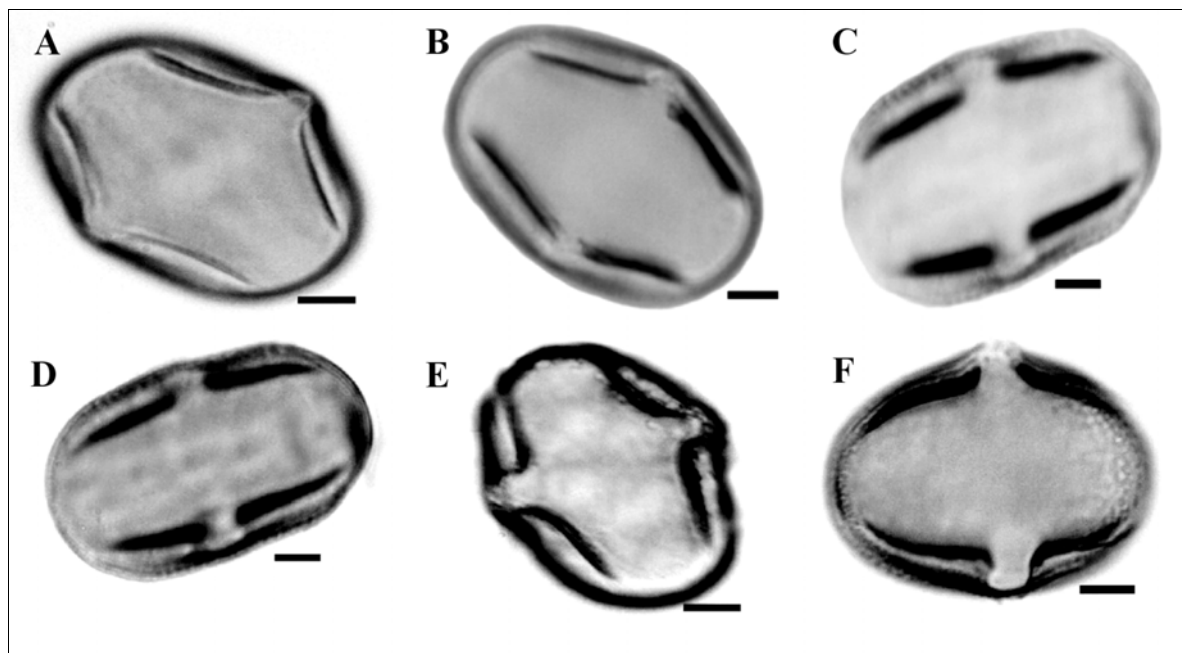


شکل ۳- گروه‌های فنتیکی حاصل از تحلیل PCO داده‌های ریخت‌شناختی در جمعیت‌های مختلف *A. macrostachys*

## مطالعه گرده‌شناسی

نتایج حاصل از مطالعه گرده‌شناختی در چهار جمعیت از گونه *A. macrostachys* در جدول ۳ و تصاویر دانه گرده در شکل ۴ ارائه شده‌اند. به طور کلی، دانه‌های گرده در گونه *A. macrostachys* بیضوی و سه‌شیاری هستند و بر اساس اندازه طول قطبی می‌توان آن‌ها را به دو گروه تقسیم کرد. در تحلیل داده‌های حاصل از مطالعه گرده‌شناسی، جمعیت (18739) *A. macrostachys*، به دلیل دارا بودن قطر قطبی ۳۸/۴۷ میکرون، قطر استوایی ۲۵/۵۳ میکرون، طول شیار ۳۰/۴۷ میکرون، فاصله دو شیار ۱۷/۳ میکرون، ضخامت گرانول ۴/۷۶ میکرون و ضخامت

اگزین ۲/۶۶ میکرون در یک گروه مجزا قرار گرفت (شکل ۵). گروه دوم با دارا بودن گرده‌هایی با قطر قطبی ۴۲-۴۳/۸۷ میکرون و قطر استوایی ۲۷/۲۷-۳۱/۱۴ میکرون، شامل جمعیت‌های (18740) *A. macrostachys* (18741) *A. macrostachys* و (18742) *A. macrostachys* است. در دانه‌های گرده این گروه، فاصله دو شیار ۱۸/۴-۱۹/۸۳ میکرون و ضخامت اگزین ۱/۱۸-۱/۲ میکرون است (جدول ۳). در مجموع قطر قطبی، قطر استوایی و فاصله دو شیار، ویژگی‌های گرده‌شناختی متمایزکننده‌تری در مقایسه با سایر ویژگی‌ها هستند.

