

## مطالعه اندام‌زایی گل در گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

سید محمدعلی خواجه‌الدینی<sup>۱</sup>، سمیه نقی‌لو<sup>۲</sup> و محمدرضا دادپور<sup>۳\*</sup>

<sup>۱</sup> گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه، میانه، ایران

<sup>۲</sup> گروه زیست‌شناسی گیاهی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

<sup>۳</sup> گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

### چکیده

گوجه‌فرنگی از مهم‌ترین گیاهان باغی و عضوی از تیره سیب‌زمینی است. با وجود اهمیت این گونه به عنوان یک مدل ژنتیکی، اطلاعات اندکی از روند نمو گل در این گونه در دسترس است. در مطالعه حاضر، اندام‌زایی گل در گوجه‌فرنگی توسط میکروسکوپ نوری بازتابشی مطالعه شد. گل‌ها پنج پر بودند و آغاز حلقه‌های گل با الگوی رو به محور و بدون همپوشانی صورت گرفت. آغاز اندام‌ها در هر یک از حلقه‌های کاسبرگ، گلبرگ و پرچم به ترتیب از الگوی مارپیچی، تک‌جهتی و دوجتهی تبعیت نمود. وقوع فراوان حالت‌های غیرطبیعی در جریان نمو گل قابل توجه است. افزایش تعداد اندام‌ها در مورد کاسبرگ‌ها، گلبرگ‌ها، پرچم‌ها و برچه‌ها مشاهده گردید. افزایش شمار اندام‌ها به ویژه در حلقه پرچمی در نتیجه شکافتگی آغازها رخ می‌دهد. بر اساس نتایج مطالعات پیشین، احتمالاً دمای پایین، عامل نمو غیرطبیعی گل‌های گوجه‌فرنگی بوده است.

**واژه‌های کلیدی:** اندام‌زایی، گوجه‌فرنگی، میکروسکوپ نوری بازتابشی، نمو غیرطبیعی

### مقدمه

پرورش داده می‌شود و بخش مهمی از رژیم غذایی مردم بسیاری از کشورها را تشکیل می‌دهد. نظر به اهمیت اقتصادی گوجه‌فرنگی، این گیاه موضوع تحقیق و پژوهش‌های بسیاری بوده است و در علم ژنتیک به عنوان یکی از گیاهان الگو شناخته می‌شود.

گل‌های گوجه‌فرنگی که در گل‌آذین جانبی گرزن یک‌سویه تجمع یافته‌اند، دارای ۵ کاسبرگ متناوب با ۵ گلبرگ و ۵ پرچم مقابل کاسبرگی هستند. مادگی

گوجه‌فرنگی با نام علمی *Lycopersicon esculentum* Mill. متعلق به تیره سیب‌زمینی (Solanaceae) است که همچون بسیاری محصولات زراعی دیگر با آب و هوای گرمسیری سازش یافته است. این گیاه که بومی آمریکای جنوبی و مرکزی است، طی دوره استعماری اسپانیا به سایر نقاط جهان منتقل شده است. انواع مختلف این گیاه امروزه در سراسر جهان

(۲۰۰۳) ظهور آغازه اندام‌ها تا مرحله چهار کامل می‌شود و به دنبال آن تمایز اندام‌ها در مراحل بعدی رخ می‌دهد. برای نمونه، در مرحله ۹ فرآیند میوز در بساک‌ها آغاز می‌شود و آغازه تخمک تشکیل می‌گردد و مگاسپوروژنز در مرحله ۱۱ تا ۱۲ آغاز می‌شود. اگرچه این مطالعه تا حدی به روشن شدن وقایع نموی گل در این گونه منجر شده است، اما الگوهای نموی گل در این گونه هنوز به طور کامل شناسایی نشده است.

با توجه به اهمیت اقتصادی گوجه‌فرنگی و مطرح بودن آن به عنوان یک گیاه مدل ژنتیکی، اطلاعات کامل و دقیق از جنبه‌های مختلف نموی گل در این گیاه برای درک بهتر اساس ژنتیکی نموی گل ضروری است. در بررسی حاضر، جزئیات اندام‌زایی گل در گیاه گوجه‌فرنگی مطالعه شد و ضمن توصیف کامل نموی گل‌های گوجه‌فرنگی، موارد غیرطبیعی مشاهده شده در روند نمو اندام‌ها مورد بحث قرار گرفته است.

### مواد و روش‌ها

برداشت نمونه از گیاهان کشت شده در ایستگاه تحقیقاتی خلعت‌پوشان، وابسته به دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز صورت گرفت. جوانه‌ها در اندازه‌ها و سنین مختلف جمع‌آوری و در FAA تثبیت شدند. پس از دوره ۲۴ ساعته تثبیت، آنگیری نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در غلظت‌های متوالی اتانول ۷۰ و سپس ۹۶ درصد انجام گرفت. با پایان آنگیری نمونه‌ها، رنگ‌آمیزی آنها با نیگروزین ۰/۵ درصد محلول در اتانول ۱۰۰ درصد صورت گرفت (Dadpour *et al.*, 2008). پس از آن، فلوس‌زدایی نمونه‌ها در زیر استرئومیکروسکوپ Nikon SMZ1500 انجام گردید.

