



Exploring the Germination and Pollen Grain Morphology of European Pear (*Pyrus communis* L.) with the Promising Genotype A95 and Cultivar 'Sebri' to Improve Yield

Atefeh Kahnouji¹ , Kazem Arzani^{2✉}

1. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University (TMU), Tehran, Iran. E-mail: a.kahnouji@modares.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University (TMU), Tehran, Iran. E-mail: arzani_k@modares.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	In order to enhance the rate of successful fruit set in controlled and out-of-season hybridizing programs or to improve crop production at a given time, it is important to have viable pollens during stigma acceptance. This study aimed to investigate the effect of duration (3, 6, 9, and 12 months) and temperature of storage (laboratory ambient temp, 4, -20, and -80 °C) on pollen germination of 'Sebri' cultivar and promising A95 genotype of European pear on medium containing %15 sucrose, 20 ppm boric acid, 1.219 mM calcium nitrate, and %0.8 agar. The experiment was performed as a factorial in a randomized complete design (RCD). Morphological characteristics of pollen grains were also explored using a scanning electron microscope (SEM). Results showed that the highest viability of pollen grains was observed in A95 promising genotype, stored for three months at -20°C. Furthermore, the percentage of pollen germination significantly increased as temperature and duration of storage were reduced. In addition, our findings showed that the studied pollen grains were monads, spheroidal in shape, radially symmetrical, and had three longitudinal furrows on their surface. Moreover, the shape of the pollen grains was prolate, and their sizes varied from 35.31 to 39.51 µm.
Article history: Received: 21 July 2024 Received in revised form: 14 November 2024 Accepted: 11 December 2024 Published online: Spring 2025	
Keywords: A95 genotype, European pear, Pollen germination, Pollen morphology, Pollination, SEM.	
Cite this article: Kahnouji, A. & Arzani, K. (2025). Exploring the Germination and Pollen Grain Morphology of European Pear (<i>Pyrus communis</i> L.) with the Promising Genotype A95 and Cultivar 'Sebri' to Improve Yield. <i>Iranian Journal of Horticultural Science</i> , 56 (1), 205-221. DOI: https://doi.org/10.22059/ijhs.2024.379380.2187	
	© The Author(s). DOI: https://doi.org/10.22059/ijhs.2024.379380.2187 Publisher: The University of Tehran Press.

Extended Abstract

Introduction

Pollen grains, as units of sexual reproduction and carriers of genetic material, play a crucial role in breeding programs and the successful fruit formation. Studying the characteristics of pollen grains, such as germination percentage and pollen tube growth, is essential for evaluating their viability and longevity in horticultural research. Furthermore, the specific traits of pollen grains contribute to identifying the type of a given parent and its position in plant taxonomy. In general, determining the characteristics of pollen grains for a genotype is decisive in plant breeding programs.

Selection of superior chance seedling genotypes has always been of particular importance in pear breeding. The promising genotype A95 (a chance-selected seedling from the Asian pear collection orchard with the 'Dargazi' European pear seedling rootstock in the Department of Horticultural Science at Tarbiat Modares University) has attracted attention due to its desirable aroma, flavor, and good fruit appearance. In this context, this study aimed to examine pollen grain germination in response to different storage temperatures (laboratory room temperature, -4, -20, and -80 degrees Celsius) for long-term storage in two European pears, including 'Sebri' and the A95 promising genotype. Moreover, the micromorphology of pollen grains was studied.

Materials and Methods

This research was conducted in the pear research orchard in the Department of Horticultural Science at Tarbiat Modares University (TMU) in Tehran, Iran, during the 2021 growing season. At the beginning of the blooming of the 'Sebri' cultivar and the A95 promising genotype, several branches with sufficient and suitable flower buds were selected and labeled for flower and pollen sampling. To prevent unwanted pollen contamination, the selected branches were covered with cotton bags before anthesis. Following anthesis, flower samples were collected from the tagged shoots and transferred to the Pomology Lab, Department of Horticultural Science at TMU. The anthers were allowed to dry for 24 hours on filter paper inside petri dishes under the ambient environment. Pollen grains were collected in small glass vials and sealed with parafilm to prevent moisture and any contamination, and stored under four different temperatures (laboratory environment, 4°C, -20°C, and -80°C) at four time periods (3, 6, 9, and 12 months). Pollens were then examined for viability and germination tests. At the specified time intervals, the pollen grains were scattered on petri dishes containing sucrose (15%), boric acid (20 ppm), calcium nitrate (1.219 mM), and agar (0.8%). The germination percentage of the pollen grains was examined under a research microscope and calculated based on the number of germinated pollen in five separate selected areas of each petri dish. A pollen grain was considered germinated when its tube was at least as long as or longer than the diameter of the pollen. For the descriptive examination of pollen grains, the scanning electron microscope (SEM, Philips XL30) was used. Pollen grains were collected as above and transferred onto a stub with pre-glued double-sided special tape, and afterward coated with gold before viewing.

The samples were examined at magnifications of 500 to 20,000 times. The polar axis (P), equatorial axis (E), ratio of polar to equatorial axis (P/E), distance between two grooves, and width of projections on the pollen grains were measured using the Microstructure Measurement software.

Results and Discussion

The germination response of the 'Sebri' cultivar and the A95 promising genotype of European pear to different temperatures and storage periods was different. Results indicated the highest pollen germination percentage in the A95 promising genotype at -20°C after 3 months of storage (21.2%). Besides, the germination test results showed that both the 'Sebri' cultivar and the A95 promising genotype had low viability under different temperature treatments, and their viability decreased significantly over the storage period. The results from the morphological examination of the pollen grains of the 'Sebri' cultivar and the A95 promising genotype of European pear using Scanning Electron Microscopy (SEM) showed that the highest polar axis (P), equatorial width (E) (1.11 ± 39.51 and 0.65 ± 23.12 micrometers, respectively), the highest P/E ratio (1.72 micrometers), the longest furrow and the widest projection (1.10 ± 33.51 and 1.13 ± 15.47 micrometers, respectively) were attributed to the pollen grains of the A95 promising genotype. This study revealed that the examined pollen grains had three longitudinal grooves on their surface, which extended to the polar axis. Moreover, the pollen grains also varied from 35.31 to 39.51 μm , and the largest size ($39.51 \pm 1.11 \mu\text{m}$) was observed in the A95 promising genotype.

Conclusion

The results of the present study showed that while -20°C was the optimum temperature for pollen storage of the A95 promising genotype, ambient temperature dramatically reduced pollen viability over the storage period. In terms of the descriptive pollen analysis using SEM, the studied pollen grains were all single, polar type, and had radial symmetry; they also had three longitudinal grooves on their surface, representing tricolporate pollen type.

Author Contributions

Atefeh Kahnouji: Made a major contribution to the proposal and the experimental work, Investigation and data collection, validation, formal analysis, and writing – original draft and further revisions. **Kazem Arzani:** Writing – review & editing the research proposal and manuscript for this publication, supervision, validation, and project administration, also provided facilities and access to the Pomology Lab at TMU for the first author.

Data Availability Statement

The authors declare that all the data supporting the findings of this research are available within the article.

Acknowledgment

We would like to thank Tarbiat Modares University (TMU) for providing facilities and financial support for this research. In addition, the orchard and laboratory facilities provided by Pomology Lab, Department of Horticultural Science at TMU are acknowledged.

Ethical considerations

This article does not contain any studies involving human and animal subjects.

Conflict of interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.



