

Microscopic study of the effect of Boron foliar application on pollen tube penetration and fruit set in apricot cultivars

Masoumeh Eftekhari¹, Yavar Sharafi^{2*}

1- Respectively Master student of fruit trees of Department of Horticultural science, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran.

mhb.eftekhari1126@gmail.com

2- Corresponding Author and Assistant Professor of Department of Horticultural science, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran.

y.sharafi@shahed.ac.ir

Received Date: 2019/12/20

Accepted Date: 2020/04/27

Abstract

Introduction: The amount of nutrients in fruit trees and their proper nutrition is one of the most important determinants of yield. Among the micronutrients, due to the effective role of boron in germination and growth of pollen tube, it has an important role in pollination, fertilization and finally fruit set (Sharafi, 2019).

Usually, the concentration of Boron (B) in plants is comparatively higher in flower, anthers, ovary and stigma as compared to vegetative parts which suggests a particular biological role of B in the reproductive phases of plants (Agens et al., 1997; Alva et al., 2015). The B necessity for normal pollen germination and tube growth has been well known in fruit trees (Yang et al., 1999).

Material and methods: In this study, the effects of Boron foliar application at three concentrations of 0, 1000 and 2000 mg / l on flower buds of two cultivars of Beigi and Shahroodi apricots were investigated. After foliar application two weeks before flowering, the effect of foliar application on germination percentage, pollen tube growth, primary and final fruit set were evaluated.

Results and discussion: The results were showed that 2000 mg / L Boron had the most effect on the rate of initial and final fruit set. The percentage of initial and final fruit set was 1000 mg / l Boron. The results also showed that the effect of Boron on germination percentage at stigma level and penetration rate of pollen tubes at the beginning of pistil, middle style and ovarian inlet was significant at 1% probability level. The germination percentage with 1000 mg / L Boron with 61.82% germination and the lowest germination with 57.91% was related to control. Also, 1000 mg / l sulfate increased the penetration of pollen tubes into the beginning and middle parts of the styles and so ovary.

Conclusions: Overall foliar application of Boron increased the primary and final fruit set, and so increased germination and penetration of pollen tube to the ovary in apricot cultivars.

Keywords: Apricot, Boron, germination, pollen tube, fruit set.

کاربرد محلول پاشی بور بر روند گرده افشانی و تشکیل میوه در دو رقم زردآلو

معصومه افتخاری^۱، یاور شرفی^{۲*}

۱- دانشجوی ارشد درختان میوه دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد، تهران، ایران.

mhb.eftekhari1126@gmail.com

۲- نویسنده مسئول و استادیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد، تهران، ایران.

y.sharafi@shahed.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۹

چکیده

مقدار عناصر غذایی موجود در درختان میوه و تغذیه متناسب آنها، از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده عملکرد می‌باشد. در میان ریزمغذی‌ها، با توجه به نقش عنصر بور در جوانه‌زنی و رشد لوله گرده، این عنصر اثر بسیار مهمی در گرده‌افشانی، لقاح و درنهایت تشکیل میوه دارد. در این پژوهش اثر محلول‌پاشی عنصر بور با سه غلظت صفر، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر روی جوانه‌های گل دو رقم بیگی و شاهرودی زردآلو بررسی شد. درصد جوانه‌زنی، رشد لوله گرده، تشکیل میوه اولیه و نهایی در تلاقی این دو رقم مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید بوریک بیشترین تأثیر را در میزان تشکیل میوه اولیه (۳۸/۴۷ درصد) و نهایی (۱۵/۷۴ درصد) داشت. کمترین درصد تشکیل میوه اولیه (۲۱/۳۲ درصد) و نهایی (۲/۰۱ درصد) مربوط به غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید بوریک بود. همچنین، نتایج نشان داد که اثر عنصر بور بر درصد جوانه‌زنی در سطح کلاله و میزان نفوذ لوله‌های گرده در ابتدای خامه، میانه خامه و ورودی تخمدان در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین درصد جوانه‌زنی با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید بوریک با درصد جوانه‌زنی ۶۲/۸۱ درصد و کمترین درصد جوانه‌زنی با ۵۳/۲۲ درصد مربوط به تیمار شاهد بود. همچنین، تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید بوریک میزان نفوذ لوله‌های گرده را در قسمت انتهایی خامه و ورودی تخمدان افزایش داد. در مجموع محلول‌پاشی عنصر بور باعث افزایش تشکیل میوه اولیه و نهایی و افزایش درصد جوانه‌زنی و نفوذ لوله گرده به سمت تخمدان در ارقام مورد مطالعه زردآلو گردید.

کلمات کلیدی: زردآلو، بور، جوانه‌زنی، لوله گرده، تشکیل میوه.

مقدمه

زردآلو (*Prunus armeniaca*. L.) از جایگاه خاص در صنعت تولید میوه‌های معتدله در دنیا و ایران برخوردار است. تولید زردآلو در سل ۲۰۱۷ به میزان ۴,۳ میلیون تن بوده که ترکیه با ۲۳ درصد بیشترین سهم را در تولید این محصول به خود اختصاص داده است. کشورهای ازبکستان، ایتالیا، الجزایر و ایران در رتبه‌های بعدی قرار دارند (FAO, 2017). از مشکلات اساسی در تولید زردآلو می‌توان به بی‌نظمی باردهی و عملکرد پایین آن اشاره کرد که از جمله علل آن ناسازگاری و عقیمی گل‌های آن است (Jie et al., 2005). زردآلو مانند میوه‌های دیگر گونه‌های *Rosacea* یک سیستم ناسازگاری گامتوفیتی را نمایش می‌دهد که توسط یک مکان مجزای پلی‌مورفیک با آل‌های چندگانه کنترل می‌شود. (Milatovic et al., 2013). با توجه به مشکلات باروری در زردآلو و وجود خود ناسازگاری و حتی دگرناسازگاری در بین ارقام، انتخاب گرده‌زای مناسب از اهمیت فراوان برخوردار است. سرعت مناسب رشد لوله‌گرده با توجه به نوع گرده مورداستفاده می‌تواند باردهی مطلوب را فراهم نماید که این موضوع با توجه به بی‌نظمی‌های باردهی اهمیت خاصی دارد (حاجیلو و همکاران، ۱۳۹۱). از مهم‌ترین عوامل در موفقیت گرده‌افشانی، لقاح و تشکیل میوه در درختان میوه دریافت گرده کافی و باکیفیت توسط درختان مادری است که کیفیت گرده نیز بشدت تحت تأثیر شرایط فیزیولوژیکی و تغذیه درختان گرده‌زا می‌باشد (Abdelgadir et al., 2012). اثر مثبت محلول‌پاشی بور در افزایش لقاح و تشکیل میوه بسیاری از گیاهان از جمله درختان میوه گزارش شده است که دلایل آن را داشتن نقش مثبت این عنصر بر درصد جوانه‌زنی گرده دانسته‌اند (Wang et al., 2003).