مشکل از ۲ برچه الحاق شده است که به خامه ای منفرد و کلاله پُر رزدار منتهی می‌شود. در گل‌های بالغ، گلبرگ‌ها و پرچم‌ها طویل‌تر از خامه هستند و بساک‌ها لوله‌ای را در اطراف خامه تشکیل می‌دهند (Ronse De Craene, 2010). با وجود اهمیت اقتصادی گل‌های این گونه، تاکنون مطالعات معدودی در مورد تکوین و نمو بخش‌های مختلف گل انجام شده است. مطالعات تکوینی گل آذین و گل امروزه جایگاه ویژه‌ای یافته است و دانشمندان متعدد بر لزوم گسترش این مطالعات به موازات مطالعات ریخت‌شناختی، تشریحی و مولکولی نمو گل تأکید ورزیده‌اند (Smyth, 2005). به کارگیری روش‌های جدید و ابداع وسایل و ابزار پیشرفته امکان بررسی دقیق‌تر وقایع ابتدایی تکوین را مهیا کرده و میدان عمل این علم به سرعت در حال توسعه است (Dadpour *et al.*, 2009؛ Gohari *et al.*, 2010؛ Barati *et al.*, 2012).

پژوهشگرانی که پیش از این گل‌های گوجه‌فرنگی را بررسی نموده‌اند، بیشتر روی گیاهان جهش یافته یا تحت تنش‌های محیطی و هورمونی متمرکز شده‌اند (Sawhney and Nester and Zeevaart, 1988؛ Rasmussen and Green, 1993؛ Bhadula, 1988). تنها بررسی شایان توجه در زمینه توصیف ریختی نموی گل‌های گوجه‌فرنگی توسط Brukhin و همکاران (۲۰۰۳) انجام شده است که به تقسیم فرآیند نمو گل به ۲۰ مرحله منجر گردیده است که در هر مرحله، تعدادی وقایع برجسته رخ می‌دهد. در بررسی آنها ریخت‌شناختی و سیتولوژی، روند زمانی نمو گل و ارتباط مراحل مختلف نمو با اندازه مریستم گل به عنوان پایه‌ای برای مطالعات ژنتیکی و مولکولی آینده مد نظر قرار گرفته است. بر مبنای بررسی Brukhin و همکاران

شکمی و جانبی مریستم گل آغازش می‌یابند و با فاصله اندکی، گلبرگ پنجم در بخش پشتی ظاهر می‌شود (شکل ۱- E و F). در ادامه، اندام‌زایی گل با ظهور آغازه‌های پرچمی دنبال می‌شود که به تعداد ۵ عدد و به صورت متناوب با گلبرگ‌ها ظهور می‌یابند. الگوی دوجتهی در جریان تکوین پرچم‌ها قابل مشاهده است. با توجه به اندازه آغازه‌ها، آغازش پرچم‌های پشتی و شکمی به صورت همزمان اتفاق می‌افتد که با فاصله اندکی آغازه پرچم‌های جانبی نیز پدیدار می‌شود (شکل ۱- G). اندکی پس از ظهور آغازه پرچم‌ها، برچه‌ها به صورت دو برجستگی نابرابر و کم و بیش مورب در قسمت مرکزی مریستم گل نمایان می‌شوند (شکل ۱- H و I).

#### نمو اندام‌ها: کاسبرگ‌ها در جریان آغازش

اندام‌های داخلی رشد قابل توجهی یافته و توسط کرک‌ها احاطه می‌شوند (شکل ۲- A). الگوی کرک‌دار شدن کاسبرگ‌ها منطبق بر الگوی آغازش آنها است و با کاسبرگ پشتی آغاز می‌شود (شکل ۲- B). کاسه گل در جریان تمایز کاملاً توسط کرک‌های طویل پوشیده شده و سایر اندام‌ها را در بر می‌گیرد، به طوری که برای مشاهده آغازش اندام‌های داخلی باید آنها را حذف نمود.

گلبرگ‌ها رشد یافته و روی مریستم گل خمیده می‌شوند (شکل ۲- B). در این مرحله، بخش رأسی گلبرگ‌ها توسط کرک‌ها پوشیده شده است. با ادامه نمو، رشد بینابینی در قاعده گلبرگ‌های مجزا، به تشکیل جام گلی کوتاه منجر می‌گردد (شکل ۲- D). حاشیه‌های گلبرگ‌ها در این مرحله به هم می‌رسند و به حالت مماسی در کنار هم آرایش می‌یابند (شکل ۲- D).

آغازه پرچم‌ها به تدریج رشد یافته و طویل می‌شود

نمونه‌های آماده شده با بهره‌گیری از میکروسکوپ نوری بازتابشی Nikon E600D که دارای فیلتر بازتابشی زمینه تاریک و عدسی‌های چشمی کاتادیوپتريک بود، بررسی شدند. بدین منظور، هر نمونه در ظرف مخصوص محتوی اتانول ۹۶ درصد که در بخش مرکزی آن سوزن ظریفی تعبیه شده بود، استقرار یافت. تصاویر خام دیجیتالی توسط دوربین Nikon DXM1200 با وضوح ۱۳ مگاپیکسل، از سطوح مختلف نمونه با وضوح متفاوت برداشت شد. لایه‌های تصویری برای بهبود عمق میدان و به دست آوردن تصویر نهایی با کیفیت مطلوب ادغام و فرآوری شد (Dadpour et al., 2008).