کاوش در جوانه زنی و مورفولوژی دانه گرده گلابی اروپایی (*Pyrus communis* L.) ژنوتیپ امیدبخش A95 و رقم سبری برای بهبود عملکرد

عاطفه کهنوجی^۱ | کاظم ارزانی^۲ ✉

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: a.kahnooji@modares.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: arzani_k@modares.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	برای تشکیل میوه موفقیت آمیز در برنامه های دورگ گیری کنترل شده در خارج از فصل گل دهی و یا استفاده از گرده ها برای اهداف تولید در زمان های مقتضی، وجود دانه گرده زنده در زمان پذیرش کلاله، از اهمیت بالایی برخوردار می باشد. در این تحقیق اثر مدت زمان (۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماه) و دمای نگهداری (دمای محیط آزمایشگاه، ۴، ۲۰ و ۸۰- درجه سلسیوس) بر جوانه زنی دانه گرده در محیط کشت حاوی ساکارز (۱۵ درصد)، بوریک اسید (۲۰ پی پی ام)، نیترات کلسیم (۱/۲۱۹ میلی مولار) و آگار (۸ درصد) در رقم سبری و ژنوتیپ امید بخش A95 از گلابی اروپایی در یک آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار بررسی شد.
مقاله پژوهشی	همچنین ویژگی های مورفولوژیک دانه های گرده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج کشت دانه گرده نشان داد که بیشترین زنده ماندن دانه گرده در ژنوتیپ A95، دمای ۲۰- درجه سلسیوس و پس از سه ماه نگهداری بود. به طور کلی، میزان جوانه زنی دانه های گرده با کاهش دما، افزایش و با گذشت زمان نگهداری، کاهش یافت. نتایج بررسی مورفولوژی دانه گرده مشخص کرد که دانه های گرده مطالعه شده تک تایی، جور قطب با تقارن شعاعی و دارای ۳ شیار طولی در سطح خود بودند. شکل دانه های گرده پرولیت و اندازه آنها از ۳۵/۳۱ تا ۳۹/۵۱ میکرومتر متفاوت بود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۳۱	
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۲۴	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۲۱	
تاریخ انتشار: بهار ۱۴۰۴	
کلیدواژه ها:	
جوانه زنی گلابی اروپایی، ژنوتیپ A95	
گرده افشانی، گرده، مورفولوژی گرده SEM.	

استناد: کهنوجی، عاطفه و ارزانی، کاظم (۱۴۰۴). کاوش در جوانه زنی و مورفولوژی دانه گرده گلابی اروپایی (*Pyrus communis* L.) ژنوتیپ امیدبخش A95 و رقم سبری برای بهبود عملکرد. نشریه علوم باغبانی ایران، ۵۶ (۱)، ۲۰۵-۲۲۱. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2024.379380.2187>



© نویسندگان.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijhs.2024.379380.2187>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

دانه‌های گرده به‌عنوان واحدهای تولید مثل جنسی و حامل مواد ژنتیکی والد نر، در برنامه‌های به‌نژادی و تشکیل میوه موفقیت‌آمیز گیاهان عالی، نقش حیاتی ایفا می‌کنند (عابدی قشلاقی و همکاران، ۱۳۹۸). مطالعه ویژگی‌های گرده، به‌خصوص درصد جوانه‌زنی و رشد لوله گرده در گرده‌های ذخیره‌شده، برای ارزیابی میزان قوه‌نامیه و طول عمر آن‌ها در پژوهش‌ها و برنامه‌های اصلاح درختان میوه از اهمیت بالایی برخوردار است (Arzani, 2014). ویژگی‌های اختصاصی گرده در بسیاری از گروه‌های گیاهی و سهولت مطالعه آن، این امکان را فراهم کرده است که با تحلیل ویژگی‌های ریخت‌شناسی و ساختمانی گرده‌ها، بتوان نوع گیاه مولد را شناسایی کرد و جایگاه آن را در رده‌بندی و تقسیمات گیاه‌شناسی مشخص نمود. این بررسی‌ها همچنین به تحلیل دقیق روابط خویشاوندی بین جنس‌ها و گونه‌ها کمک می‌کنند (سیار، ۱۳۹۳). همچنین، ذخیره‌سازی بلندمدت دانه‌های گرده یک روش مؤثر برای حفاظت از عوامل ژنتیکی به‌منظور استفاده در برنامه‌های به‌نژادی محسوب می‌شود (عابدی قشلاقی و همکاران، ۱۳۹۸). افزون بر این، مطالعه ویژگی‌های گرده ژنوتیپ‌ها و گونه‌های خاص برای برنامه‌های اصلاحی بسیار مهم است (Calic et al., 2013; Arzani et al., 2005; Varasteh & Arzani., 2009). در زمینه اصلاح گلابی، انتخاب ژنوتیپ‌های برتر حاصل از دانه‌های تصادفی همواره از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده است. ژنوتیپ A95 یک نهال تصادفی انتخاب شده در باغ گلابی آسیایی گروه علوم باغبانی دانشگاه تربیت مدرس می‌باشد که از بین دانه‌های گلابی درگزی که بعنوان پایه برای ارقام گلابی آسیایی کشت شده بوده‌اند انتخاب شده است (Najafzadeh & Arzani 2015; Wang & Arzani 2019). این ژنوتیپ از نظر خصوصیات پومولوژی نظیر مناسب بودن اندازه میوه، حجم میوه، وزن تازه و خشک میوه، میزان مواد جامد محلول، سفتی میوه و نتایج مثبت تست پانل بالا از اهمیت بالایی برخوردار است. همچنین بالا بودن اسیدیته قابل تیترو میزان کم اسیدیته موجب عطر و طعم بهتر میوه، و هاله قرمز رنگ روی پوست میوه ژنوتیپ موجب بازارپسندی و جذابیت میوه آن گردیده است. ژنوتیپ A95 از نظر عملکرد و قدرت رشدی در رتبه خوبی قرار دارد و بعنوان ژنوتیپ امیدبخش مورد توجه قرار گرفته است (Najafzadeh & Arzani, 2015؛ تقی‌گذری و ارزانی، ۱۳۹۵). علاوه بر این، ضروری است که تولیدکنندگان میوه، به ویژه در ارتباط با گونه‌های خاص، با بیولوژی لقاح آشنا شوند و اقدامات احتیاطی لازم را مطابق با آن در نظر بگیرند. به‌جز برخی از گونه‌های درختان میوه که میوه‌های پارتنوکارپ تولید می‌کنند، بررسی و مطالعه گرده‌افشانی و لقاح در اکثر گونه‌های درختان میوه برای تولید محصول مناسب لازم و ضروری است (Arzani, 2020). در این راستا، هدف از این مطالعه بررسی ویژگی‌های مورفولوژیک و ارزیابی واکنش کیفی دانه گرده دو رقم گلابی اروپایی (رقم سبری و ژنوتیپ امیدبخش A95) به دماهای مختلف نگهداری (دمای محیط آزمایشگاه، ۴، ۲۰- و ۸۰- درجه سلسیوس) به‌منظور ذخیره‌سازی بلند مدت برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی و یا بهره‌برداری احتمالی در پرورش این گونه‌ها بوده است.

پیشینه پژوهش

ذخیره‌سازی بلند مدت دانه گرده یک روش مفید برای حفاظت از منابع ژنتیکی برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی است، از طرف دیگر ذخیره‌سازی گرده برای گرده‌افشانی کنترل شده و دستیابی به صفات مورد نظر از طریق برنامه‌های به‌نژادی ضروری می‌باشد. به‌دلیل تأخیر شکوفایی بین درخت دهنده گرده و گیاه پذیرای دانه گرده، گرده باید قبل از استفاده تحت مراقبت‌های ویژه‌ای از نظر جمع‌آوری و نگهداری برای حفظ زنده‌مانی دانه گرده قرار گیرد. شرایط بهینه نگهداری دانه‌های گرده می‌تواند از گونه‌ای به گونه دیگر متفاوت باشد (Shivanna & Johri, 1985).

پتانسیل ذخیره‌سازی دانه‌های گرده به عوامل مختلفی از جمله ژنوتیپ، نوع گونه گیاهی، شرایط ذخیره‌سازی و نوع گل بستگی دارد (Ikram et al., 2022). علاوه بر این سن دانه گرده، رطوبت موجود در آن و وضعیت فیزیولوژیکی گل نیز روی

زنده‌مانی دانه گرده در طول مدت زمان نگهداری تأثیرگذار هستند (Ćalić *et al.*, 2021). حفظ قدرت جوانه‌زنی دانه گرده به میزان قابل توجهی به شرایط نگهداری آن، از جمله دما، رطوبت نسبی، گازهای اتمسفر و فشار هوای انبار وابسته است (پورادیب و همکاران، ۱۳۹۵). نگهداری دانه گرده به‌منظور افزایش انعطاف‌پذیری زمان گرده‌افشانی و صرفه‌جویی در فضای فیزیکی در گرده‌افشانی کنترل شده بسیار حائز اهمیت است (Khush-khui & Niknejad, 1976). برای ارزیابی زنده‌مانی دانه‌های گرده، روش‌های متعددی از جمله رنگ‌آمیزی و جوانه‌زنی در شرایط آزمایشگاه به‌کار گرفته می‌شود (Ikram *et al.*, 2022). در این میان، جوانه‌زنی دانه‌های گرده در شرایط آزمایشگاهی معمول‌ترین و کارآمدترین روش برای سنجش زنده‌مانی در برنامه‌های بهبود ژنتیکی به‌شمار می‌آید.