بر اساس مطالعات صورت گرفته محلول‌پاشی بور برای درختان میوه مختلف، در مرحله‌ی شکوفه‌دهی که در دوره‌های بحرانی از تشکیل گرده، جوانه‌زنی و تلقیح که

قبل از تشکیل میوه قرار دارد بسیار مؤثر واقع می‌شود. بور در این مرحله سریعاً توسط گل جذب شده در نتیجه گل‌ها حاوی مقادیر کافی از بور در مراحل گلدهی و تشکیل میوه بوده و این مرحله تولید گل‌ها و جوانه‌زنی لوله‌گرده را افزایش می‌دهد و به افزایش توسعه میوه کمک می‌کند (Sharafi and Eftekhari, 2020; Sharafi and Raina, 2020).

Iwai et al. (2006) بر اساس مطالعات صورت گرفته با استفاده از میکروسکوپ فلورسنت و کاربرد غلظت‌های مختلف بور بر رشد لوله‌گرده و تأثیر آن در تشکیل میوه در شرایط طبیعی و درون شیشه‌ای بر روی درختان بالغ زردآلو مشاهده نمودند که کاربرد محلول‌پاشی بور در شرایط طبیعی باعث افزایش رشد لوله‌گرده به سمت تخمدان شده است. در مطالعه‌ای دیگر (Sharafi, 2019) با کاربرد محلول‌پاشی بور در مرحله قبل شکوفه‌دهی در سیب مشاهده شد که بور بکار رفته در این مرحله سریعاً توسط گل‌ها جذب شده و موجب بهبود رشد رویشی آن می‌شود. همچنین، با تأثیر بر جوانه‌زنی گرده و لقاح، موجب بهبود باروری گیاه سیب شده است. برخی محققین با ارزیابی تأثیر محلول‌پاشی بور بر روی درصد تشکیل میوه زیتون گزارش کردند که اسپری اسید بوریک تشکیل میوه اولیه را ۷۹ درصد افزایش داد (Saadati et al., 2016).

با توجه به مطالب گفته‌شده محلول‌پاشی عنصر بور باعث بهبود گرده‌افشانی و تشکیل میوه در گونه‌ها و ارقام مختلف گیاهان شده ولی محققان کمتری از نحوه اثر عنصر بور بر نفوذ لوله‌گرده و تشکیل میوه گزارش داده‌اند. استفاده از میکروسکوپ فلورسنت پس از رنگ‌آمیزی لوله‌های گرده با معرف‌های رنگی و ردیابی نفوذ آن در خامه از تکنیک‌های جدید مورداستفاده در فیزیولوژی درختان میوه است که کاربردهای فراوانی در ردیابی نفوذ عناصر، بررسی خود و دگر(نا)سازگاری بین گونه‌ها و ارقام درختان میوه، بررسی دوره گرده‌افشانی مؤثر دارد

(Sharafi et al., 2019). بنابراین، بسیاری از مشکلات مربوط به تحقیقات گرده افشانی می تواند با استفاده از میکروسکوپ فلورسنس در آزمایشگاه رفع شود. میکروسکوپ فلورسنس یک روش نسبتاً سریع و قابل اعتماد برای بررسی نفوذ لوله گرده به تخمدان در درختان میوه است (Milatovic et al., 2013; Kubitscheck, 2017; Radunić., et al, 2017). در ایران اثر عناصر ریزمغذی و حتی عناصر ماکرو روی صفات گرده افشانی، لقاح و تشکیل میوه به صورت دقیق و در سطح میکروسکوپی ممکن است مطالعه نشده باشد. در این تحقیق اثر عنصر بور در غلظت های مختلف بر لقاح و تشکیل میوه زردآلو با استفاده از میکروسکوپ فلورسنس مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش ها

پژوهش در سال ۱۳۹۷ در باغ گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد با مختصات بین^۸°۳۳ تا^{۰۸}°۳۳ عرض شمالی و^{۱۲}°۵۱ تا^{۱۲}°۳۳ طول شرقی روی دو رقم زردآلوی شاهرودی و^{۲۰}°۵۱ طول شرقی روی دو رقم زردآلوی شاهرودی و بیگی انجام شد. طی این مدت مدیریت باغ، تغذیه، آبیاری، مبارزه با آفات و امراض، عملیات زراعی و باغی مانند هرس و غیره همگی بر اساس توصیه های علمی موجود و به طور یکسان بر روی کلیه درختان باغ انجام گرفت. دو هفته قبل از شکوفایی جوانه های گل (اوایل اسفند) به عبارتی در مرحله متورم شدن جوانه ها برای هر تیمار یک درخت با وضعیت رشدی مناسب و یکنواخت با سایر درختان انتخاب شد. محلول پاشی اول اسفند ماه سال ۹۷ در اوایل صبح انجام شد. برداشت مادگی ها و بررسی های بعدی مطابق روش Sharafi, 2019 صورت گرفت. بدین ترتیب که درختان انتخابی با اسید بوریک در سه سطح صفر (شاهد)، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر تا حدی که محلول از شاخه ها چکه کند انجام شد. تیمار شاهد با استفاده از آب مقطر محلول پاشی شد. زمانی که