#### نتایج

##### آغازش اندام‌ها: نخستین نشانه اندام‌زایی، پیدایش

آغازه‌های کاسبرگی در پیرامون مریستم گل است. نخستین کاسبرگ در سطح پشتی گل (در مجاورت برگه) پدیدار می‌شود (شکل ۱- A). اندکی پس از آن، آغازه دومین کاسبرگ در سطح شکمی (به سمت محور گل آذین) نمایان می‌گردد (شکل ۱- B). تشکیل کاسه گل با ظهور آغازه کاسبرگ‌های سوم و چهارم در بخش پشتی و جانبی مریستم گل دنبال می‌شود (شکل ۱- B) و در پایان، پیدایش آخرین آغازه کاسبرگی در بخش جانبی در مقابل کاسبرگ چهارم رخ می‌دهد (شکل ۱- C). بنابراین، آغازش کاسبرگ‌ها با الگوی مارپیچی انجام می‌گیرد. پس از این که کاسبرگ‌ها اندکی رشد یافت و آغازه گلی را احاطه نمودند (شکل ۱- D)، ۵ آغازه گلبرگ در بخش داخلی و در موقعیت متناوب با کاسبرگ‌ها آغازش می‌یابند (شکل ۱- E). چهار گلبرگ با توالی سریع در بخش

می‌دهد (شکل ۳-C و D).

### بحث

بر اساس بررسی‌های انجام شده در گوجه‌فرنگی اندام‌های گل در توالی رو به محور تکوین می‌یابند. آغازش و نمو مارپیچی کاسبرگ‌ها با خط تقارنی که از کاسبرگ اول می‌گذرد، به ایجاد تک تقارنی مورب در گل منجر می‌شود. اغلب گل‌های تیره Solanaceae چندتقارنی هستند و تک تقارنی مورب به ندرت در برخی گونه‌ها نظیر *Schizanthus* و *Salpiglossis* مشاهده می‌شود (Eichler, 1875; Knapp, 2002).

بر اساس نظر Knapp (۲۰۰۲) تک تقارنی چندین بار در تیره Solanaceae ایجاد شده است و اشکال متنوعی از آن بر چندین اندام یا بر یک اندام خاص تأثیر گذارده است. در *Salpiglossis* و جنس‌های خویشاوند، جام گل و نافه هر دو تک تقارنی هستند و در *Browallia* پرچم پشتی نابارور است.

جام گل در گوجه‌فرنگی مشتمل بر ۵ لوب گلبرگی برآمده روی جام گل است که با آرایش مماسی استقرار یافته‌اند. لوله‌های گلبرگی در تیره Solanaceae اغلب بسیار طویل و دارای لوب‌های کوتاه یا کوتاه با لوب‌های برگشته هستند که برای نمونه در *Solanum* با کرده افشانی مرتبط است. آرایش گلبرگ‌ها در گیاهان این تیره یک دو یک، پیچ خورده یا مماسی است (Ronse De Craene, 2010).

در گوجه‌فرنگی همچون اغلب گونه‌های تیره Solanaceae شمار پرچم‌ها ۵ عدد و نافه تک حلقه پرچمی (haplostemonous) است. پرچم‌ها در تیره Solanaceae می‌توانند غیر هم اندازه با یک پرچم کوتاه‌تر (مانند *Nicotiana*) یا با اندازه‌های متفاوت باشند. برای نمونه، در *Petunia* و *Physalis* پرچم

(شکل ۲-C). با اتساع بخش انتهایی آغازه‌های پرچمی، بساک‌ها شروع به تمایز می‌کنند (شکل ۲-E). بساک‌ها بن چسب هستند و میله پرچمی به قاعده بساک متصل است (شکل ۲-E). در گل‌های بالغ، پرچم‌ها دارای بساک‌های کشیده، طویل و میله‌های کوچک هستند (شکل ۲-F). در این مرحله، کرک‌ها در بخش جانبی و شکمی بساک‌ها تمایز می‌یابند و به واسطه گره شدن کرک‌های اپیدرمی بساک‌ها به هم متصل شده، یک لوله پرچمی را در اطراف خامه تشکیل می‌دهند (شکل ۲-F).

برچه‌ها که در مرحله آغازش مجزا هستند، در جریان نمو در امتداد حاشیه‌های مجاور ادغام می‌شوند. در ادامه، رشد و بلند شدن مادگی به تشکیل تخمدان دو برچه‌ای پیوسته برچه، خامه منفرد طویل و کلاله پزدار منجر می‌گردد (شکل ۲-G). تخمک‌های متعدد در هر یک از خانه‌های تخمدان نمو می‌یابند (شکل ۲-G).