تولید دانه‌های گرده با قابلیت زنده‌مانی بالا و مناسب برای حمل و نقل و نگهداری، در برنامه‌های اصلاحی از ارزش بالایی برخوردار است (Ćalić *et al.*, 2021). بنابراین نگهداری مناسب با زنده‌مانی مناسب دانه‌های گرده، امکان تلاقی بین ژنوتیپ‌هایی را که در زمان‌های مختلف گلدهی دارند را فراهم می‌کند (Machado *et al.*, 2014). علاوه بر این، ذخیره‌سازی مؤثر گرده و زنده‌مانی بالا برای حفظ تنوع زیستی، بیوتکنولوژی، حفاظت و سایر مطالعات نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Ćalić *et al.*, 2021). برخی مطالعات نشان داده‌اند که گرده‌های ذخیره شده در دماهای پایین‌تر برای نگهداری طولانی مدت مؤثر بوده است و کاهش دمای نگهداری دانه‌های گرده رابطه مستقیم با طول عمر دانه گرده داشته است. به‌عنوان مثال گرده نخل خرما (Maryam *et al.*, 2017)، انبه (Dutta *et al.*, 2013)، بادام (Martínez-Gómez *et al.*, 2002)، گیلاس شیرین (Özcan, 2020)، سیب (Ćalić *et al.*, 2021)، فندق (Novara *et al.*, 2017)، آلو (Đorđević *et al.*, 2022)، گلابی (Bhat *et al.*, 2012)، مرکبات (Ahmed *et al.*, 2017) و زیتون (Şenbaş *et al.*, 2022) در این دسته قرار می‌گیرند. گرده‌های ذخیره شده در دماهای منفی (۲۰- تا ۱۹۶- درجه سلسیوس) توانسته‌اند طول عمر خود را حداقل به مدت یک سال افزایش دهند (Ćalić *et al.*, 2021). گرده‌افشانی یک مرحله اساسی در تولید مثل گیاه است که رشد و نمو تخمدان‌ها را تحریک می‌کند. این فرایند با انتقال گرده از بساک به کلاله در یک گونه انجام می‌شود و برای لقاح تخمک و همچنین رشد میوه‌ها و دانه‌ها ضروری است و ارتباط مستقیمی با کیفیت و کمیت محصول میوه دارد. جوانه‌زنی دانه گرده، اولین مرحله از مجموعه‌ای است که در نهایت منجر به لقاح تخمک، رشد و توسعه میوه می‌شود (POPA *et al.*, 2022).

مورفولوژی دانه گرده نیز به‌عنوان یک عنصر کلیدی برای شناسایی و طبقه‌بندی بسیاری از گونه‌های گیاهی مورد توجه است (Khaleghi *et al.*, 2019). بررسی مورفولوژی دانه گرده در زمینه‌های طبقه‌بندی، فیلوژنی و دیرین گیاه شناسی نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. در سال‌های اخیر، میکروسکوپ الکترونی روبشی، به‌عنوان یک تکنیک قدرتمند برای مطالعه مورفولوژی گرده به‌کار رفته است. مطالعات SEM روی گرده درختان میوه پرورش یافته با هدف طبقه‌بندی و شناسایی رقم انجام شده است (Dar *et al.*, 2019). تحقیقات متعدد نشان می‌دهند که با ارزیابی ویژگی‌های مورفولوژیکی دانه گرده، می‌توان روابط بین گونه‌ای و درون گونه‌ای بین انواع درختان میوه را تحلیل کرد (Khaleghi *et al.*, 2019). متخصصان میوه کاری از ویژگی‌های مورفولوژیک دانه گرده از جمله اندازه، شکل، الگوی اکزین و ساختار برای تمایز بین گونه‌های مختلف شامل گلابی آسیایی (Ghazaeian *et al.*, 2007)، گلابی (Shim *et al.*, 1998)، زیتون (Javady and Arzani 2001; Khaleghi *et al.*, 2019)، مرکبات (Ahmadi *et al.*, 2001)، زردآلو (Arzani *et al.*, 2005)، خرما (Mortazavi *et al.*, 2011)، سیب (Marcucci *et al.*, 2019)، انگور (et al., 1984; Dar *et al.*, 2019)، هلو و شلیل (Milatović & Nikolic, 2019)، سیب و آلو (Popa *et al.*, 2022)، آلبالو (Rakonjac *et al.*, 2024)، به (Radovic *et al.*, 2016) و برخی دیگر از درختان میوه (Arzani, 2014) استفاده کرده‌اند.

1. Biodiversity
2. Biotechnology
3. Scanning Electron Microscope (SEM)
4. Bane

روش شناسی پژوهش

مکان و زمان آزمایش

این پژوهش در باغ تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس واقع در ۱۵ کیلومتری غرب تهران، با طول جغرافیایی $51^{\circ}19'$ ، عرض جغرافیایی $35^{\circ}41'$ و ارتفاع ۱۱۹۰/۸ متر از سطح دریا، در سال باغی ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۰ انجام گرفت. بررسی‌های آزمایشگاهی جمع‌آوری، نگهداری و جوانه‌زنی دانه‌های گرده این پژوهش در آزمایشگاه میوه‌کاری گروه علوم باغبانی انجام شد و برای مطالعه مورفولوژی دانه‌های گرده از میکروسکوپ الکترونی روبشی ساخت شرکت فیلیپس مدل XL30 در دانشگاه امیرکبیر استفاده شد.

جمع‌آوری دانه گرده برای کشت درون شیشه‌ای

انتخاب و ایزوله کردن شاخه‌ها

پس از بازدید از باغ تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، در آستانه باز شدن گل‌های رقم سبری و ژنوتیپ امیدبخش A95 (اواخر اسفند ماه ۱۳۹۹)، تعدادی شاخه از زوایای مختلف درختان بالغ که دارای جوانه‌های گل کافی و مناسبی بودند، به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. این شاخه‌ها جهت نگهداری و کشت در آزمایشگاه با برچسب علامت‌گذاری گردیدند. همچنین، برای جلوگیری از ورود گرده‌های ناخواسته، شاخه‌های انتخابی قبل از باز شدن گل‌ها با کیسه‌های از پیش آماده شده، پوشانده شدند.

جمع‌آوری دانه گرده

جمع‌آوری دانه گرده پس از گذشت چند روز، زمانی که گل‌های رقم سبری و ژنوتیپ امیدبخش A95 شکوفا شدند انجام شد. گل‌ها از شاخه جدا و به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس، بساک‌های جدا شده به مدت ۲۴ ساعت بر روی کاغذ درون پتری دیش در محیط آزمایشگاه نگهداری شدند. پس از خشک شدن و شکوفایی بساک‌ها، دانه‌های گرده در ظروف کوچک شیشه‌ای درب دار با حجم ۱۰ میلی‌لیتر جمع‌آوری و در چهار تیمار دمایی مختلف (محیط آزمایشگاه، ۴، ۲۰- و ۸۰- درجه سلسیوس) نگهداری شدند.

نگهداری دانه گرده

به‌منظور تعیین اثر مدت و دمای نگهداری روی میزان جوانه‌زنی دانه گرده، میزان لازم از دانه‌های گرده رقم سبری و ژنوتیپ امیدبخش A95 پس از جمع‌آوری به ظروف شیشه‌ای مجزا جهت کشت در ۴ بازه زمانی (۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماه نگهداری پس از گلدهی) منتقل و برای یک سال در دماهای محیط آزمایشگاه، ۴، ۲۰- و ۸۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند. سپس در فواصل زمانی ذکر شده، دانه‌های گرده در محیط کشت مناسب حاوی ساکارز، بوریک اسید، نیترات کلسیم و آگار کشت داده شدند و میزان جوانه‌زنی آنها ثبت و بررسی گردید. (Ahmadi et al., 2001).