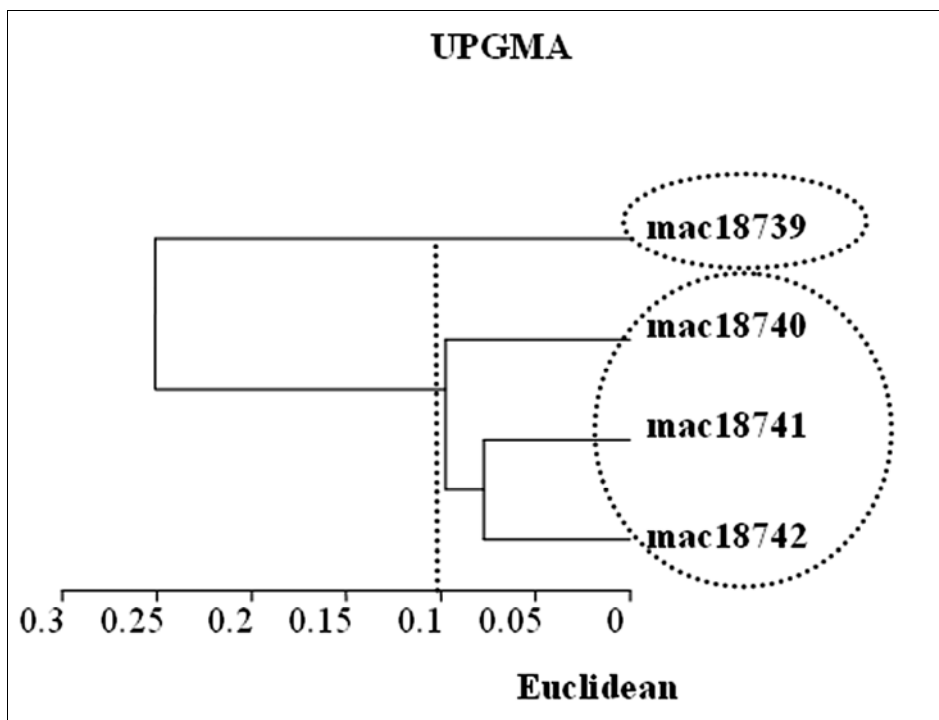


شکل ۴- دانه گرده در جمعیت‌های مختلف *A. macrostachys*

(A) *A. macrostachys* (18740) (B) *A. macrostachys* (18740) (C) *A. macrostachys* (18742) (D) *A. macrostachys* (18742) (E) *A. macrostachys* (18741) (F) *A. macrostachys* (18739) (مقیاس = ۳ میکرومتر).

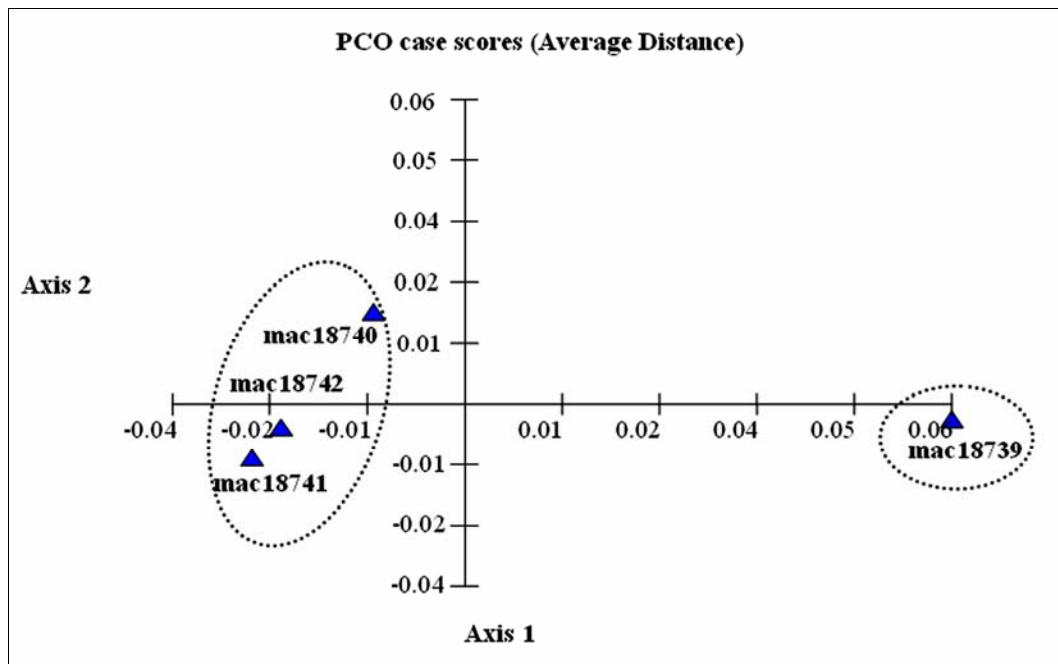
جدول ۳- داده‌های گرده‌شناختی مربوط به جمعیت‌های مختلف *A. macrostachys*