### موارد غیر معمول در جریان تکوین گل: طی

بررسی روند تکوین گل مواردی از افزایش شمار اندام‌ها و موقعیت‌های غیر معمول آنها مشاهده گردید. این موارد که با فراوانی نسبتاً بالا (تا ۵۰ درصد نمونه‌های بررسی شده) رخ می‌دهند شامل افزایش تعداد کاسبرگ‌ها، گلبرگ‌ها، پرچم‌ها و برچه‌ها تا ۶ عدد هستند (شکل ۳). تعداد پرچم‌ها و برچه‌ها گاه تا ۷ عدد نیز افزایش می‌یابد (شکل ۳-C، D و H). افزایش اندام‌ها در حلقه‌های مختلف می‌تواند به صورت همزمان یا مستقل از هم انجام گیرد. البته حالت دوم با فراوانی بیشتری مشاهده گردید. بر اساس اطلاعات به دست آمده افزایش شمار اندام‌ها به ویژه در حلقه پرچمی و مادگی در نتیجه شکافتگی آغازه‌ها رخ

جنینی در تخمک‌ها با مراحل ۱۴ تا ۱۸ مطابقت می‌نماید.

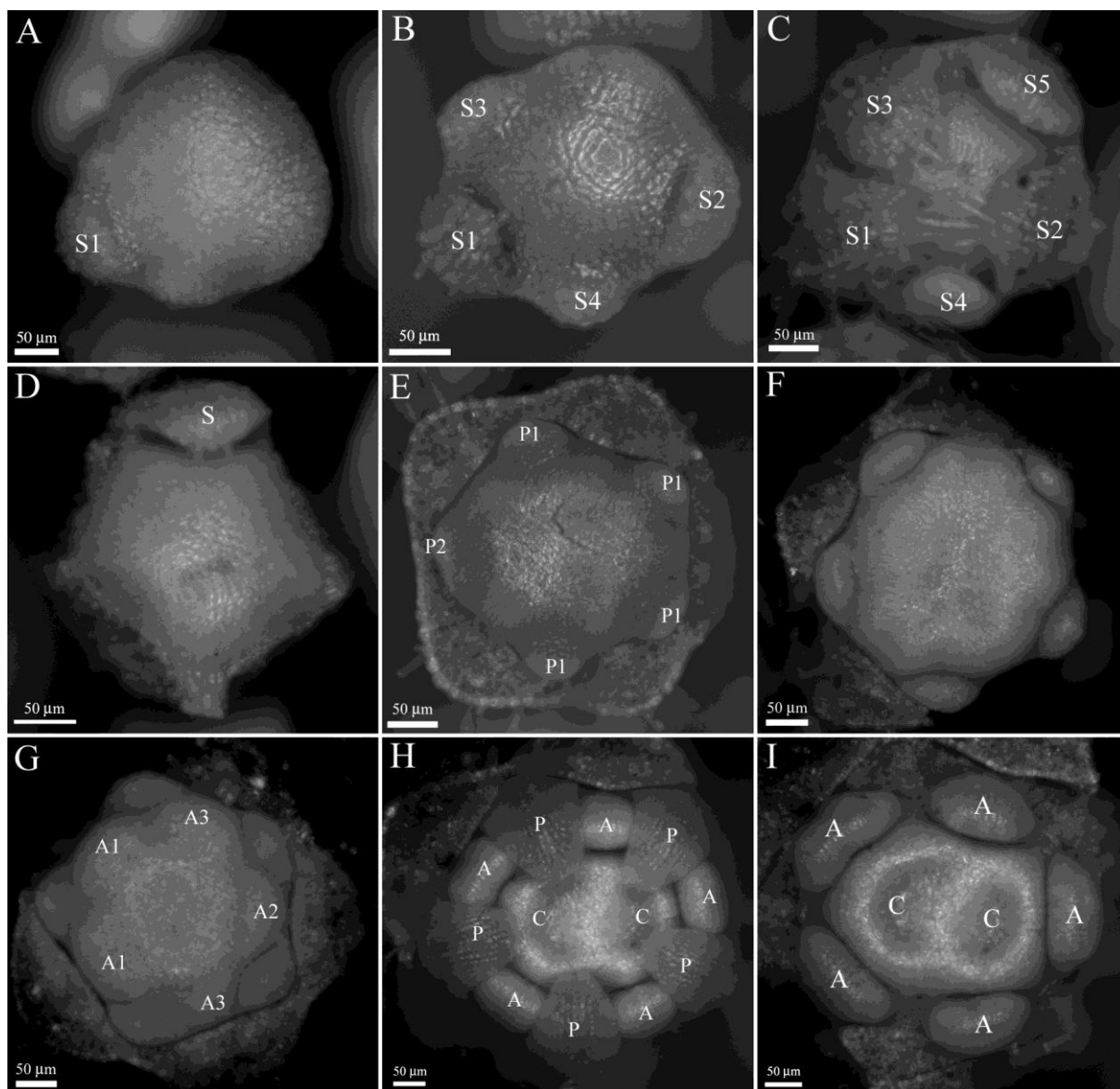
ویژگی جالب یافت شده در بررسی حاضر، مشاهده موارد متعدد افزایش اندام‌های گل در کنار حالت طبیعی پنج پری گل‌ها بود. افزایش تعداد اندام‌ها، به دنبال مضاعف شدن یا شکافتگی برخی آغازه‌های اصلی اتفاق افتاده است. گرچه انجام بررسی‌های بیشتر برای توجیه این پدیده مورد نیاز است، به نظر می‌رسد این موارد در نتیجه تأثیر عوامل محیطی از جمله سرما باشد. بررسی‌ها نشان داده است که مریستم گل پتانسیل تولید الگوهای ریخت‌شناسی مختلف در پاسخ به عوامل محیطی نظیر: درجه حرارت، فتوپریود و مواد تنظیم‌کننده رشد را دارد (Crozier and Thomas, 1993). بر اساس نتایج مطالعات پیشین، نمو گل و میوه گوجه‌فرنگی در زمان رشد گیاه در دمای پایین به شدت تغییر می‌یابد و به تغییر ماهیت و شمار اندام‌ها و تغییر در الگوی آغازش اندام‌ها منجر می‌گردد (Lozano et al., 1998؛ Weiss and Egea-Cortines, 2009). تغییر ماهیت اندام‌ها اغلب به تبدیل پرچم‌ها و برچه‌ها به اندام‌های حد واسط منجر می‌شود. تغییر شکل کامل اندام‌ها نیز در مواردی در اندام‌های تولید مثلی گیاهان تحت تنش سرما دیده می‌شود. تغییر تعداد اندام‌ها که عمدتاً در حلقه‌های تولید مثلی این گیاهان دیده می‌شود، در مراحل بسیار ابتدایی نمو رخ می‌دهد و با افزایش معنی‌دار در اندازه مریستم گل مرتبط است. بررسی‌های انجام شده روی بیان ژن‌های گل‌دهی خانواده MADSbox در گوجه‌فرنگی‌های تحت تنش سرما و مقایسه آن با گیاهان طبیعی نشان داده است که بیان ژن‌های TAG1، TM، TM5 و