گل ها در مرحله بالونی قرار داشتند از هر درخت چهار شاخه از چهار جهت اصلی با تعداد گل کافی انتخاب شدند. شاخه ها تا حد امکان در موقعیت مشابهی روی درخت قرار داشتند. برای تهیه گرده زمانی که گل ها در مرحله بالونی نزدیک به مرحله شکوفایی بودند به تعداد کافی جمع آوری شده و بساک ها با استفاده از پنس استریل جمع آوری و درون پتری دیش به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق و محل تاریک قرار گرفته تا خشک شدند. سپس دانه های گرده آزاد شده داخل ویال های شیشه ای در دمای ۳-۴ درجه، درون یخچال تا زمان استفاده نگهداری شدند. آزمون جوانه زنی دانه های گرده در محیط کشت جامد حاوی ۲۰ درصد ساکارز، یک درصد آگار و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر اسید بوریک انجام شد (فلاح معافی و شرفی، ۱۳۹۶; Imani et al, 2011). گرده ها جوانه زنی بالای ۶۵ درصد را نشان دادند. جوانه های گل موجود روی شاخه های پایه های مادری در مرحله بالونی شدن و قبل از شکوفایی اخته شدند. بدین معنی که پرچم های گل ها برای جلوگیری از خودگرده افشانی و گلبرگ ها به منظور عدم جلب توجه زنبورهای گرده افشان توسط ناخن دست و پنس قطع و جدا شدند. لازم به ذکر است غنچه های بسیار کوچک که در مرحله قبل از بالونی قرار داشتند و گل هایی که خیلی زودتر باز شده بودند حذف شدند. در این مرحله پس از اخته کردن هر پایه مادری به منظور جلوگیری از انتقال دانه گرده ناخواسته، دست ها و تجهیزات مورد استفاده برای اخته کردن با الکل اتیلیک ۷۰٪ شسته شده و سپس عمل اخته کردن غنچه های گل سایر پایه های مادری انجام شد. گل های اخته شده در پایان به وسیله کیسه های پارچه ای مملول ۵۰ سانتیمتری پوشانیده شدند (Sharafi., 2019). رقم شاهرودی به عنوان پایه مادری و رقم بیگی به عنوان پایه پدری تعیین شد و در مرحله آمادگی پذیرش گرده توسط قلم مویی مخصوص با گرده های جمع آوری شده گرده افشانی شدند. مادگی های تلاقی شده بعد از ۱۲۰ ساعت از روی

داده‌های حاصل از یادداشت برداری مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

به منظور تعیین درصد تشکیل میوه دو نوبت بعد از عمل گرده افشانی نتایج ثبت گردید. با توجه به تعداد گل‌های گرده افشانی شده در هر شاخه، در هر شمارش درصد میوه‌های تشکیل شده ملاک تجزیه آماری قرار گرفت. به منظور محاسبه درصد تشکیل میوه اولیه و نهایی، بعد از شمارش تعداد گل‌ها بر روی شاخه‌های انتخابی در زمان تمام گل به دنبال آن در اواخر فروردین ماه تعداد میوه باقی مانده روی شاخه‌ها شمارش شد و این عمل در نیمه خردادماه نیز تکرار شد و درصد میوه‌های هر واحد آزمایشی و هر تیمار در تاریخ‌های یادشده ثبت شد. در نهایت درصد تشکیل میوه اولیه و نهایی، محاسبه شدند. این تحقیق به صورت آزمایش در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی سطوح مختلف عنصر بور شامل: صفر (شاهد)، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر بود. ده مادگی به عنوان تکرار در نظر گرفته شد. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد صورت گرفت.

درختان برداشت و در داخل محلول فیکساتور شامل (پنج درصد فرم آلدهید ۴۰٪، پنج درصد استیک اسید و نود درصد الکل اتانول ۹۶٪) تثبیت شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده تا زمان انجام مطالعات میکروسکوپی در یخچال نگهداری شده و سپس جهت ریبای نفوذ لوله گرده، پس از شستشوی مادگی‌ها با آب مقطر و نرم کردن آن‌ها در محلول سود هشت نرمال به مدت هشت ساعت و بعد از شست و شوی دوباره، با آنیلین بلو به مدت پانزده دقیقه رنگ آمیزی شد. روند رشد لوله گرده در هر تیمار توسط میکروسکوپ فلورسنت مورد ارزیابی قرار گرفت. تعداد دانه‌های گرده جوانه زده در سطح کلاله همچنین، تعداد لوله گرده در یک سوم بالایی، وسط خامه، یک سوم پایینی خامه و ورودی تخمدان شمارش شد. پس از شمارش تعداد لوله‌های گرده در هر یک از بخش‌های فوق، درصد لوله‌های گرده موجود در هر یک از این بخش‌ها نسبت به تعداد دانه گرده‌ی جوانه‌زده در سطح کلاله محاسبه و روند رشد لوله گرده مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱). مشاهده و ثبت تصاویر توسط میکروسکوپ فلورسنت مدل Micros ساخت کشور اتریش با عدسی شیئی با بزرگنمایی ۱۰x و با دوربین ۱۴ مگاپیکسلی KEKAM ساخت کشور چین انجام گرفت. سپس



شکل ۱. بررسی روند نفوذ لوله‌های گرده در بخش‌های مختلف خامه با میکروسکوپ فلورسنت.

Fig 1. Study of the pollen tube penetration to the different parts of the style by florescent microscope.

میوه اولیه و درصد تشکیل میوه نهایی در سطح یک درصد معنی دار شد. نتایج این پژوهش نشان داد که محلول پاشی بور با غلظت ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر بیشترین (۳۸/۴۷ درصد) تأثیر را در درصد تشکیل میوه اولیه در مقایسه با

نتایج و بحث

الف- تشکیل میوه

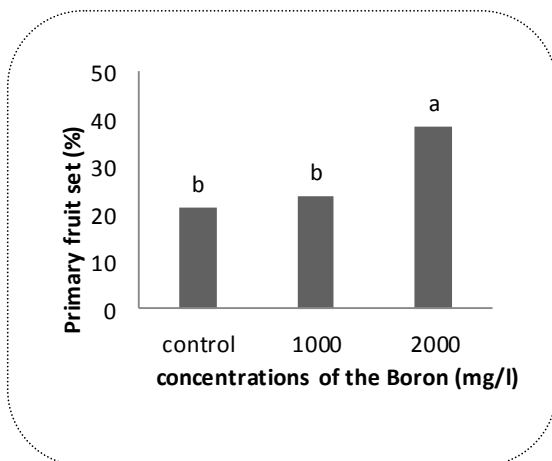
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که غلظت‌های مختلف اسید بوریک بر صفات درصد تشکیل

شاهد داشت. کمترین درصد تشکیل میوه اولیه (۲۱/۳۲) درصد) مربوط تیمار شاهد بود (شکل ۲). همچنین بیشترین درصد تشکیل میوه نهایی (۱۵/۷۴ درصد) مربوط به غلظت ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر و کمترین درصد تشکیل میوه نهایی (۲/۰۱ درصد) مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۳). این نتایج بیانگر نقش مثبت و تأثیرگذار بور در افزایش تعداد میوه اولیه و نهایی و همچنین، احتمالاً به دلیل کاهش ریزش میوه‌ها می‌باشد.