mac18742	mac18740	mac18741	mac18739	ویژگی‌های گرده‌شناختی
۴۳/۸۷	۴۲	۴۲/۹۳	۳۸/۴۷	قطر قطبی ( $\mu\text{m}$ )
۲۹/۲۸	۲۷/۲۷	۳۱/۱۴	۲۵/۵۳	قطر استوایی ( $\mu\text{m}$ )
۲۹/۵	۳۱/۲	۳۱/۷۳	۳۰/۶۲	فاصله بین گرانول‌ها ( $\mu\text{m}$ )
۳۰/۴۷	۳۰/۶	۳۱/۷۳	۳۰/۴۷	طول شیار ( $\mu\text{m}$ )
۵/۶۸	۴/۶	۵/۵۳	۴/۴۷	طول شیار تا رأس ( $\mu\text{m}$ )
۱۹/۴	۱۸/۴	۱۹/۸۳	۱۷/۸	فاصله دو شیار ( $\mu\text{m}$ )
۱/۱۸	۱/۲	۱/۱۹	۲/۶۶	ضخامت آگزین ( $\mu\text{m}$ )
۴/۸۲	۵/۱۳	۵/۶۷	۴/۷۶	ضخامت گرانول ( $\mu\text{m}$ )
۱/۵	۱/۵۴	۱/۴	۱/۵	قطر قطبی / قطر استوایی



شکل ۵- دندروگرام حاصل از تحلیل داده‌های گرده‌شناختی با استفاده از MVSP به روش UPGMA در جمعیت‌های مختلف *A. macrostachys*





شکل ۶- گروه‌های فنتیکی حاصل از تحلیل PCO داده‌های گرده‌شناختی در جمعیت‌های مختلف *A. macrostachys*

## مطالعه میوز

مطالعه میوز بر روی جمعیت‌های مختلف *A. macrostachys* نشان داد که سه جمعیت *A. macrostachys* (18739)، *A. macrostachys* (18740) و *A. macrostachys* (18742) دارای عدد کروموزومی  $n=8$  و دیپلوئید هستند، در حالی که تنها جمعیت *A. macrostachys* (18741) تتراپلوئید و دارای عدد کروموزومی  $n=16$  است. این جمعیت آلوتتراپلوئید است زیرا در حالت متافاز I (شکل ۷F) دارای ۱۶ کروموزوم و در تلوفاز I و II (شکل ۷M) نیز دارای ۱۶ کروموزوم است. گزارش کروموزومی گونه *A. macrostachys* برای اولین بار ارائه می‌شود.

در این مطالعه از بین ۸۰۸۰ سلول شمارش شده، ۲۸۹۹ سلول مرحله زیگوتن/پاکی تن، ۹۸۷ سلول مرحله

دیاکینز/متافاز I، ۱۵۶۵ سلول مرحله آنافاز I/تلوفاز I، ۸۱ سلول مرحله متافاز II و ۲۶۲۹ سلول مرحله آنافاز II/تلوفاز II را نشان دادند. بعلاوه، بی‌نظمی‌های متعددی مانند وقوع دوهستگی، سیتومیکسی، چسبندگی کروموزوم‌ها، جدا افتادگی کروموزوم‌ها، کروموزوم‌های سرگردان، ناهمزمانی هسته‌ها، دسیناپس، سه‌هسته‌ای، پنج‌هسته‌ای و ... در مراحل مختلف میوز مشاهده شد که به تفصیل در زیر ارائه شده است (شکل ۷). از نظر رفتار کروموزوم‌ها طی میوز، ۳ جمعیت *A. macrostachys* (18740)، *A. macrostachys* (18741) و *A. macrostachys* (18742) در مقایسه با جمعیت *A. macrostachys* (18739) شباهت بیشتری به یکدیگر نشان دادند (جدول ۴).

### سیتومیکسی

سیتومیکسی پدیده‌ای است که به طور عمده در نهاندانگان توصیف می‌شود. مهاجرت اجزای کروماتینی بین سلول‌های میوزی مجاور از طریق اتصالات سیتوپلاسمی که توسط پیش‌ساختارهای پلاسمودسماتایی موجود در بافت بساک صورت می‌گیرد، سیتومیکسی نامیده می‌شود. این پدیده به ایجاد گیاهان آنوپلویدی یا گامت‌های کاهش‌نیافته (از نظر عدد کروموزومی) منجر می‌شود. تشکیل گامت کاهش‌نیافته از نظر تکاملی مهم است، زیرا به تولید گیاهانی با ویژگی‌های ریخت‌شناختی متفاوت و درجه پلویدی بالا منجر می‌شود. گاهی مهاجرت کروموزوم ممکن است از طریق انحلال دیواره سلولی بین سلول‌های مجاور صورت گیرد که در این حالت تشکیل سینسیت را می‌دهد (Pagliarini, 2000). این پدیده در مرحله پروفاز با فراوانی ۰/۱۶ درصد در جمعیت *A. macrostachys* (18742)، در مرحله دیاکینز/متافاز I با فراوانی ۰/۳۵ درصد در جمعیت *A. macrostachys* (18742) و در مرحله آنافاز I/تلوفاز I با فراوانی ۰/۱۳ درصد در جمعیت *A. macrostachys* (18740) مشاهده شد (جدول ۴).