مقابل کاسبرگ ۱ کوتاه‌ترین، دو پرچم مجاور طویل‌ترین و دو پرچم شکمی دارای اندازه متوسط هستند. در *Schizanthus* تنها پرچم‌های متناوب با برچه‌ها بارور هستند (Eichler, 1875؛ Knapp, 2002). حالت مورب مادگی که در گوجه‌فرنگی مشاهده شده است، ویژگی شناخته شده در تیره Solanaceae است. مادگی در اعضای این تیره اغلب دارای ۲ و به ندرت ۵ برچه (مانند *Hicandra*) با تخمک‌های فراوان و تمکن محوری است (Ronse De Craene, 2010).

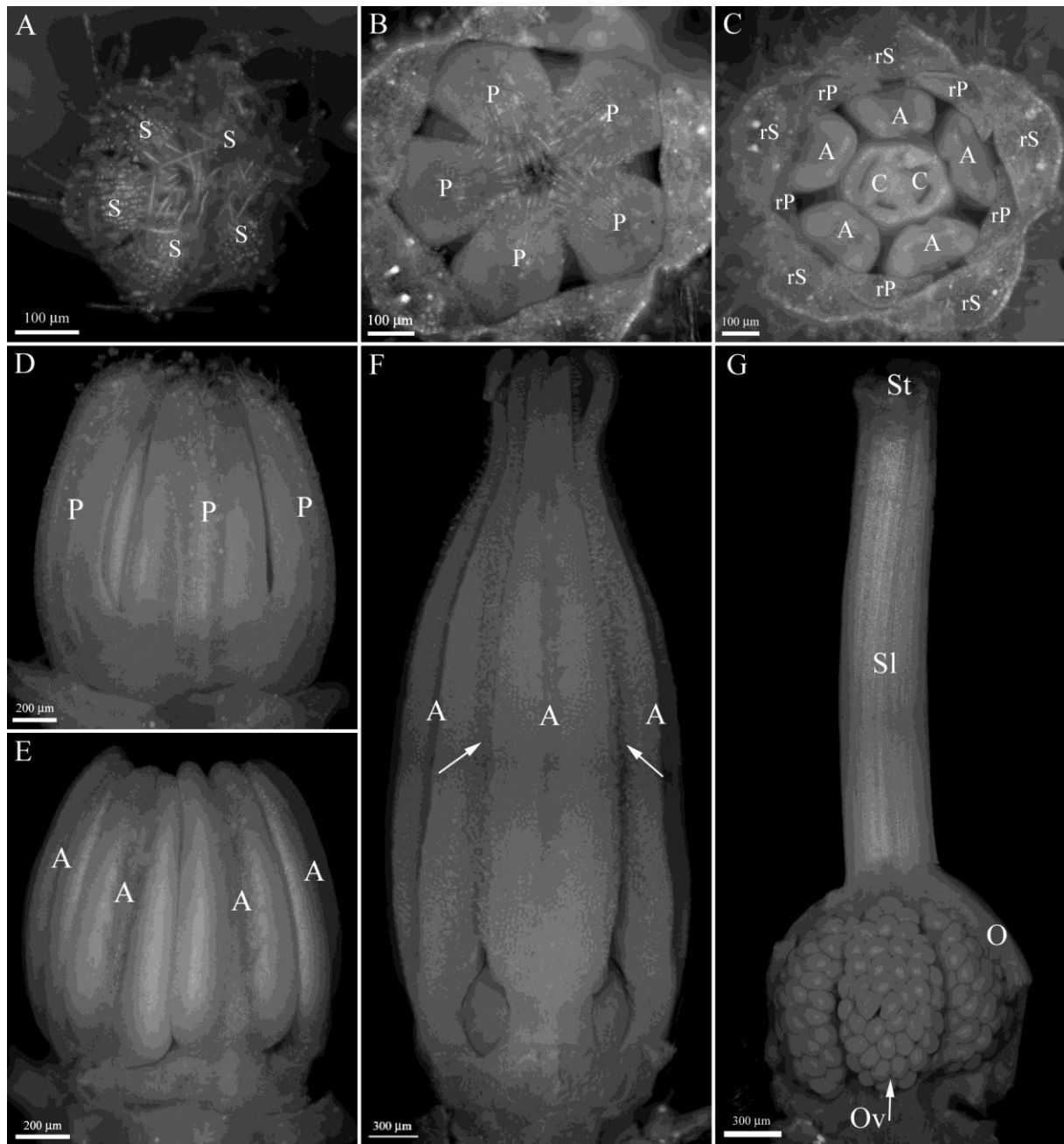
نتایج بررسی انجام شده روی الگوی آغازش اندام‌ها در گوجه‌فرنگی، در تطابق با پژوهش‌های پیشین، وجود فیلوتاکیسی ماریپیچی را در جریان آغازش کاسبرگ‌ها نشان داد (Sawhney and Greyson, 1972). با این وجود، ظهور تک‌جهتی و دو‌جهتی گلبرگ‌ها و پرچم‌ها مخالف با الگوی همزمان گزارش شده است (Brukhin et al., 2003). آغازش اندام‌ها در حلقه‌های متوالی به دنبال هم و بدون همپوشانی رخ می‌دهد که با مراحل ۱ تا ۴ نمو گل معرفی شده توسط Brukhin و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت می‌نماید. در بررسی انجام شده توسط Brukhin و همکاران (۲۰۰۳) نمو گل در گوجه‌فرنگی به ۲۰ مرحله تقسیم شده است. این تقسیم‌بندی بر مبنای زمان آغازش اندام‌ها و به دنبال آن تمایز و تقسیمات سلولی بوده است. بر این اساس، ظهور آغازه کاسبرگ در مرحله ۱، ظهور آغازه گلبرگ در مرحله ۲، ظهور پرچم‌ها در مرحله ۳ و آغازش برچه در مرحله ۴ رخ می‌دهد. داده‌های بافت‌شناسی مربوط به مراحل بعدی نمو گل گوجه‌فرنگی نشان داد که گرده‌زایی و تمایزبایی بافت تپتوم با مرحله ۶ تا ۷، فرآیند میوز با مراحل ۸ تا ۱۰، آزادسازی میکروسپورها از تترادها در بساک با مرحله ۱۲ و زمان تمایز کیسه