کشت دانه گرده در آزمایشگاه

برای اطمینان از قدرت جوانه‌زنی دانه‌های گرده رقم سبری و ژنوتیپ A95 طی مدت زمان نگهداری و تحت چهار تیمار دمایی محیط آزمون زنده بودن دانه گرده در آزمایشگاه انجام شد. دانه‌های گرده جمع‌آوری شده در محیط کشت حاوی مقادیر مشخصی از ساکارز (۱۵ درصد)، بوریک اسید (۲۰ پی‌پی‌ام)، نیترات کلسیم (۱/۲۱۹ میلی‌مولار) و آگار (۰/۸ درصد) درون پتری دیش‌های شیشه‌ای با قطر ۳۵ میلی‌متر کشت شدند (شیخی و همکاران، ۱۳۹۵). سپس به انکوباتور منتقل گردیدند. شرایط انکوباتور جهت نگهداری دانه‌های گرده به‌صورت دمای 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد و ۱۶ ساعت روشنایی در روز تنظیم شد. پس از ۲۴ ساعت نگهداری، درصد جوانه‌زنی دانه‌های گرده با استفاده از میکروسکوپ نوری (الیمپوس مدل Bx51) با بزرگنمایی $20 \times$ مورد بررسی قرار گرفت و دانه‌های گرده جوانه زده شناسایی و ثبت شدند. برای ارزیابی دقیق‌تر، پنج ناحیه مجزا در زیر میکروسکوپ روی هر تشتک پتری دیش شناسایی شد و از هر ناحیه صد دانه گرده انتخاب گردید. میانگین درصد

جوانه‌زنی به‌دست آمده از این پنج ناحیه به‌عنوان درصد جوانه‌زنی کل دانه‌گرده در نظر گرفته شد (شیخی و همکاران، ۱۳۹۵). دانه‌گرده‌ای جوانه زده محسوب شد که طول لوله‌گرده آن برابر یا بیشتر از قطر دانه‌گرده بود. درصد جوانه‌زنی دانه‌گرده با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید:

$$\text{رابطه ۱)} \quad \times 100 = \frac{\text{تعداد دانه‌گرده‌تندیده}}{\text{تعداد کل دانه‌های‌گرده در یک ناحیه‌پتری}} = \text{درصد جوانه‌زنی دانه‌های‌گرده}$$

آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح ۵ درصد انجام شد.

بررسی مورفولوژی دانه‌گرده

جمع‌آوری دانه‌گرده جهت بررسی مورفولوژی

برای جمع‌آوری دانه‌های‌گرده، گل‌ها زمانی که در مرحله بالنی شکل یا پاکورنی (مرحله‌ای که در آن گل‌ها به‌طور کامل برآمده بوده و در آستانه شکوفایی قرار دارند) بودند از درختان جدا شدند (Kaufmane & Rumpunen, 2002)، و دانه‌های‌گرده به همان روش بیان شده برای کشت درون شیشه‌ای جمع‌آوری و در یخچال در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند.

آماده‌سازی نمونه‌ها برای تهیه تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی^۲

برای ارزیابی خصوصیات مورفولوژیک دانه‌های‌گرده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی، دانه‌های‌گرده خشک شده روی صفحه‌ای قرار گرفتند. سپس روی چسب نواری مخصوص میکروسکوپ الکترونی روبشی منتقل شدند و در ادامه روی دیسک مربوطه قرار گرفتند. سپس سطح دیسک‌ها با دستگاه لایه‌نشانی پوشش دهی طلا شد تا خاصیت رسانایی پیدا کند. در نهایت نمونه‌ها با میکروسکوپ مورد مشاهده و مطالعه قرار گرفتند.

تهیه تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی

برای تفسیر الگوی سطح خارجی دانه‌های‌گرده تصاویری با بزرگنمایی ۲۰۰۰۰-۵۰۰ برابر تهیه شد. محور قطبی، محور استوایی، نسبت محور قطبی به استوایی دانه‌گرده، فاصله بین دو شیار و عرض برآمدگی در دانه‌های‌گرده اندازه‌گیری گردید. همچنین، دانه‌های‌گرده آسیب دیده یا نامناسب از مطالعه حذف شدند (Arzani et al., 2005). این آزمایش با پنج تکرار انجام شد و برای تحلیل داده‌های استخراج شده از تصاویر، از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید. میانگین تیمارهای مورد بررسی با روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت. برای آنالیز تصاویر و اندازه‌گیری ویژگی‌های دانه‌گرده از نرم‌افزار میکرواستراکچر استفاده شد.^۴

یافته‌های پژوهش

نگهداری و کشت دانه‌گرده

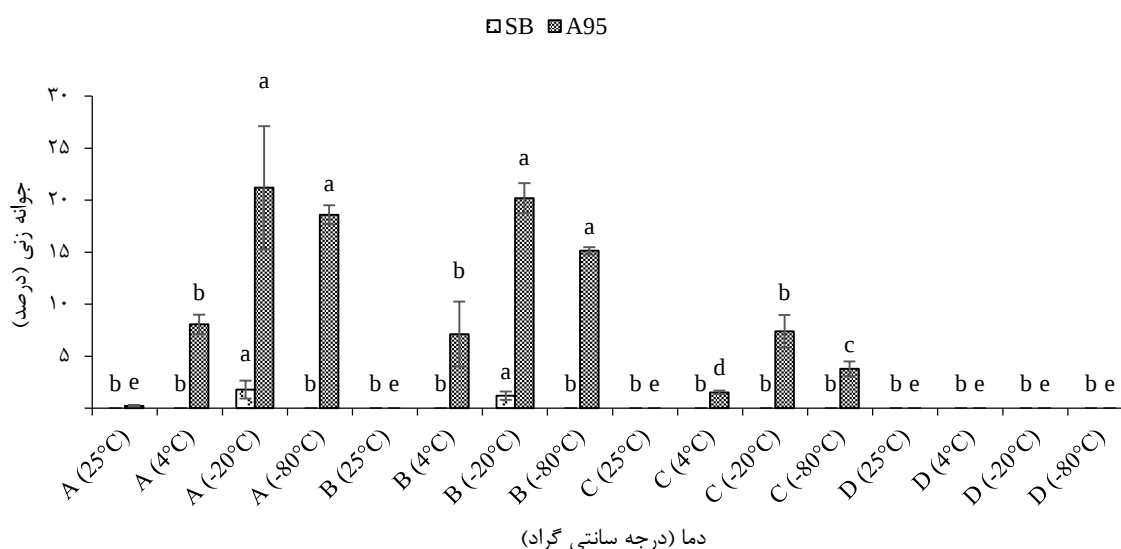
نتایج تجزیه واریانس اثر رقم، مدت زمان و دمای نگهداری بر درصد جوانه‌زنی دانه‌های‌گرده نشان داد که متغیرهای رقم، زمان و دما دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با یکدیگر بودند. علاوه بر این، اثرات متقابل رقم با زمان، رقم با دما، زمان با دما و رقم و زمان و دما نیز اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان دادند (جدول ۱).

1. Balloon Stage
2. Scanning Electron Microscope
3. Sputter Coater
4. Microstructure Measurement

جدول ۱. تجزیه واریانس درصد جوانه‌زنی دانه گرده گلابی اروپایی رقم سبری و ژنوتیپ A95 طی ۱۲ ماه نگهداری در دماهای مختلف

میانگین مربعات		
منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی
رقم	۱	۶/۴۲**
زمان	۳	۱/۳۰**
دما	۳	۱/۱۸**
رقم × زمان	۳	۰/۸۳**
رقم × دما	۳	۰/۷۱**
زمان × دما	۹	۰/۱۶**
رقم × زمان × دما	۹	۰/۱۰**
خطا	۶۴	۰/۰۰۷
ضریب تغییرات (%)	—	۲۸/۱۵

*, **, ns به ترتیب تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

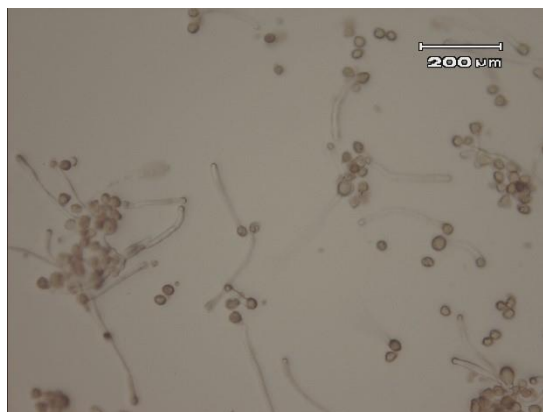


شکل ۱. مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی دانه گرده گلابی اروپایی رقم سبری (SB) و ژنوتیپ A95

A: کشت سه ماه، B: کشت شش ماه، C: کشت نه ماه و D: کشت ۱۲ ماه پس از نگهداری در دماهای مختلف

بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، جوانه‌زنی دانه‌های گرده رقم سبری و ژنوتیپ A95 مورد مطالعه گلابی اروپایی در پاسخ به دماها و زمان‌های مختلف یکسان نبود. بیشترین میزان جوانه‌زنی دانه گرده (۲۱/۲ درصد) در ژنوتیپ A95 پس از ۳ ماه نگهداری در دمای ۲۰- درجه سلسیوس بود. نتایج حاصل از این آزمون نشان‌دهنده زیوایی کم دانه‌های گرده رقم سبری و ژنوتیپ A95 در تیمارهای دمایی مورد بررسی بود و با طولانی شدن زمان نگهداری، به طور قابل توجهی از زیوایی آن‌ها کاسته

شد (شکل ۱). جوانه‌زنی دانه‌ها و رشد لوله‌ها ۲۴ ساعت پس از کشت در پتری دیش در شکل ۲ نشان داده شده است. این نتایج می‌تواند به درک بهتر از عوامل مؤثر بر جوانه‌زنی و رشد دانه‌های گرده در این ارقام کمک کند.