### کروموزوم‌های سرگردان

کروموزوم‌های سرگردان به معنی عقب افتادن یک یا چند کروموزوم از تفکیک آنافازی است و در مقابل اصطلاح کروموزوم پیشرو به معنی حرکت زود هنگام کروموزوم در آنافاز استفاده می‌شود. علت این عارضه عدم اتصال صحیح کروموزوم‌ها به رشته دوک و منتقل نشدن آنها به قطبین است و چون تمام این مراحل دارای ژن‌های مشخصی است که بر اثر برنامه‌های القایی جهش ژنی

شناسایی شده است، علت این پدیده، جهش در ژن‌هایی ویژه است. Pagliarini (۱۹۹۰) گزارش داد که کروموزوم‌های سرگردان ممکن است در نتیجه دیر خاتمه یافتن کیاسما ایجاد شود. کروموزوم‌های سرگردان در صورتی که نتوانند در زمانی که باید در هسته تلوفاز باشند، به قطب‌ها برسند، می‌توانند تولید میکرونوکلئوس کنند که به تشکیل دانه‌های گرده کوچک و شاید گامت‌هایی منجر شود که تعداد کروموزوم‌های نامتعادل دارند. این حالت را می‌توان در گامت‌های آنوپلویدی مشاهده کرد (Souza et al., 2006). این پدیده در مرحله آنافاز I/تلوفاز I در جمعیت *A. macrostachys* (18740) با فراوانی ۰/۰۸ درصد مشاهده شد (جدول ۴).

### چسبندگی کروموزوم‌ها

چسبندگی کروموزوم‌ها به یکدیگر از ایجاد انتهای چسبناک بین دو یا چند کروموزوم و تشکیل پل‌های چسبناک در آنافاز ناشی می‌شود. البته، در شرایطی ممکن است کروموزوم یا کروماتیدها به یک قطب دوک کشیده شوند. احتمال بقای سلول‌های دچار چسبندگی کم است، زیرا به طور عمده تفکیک این کروموزوم‌ها در آنافاز و تأخیر چند مرحله‌ای آنها در میوز مشاهده می‌شود. عوامل ژنتیکی و محیطی به عنوان علت چسبندگی کروموزوم‌ها در نظر گرفته می‌شوند. به علت تفاوت در سلول‌هایی که چسبندگی را نشان می‌دهند، به نظر می‌رسد برهم کنش ژنوم-محیط دلیل اصلی وقوع این پدیده باشد (Pagliarini, 2000). این پدیده در مراحل آنافاز/تلوفاز I و II در جمعیت *A. macrostachys* (18739) با فراوانی ۱/۲۹ درصد مشاهده شد (جدول ۴).

**دسیناپس**

درصد در جمعیت (18739) *A. macrostachys* ۱/۷۳  
 درصد در جمعیت (18740) *A. macrostachys* و ۶/۸۴  
 درصد در جمعیت (18742) *A. macrostachys*، در مرحله  
 آنافاز/تولوفاز I با فراوانی ۰/۳۱ درصد در جمعیت  
 (18739) *A. macrostachys* ۰/۱۶ درصد در جمعیت  
 (18742) *A. macrostachys* ۰/۶۷ درصد در جمعیت  
 (18740) *A. macrostachys* و ۰/۲۸ درصد در جمعیت  
 (18741) *A. macrostachys* مشاهده شد (جدول ۴).

**ناهمزمانی هسته‌ها**

این پدیده در مرحله آنافاز I/تولوفاز I با فراوانی ۱/۲۲  
 درصد در جمعیت (18740) *A. macrostachys* ۰/۸۸  
 درصد در جمعیت (18741) *A. macrostachys* و ۰/۵۱  
 درصد در جمعیت (18742) *A. macrostachys* مشاهده  
 شد (جدول ۴).

**بی‌والان‌های حلقوی**

بی‌والان‌های حلقوی در مرحله متافاز I با فراوانی ۰/۶۲  
 درصد در جمعیت (18739) *A. macrostachys* و ۰/۳۴ در  
 جمعیت (18740) *A. macrostachys* مشاهده شد (جدول  
 ۴).

به طور کلی، نتایج حاصل از تحلیل داده‌های مربوط به  
 رفتار میوز، دو گروه را مشخص نمود. جمعیت  
 (18739) *A. macrostachys* در گروهی مجزا و  
 جمعیت‌های (18740) *A. macrostachys*،  
 (18741) *A. macrostachys* و (18742) *A. macrostachys*  
 در گروهی دیگر قرار گرفتند. جمعیت  
 (18739) *A. macrostachys* در مقایسه با سایر  
 جمعیت‌های مطالعه شده، بیشترین فراوانی سیتومیکسی و  
 چندقطبی بودن را نشان داد.