شده نیز محتمل است که دوره‌ای از سرما را پشت سر گذارده‌اند. بررسی‌های تکمیلی در مورد اساس ژنتیکی فنوتیپ مشاهده شده در این گیاهان می‌تواند اثباتی بر این ادعا باشد.

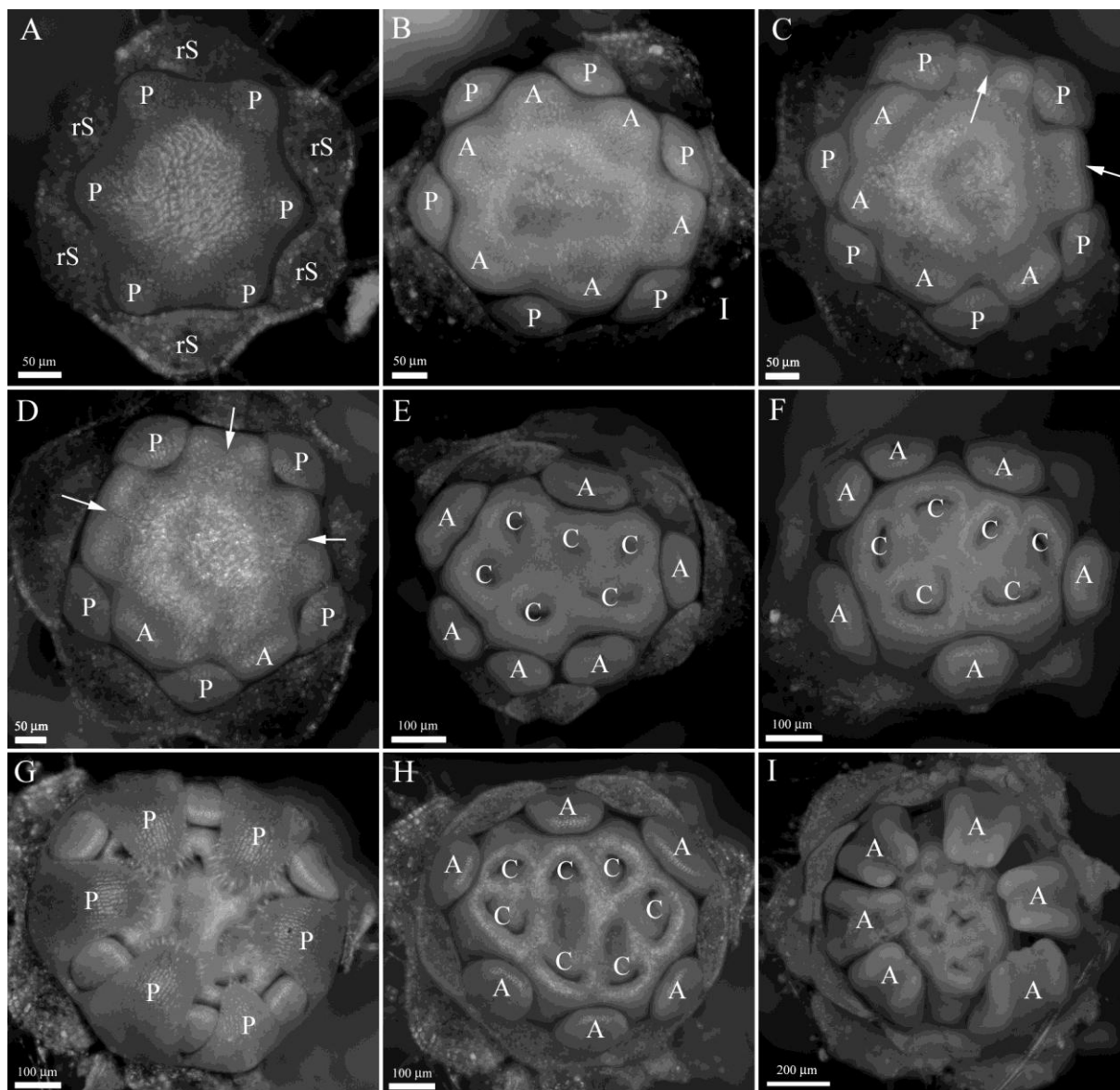
TM6 در اثر دمای پایین به شدت افزایش می‌یابد (Lozano *et al.* 1998). بنابراین، حالت‌های غیرطبیعی گل می‌تواند با تغییر بیان ژن‌های گل‌دهی مرتبط باشد. چنین حالتی در مورد گیاهان بررسی