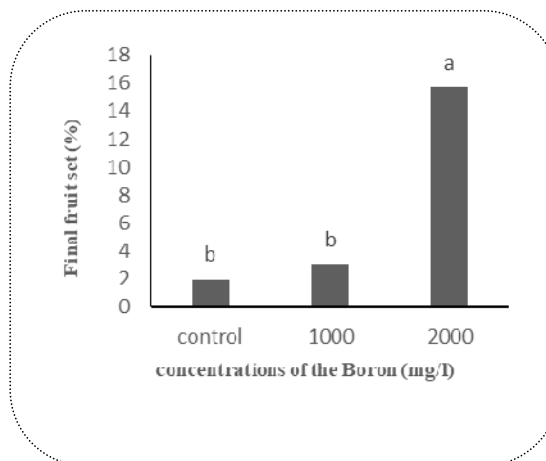
جدول ۱. تجزیه واریانس تأثیر غلظت‌های بور بر صفات تشکیل میوه اولیه و نهایی در تلاقی ارقام بیگی و شاهرودی زردآلو
Table 1. Analysis of variance of the effect of Boron on primary and final fruit set in the Beigi and Shahroudi apricot cross.

Sources of variation	Df	Flower number	Primary fruit set (%)	Final fruit set (%)
Boron concentration	2	35/70**	500/09**	130/56**
Error	18	4/51	8/58	5/6
C.V. (%)		9/93	10/49	24/34

** show significant at the 1 % P value. معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد را نشان می‌دهد.



شکل ۳- اثر غلظت‌های مختلف بور بر درصد تشکیل میوه نهایی
Figure 3. The effect of different concentrations of the Boron on the Final fruit set



شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف بور بر درصد تشکیل میوه اولیه
Figure 2. The effect of different concentrations of the Boron on the primary fruit set

هزار میلی‌گرم در کیلوگرم در اوایل بهار باعث افزایش تشکیل میوه در آلودگی ایتالیایی به مقدار ۳۰ درصد شده است. سید کلایی و همکاران (۱۳۹۴)، در بررسی‌های خود اثر محلول پاشی نیتروژن، بور و روی بر میزان اکسین، تشکیل و ریزش میوه در پرتقال تامسون ناول را بررسی کردند. نتایج نشان داد محلول پاشی عناصر غذایی نیتروژن، بور و روی با تأثیر بر افزایش میزان اکسین در منطقه کالیکس میوه‌ها موجب کاهش ریزش و در نتیجه افزایش تشکیل میوه در هر سه مرحله تشکیل میوه اولیه، تشکیل میوه بعد از ریزش خرداد و تشکیل میوه نهایی و در نتیجه

عنصر بور در گرده‌افشانی و لقاح نقش مهمی دارد و برای تولید اکسین و سیتوکینین جهت رشد سلول مورد نیاز است. همچنین، بور در افزایش طول لوله گرده و زنده ماندن تخمک نقش بسزایی دارد. با توجه به موارد فوق بور در تشکیل میوه اولیه دخالت کرده و درصد تشکیل میوه اولیه را بالا برده است که در مقایسه با شاهد افزایش تشکیل میوه به مقدار ۳۸ درصد مشاهده شد. (طلایی و همکاران، ۱۳۸۰)

Nancy et al (1978) گزارش کردند که بر اساس بررسی‌های صورت گرفته محلول پاشی بور با غلظت ۳

به قسمت ابتدای خامه مربوط به ۲۰۰۰ میلی گرم بور بود که در مقایسه با شاهد اختلاف معنی داری در سطح یک درصد مشاهده شد (شکل ۵). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر غلظت های بور بر تعداد لوله گرده در وسط خامه بیشترین تعداد لوله گرده وارد شده به میانه خامه (۱۷/۱۶ درصد) در تیمار شاهد بود. کمترین آن (۶/۸ درصد) مربوط به ۲۰۰۰ میلی گرم بور بود (شکل ۶). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر غلظت های بور بر تعداد لوله گرده در انتهای خامه بیشترین تعداد لوله گرده نفوذ کرده به قسمت انتهایی خامه (۶/۸۳ درصد) مربوط به ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر بور و کمترین آن (۱/۷۳ درصد) مربوط به ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر بور بود که دارای اختلاف معنی داری با شاهد در سطح یک درصد بود (شکل ۷). بیشترین تعداد لوله گرده در ورودی تخمدان (۱/۸۰ درصد) مربوط به ۱۰۰۰ میلی گرم بور بود که دارای اختلاف معنی داری در سطح یک درصد نسبت به شاهد بود. کمترین لوله گرده نفوذ کرده به ورودی تخمدان (۰/۸۶ درصد) مربوط به ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر بور بود (شکل ۸ و ۹). در غلظت های بالای بور کم شدن درصد جوانه زنی و نفوذ لوله گرده ممکن است به علت بالا رفتن واکنش ها در دیواره سلولی گرده باشد. لذا استفاده از بور در غلظت بالا ممکن است باعث سمیت شده و در نتیجه درصد جوانه زنی و رشد لوله گرده کاهش یابد (Nyomora et al., 2000).

افزایش عملکرد در پرتقال تامسون ناول شدند. بیشترین درصد تشکیل میوه اولیه، میوه بعد از ریزش و میوه نهایی مربوط به تیمارهایی بوده که بیشترین میزان اکسین را داشتند. از آنجایی که تأثیرات مثبت اکسین در نتایج مطالعات گوناگون بر افزایش درصد تشکیل میوه مشخص شده است احتمال دارد افزایش تشکیل میوه اولیه و نهایی در این تحقیق به خاطر تأثیر روی افزایش اکسین و در نتیجه بالا بردن درصد تشکیل میوه، هم در تشکیل میوه اولیه و هم در تشکیل میوه نهایی باشد. تیمار اسید بوریک با غلظت ۰,۵ در هزار بالاترین درصد تشکیل میوه نهایی به مقدار ۳,۵۱ درصد را داشته است.

