اثرات عناصر سنگین سرب و مس بر جوانه‌زنی و رشد لوله گرده چند رقم گیلاس (*Prunus avium*)

یاور شرفی*

* **نویسنده مسئول:** استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران (y.sharafi@shahed.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۰۵

چکیده

تشکیل میوه تحت تأثیر عوامل مختلف ژنتیکی درختان میوه و فیزیکوشیمیایی محیط قرار می‌گیرد و بروز حالت نامناسب در هر کدام از عوامل یاد شده باعث کاهش گرده‌افشانی، تلقیح، تشکیل میوه و درنهایت عملکرد پایین می‌شود. جوانه‌زنی و رشد لوله گرده یک مرحله اساسی در باروری و تشکیل میوه ارقام مختلف گیلاس است. در باغات اطراف کلان شهرها این پدیده ممکن است تحت تأثیر تنش عناصر سنگین ناشی از آلودگی محیط‌زیست قرار گیرد. در این تحقیق اثر عناصر سنگین سرب و مس با غلظت‌های (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر) روی جوانه‌زنی و رشد لوله گرده ده رقم مهم گیلاس موجود در تهران شامل سیاه مشهد، سیاه شبستر، زرد دانشکده، تکدانه، صورتی لواسانات، استلا، لاپینز، ناپلئون، کلت و گیلاس سفید، با روش کشت درون شیشه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که صفات مورد مطالعه تمامی ارقام به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر غلظت عناصر سنگین، ارقام و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت و در همه ارقام هم درصد جوانه‌زنی و هم رشد لوله گرده به‌طور هماهنگ با افزایش غلظت سرب و مس در محیط کشت کاهش یافت. گرده‌های رقم Colt بیشتر از همه ارقام تحت تأثیر قرار گرفت. بنابراین، کاشت این رقم در باغات نزدیک کلان شهرهای آلوده توصیه نمی‌شود.

کلید واژه‌ها: گیلاس، جوانه‌زنی گرده، لوله گرده، عناصر سنگین، سرب، مس.

مقدمه

گیلاس (*Prunus avium*) گیاهی دیپلوئید با 2n=16 از خانواده Rosaceae و زیر تیره Porunoidea بوده و اکثر ارقام آن خودناسازگار یا دگرناسازگار می‌باشند (Choi *et al.*, 2002).

این گیاه یکی از مهم‌ترین محصولات باغی ایران می‌باشد که بر اساس آمار سازمان خوار و بار جهانی ایران با تولید ۲۵۴۲۵۴ تن در سال در رتبه سوم جهان می‌باشد (FAO, 2012). تشکیل میوه تحت تأثیر عوامل مختلف ژنتیکی درختان میوه و عوامل مختلف محیط (بیولوژیکی، فیزیکی وشیمیایی) قرار می‌گیرد و بروز حالت غیرعادی در هر کدام از عوامل یادشده باعث کاهش گرده‌افشانی، تلقیح، تشکیل میوه و در نهایت عملکرد پایین باغ میوه می‌شود. جوانه‌زنی و رشد لوله گرده یک مرحله اساسی در باروری و تشکیل میوه ارقام مختلف گیلاس است (Westwood, 1997). یک محیط مساعد برای جوانه‌زنی و رشد لوله گرده این گیاهان لازم است که این محیط در شرایط طبیعی[1] روی کلاله خامه سازگار فراهم می‌شود (Sharafi, 2011).

در سال‌های اخیر مناطق مسکونی و صنعتی در کلان‌شهرهای دنیا مثل تهران گسترش زیادی یافته‌اند.

1- *Ex vitro*

توسعه این مناطق باعث نزدیک شدن آن‌ها به زمین‌های کشاورزی به‌ویژه باغاتی می‌شود که قبلاً بخاطر تجارت و تفریح توسط کشاورزان و باغداران در نزدیکی این شهرها احداث شده بودند. آلودگی‌های ناشی از سوخت‌های فسیلی مناطق مسکونی و صنعتی باعث ورود آلاینده‌های مختلف از جمله برخی عناصر سنگین مثل سرب، کادمیوم، نیکل، جیوه و ... به هوای این مناطق می‌شود. این مواد توسط باران و یا وارونگی هوا روی زمین‌های کشاورزی و گیاهان مناطق نزدیک می‌نشینند. اثرات نامطلوب این عناصر از طرق مختلف مانند اثر بر اسیدیته باران و خاک، روی گیاهان مناطق مذکور مورد مطالعه اساسی قرار نگرفته‌اند (Andrej, 1996؛ Demicco *et al.*, 2006؛ Noodelkoska and Doran, 2000). بررسی‌ها نشان داده است که فلزات سنگین بر تقسیم و رشد سلول‌ها، رشد کلی گیاه، تقسیم سلولی در منطقه مریستمی و تنظیم رشد و نمو کلی گیاه اثر می‌گذارند (Das *et al.*, 1997). هم‌چنین، گزارش شده است که در میان سلول‌های گیاهی و یا قطعات رویشی گیاهان، دانه گرده به آلاینده‌های مختلف بسیار حساس می‌باشد به‌طوری‌که جوانه‌زنی و رشد لوله گرده در حضور فلزات سنگین متوقف می‌شود (Gur and Topdemir, 2005).