بسیاری از ناهمزمانی‌ها و ناهمگنی‌های ژنومی ناشی از  
 جفت نشدن در میوز (اسیناپس) و یا جفت شدن بدون  
 تشکیل کیاسما (دسیناپس) است، به گونه‌ای که بی‌والان‌ها  
 پیش از متافاز کاهش می‌یابند. در حقیقت، اسیناپس حالتی  
 است که در آن کروموزوم‌های همتا در مراحل زیگوتن و  
 پاکی‌تن جفت نمی‌شوند و به صورت یونی‌والان باقی  
 می‌مانند. نتیجه اسیناپس ایجاد تعداد زیادی یونی‌والان در  
 مرحله متافاز است. دسیناپس حالتی است که در آن  
 کروموزوم‌هایی که طی مراحل زیگوتن و پاکی‌تن جفت  
 شده بودند، پیش از رسیدن به مرحله متافاز از هم جدا  
 می‌شوند و در نتیجه، تعداد بسیاری یونی‌والان در این مرحله  
 پدید می‌آید. به علت شباهت تأثیرات این دو پدیده و تولید  
 یونی‌والان‌ها، به منظور تشخیص و تفکیک این دو، بررسی  
 رفتار کروموزوم‌ها در مرحله پاکی‌تن ضروری است. این  
 پدیده در مرحله دیاکینز در جمعیت‌های  
 (18739) *A. macrostachys* و (18740) *A. macrostachys*  
 مشاهده شد (شکل ۷).

**دوهستکی**

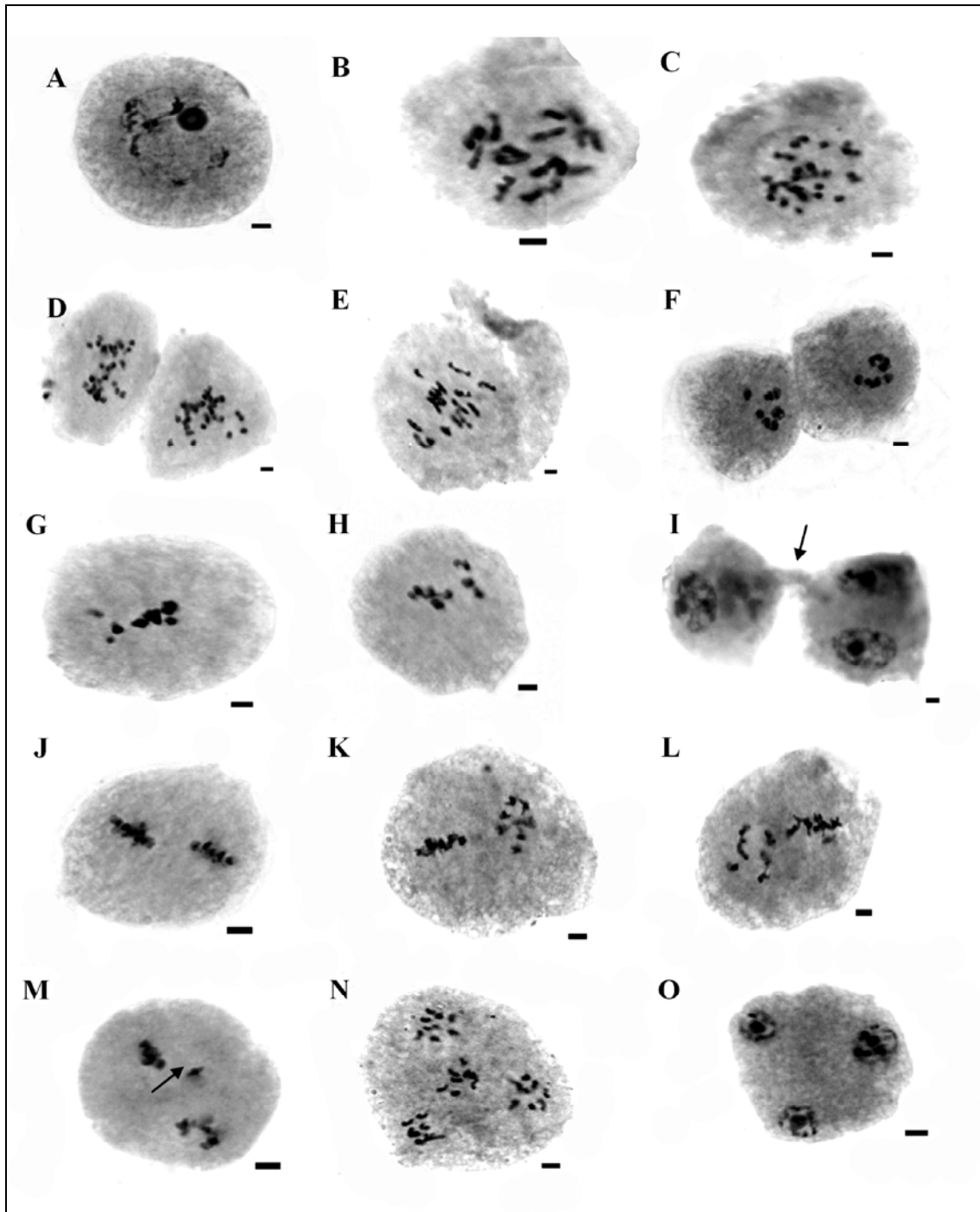
این پدیده در مرحله پروفاز I با فراوانی ۰/۳۴ درصد در  
 جمعیت (18741) *A. macrostachys* ۳/۲۴ درصد در  
 جمعیت (18739) *A. macrostachys* ۰/۴۹ درصد در  
 جمعیت (18742) *A. macrostachys* و ۰/۷۶ درصد در  
 جمعیت (18740) *A. macrostachys* مشاهده شد (جدول  
 ۴).