شکل ۱- روند آغازش اندام‌های گل. (A) ظهور نخستین آغازه کاسبرگ در بخش پشتی؛ (B) تشکیل آغازه کاسبرگ‌های شکمی و جانبی؛ (C) پدیدار شدن آخرین آغازه کاسبرگ در بخش جانبی؛ (D) مریستم گل پس از حذف ۴ کاسبرگ بزرگتر؛ (E) و (F) پدیدار شدن آغازه گلبرگ‌ها در موقعیت متناوب با کاسبرگ‌ها؛ (G) پدیدار شدن آغازه‌های پرچمی با الگوی دوجبهتی؛ (H) و (I) کامل شدن مراحل اندام‌زایی با تشکیل دو آغازه برچه نابرابر در موقعیت مورب. A: پرچم، C: برچه، P: گلبرگ، S: کاسبرگ. بخش پشتی گل در سمت چپ قرار گرفته است. کاسبرگ‌ها در تصاویر D تا I و گلبرگ‌ها در شکل I حذف شده‌اند.



شکل ۲- روند نمو اندام‌های گل. (A) نمو نابرابر کاسبرگ‌ها و احاطه شدن آنها توسط کرک‌های طویل؛ (B) رشد گلبرگ‌ها و خمیده شدن آنها به سمت مرکز، کرک‌های نمو یافته در نوک گلبرگ‌ها قابل مشاهده هستند؛ (C) دید قطبی از مریستم گل پس از حذف کاسبرگ‌ها و گلبرگ‌ها که رشد آغازه پرچم‌ها را نشان می‌دهد؛ (D) رشد گلبرگ‌ها و استقرار آنها با آرایش مماسی؛ (E) تمایز بساک و میله پرچمی؛ (F) بساک‌های کشیده و طویل و میله‌های کوچک پرچم‌ها در گل‌های بالغ. بساک‌ها به واسطه گره شدن کرک‌های موجود در بخش جانبی به یکدیگر اتصال می‌یابند؛ (G) مادگی تمایز یافته با خامه‌ای طویل، کللاه‌ای پرزدار و تخمک‌های متعدد در هر خانه تخمدان. A: پرچم، C: برچه، O: تخمدان، Ov: تخمک، P: گلبرگ، rP: گلبرگ حذف شده، rS: کاسبرگ حذف شده، S: کاسبرگ، SI: خامه، St: کللاه.



شکل ۳- حالت‌های غیرمعمول نمو گل. (A) ظهور ۶ کاسبرگ و ۶ گلبرگ؛ (B) تشکیل ۶ گلبرگ و ۶ پرچم؛ (C و D) شکافتگی آغازی پرچم‌ها برای تشکیل آغاره‌های جدید (با فلش نشان داده شده است)؛ (E و F) افزایش پرچم‌ها و برچه‌ها به ۶ عدد؛ (G) افزایش همزمان تعداد گلبرگ‌ها، پرچم‌ها و برچه‌ها در یک گل؛ (H و I) گل‌هایی با ۶ پرچم و ۷ برچه. A: پرچم، C: برچه، P: گلبرگ، rS: کاسبرگ حذف شده. کاسبرگ‌ها در تمامی تصاویر و گلبرگ‌ها در تصاویر E، F، H و I حذف شده‌اند.