ب- درصد جوانه زنی و رشد لوله گرده

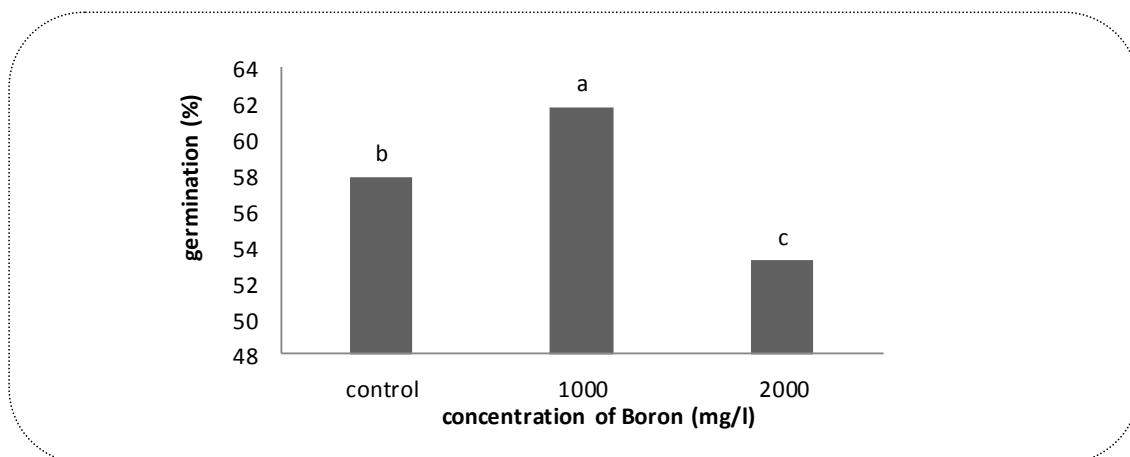
تجزیه واریانس داده ها (جدول ۲) نشان داد که غلظت های مختلف بور بر درصد جوانه زنی گرده ها در سطح کلاله و تعداد لوله های گرده نفوذ کرده به قسمت بالایی خامه، میانه خامه و ابتدای تخمدان اثر معنی داری در سطح یک درصد داشت. بر اساس نتایج، ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر اسید بوریک بیشترین (۶۱/۸۲ درصد) تأثیر را بر افزایش درصد جوانه زنی گرده ها در سطح کلاله نشان داد. کمترین درصد جوانه زنی (۵۳/۲۲ درصد) مربوط به تیمار ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر اسید بوریک بود (شکل ۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین غلظت های بور بر تعداد لوله گرده در ابتدای خامه بیشترین (۱۶/۴۴ درصد) تعداد لوله گرده وارد شده به قسمت ابتدای خامه مربوط به تیمار شاهد بود. کمترین تعداد لوله گرده (۶/۸ درصد) وارد شده

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر عنصر بور بر درصد جوانه زنی گرده در سطح کلاله و درصد نفوذ لوله گرده در ابتدا، میانه و انتهای خامه و ورودی تخمدان

Table 2. Analysis of variance of the effect of Boron on pollen germination on the stigma and tube penetration to upper, middle and third part of the style and so beginning of the ovary.

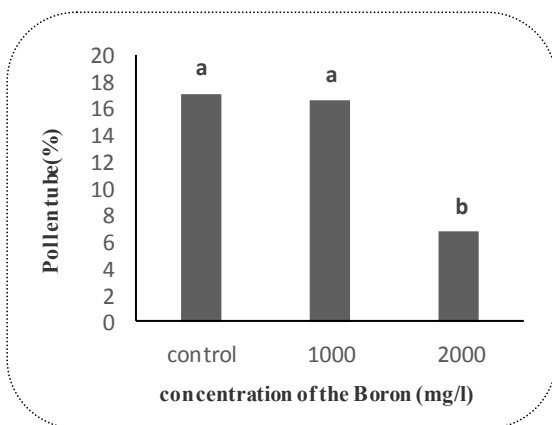
Sources of variation	Df	pollen germination (%)	Beginning of the style	middle of the style	end of the style	Beginning of ovary
Boron Concentration	2	556/61 **	1818/84 **	1018/61 **	201/74 **	12/13 **
Error	81	52/15	44/1	8/3	1/56	0.41
C.V. (%)		12/52	17/86	21/3	21/18	23/51

**، معنی دار در سطح احتمال یک درصد را نشان می دهد. **, show significant at the 1 % P value



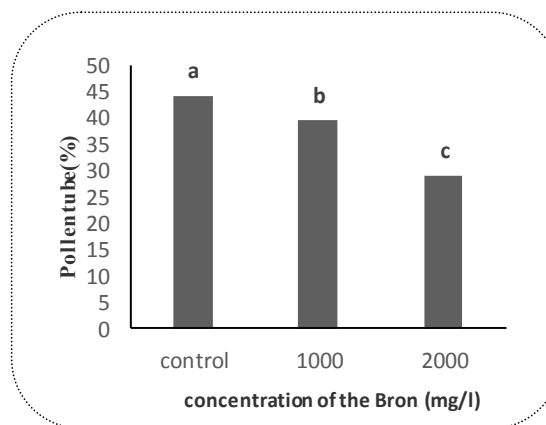
شکل ۴- اثر غلظت‌های مختلف بور بر درصد جوانه‌زنی گرده روی کلاله

Figure 4. The effect of different concentrations of the Boron on the pollen germination percentage on the stigma.



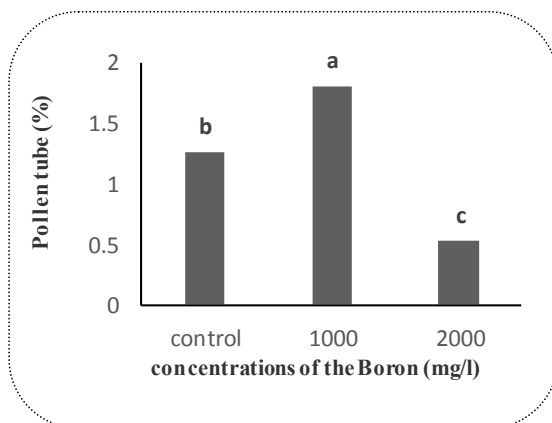
شکل ۶- اثر غلظت‌های مختلف بور بر میزان نفوذ لوله گرده در میانه خامه

Figure 6. The effect of different concentrations of the Boron on the tube penetration to middle part of the style



شکل ۵- اثر غلظت‌های مختلف بور بر میزان نفوذ لوله گرده در ابتدای خامه

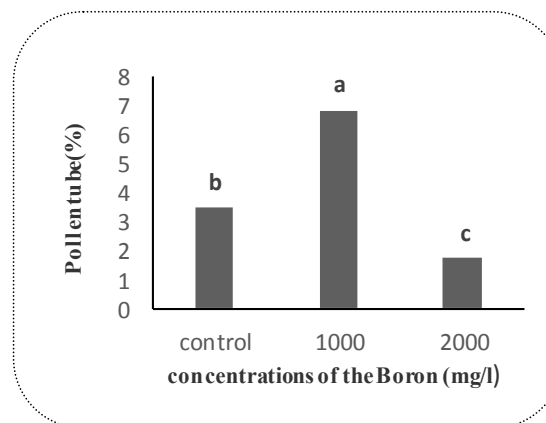
Figure 5. The effect off different concentrations of the Boron on the tube penetration to upper part of the style