**کروموزوم‌های جدا افتاده**

این پدیده در مرحله دیاکینز/متافاز I با فراوانی ۲/۰۷  
 درصد در جمعیت (18741) *A. macrostachys* ۲/۶۲

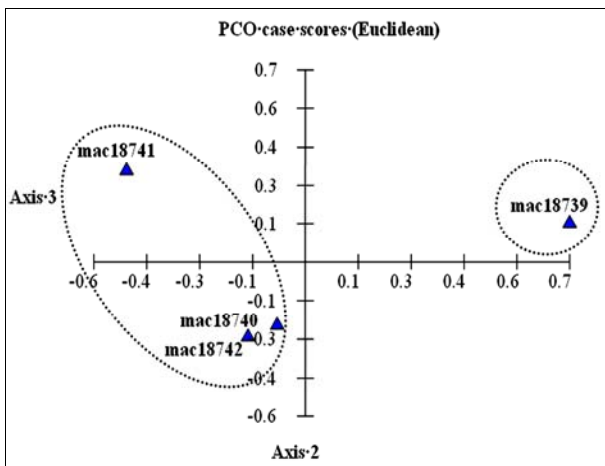
جدول ۴- داده‌های مربوط به عدد کروموزومی و رفتار میوز در جمعیت‌های مختلف *A. macrostachys*

mac18739	mac18740	mac18742	mac18741	ویژگی‌های کروموزومی طی میوز
۱۲۹۶	۲۳۷۲	۱۲۲۷	۳۱۸۵	تعداد سلول‌های شمارش شده
۴۲/۳۷	۲۷/۱۵	۳۲/۱۱	۴۱/۱۶	پروفاز
۳/۲۴	۰/۷۶	۰/۴۹	۰/۳۴	دوهستکی
۵/۲۵	۱/۵	۸/۰۷	۵/۶۸	اتصالات سیتوپلاسمی
۰/۷۷	۰/۸۸	۰/۵۷	۰/۲۲	پل سیتوپلاسمی
۰	۰/۱۳	۰/۱۶	۰	سیتومیکسی
۳۴/۱۱	۵/۶۴	۲۰/۸۶	۱۴/۱۴	دیاکنیز و متافاز I
۰/۶۲	۰/۳۴	۰	۰	بی‌والان حلقوی
۰/۶۲	۰/۳۸	۰	۰	بی‌والان میله‌ای
۲/۶۲	۱/۷۳	۶/۸۴	۲/۰۷	جدا افتادگی کروموزوم
۱	۰/۶۳	۱/۹۵	۱/۲۹	اتصالات سیتوپلاسمی
۰	۰/۵۹	۰	۰	پل سیتوپلاسمی
۰	۰	۰/۳۵	۰	سیتومیکسی
۱۲/۴۱	۲۲/۳۱	۹/۴۵	۲۱/۹۱	آنافاز I و تروفاز I
۱/۳۱	۱/۶۹	۲/۹۳	۲/۴۲	اتصالات سیتوپلاسمی
۱/۳۸	۱/۹۴	۰/۰۸	۰/۶۳	پل سیتوپلاسمی
۰	۰/۱۳	۰	۰	سیتومیکسی
۰/۳۱	۰/۶۷	۰/۱۶	۰/۲۸	جدا افتادگی کروموزوم
۰	۰/۰۸	۰	۰	کروموزوم سرگردان
۰/۰۷	۱/۵۱	۰/۸۳	۱/۹۷	متافاز II
۰	۱/۲۲	۰/۴۱	۰/۸۸	ناهمزمانی هسته‌ها
۰	۰/۰۸	۰	۰/۰۳	جدا افتادگی کروموزوم
۳۳/۸	۴۳/۳۸	۳۶/۷۵	۲۰/۸۲	آنافاز II و تروفاز II
۰/۵۴	۳/۳۳	۲/۳۶	۲/۰۷	اتصالات سیتوپلاسمی
۱	۰/۵	۰/۹	۰/۸۵	پل سیتوپلاسمی
۱/۳۱	۰/۸۴	۰/۲۴	۰/۰۶	سه هسته‌ای
۰/۱۵	۰/۴۶	۰/۱۶	۰/۰۶	پنج هسته‌ای
۸	۸	۸	۱۶	عدد کروموزومی