در مطالعه‌ای اثرات برخی عناصر سنگین شامل کادمیوم، مس، سرب و جیوه بر جوانه‌زنی و رشد لوله گرده چند رقم گیلاس و زردآلو بررسی و گزارش شد که مس به‌عنوان یک ممانعت‌کننده قوی از رشد لوله گرده زردآلو عمل می‌کند اما سرب اثرات سمی ضعیف‌تری دارد. درحالی‌که در مورد گیلاس رشد لوله گرده بیشتر به‌وسیله سرب و جیوه پیشگیری شد (Gur and Topdemir, 2008). هم‌چنین، در مطالعه‌ای دیگر، اثر عناصر سنگین جیوه، روی، نیکل و کبالت بر جوانه‌زنی و رشد لوله گرده سیب رقم گلدن دلیشز[1] در شرایط درون شیشه‌ای بررسی و گزارش شد که با افزایش غلظت همه عناصر سنگین، جوانه‌زنی و رشد لوله گرده سیب به‌صورت خطی کاهش یافت و در این بین جیوه بالاترین اثر سمی را داشت و ترتیب سمیت عناصر از زیاد به کم شامل جیوه، روی، نیکل و کبالت بود (Munzuoglu and Gur, 2000). معمولاً در آزمایش‌های تجربی روی دانه‌های گرده گیاهان، کشت درون شیشه‌ای[2] آن‌ها با اهداف مختلف انجام می‌شود و اخیراً از این تکنیک برای ارزیابی مقاومت ارقام به انواع تنش‌های محیطی استفاده می‌شود. بدین منظور با اعمال تنش‌ها بر گرده در شرایط درون شیشه‌ای و ارزیابی اثرات آن‌ها، نتایج به‌دست آمده را به کل گیاه تعمیم می‌دهند و ثابت شده است که بین واکنش گرده به تنش‌ها و کل گیاه رابطه وجود دارد (Sharma and Dubey, 2005؛ Soleimani *et al*., 2010).

در کشور ما به دلیل رشد سریع صنایع و افزایش بی‌رویه ترافیک، میزان فلزات سنگین نیز به همراه دیگر آلاینده‌های هوا بیشتر شده است. از طرفی بخاطر جوانه‌زنی و رشد سریع لوله گرده در شرایط درون شیشه‌ای می‌توان بررسی‌های متعدد از جمله تهیه محیط کشت مناسب و اثر فاکتورهای مختلف را روی جوانه‌زنی و رشد لوله گرده گیاهان با هزینه کمتر در مدت زمان بسیار کوتاه انجام داد. در این تحقیق از اثرات سوء عناصر سنگین مس و سرب بر خصوصیات کیفی دانه گرده ده رقم مهم گیلاس موجود در تهران بررسی شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در طول فصل گلدهی ارقام گیلاس انتخاب شده در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ انجام گرفت. ابتدا ده رقم گیلاس شامل سیاه مشهد، سیاه شبستر، زرد دانشکده، تکدانه، صورتی لواسانات، گیلاس سفید، استلا[3]، لاپینز[4]، ناپلئون[5] و کلت[6] از درختانی که در تهران و مناطق اطراف آن پرورش می‌یابند انتخاب و

1- Golden delicious

2- In vivo
3- Stella
4- Lapinz
5- Napleon
6- Colt

نشانه‌گذاری شدند. برای تهیه دانه گرده از شاخه‌های حاوی جوانه‌های گل کافی در مرحله بالونی شدن گل‌ها[1] از درختان مورد مطالعه انتخاب و در داخل سطل‌های حاوی آب به آزمایشگاه منتقل و یا بطور مستقیم جوانه‌هایی که گرده آن‌ها آماده برای جمع‌آوری بودند در پاکت‌های کاغذی مخصوص به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از تورم کامل جوانه‌ها و ظاهر شدن گلبرگ‌ها، تمامی بخش‌های گل حذف شده و بساک‌ها از میله‌های پرچم‌ها جدا شده و در داخل پتری‌دیش‌های برچسب‌دار ریخته سپس به مدت ۴۸ ساعت در شرایط خشک و دمای معمولی اتاق، جهت خشک شدن و آزاد شدن دانه‌های گرده از بساک نگهداری شدند. بعد از جمع‌آوری دانه‌های گرده، آن‌ها داخل شیشه‌های کوچک آزمایشگاهی، داخل یخچال در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. بلافاصله اثر تیمارها بر درصد جوانه‌زنی و طول لوله گرده ارقام با کشت آن‌ها در محیط کشت درون شیشه مورد بررسی قرار گرفت. محیط کشت پایه شامل یک درصد آگار، ده درصد ساکارز و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید بوریک بود (Pırlak and Bolat, 1999). تیمار عناصر سنگین شامل سرب و مس به‌ترتیب از منبع $PbCl_2$ و $CuCl_2$ در سطوح صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میکرومول و به محیط‌های کشت اضافه شدند. پس از تهیه محیط کشت و توزیع آن در پتری‌دیش‌ها، دانه‌های گرده به‌طور یکنواخت با استفاده از قلم مویی روی محیط کشت پخش شدند. بعد از ۲۴ ساعت روند جوانه‌زنی و رشد لوله گرده از طریق افزودن چند قطره کلروفرم متوقف گردید. محاسبه درصد جوانه‌زنی و طول لوله گرده با میکروسکوپ نوری مجهز به اکولر مدرج (بر اساس میکرومتر: µm) انجام گرفت. بدین منظور تعداد کل دانه گرده و دانه‌های گرده جوانه زده در ۵ میدان دید از هر نمونه (تکرار) به‌صورت تصادفی برآورد شد. جهت جلوگیری از اثر توده‌ای، شمارش دانه گرده و اندازه‌گیری طول لوله گرده فقط در میدان‌هایی صورت گرفت که دانه‌های گرده به‌طور یکنواخت توزیع شده و فقط دانه‌های گرده‌ای که حداقل طول لوله‌های آن‌ها به اندازه قطر دانه گرده رشد کرده بودند بعنوان دانه گرده جوانه زده محسوب شدند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار انجام گرفت. آنالیز داده‌ها با نرم‌افزار SAS و مقایسات میانگین در سطح ۵ درصد آزمون دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی دانه گرده