شکل ۸- اثر غلظت‌های مختلف بور بر میزان نفوذ لوله گرده در

ورودی تخمدان

Figure 8. The effect off different concentrations of the Boron on the penetration to beginning of the ovary



شکل ۷- اثر غلظت‌های مختلف بور بر میزان نفوذ لوله گرده در

انتهای خامه

Figure 7. The effect off different concentrations of the Boron on the penetration to extreme part of the style

جدول ۳- ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات مورد مطالعه

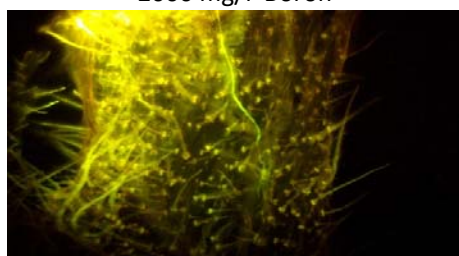
Table 3. Pearson correlation coefficients among the studied characteristics.

	beginning of the style	middle of the style	end of the style	beginning of the ovary	Primary fruit set (%)	Final fruit set (%)
beginning of the style	0/53**					
middle of the style	0/59**	0/65 **				
end of the style	0/53**	0/52**	0/74**			
beginning of the ovary	0/42**	0/43**	0/55**	0/75**		
Primary fruit set	0/42**	0/46**	0/51**	0/61**	0/79**	
Final fruit set (%)	0/41**	0/47**	0/51**	0/54**	0/63**	0/82**

** show significant at the 1 % P value. معنی دار در سطح احتمال یک درصد را نشان می دهد.

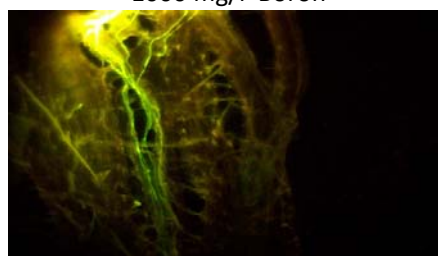
۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر بور

2000 mg/l Boron



۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر بور

1000 mg/l Boron



شکل ۹- اثر غلظت های مختلف بور بر میزان نفوذ لوله گرده در ورودی تخمدان

Fig 9. The effect off different concentrations of the Boron on the penetration to beginning of the ovary

در تشکیل میوه نهایی و تعداد میوه هنگام برداشت شد. عنصر بور در گرده افشانی و لقاح نقش مهمی دارد و برای تولید اکسین و سیتوکینین جهت رشد سلول مورد نیاز است. همچنین، بور در افزایش طول لوله گرده و زنده ماندن تخمک نقش دارد با توجه به موارد فوق محلول پاشی بور قبل شکوفایی دو رقم زردآلوی مورد مطالعه، در تشکیل میوه اولیه دخالت کرده و درصد تشکیل میوه اولیه را بالا برده است.

در نهایت نتایج مربوط به همبستگی بین صفات در جدول ۳ نشان داد که ضرایب بین ۰/۴۱ الی ۰/۸۲ بود. به طور کلی ضرایب همبستگی بین درصد جوانه زنی دانه گرده در سطح کلانه و تعداد لوله گرده در قسمت های مختلف خامه و تخمدان نشان داد که همبستگی مثبت و بالایی بین آن ها وجود داشت. بیشترین همبستگی (۰/۸۲) بین تعداد لوله گرده در میانه خامه و تعداد لوله گرده در ابتدای خامه و کمترین همبستگی (۰/۴۱) بین درصد

فلاح معافی و همکاران (۱۳۹۸)، اثر محلول پاشی عنصر بور بر روند رشد لوله گرده در مادگی چند رقم سیب را مورد مطالعه و گزارش نمود که عنصر بور بر درصد جوانه زنی در سطح کلانه و میزان نفوذ لوله های گرده در قسمت ابتدایی خامه، میانه خامه و تخمدان اثر مثبت بالایی داشته و در مجموع محلول پاشی عنصر بور باعث افزایش درصد جوانه زنی و میزان رشد لوله گرده شد. بنابراین، افزایش محلول پاشی بور در غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر بیشترین تأثیر گذاری را بر جوانه زنی با مقدار ۳۳ درصد و رشد لوله گرده با مقدار ۲۸ درصد، در مادگی سیب نشان داد که نتایج بدست آمده از این تحقیق با نتایج ایشان مطابقت داشت. طلائی و همکاران (۱۳۸۰)، با بررسی تأثیر محلول پاشی بور و روی در درصد تشکیل میوه و کیفیت میوه زیتون گزارش کردند که محلول پاشی اسید بوریک تشکیل میوه اولیه را ۷۹٪ افزایش داد. در حالی که محلول پاشی روی و اسید بوریک سبب افزایش قابل توجهی

لیتر درصد جوانه‌زنی و رشد لوله گرده در تمام قسمت‌های خامه همچنین، ورودی تخمدان نسبت به شاهد افزایش داشته است. غلظت ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بور باعث کاهش درصد جوانه‌زنی و رشد لوله گرده در قسمت‌های مختلف خامه شده است. احتمال دارد افزایش غلظت بور بر روی گیاه اثر سمی داشته و موجب کاهش درصد جوانه‌زنی و رشد لوله گرده شده باشد.

جوانه‌زنی دانه‌گرده در سطح کلاله و تعداد لوله‌گرده در ابتدای تخمدان وجود داشت.

نتیجه‌گیری نهایی

از آنجایی که کمبود بور به‌طور مستقیم بر جوانه‌زنی و رشد لوله گرده و لقاح آن تأثیر می‌گذارد از این رو با محلول پاشی بور با غلظت ۱۰۰۰ الی ۲۰۰۰ میلی‌گرم در

منابع

حاجیلو، ج.، گل‌محمدی، م.، پناهنده، ج.، رهنمون، ه.، ۱۳۹۱. بررسی چگونگی رشد لوله گرده در چند رقم زردآلو، *مجله علوم باغبانی*، شماره ۲، صص ۱۵۲-۱۴۵.