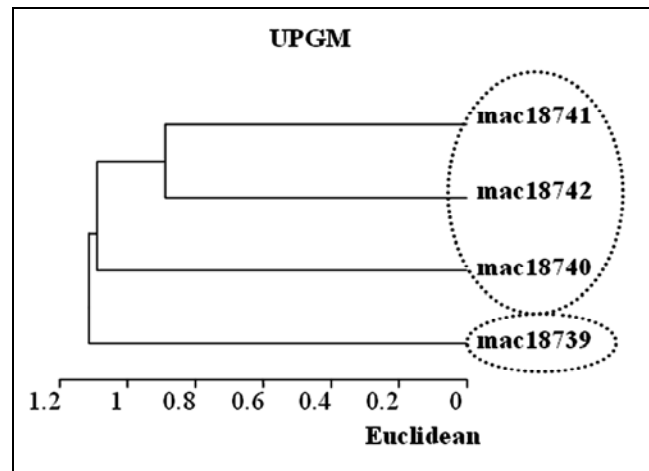


شکل ۷- مراحل مختلف میوز در جمعیت‌های مختلف *A. macrostachys*

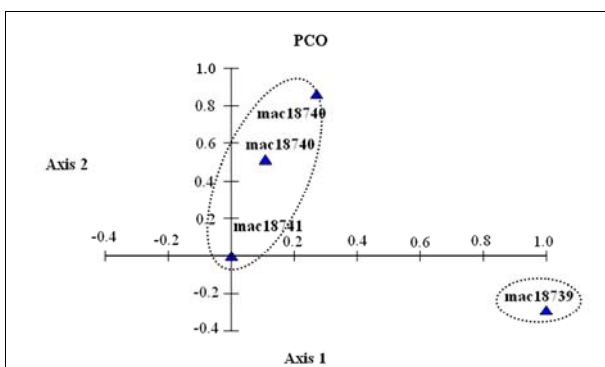
A) پروفاز در *A. macrostachys* (18739)؛ B) دیاکینز در *A. macrostachys* (18741)؛ C-D) دسیناپس در دیاکینز در *A. macrostachys* (18741)؛ E) دیاکینز در *A. macrostachys* (18741)؛ F) متافاز I در *A. macrostachys* (18740)؛ G) جداافتادگی کروموزوم در متافاز I در *A. macrostachys* (18741)؛ H) چسبندگی کروموزوم در متافاز I در *A. macrostachys* (18740)؛ I) سیتومیکنسی در تروفاز I در *A. macrostachys* (18742)؛ J) متافاز II در *A. macrostachys* (18742)؛ K-L) ناهمزمانی هسته‌ها در *A. macrostachys* (18740)؛ M) کروموزوم سرگردان در تروفاز I در *A. macrostachys* (18740)؛ N) سلول سه‌هسته‌ای در تروفاز II در *A. macrostachys* (18740)؛ O) کروموزوم سرگردان در تروفاز II در *A. macrostachys* (18740).



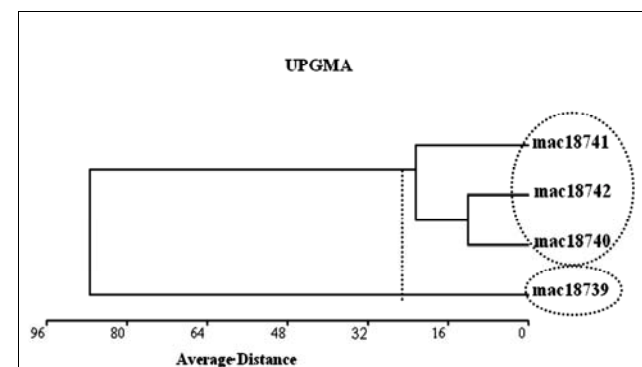
شکل ۹- گروه‌های فنتیکی حاصل از تحلیل PCO داده‌های میوز در جمعیت‌های مختلف *A. macrostachys*



شکل ۸- دندروگرام حاصل از تحلیل داده‌های میوز با استفاده از MVSP به روش UPGMA در جمعیت‌های مختلف *A. macrostachys*



شکل ۱۱- گروه‌های فنتیکی حاصل از تحلیل کلی ویژگی‌ها به روش PCO در جمعیت‌های مختلف *A. macrostachys*



شکل ۱۰- دندروگرام حاصل از تحلیل کلی ویژگی‌ها با استفاده از MVSP به روش UPGMA در جمعیت‌های مختلف *A. macrostachys*

## بحث

یکدیگر نشان دادند که اعضای چهار جمعیت مورد مطالعه در دو گروه قرار می‌گیرند. جمعیت *A. macrostachys* (18739) در گروه اول و جمعیت‌های *A. macrostachys* (18741)، (18740) و *A. macrostachys* (18742) در گروه دوم قرار می‌گیرند. جمعیت *A. macrostachys* (18739) از نظر ویژگی‌های ریخت‌شناختی، به دلیل داشتن برگ، دم‌برگ، دم‌گل آذین و دندانه کاسه بلندتر، تعداد جفت برگچه‌های کمتر و بال و ناو کوتاه‌تر، از نظر ویژگی‌های ریخت‌شناختی دانه‌گرده،