شکل ۲. نمونه‌ای از تصویر میکروسکوپی جوانه‌زنی دانه‌ها و رشد لوله‌های گلابی اروپایی ۲۴ ساعت پس از کشت

نتایج بررسی مورفولوژی سطح دانه گرده

نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول ۲ نشان دهنده این است که در صفات طول محور قطبی ($0/16$ میکرومتر)، پهنای استوایی ($0/09$ میکرومتر)، طول شیار ($9/50$ میکرومتر)، عرض برآمدگی ($5/53$ میکرومتر) و نسبت محور قطبی به استوایی ($0/03$ میکرومتر) بین رقم سبری و ژنوتیپ A95 تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

جدول ۲. تجزیه واریانس برخی خصوصیات گرده در گلابی اروپایی رقم سبری و ژنوتیپ A95

میانگین مربعات (MS)					درجه آزادی	منبع تغییرات
P/E	عرض برآمدگی	طول شیار	پهنای استوایی	طول محور قطبی		
$0/03^{ns}$	$5/53^{ns}$	$9/50^{ns}$	$0/09^{ns}$	$0/16^{ns}$	۱	رقم
$0/02$	$8/11$	$6/40$	$2/63$	$7/56$	۸	خطا
$10/03$	$20/38$	$8/13$	$7/14$	$7/28$	—	ضرب تغییرات

ns و ** به ترتیب تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

نتایج حاصل از بررسی مورفولوژی دانه‌های گرده رقم سبری و ژنوتیپ A95 گلابی اروپایی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان داد که بیشترین طول محور قطبی و پهنای استوایی (به ترتیب $39/51 \pm 1/11$ و $23/12 \pm 0/65$ میکرومتر)، بیشترین نسبت P/E ($1/72$ میکرومتر) و بیشترین طول شیار و عرض برآمدگی (به ترتیب $33/51 \pm 1/10$ و $15/47 \pm 1/13$ میکرومتر) در دانه‌های گرده ژنوتیپ A95 اندازه‌گیری شد. همچنین، این بررسی نشان داد که دانه‌های گرده مطالعه شده دارای ۳ شیار طولی در سطح هستند که امتداد آن‌ها تا محور قطبی قابل اندازه‌گیری می‌باشد (جدول ۳). این یافته‌ها نشان‌دهنده تنوع مورفولوژیکی و ویژگی‌های خاص دانه‌های گرده ژنوتیپ A95 در مقایسه با رقم سبری می‌باشند.

جدول ۳. میانگین (Mean±SE) ویژگی‌ها و تعیین شکل* دانه گرده گلایی اروپایی رقم سبری و ژنوتیپ A95

شکل	P/E	عرض برآمدگی (μm)	طول شیار (μm)	پهنای استوایی (μm)	طول محور قطبی (μm)	رقم / ژنوتیپ
Prolate	۱/۵۹a	۱۱/۰±۸۸/۷۴a	۲۷/۰±۷۶/۵۳b	۲۲/۰±۱۸/۴۸a	۳۵/۰±۳۱/۹۷b	SB
Prolate	۱/۷۲a	۱۵/۱±۴۷/۱۳a	۳۳/۱±۵۱/۱۰a	۲۳/۰±۱۲/۶۵a	۳۹/۱±۵۱/۱۱a	A95

*تعیین شکل گرده بر اساس تقسیم‌بندی ارتمن

بحث

با توجه به نتایج نگهداری دانه گرده، انتخاب شرایط مناسب نگهداری و کشت دانه‌های گرده برای گلایی رقم سبری و ژنوتیپ A95 می‌تواند به بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاه کمک کند. این نتایج نشان می‌دهد که تفاوت‌های ژنتیکی بین رقم و ژنوتیپ ممکن است تأثیر مهمی بر جوانه‌زنی دانه گرده داشته باشد. وجود تفاوت‌های ژنتیکی بین رقم و ژنوتیپ می‌تواند در حساسیت به دما و زمان نگهداری باشد. این تفاوت‌ها می‌تواند ناشی از وجود اختلاف‌هایی در ژنوم این رقم و ژنوتیپ باشد که تأثیر مستقیم بر فرایند جوانه‌زنی دانه گرده دارند. همچنین، این تحقیق می‌تواند به درک بهتر از تفاوت‌های ژنتیکی و زیوایی میان رقم و ژنوتیپ و ارتباط آن‌ها با عملکرد کمک کند. این نتایج نشان می‌دهد که دانه‌های گرده این ژنوتیپ ممکن است به زیوایی در دماهای مختلف حساس‌تر باشند و این حساسیت با گذشت زمان کاهش می‌یابد. با توجه به این نتایج، ممکن است این اطلاعات برای انتخاب بهترین شرایط نگهداری و کشت دانه‌های گرده برای بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهان مفید باشند.

دما یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر قوه نامیه دانه‌های گرده است. در بسیاری از گونه‌های گیاهی، دانه‌های گرده به سرعت قوه نامیه خود را در دمای اتاق از دست می‌دهند (Borghezan et al., 2011; Cruz et al., 2008). برای نگهداری موقت گرده به مدت کوتاه (ساعت‌ها یا چند روز) بیشتر گونه‌ها به نگهداری در یخچال در دمایی بین صفر تا چهار درجه سلسیوس نیاز دارند (Visser, 1995). ذخیره‌سازی طولانی مدت گرده معمولاً به دماهای زیر صفر درجه سلسیوس نیاز دارد که در برخی موارد با رطوبت نسبی پایین همراه است (Shivanna & Johri, 1985). با این حال، دماهای بالاتر از صفر درجه سلسیوس معمولاً اجازه نمی‌دهد دانه‌های گرده به مدت بیش از چند ماه زنده بمانند (Pinillos & Cuevas, 2007).

ذخیره‌سازی در دماهای بین ۱۰- تا ۲۰- درجه سلسیوس، زنده ماندن گرده را به مدت سال‌ها افزایش می‌دهد (Hanna & Towill 1995). در گلایی و سیب، کنترل رطوبت در دماهای کمتر از صفر درجه سلسیوس مزیتی برای حفاظت از گرده ایجاد نمی‌کند (Pinillos & Cuevas, 2007). به نظر می‌رسد که دلیل اصلی از دست دادن قابلیت زنده ماندن گرده، در رقم سبری و ژنوتیپ A95، کمبود متابولیت‌ها به علت ادامه فعالیت دانه‌های گرده در شرایط انبارداری باشد. کاهش دما و رطوبت می‌تواند متابولیسم را کند کرده و در نتیجه طول عمر زنده ماندن گرده را افزایش دهد (Shivanna & Johri, 1985).