### سپاسگزاری

تحقیق حاضر با حمایت مالی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه به انجام رسیده است.

از جناب آقای مهندس غلامرضا گوهری که در انجام این پژوهش ما را یاری نمودند تشکر می‌شود.

### منابع

Barati, S., Dadpour, M. R. and Naghiloo, S. (2013) The study of floral ontogeny in *Glycyrrhiza glabra* L..



- Iranian Journal of Plant Biology 5(17): 52-41.
- Brukhin, V., Hernould, M., Gonzalez, N., Chevalier, C. and Mouras, A. (2003) Flower development schedule in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. sweet cherry). Sexual Plant Reproduction 15: 311-320.
- Crozier, T. S. and Thomas, J. F. (1993) Normal floral ontogeny and cool temperature-induced aberrant floral development in *Glycine max* (fabaceae). American Journal of Botany 80(4): 429-448.
- Dadpour, M. R., Naghiloo, S. and Gohari, G. R. (2009) The study of floral Ontogeny in *Phytolacca americana*. Iranian Journal of Plant Biology 1(1-2): 37-46.
- Dadpour, M. R., Grigorian, W., Nazemieh, A. and Valizadeh, M. (2008) Application of epi-illumination light microscopy for study of floral ontogeny in fruit trees. International Journal of Botany 4(1): 49-55.
- Eichler, A. W. (1875) Blu'thendiagramme. vol. 1. Wilhelm Engelmann, Leipzig (in German).
- Gohari, G. R., Naghiloo, S., Movafeghi, A. and Dadpour, M. R. (2010) The study of floral organogenesis in *Bougainvillea spectabilis* Willd. Iranian Journal of Plant Biology 2(2): 11-19.
- Khodaverdi, M., Naghiloo, S., Dadpour, M. R. and Movafeghi, A. (2012) Study of floral ontogeny in *Amorpha fruticosa* L. (Fabaceae). Iranian Journal of Plant Biology 4(14): 15-22.
- Knapp, S. (2002) Floral diversity and evolution in the Solanaceae. In: Developmental genetics and plant evolution (Eds. Cronk, Q. C. B., Bateman, R. M. and Hawkins, J. A.) 267-297. Taylor and Francis, London.
- Lozano, R., Angosto, T., Gomez, P., Payan, C., Capel, J., Huijser, P., Salinas, J. and Martínez-Zapater, J. M. (1998) Tomato flower abnormalities induced by low temperatures are associated with changes of expression of MADS-box genes. Plant Physiology 117: 91-100.
- Nester, J. E. and Zeevaart, J. A. D. (1988) Flower development in normal tomato and a gibberellin-deficient (ga-2) mutant. American Journal of Botany 75: 45-55.
- Rasmussen, N. and Green, P. B. (1993) Organogenesis in flowers of the homeotic green pistillate mutant of tomato (*Lycopersicon esculentum*). American Journal of Botany 80: 805-813.
- Ronse De Craene, L. (2010) Floral diagrams: an aid to understanding flower morphology and evolution. Cambridge University Press, Cambridge.
- Sawhney, V. K. and Bhadula, S. K. (1988) Microsporogenesis in the normal and male sterile stamenless-2 mutant of tomato (*Lycopersicon esculentum*). Canadian Journal of Botany 66: 2013-2021.
- Sawhney, V. K. and Greyson, R. I. (1972) On the initiation of the inflorescence and floral organs in tomato (*Lycopersicon esculentum*). Canadian Journal of Botany 50: 1493-1495.
- Smyth, D. R. (2005) Morphogenesis of flowers our evolving view. The Plant Cell 17: 330-341.
- Weiss, J. and Egea-Cortines, M. (2009) Transcriptomic analysis of cold response in tomato fruits identifies dehydrin as a marker of cold stress. Journal of Applied Genetics 50(4): 311-319.



## A study on organogenesis in *Lycopersicon esculentum* Mill.

Seyed Mohammadali Khajeddini <sup>1</sup>, Somayeh Naghiloo <sup>2</sup>  
and Mohammad Reza Dadpour <sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Miyaneh Branch, Miyaneh, Iran

<sup>2</sup> Department of Plant Sciences, College of Natural Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

<sup>3</sup> Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

### Abstract

Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) is one of the most important horticultural crops, belonging to the family Solanaceae. Owing to the significance of tomato as a model plant in genetic studies, little is known about the floral development in this plant. The organogenesis of tomato flowers was studied using epi-illumination light microscopy. The flowers were pentamerous with the acropetal and asynchronous inception of floral whorls. The initiation of sepals, petals and stamens followed helically, unidirectionally and bidirectionally, respectively. The high occurrence of floral abnormalities was remarkable. The initiation of a higher number of organ primordia was observed for sepals, petals, stamens and carpels. The increase in the number of organs resulted from the duplication of organ primordia, especially for the stamen whorl. Based on previous studies, low temperature was probably responsible for the abnormal development of tomato flowers.

**Key words:** Organogenesis, *Lycopersicon esculentum*, Epi-illumination light microscopy, Abnormal development