در این تحقیق نتایج حاصل از مطالعه میوز بر روی جمعیت‌های مختلف *A. macrostachys* نشان داد که سه جمعیت از چهار جمعیت مورد مطالعه دیپلوئید و دارای عدد کروموزومی  $2n=2x=16$  هستند، در حالی که تنها یک جمعیت تتراپلوئید و دارای عدد کروموزومی  $2n=4x=32$  است. عدد کروموزومی این گونه در این مطالعه برای اولین بار گزارش می‌شود. نتایج حاصل از تحلیل داده‌های حاصل از مطالعات ریخت‌شناسی، میوز و گرده‌شناسی در توافق با

هسته‌ای در آنافاز II و تلوفاز II و عدم ناهمزمانی هسته‌ها در متافاز II از دیگر جمعیت‌های *A. macrostachys* جدا می‌شود.

به دلیل دارا بودن قطر قطبی و قطر استوایی کوچک‌تر و فاصله بین دو شیار کوتاه‌تر و در نهایت، از نظر ویژگی‌های رفتاری میوز، به دلیل برخی بی‌نظمی‌های میوزی با فراوانی بیشتر مانند دوهستکی در پروفاز، پل سیتوپلاسمی و سه

### منابع

- Aryavand, A. (1983) IOPB Chromosome Number Reports LXXX. Taxon 32: 504-511.
- Erdtman, G. (1960) The acetolysis method. Svensk Botanisk Tidskrift 54: 561-564.
- Maassoumi, A. A. (1987) Notes on the genus *Astragalus* in Iran I, cytotaxonomic studies on some species. Iranian Journal of Botany 3: 117-128.
- Maassoumi, A. A. (1989) The genus *Astragalus* in Iran. Vol. 2, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran.
- Maassoumi, A. A. (1993) Revision of *Astragalus* L. sect. *Malacothrix* Bunge (Leguminosae) in Iran. Sendtnera 1: 157-240.
- Pagliarini, M. S. (1990) Meiotic behavior and pollen fertility in *Aptenia cordifolia* (Aizoaceae). Caryologia 43: 157-162.
- Pagliarini, M. S. (2000) Meiotic behavior of economically important plant species: the relationship between fertility and male sterility. Genetics and Molecular Biology 23 (4): 997-1002.
- Podlech, D. and Maassoumi, A. A. (2003) New species of *Astragalus* L. (Fabaceae) from Iran, mainly of sects. *Incani* and *Malacothrix*. Feddes Repertorium 11: 320-349.
- Ranjbar, M. (2007) A new species of *Astragalus* sect. *Malacothrix* (Fabaceae) from Iran, with supplementary notes on the section. Nordic Journal of Botany 24: 533-538.
- Ranjbar, M. and Karamian, R. (2004) Taxonomic study of *Astragalus* sect. *Erioceras* (Fabaceae) in Iran, additional notes and key to the species. Nordic Journal of Botany 22: 177-181.
- Ranjbar, M., Karamian, R. and Enayati Akmal, A. (2010) Meiotic behavior and chromosome number of 5 species of the *Astragalus* sect. *Megalocystis* Bunge (Fabaceae) in Iran. Cytologia 75(1): 49-58.
- Ranjbar, M., Maassoumi, A. A. and Podlech, D. (2002) *Astragalus* sect. *Alopecuroidei* (Fabaceae) in Iran, complementary notes with a key to the species. Willdenowia 32: 85-91.
- Souza, M. M., Martins, E. R., Pereira, T. N. S. and Olivera, L. O. (2006) Reproductive studies on Ipecac (*Cephalis ipecacuanha* (Brot.) A. Rich, Rubiaceae): Meiotic behavior and pollen viability. Brazilian Journal of Biology 66 (1A): 151-159.

**Biosystematic study of 4 populations of *Astragalus macrostachys* DC.  
of *Astragalus* sect. *Malacothrix* Bunge in Iran**

**Massoud Ranjabr\*, Roya Karamian and Aghdas Enayati Akmal**

Department of Biology, Faculty of Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan

**Abstract**

In this investigation, meiotic behavior, morphological and pollen morphological characters of 4 populations belonging to *A. macrostachys* DC. of *Astragalus* sect. *Malacothrix* Bunge in Iran were studied. Results showed that 3 populations were diploid and represented  $2n=2x=16$  chromosome number and the only tetraploid population showed  $2n=4x=32$  chromosome number. Although the taxa represented regular bivalent pairing at meiosis, some abnormalities such as laggard and fragmented chromosomes in anaphase/telophase I, II and diakinesis/metaphase I, cytomixis in anaphase/telophase I, II, multipolar cells in telophase II, binuclei cells in prophase I and bridges in anaphase I and telophase II were observed. Data analysis from meiotic study of four populations in the species using UPGMA and PCO methods, showed that, in the taxa studied, there were two main groups.

**Key words:** *Astragalus* L., sect. *Malacothrix*, Meiotic behavior, Morphology, Pollen morphology

---

\* Corresponding Author: ranjabr@basu.ac.ir