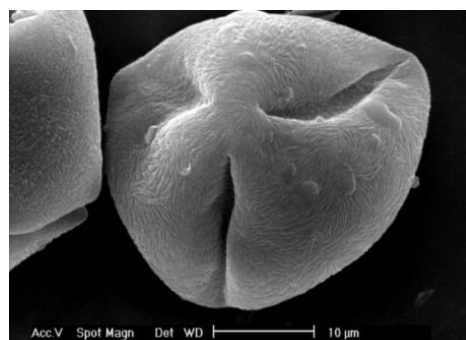
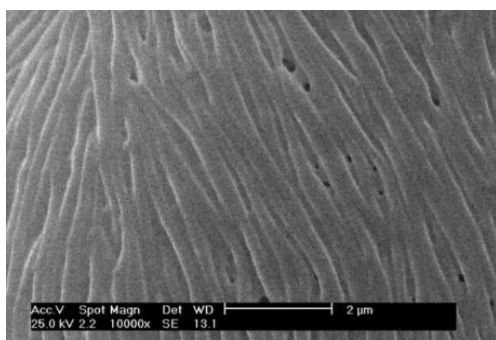
به‌طور کلی، در پژوهش حاضر مشاهده شد که میزان جوانه‌زنی دانه‌های گرده از دمای چهار درجه سلسیوس تا ۲۰- درجه سلسیوس افزایش یافت، اما در دمای ۸۰- درجه سلسیوس، نسبت به ۲۰- درجه سلسیوس کاهش زنده‌مانی و جوانه‌زنی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای اتفاق افتاد. از دست رفتن قوه نامیه گرده‌های نگهداری شده در دمای محیط به دلیل کاهش سریع آب در آنها است. با کاهش آب درونی گرده‌ها، فرآیندهای متابولیکی متوقف شده و تنفس به‌طرز قابل توجهی کاهش می‌یابد. همچنین، خشک شدن پروتئین‌ها فعالیت آنزیمی را کاهش می‌دهد (Linskes, 1964). فقدان قوه نامیه همچنین می‌تواند به تغییرات هم‌زمان در ویتامین‌ها، آنزیم‌ها، سرعت تنفس و فعالیت هورمون‌های درونی نسبت داده شود. افزایش طول عمر دانه گرده در دماهای زیر صفر درجه سلسیوس به کاهش سرعت تنفس و عدم مصرف سریع اندوخته غذایی مرتبط است. خشک شدن همچنین باعث تغییرات ساختاری شدید در غشاءهای دانه گرده شده و نفوذپذیری پلاسما را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Ahmadi et al., 2001).

کاهش تدریجی جوانه‌زنی در دماهای پایین (۲۰- و ۸۰- درجه سلسیوس) که در این مطالعه مشاهده شد، ممکن است به انجماد و ذوب مکرر دانه‌های گرده نسبت داده شود. علاوه بر این، دمای پایین می‌تواند منجر به تشکیل یخ درون سلولی، مرگ سلولی و در نتیجه از بین رفتن جوانه‌زنی شوند. یافته‌های این مطالعه با نتایج تحقیق (Bhate *et al.*, 2012) روی زنده‌مانی گرده و قابلیت جوانه‌زنی سه رقم گلابی همخوانی دارد.

به‌طور خاص این مطالعه تأکید می‌کند که دانه‌های گرده گلابی می‌توانند در دماهای پایین قوه نامه خود را حفظ کرده و با فراهم شدن شرایط دمایی مناسب، جوانه بزنند. دمای ۲۰- درجه سلسیوس به‌عنوان بهترین دما و دانه گرده ژنوتیپ A95 به‌عنوان ماندگارترین دانه گرده طی یک سال نگهداری معرفی می‌شود، اگرچه قرار دادن دانه‌های گرده در دماهای بالاتر، تا حدود چهار درجه سلسیوس گراد، نیز می‌تواند قوه نامیه آنها را حفظ کند، اما نگهداری در دمای محیط به‌طور قابل توجهی باعث کاهش زنده‌مانی و جوانه‌زنی دانه گرده‌ها می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که گرده‌های جمع‌آوری شده و ذخیره شده در دماهای زیر صفر درجه سلسیوس، برای مدت زمان طولانی نمی‌توانند بدون از دست دادن زنده‌مانی و جوانه‌زنی نگهداری شوند.

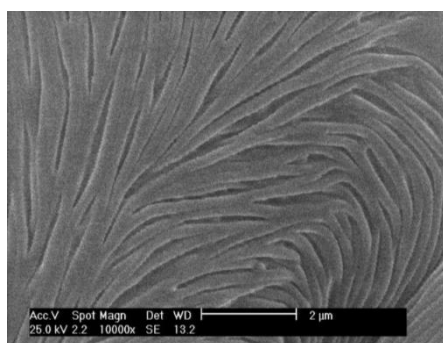
شکل و اندازه دانه‌های گرده در طبقه‌بندی گیاه‌شناسی دارای اهمیت ویژه‌ای هستند (Smitha *et al.*, 2018). ویژگی‌های پالینولوژیکی در بسیاری از گیاهان به شدت حفظ می‌شوند، به همین دلیل این ویژگی‌ها اغلب برای طبقه‌بندی تاکسونومی گیاهان استفاده می‌شوند (Doğan & Baysal, 2019). نتایج این تحقیق با یافته‌های پژوهشگران دیگر درباره بررسی مورفولوژی دانه گرده گلابی (Ghazaeian *et al.*, 2007)، مورفولوژی دانه گرده ۱۱ رقم زردآلوی ایرانی (Arzani *et al.*, 2005) و مورفولوژی دانه گرده ۱۴ رقم انار (Varasteh & Arzani, 2009) هم‌راستا است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که دانه‌های گرده مطالعه شده تک‌تایی، جورقطب و دارای تقارن شعاعی هستند و هر یک دارای سه شیار طولی بر سطح خود می‌باشند (شکل ۳). در این پژوهش دانه‌های گرده ژنوتیپ A95 گلابی اروپایی در مقایسه با رقم سبری، اندازه بزرگتری داشتند. از نظر شکل، دانه‌های گرده هر دو نمونه در طبقه پرولیت قرار می‌گیرند، یعنی طول دانه گرده بیشتر از قطر آن است (شکل ۴). گرده‌های مطالعه شده فاقد روزنه و منفذ بر سطح شیارها هستند، اما در سطح اگزین روزنه‌هایی دیده می‌شود (شکل ۳) که این ممکن است نقش مؤثری در تعامل گرده‌ای این گیاهان ایفا کند. با توجه به این داده‌ها، می‌توان به درک بهتری از ویژگی‌های منحصر به فرد رقم و ژنوتیپ دست یافت که می‌تواند به افزایش بهره‌وری و کیفیت محصول گلابی منجر شود. این اطلاعات می‌تواند به انتخاب و توسعه ژنوتیپ‌های برتر و پربارتر در عرصه باغبانی کمک کند.

از نظر تزئینات سطح اگزین دانه‌های گرده مطالعه شده را می‌توان در گروه نامنظم قرار داد. تزئینات اگزین به‌صورت طولی با مقداری چرخش و چروک بودند (شکل ۴). تفاوت‌های نسبتاً قابل توجهی در اندازه طول شیار، عرض برآمدگی و طول محور قطبی وجود دارد که این ویژگی‌های گرده شناسی می‌تواند در رده‌بندی سطوح تاکسونومی مفید واقع شود. این اطلاعات همچنین می‌تواند به محققان و کشاورزان کمک کنند تا بهترین رقم‌ها و ژنوتیپ‌ها را برای اهداف خاص خود انتخاب کنند و منابع خود را بهینه‌سازی نمایند.

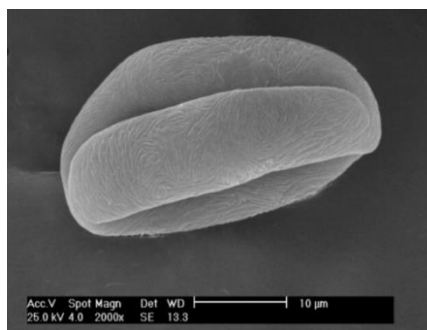


شیارهای طولی در سطح گردۀ گلابی اروپایی رقم سبری (۲۰۰۰X) روزنه‌های مشاهده شده سطح اگزین گلابی اروپایی ژنوتیپ A95 (۱۰۰۰۰X)

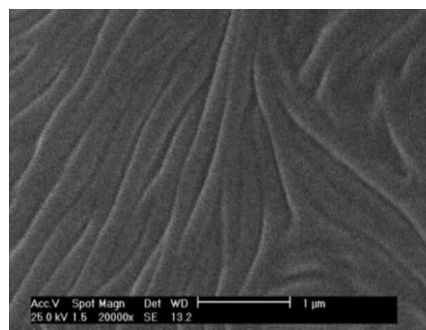
شکل ۳. شیار و روزنه‌های سطح دانه گردۀ



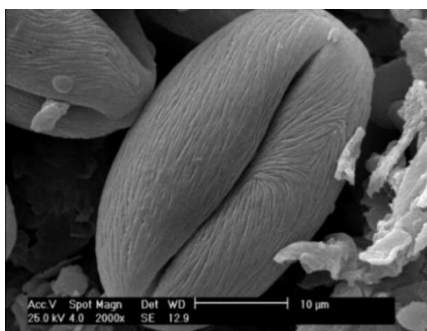
شکل ۴. تزئینات سطح اگزین دانه گردۀ گلابی اروپایی ژنوتیپ A95 مشاهده شده با میکروسکوپ الکترونی روبشی با بزرگنمایی ۱۰۰۰۰X