سیدکلایی، ف.، صادقی، ح.، و مرادی، ح.، ۱۳۹۴. اثر محلول پاشی نیتروژن، بور و روی بر میزان اکسین، تشکیل و ریزش میوه در پرتقال تامسون ناول (*Citrus sinensis cv. Thomson navel*)، *علوم باغبانی ایران*، شماره ۳، صص ۳۷۸-۳۶۷.

فلاح معافی، س.، شرفی، ی.، فتوکیان، م. ح.، رضایی، آ.، ۱۳۹۸. مطالعه میکروسکوپی اثر محلول پاشی بور بر روند رشد لوله گرده در دگرگرده‌افشانی برخی ارقام سیب. *نشریه علوم باغبانی*. شماره ۲، صص ۲۱۸-۲۰۷.

طلایی، ع.، بادمحمود، م. ط.، ملکوتی، م. ج.، ۱۳۸۰. اثر محلول پاشی با نیتروژن، بور و روی بر کمیت و کیفیت میوه زیتون، *مجله علوم کشاورزی ایران*، شماره ۴، صص ۷۳۶-۷۲۷.

نکونام، ف.، فتاحی‌مقدم، م.، عبادی، ع.، ۱۳۹۰. بررسی وضعیت ناسازگاری و عقیمی در چهار رقم زردآلو تجاری ایران، *نشریه علوم باغبانی ایران*، شماره ۱، صص ۹-۱.

Abdelgadir, H., Johnson, S., Van Staden, J. 2012. Pollen viability, pollen germination and pollen tube growth in the biofuel seed crop *Jatropha curcas* (Euphorbiaceae). *South African Journal of Botany*, 79, 132-139.

Acar, I., Ak, B. E., Sarpkaya, K. 2010. Effects of boron and gibberellic acid on in vitro pollen germination of pistachio (*Pistacia vera* L.). *African Journal of Biotechnology*, 9(32), 5126-5130.

Agens, M.S., Nyomora, A.M.S., Brown, H. 1997. Fall foliar applied boron increase boron and nut set of almond. *Journal American Society Horticultural Science*, 122(3): 405-410.

Ahmed, F., Darwish, O., Gobara, A., Ali, A. 2002. Physiological studies on the effect of ascorbic and citric acids in combined with some micronutrients on "Flame Seedless" grape vines. *Minia J Agric Res Dev*. 22(1), 105-114.

Ahmad, M. & Abbdel, F.M. (1995). Effect of urea, some micronutrients and growth-regulators foliar spray on the yield, fruit quality, and some vegetative characteristics of 'Washington Navel' organa trees. *HortScience*, 30, 774-780.

Alonso, J.M., 2005. Differential pollen tube growth in inbred self-compatible almond genotypes. *Euphytica*, 144(1-2): 207-213.

Alva, O., Roa-Roco, R. N., Pérez-Díaz, R., Yáñez, M., Tapia, J., Moreno, Y., González, E. 2015. Pollen Morphology and Boron Concentration in Floral Tissues as Factors Triggering Natural and GA-Induced Parthenocarpic Fruit Development in Grapevine. *PLoS one*, 10(10), 0139503.

Atlagić, J., Terzić, S., Marjanović-Jeromela, A. 2012. Staining and fluorescent microscopy methods for pollen viability determination in sunflower and other plant species. *Industrial crops and products*, 35(1), 88-91.

Blevins, D. G., Lukaszewski, K. M. 1998. Boron in plant structure and function. *Annual review of plant biology*, 49(1), 481-500.

Burgos, L., Ledbetter, C.A., Pérez-Tornero, O., Ortín-Párraga, F. and Egea, J., 1997. Inheritance of sexual incompatibility in apricot. *Plant Breeding*, 116(4): 383-386.

Carreño, J., Oncina, R., Carreño, I. 2006. In Vitro Studies on Pollen Germination Capability and Preservation of Different Cultivars of *Vitis vinifera* L. Paper presented at the IX International Conference on Grape Genetics and Breeding 827.

Chautá-Mellizo, A., Campbell, S.A., Bonilla, M.A., Thaler, J.S. and Poveda, K., 2012. Effects of natural and artificial pollination on fruit and offspring quality. *Basic and Applied Ecology*. 13(6): 524-532.

Chen, Y., Smagula, J. M., Litten, W., Dunham, S. 1998. Effect of boron and calcium foliar sprays on pollen germination and development, fruit set, seed development, and berry yield and quality in lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123(4), 524-531.

Cropotova, J., Tylewicz, U., Cocci, E., Romani, S., Dalla Rosa, M. 2016. A novel fluorescence microscopy approach to estimate quality loss of stored fruit fillings as a result of browning. *Food chemistry*, 194, 175-183.

Dafni, A., Firmage, D. 2000. Pollen viability and longevity: practical, ecological and evolutionary implications. *Plant Systematics and Evolution*, 222(1), 113-132.

Dafni, A., Hesse, M., Pacini, E. 2012. *Pollen and pollination*: Springer Science & Business Media.

Dell, B., Huang, L. 1997. Physiological response of plants to low boron. *Plant and soil*, 193(1-2), 103-120.

Eftekhari, M., Sharafi, Y. 2020. Microscopic study of fertilization and fruit set in apricot cultivars sprayed by zinc. *Journal of Horticultural Plant Nutrition*. 2:1-14.

Egea, J. and Burgos, L., 1996. Detecting cross-incompatibility of three North American apricot cultivars and establishing the first incompatibility group in apricot. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121(6): 1002-1005.

FAO STAT. (2017). Food and agriculture organization of the United Nations. FAO Statisticsdivision. <http://faostat.fao.org/site/567>

Gür, N. and Topdemir, A., 2008. Effects of some heavy metals on in vitro pollen germination and tube growth of apricot (*Armenica vulgaris* Lam.) and cherry (*Cerasus avium* L.). *World Applied Sciences Journal*, 4(2) 195-198.

Hegedűs, A, J Lénárt, J Halász. 2012. 'Sexual incompatibility in Rosaceae fruit tree species: molecular interactions and evolutionary dynamics', *Biologia plantarum*, 56: 201-09.

Hiscock, S.J., Allen, A. 2008. Diverse cell signaling pathways regulate pollen-stigma interactions: the search for consensus. *Tansley Review New Phytol.*, 179:286-317.