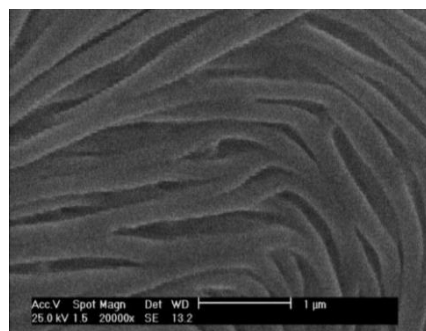
دانه گردۀ رقم سبری (بزرگنمایی ۲۰۰۰X)



الگوی اگزین رقم سبری (بزرگنمایی ۲۰۰۰۰X)



دانه گردۀ ژنوتیپ A95 (بزرگنمایی ۲۰۰۰X)



الگوی اگزین ژنوتیپ A95 (بزرگنمایی ۲۰۰۰۰X)

شکل ۵. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی دانه گردۀ گلابی اروپایی رقم سبری و ژنوتیپ A95

نتیجه‌گیری

از مجموع نتایج حاصل از تحقیق حاضر، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که دانه‌های گرده گلابی به‌طور مؤثری می‌توانند در دماهای پایین قوه نامیه خود را حفظ کنند و با فراهم شدن شرایط دمایی مناسب، امکان جوانه‌زنی آنها وجود دارد. به‌طور خاص، دمای ۲۰- درجه سلسیوس به‌عنوان بهترین دما برای نگهداری دانه‌های گرده معرفی شد و گرده ژنوتیپ A95 به‌عنوان ماندگارترین نمونه در طول یک سال نگهداری شناسایی گردید. همچنین، نگهداری دانه‌های گرده در دماهای بالاتر تا حدود چهار درجه سلسیوس نیز می‌تواند قوه نامیه آنها را حفظ کند، درحالی‌که نگهداری در دمای محیط سبب کاهش سریع قوه نامیه دانه گرده‌ها شد. دانه‌های گرده‌ای که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند، همگی تک‌تایی، جور قطب، دارای تقارن شعاعی و سه شیار طولی در سطح خود بودند. این دانه‌های گرده جزو گرده‌های تری‌کولپوریت و فاقد روزنه در سطح شیارها بودند. تفاوت‌های نسبتاً قابل توجهی در اندازه طول شیار، عرض برآمدگی و طول محور قطبی وجود داشت. این ویژگی‌ها نه تنها در شناسایی گیاهان مولد دانه گرده بلکه در طبقه‌بندی آنها می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

سپاسگزاری

نگارندگان از حمایت‌های مالی و مساعدت‌های دانشگاه تربیت مدرس قدردانی می‌نمایند. همچنین از مساعدت و حمایت آزمایشگاه درختان میوه (پومولوژی) گروه علوم باغبانی دانشگاه تربیت مدرس جهت فراهم آوردن امکانات مالی و اجرایی این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

- پورادیب، محمد کمال؛ روحی، وحید؛ هوشمند، سعدالله؛ محمدخانی؛ عبدالرحمان و زرگری، حمید (۱۳۹۵). اثر دما و مدت زمان نگهداری بر قوه نامیه دانه گرده ارقام مختلف خرما. *مجله به زراعی کشاورزی*، ۱۸ (۲)، ۴۹۵-۵۰۶.
<https://doi.org/10.22059/jci.2016.56584>
- تقی‌گذری، الهه و ارزانی، کاظم (۱۸ دی ۱۳۹۵). چگونگی گلدهی در ژنوتیپ امید بخش A95 در مقایسه با برخی از ارقام گلابی آسیایی *Pyrus serotina* Rehd. و *Pyrus communis* L. سومین کنفرانس بین‌المللی یافته‌های نوین در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست، تهران، ایران. <https://civilica.com/doc/610640>
- سیار، مهیار (۱۳۹۳). ریخت‌شناسی دانه‌های گرده جنس کلپوره (*Teucrium* L.) از زیر تیره Npetoideae متعلق به خانواده نعناعیان (Lamiaceae) در استان اردبیل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه پیام نور.
- شیخی، عبداللطیف؛ ارزانی، کاظم و کوشش صبا، محمود. (۱۳۹۵). تعیین خود و دگر (نا) سازگاری برخی از ارقام گلابی آسیایی (*Pyrus serotina* Rehd.) و گلابی‌های اروپایی (*Pyrus communis* L.) بومی ایران. *مجله به نژادی نهال و بذر*، ۳۲ (۳)، ۳۸۳-۴۰۰.
<https://doi.org/10.22092/spij.2016.113065>
- عابدی قشلاقی، ابراهیم؛ جوادی مجدد، داوود و فرزام، ابراهیم (۱۳۹۸). اثرات دما و مدت نگهداری بر قوه نامیه دانه‌گرده کیوی‌فروت. *نشریه علمی یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی*. ۸(۱)، ۲۵-۳۶.
<https://doi.org/10.22092/RAFHC.2019.116314.1103>

REFERENCES

- Abedi Gheshlaqi, E., Javadi Mojaddad, D., & Farzam, E. (2019). Effect of temperature and storage duration on germinability of kiwifruit pollen grains. *Scientific Journal of New Findings in Agricultural and Environmental Sciences*, 5(25), 26-35. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/RAFHC.2019.116314.1103>
- Ahmadi, N., Arani, K. & Moeini, A. (2001). Study of pollen storage, germination, and pollen tube growth in some citrus cultivars. *Seed Plant Journal*, 17(2), 216-229.
- Ahmed, S., Rattanpal, H. S., Ahmad, E., & Singh, G. (2017). Influence of storage duration and storage

- temperature on in-vitro pollen germination of *Citrus* species. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(5), 892–902. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.605.099>.
- Arzani, K. (2014). Fruit tree physiology and breeding programs research using microscopic technology. In K. Efstathios, K. Polychroniadis, A. Yavuz Oral & M. Ozer (Eds.), *International Multidisciplinary Microscopy Congress*, 154 (pp. 275-281). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-04639-6_39.
- Arzani, K. (2020). The onset of controlled hybridization, pollination studies, and the history of pollinizer application in the commercial fruit tree orchards in Iran. *Acta Horti*, 1297, 137-144. <https://doi.org/10.17660/ActaHort.2020.1297.19>
- Arzani, K., Nejatian, M. A. & Karimzadeh, G. (2005). Apricot (*Prunus armeniaca*) pollen morphological characterization through scanning electron microscopy, using multivariate analysis. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 33(4), 381–388.
- Bhat, Z. A., Dhillon, W. S., Shafi, R. H. S., Rather, J. A., Mir, A. H., Shafi, W., Rashid, R., Bhat, J. A., Rather, T. R., & Wani, T. A. (2012). Influence of storage temperature on viability and in vitro germination capacity of pear (*Pyrus* spp.) pollen. *Indian Journal of Agricultural Science*, 4 (11), 128-137.
- Borghazan, M., Clauman, A. D., Steinmacher, D. A., Guerra, M. P., & Orth, A. I. (2011). In vitro viability and preservation of pollen grain of kiwi (*Actinidia chinensis* var. *deliciosa* (A. Chev.) A. Chev.). *Journal of Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 11(4), 338-344.
- Calic, D., Devrnja, N., Kostic, I. & Kostic, M. (2013). Pollen morphology, viability, and germination of *Prunus domestica* cv. Požegača. *Scientia Horticulturae*, 155 (1), 118–122. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.03.017>.
- Čalić, D., Milojević, J., Belić, M., Miletić, R. & Zdravković-Korać, S. (2021). Impact of storage temperature on pollen viability and germinability of four Serbian autochthon apple cultivars. *Frontiers in Plant Science*, 12(4), 709231. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.709231>
- Cruz, T. V., Souza, M. M., Roza, F. A., Viana, A. J. C., Belo, G. O., & Fonseca, J. W. S. (2008). Germinação in vitro de grãos de pólen em *Passiflora suberosa* L. para sua utilização em hibridação interespecífica. *Revista Brasileira Fruticultura*, 30, 875-879.
- Dar, J. A., Wani, A. A. & Dhar, M. K. (2019). Preliminary pollen analysis of some apple cultivars in Kashmir: Towards understanding the apple pollen morphology. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 90 (2), 431-438. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v36i2.17346>
- Doğan, C. & Baysal, E. (2019). Pollen morphology of the coastal species of Turkish *Limonium* (Plumbaginaceae). *Phytotaxa*, 388(3), 212-228.
- Đorđević, M., Vujović, T., Cerović, R., Glišić, I., Milošević, N., Marić, S., Radičević, S., Fotirić Akšić, M. & Meland, M. (2022). In vitro and in vivo performance of plum (*Prunus domestica* L.) pollen from the anthers pollinated at distinct temperatures for different periods. *Horticulturae*, 8(7), 616–616. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070616>
- Dutta, S. K., Srivastav, M., Chaudhary, R., Lal, K., Patil, P., Singh, S. K., & Singh, A. K. (2013). Low temperature storage of mango (*Mangifera indica* L.) pollen. *Scientia Horticulturae*, 161, 193–197.
- Ghazaeian, M., Arzani, K. & Moieni, A. (2007). Study on pollen of some Asian pear genotypes by scanning electron microscopy (SEM) and a suitable pollen germination medium. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 8(2), 113-124. <https://sid.ir/paper/80947/en>.
- Hanna, W. W. & L. E. Towill. (1995). Long-term pollen storage. In J. Janick (Ed.), *Plant Breeding. Reviews*, 13, 179–207. Wiley. doi.org/10.1002/9780470650059.ch5.
- Ikram, S., Jaskani, M. J., Ikram, S., Qureshi, M. A., Rehman, S. U., Hussain, M., Shafqat, W., Din, S. U., Zafar, M. H., Raza, S., & Bukhari, S. I. U. S. (2022). Effectiveness of pollen germination media for improving storage potential in pomegranate (*Punica granatum*) germplasm. *Journal of Plant and Environment*, 4(2), 155-161. <https://doi.org/10.33687/jpe.004.02.3896>
- Javady, T., and Arzani, K. (2001). Pollen morphology of five Iranian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 3(1), 37–42.
- Kaufmane, E. & Rumpunen, K. (2002). Pollination, pollen tube growth and fertilization in *Chaenomeles japonica* (Japanese quince). *Scientia Horticulturae*, 94(3-4), 257-271. doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00371-5.
- Khaleghi, E., Karamnezhad, F. & Moallemi, N. (2019). Study of pollen morphology and salinity effect on the pollen grains of four olive (*Olea europaea*) cultivars. *South African Journal of Botany*, 127 (11), 51-57. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.08.031>
- Khush-khui, M., Bassiri, A. & Niknejad, M. (1976). Effect of temperature and humidity on pollen viability of

- six rose species. *Canadian Journal of Plant Science*, 56(3), 517-523.
- Linskens, H.F. (1964). Pollen physiology and fertilization. *North-Holland Publishing Company*, The Netherlands. 257 pp.
- Machado, C. D. A., Moura, C. R. F., Lemos, E. E. P. D., Ramos, S. R. R., Ribeiro, F. E. & Lédo, A. D. S. (2014). Pollen grain viability of coconut accessions at low temperatures. *Acta Scientiarum. Agron*, 36(2), 227-232.
- Marasali, B., Pinar, M. & Buyukkartal, H. N. (2005). Palynological study on the pollen grains of selected Turkish grape (*Vitis vinifera* L.) cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29(1), 75-81.
- Marcucci, M. C., Sansavini, S., Ciampolini, F. & Cresti, M. (1984). Distinguishing apple clones and cultivars by surface morphology and pollen physiology. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 109(1), 10-19. <https://doi.org/10.21273/jashs.109.1.10>.
- Martínez-Gómez, P., Gradziel, T. M., Ortega, E. & Dicenta, F. (2002). Low temperature storage of almond pollen. *Horticultural Science*, 37(4), 691-692. <https://doi.org/10.21273/hortsci.37.4.691>.
- Maryam, A., Jaskani, M. J. & Naqvi, S. A. (2017). Storage and viability assessment of date palm pollen. *Methods in Molecular Biology*, 1638, 3-13. doi: 10.1007/978-1-4939-7159-6_1.
- Milatović, D. & Nikolić, D. (2019). Morphological characteristics and germination of pollen in European and Japanese plum cultivars. *Acta Horticulturae*, 1260, 105-112. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1352.44>.
- Mortazavi, S. M. H., Torahi, A. & Beremeh, L. (2011). A study on the pollen morphology of Khuzestan male date varieties by scanning electron microscopy (SEM). *Plant Productions*, 33(2), 97-109.
- Najafzadeh, R. & Arzani, K. (2015). Superior growth characteristics, yield, and fruit quality in promising European pear (*Pyrus communis* L.) chance seedlings in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17(2), 427-442.
- Novara, C., Ascari, L., LaMorgia, V., Reale, L., Genre, A. & Siniscalco, C. (2017). Viability and germinability in long-term storage of *Corylus avellana* pollen. *Scientia Horticulturae*, 214(5), 295-303. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.11.042>.
- Özcan, A. (2020). Effect of low-temperature storage on sweet cherry (*Prunus avium* L.) pollen quality. *HortScience*, 55(2), 258-260. <https://doi.org/10.21273/hortsci14660-19>.
- Pinillos, V. & Cuevas, J. (2007). Artificial pollination in tree crop production. In J. Janick (Ed.), *Horticultural reviews*, 34. Wiley. doi.org/10.1002/9780470380147.ch4.
- Popa, V. I., Badulescu, L., Iordachescu, M. & Udriste, A. A. (2022). Preliminary pollen grain characterization of several apple and plum varieties. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca, Horticulture*, 79(1), 33-40. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-hort:2021.0020>.
- Pouradib, M. K., Roohi, V., Hooshmand, S. A., Mohammadkhani, A. A., Abdolrahman, M., & Zargari, H. (2016). The effect of temperature and storage duration on the physical characteristics of date fruits in different cultivars of dates. *Journal of Crop Improvement*, 18(2), 495-506. (In Persian) <https://doi.org/10.22059/jci.2016.56584>
- Radovic, A., Nikolic, D., Milatovic, D., Đurovic, D. & Trajkovic, J. (2016). Investigation of pollen morphological characteristics in some quince (*Cydonia oblonga* Mill.) cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40(95), 441-449. <https://doi.org/10.3906/tar-1511-76>.
- Rakonjac, V., Nikolić, D., Čolić, S., Glišić, I., Đorđević, M., Popovska, M. & Radičević, S. (2024). Investigation of pollen morphology and viability of sweet and sour cherry genotypes by multivariate analysis. *Microscopy Research and Technique*, 44(58). <https://doi.org/10.1002/jemt.24674>.
- Sayyar, M. (2015). Taxonomic study of the genus *Teucrium* L. from the subtribe Nepetoideae, belonging to the family Lamiaceae, in Lorestan Province. Master's Thesis in Plant Systematics, Lorestan University. (In Persian).
- Şenbaş, A., Horzum, Ö., Gencer, C. D. & Özkaya, M. T. (2022). Storage and *in-vitro* germination of some olive pollens. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 32(4), 843-852. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.1188414>
- Sheykhi, A. A., Arzani, K., & Kooshesh Saba, M. (2016). Determination of suitable pollinizers for some Asian pear (*Pyrus serotina* Rehd.) and European pear (*Pyrus communis* L.) cultivars. *Journal of Nursery Plant Production and Cultivation*, 2(4), 383-400. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/spji.2016.113065>
- Shim, K. K., Suh, B. K. & Park, S. H. (1988). A palynotaxonomic study of *Pyrus* species. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, 29, 102-108.
- Shivanna, K. R. & B. M. Johri. (1985). *The angiosperm pollen: structure and function*. Wiley Eastern Ltd, pp. 374.
- Smitha, K., Paton, A. & Sunojkumar, P. (2018). Re-establishment of *Plectranthus bishopianus* (Lamiaceae)

- based on morphological and micromorphological data. *Plant Systematics and Evolution*, 304: 807-816. doi. 10.1007/s00606-018-1511-6.
- Taghigozari, E., & Arzani, K. (2017). Floral biology of *Pyrus serotina* Rehd. and *Pyrus communis* L., promising A95 genotype in comparison with some Asian pear cultivars. Proceedings of the 3rd International Conference on New Findings in Agricultural Science, Natural Resources and Environment, Tehran, Iran. (In Persian). <https://civilica.com/doc/610640>
- Varasteh, F. & Arzani, K. (2009). Classification of some Iranian pomegranate (*Punica granatum*) cultivars by pollen morphology using scanning electron microscopy. *Journal of Horticulture Environment and Biotechnology*, 50(1), 24-30.
- Visser, T. (1955). Germination and storage of pollen. *Medelingen van de Landbouwhoogeschoolte, Wageningen, Netherland*, 55(1), 1-68.