- Hu, H., Brown, P. H. 1994. Localization of boron in cell walls of squash and tobacco and its association with pectin (evidence for a structural role of boron in the cell wall). *Plant physiology*, 105(2), 681-689.
- Iwai, H., Hokura, A., Oishi, M., Chida, H., Ishii, T., Sakai, S., Satoh, S. 2006. The gene responsible for borate cross-linking of pectin Rhamnogalacturonan-II is required for plant reproductive tissue development and fertilization. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(44), 16592-16597.
- Jie, Q., Shupeng, G., Jixiang, Z., Manru, G. & Huairui, S. (2005). *Identification of self-incompatibility*. genotypes of apricot (*Prunus armeniaca* L.) by S-allele-specific PCR analysis. *Biotechnology Letters*, 27, 1205-1209.
- Jutamane, K., Eomkham, S., Pichakum, A., Krisanapook, K., & Phavaphutanon, L. 2001. Effect of calcium, boron and sorbitol on pollination and fruit set in mango cv. Namdokmai. *Rev Bras Frutic*, 23(2), 265-269.
- Karim, M. R., Wright, G. C., Taylor, K. C. (1996). Effect of foliar boron sprays on yield and fruit quality of citrus. *Citrus Research Report*.
- Kubitscheck, U. 2017. *Fluorescence microscopy: from principles to biological applications*: John Wiley & Sons.
- Lewis, D. 1980. Are there inter- relations between the metabolic role of boron, synthesis of phenolic phytoalexins and the germination of pollen? *New Phytologist*, 84(2), 261-270.
- Losada, J. M., Herrero, M. 2014. Glycoprotein composition along the pistil of *Malus x domestica* and the modulation of pollen tube growth. *BMC plant biology*, 14(1), 1.
- Marschner, H. 2011. *Marschner's mineral nutrition of higher plants*: Academic press.
- Milatović, D., Nikolić, D. and Krška, B., 2013. Testing of self-(in) compatibility in apricot cultivars from European breeding programmes. *Horticultural Science (Prague)*, 40: 65-71.
- Mularczyk-Oliwa, M., Bombalska, A., Kaliszewski, M., Włodarski, M., Kopczyński, K., Kwaśny, M., Trafny, E. A. 2012. Comparison of fluorescence spectroscopy and FTIR in differentiation of plant pollens. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 97, 246-254.
- Nancy, W., Maxine, C., Thompson, M., Chaplin, M.H., Stebbins, R.L. & Westwood, M.N. (1978). fruit set of Italian prune following fall foliar and spring boron sprays. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 103, 253-257.
- Norouzi, S., Malakouti, M.j. Rezaei, H. 2003. The effects of boron and boron on seed germination and pollen tube growth of wheat. Ninth Congress of Soil Science, Tehran, Soil Conservation and Watershed Management Research Center. [In Farsi]
- Novara, C., Ascari, L., La Morgia, V., Reale, L., Genre, A., Siniscalco, C. 2017. Viability and germinability in long term storage of *Corylus avellana* pollen. *Scientia Horticulturae*, 214, 295-303.
- Nyomora, A., Brown, P., Pinney, K., Polito, V. (2000). Foliar application of boron to almond trees affects pollen quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 125(2), 265-270.
- Pereira, M. R., Ribeiro, H., Cunha, M., Abreu, I. 2018. Comparison of pollen quality in *Vitis vinifera* L. cultivars. *Scientia horticulturae*, 227, 112-116.
- Pinney, K., Brown, P., Nyomora, A., Polito, V. 2000. Foliar Application of Boron to Almond Trees Affects Pollen Quality.

- Qin, X. 1996. Leaf spraying with boron, zinc and magnesium and their effects on the fruit production and quality of Jingchen oranges (*Citrus sinensis Osbeck*). *Journal of Southwest Agricultural University*, 18(1), 40-45.
- Radunić, M., Jazbec, A., Ercisli, S., Čmelik, Z., Ban, S. G. 2017. Pollen-pistil interaction influence on the fruit set of sweet cherry. *Scientia horticulturae*, 224, 358-366.
- Ramírez, F., Davenport, T. L. 2013. Apple pollination: a review. *Scientia horticulturae*, 162, 188-203.
- Saadati, S., Moallemi, N., Mortazavi, S.M.H. and Seyyednejad, S.M., 2016. Foliar applications of zinc and boron on fruit set and some fruit quality of olive. *Vegetos*, 29:2
- Sabbaghpoor Heris, J., Sharafi, Y., Buzari, B. 2020 Investigation of the Compatibility among some Sour Cherry Cultivars and Genotypes in Iran. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 21 (1): 45 – 58.
- Sedgley, M. (1990). Flowering of deciduous perennial fruit crops. *Horticultural Reviews*, Volume 12, 223-264.
- Sharafi, Y., Karimi, M. and Ghorbanifar, M., 2010. Study of pollen tube growth, cross-compatibility and fruit set in some almond genotypes. *African Journal of Plant Science*, 4(5): 164-166.
- Sharafi, Y., Raina, M. 2020. Effect of boron on pollen attributes in different cultivars of *Malus domestica* L. *National Academy Science Letters* .43(4) :399-403.
- Sharafi, Y. 2019. Effects of zinc on pollen gamete penetration to pistils in some apple crosses assessed by fluorescence microscopy. *Caryologia* .72 :63-73.
- Sharafi, Y., Talebi, S.F., Talei, D. 2017. Effects of heavy metals on male gametes of sweet cherry. *Caryologia* . 70 :166-173.
- Sidhu, R. J., Malik, C. 1986. Metabolic role of boron in germinating pollen and growing pollen tubes *Biotechnology and ecology of pollen* (pp. 373-378): Springer.
- Urbanczyk, J., Casado, M. A. F., Diaz, T. E., Heras, P., Infante, M., Borrego, A. G. 2015. Reprint of “Spectral fluorescence variation of pollen and spores from recent peat-forming plants”. *International Journal of Coal Geology*, 139, 206-216.
- Wang, Q., Lu, L., Wu, X., Li, Y., Lin, J. 2003. Boron influences pollen germination and pollen tube growth in *Picea meyeri*. *Tree Physiology*, 23(5), 345-351.
- Yang, X., Sun, S., Li, Y. 1999. Boron deficiency causes changes in the distribution of major polysaccharides of pollen tube wall. *Acta Botanica Sinica*, 41(11), 1169-1176.
- Yeloff, D., Hunt, C. 2005. Fluorescence microscopy of pollen and spores: a tool for investigating environmental change. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 133(3), 203-219.
- Yogarathnam, N. and Greenham, D.W.P., 1982. The application of foliar sprays containing nitrogen, magnesium, zinc and boron to apple trees. I. Effects on fruit set and cropping. *Journal of Horticultural Science*, 57(2): 151-158.