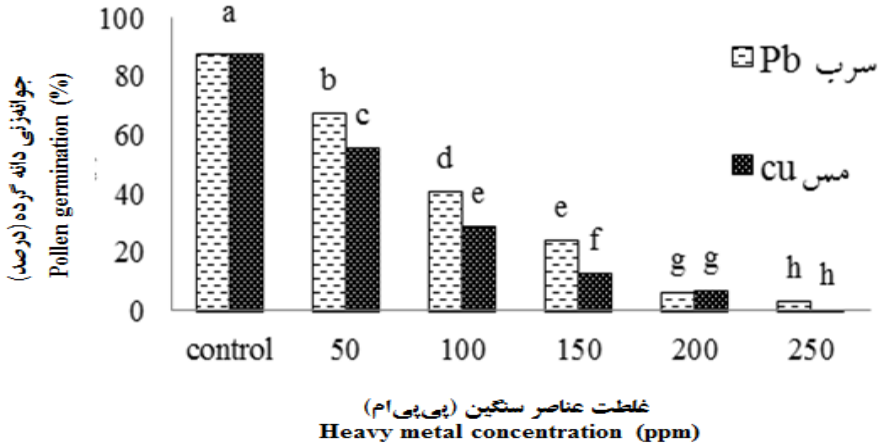
نتایج نشان داد که با افزایش غلظت این عناصر درصد جوانه‌زنی دانه گرده به‌طور چشمگیری کاهش یافت. هم‌چنین، مشاهده شد که درصد جوانه‌زنی دانه گرده بیشتر تحت تأثیر عنصر مس قرار گرفت و با افزایش غلظت این عنصر به ۲۵۰ppm درصد جوانه‌زنی تقریباً صفر شد (شکل ۱). هم‌چنین، نتایج مقایسه میانگین اثر عناصر سنگین مس و سرب بر درصد جوانه‌زنی دانه گرده در ارقام مورد مطالعه نشان داد که رقم Lapins (۲۹/۱ درصد) بیشتر از همه ارقام تحت تأثیر اثر سمّیت عناصر مس و سرب گرفت و رقم سیاه شبستر (۴۵/۱ درصد) کمتر از همه ارقام متأثر گردید (جدول ۱).

طول لوله گرده

نتایج نشان داد که با افزایش غلظت مس و سرب طول لوله گرده به‌طور چشمگیری کاهش یافت و مشاهده می‌شود که عنصر مس نسبت به سرب طول لوله گرده را بیشتر کاهش داد. هم‌چنین، نتایج مقایسه میانگین اثر عناصر سنگین مس و سرب بر طول لوله گرده در ارقام مورد مطالعه نشان داد که عنصر مس بیشتر از عنصر سرب طول لوله گرده را کاهش داد (شکل ۲، جدول ۱). گزارش شده است که طول لوله گرده نسبت به خود گرده به سمیت عناصر سنگین حساس‌تراست. عناصر سنگین زمان چرخه تقسیمات میتوزی سلول‌ها را طولانی‌تر می‌کنند. هم‌چنین، خاصیت پلاستیسیتی دیواره سلول و بزرگ شدن آن را کاهش و از این طریق حالت غیریکنواختی در مورفولوژی و ساختار گرده ایجاد می‌کنند. این پدیده می‌تواند با برهمکنش یون‌های

1- Balloon stage

حاصل از عناصر سنگین با ترکیبات دیواره گرده توجیه شود که دیواره گرده حاوی پکتین و کالوز زیاد ولی سلولز کمتر است درحالی‌که در سلول‌های اندام‌های دیگر گیاهان سلولز به مقدار زیادی وجود دارد به همین خاطر در اثر سمیّت عناصر سنگین رشد نرمال دیواره متوقف شده قطر و ضخامت سلول افزایش می‌یابد (Sawidis, 1997؛ Sawidis and Reiss, 1995).

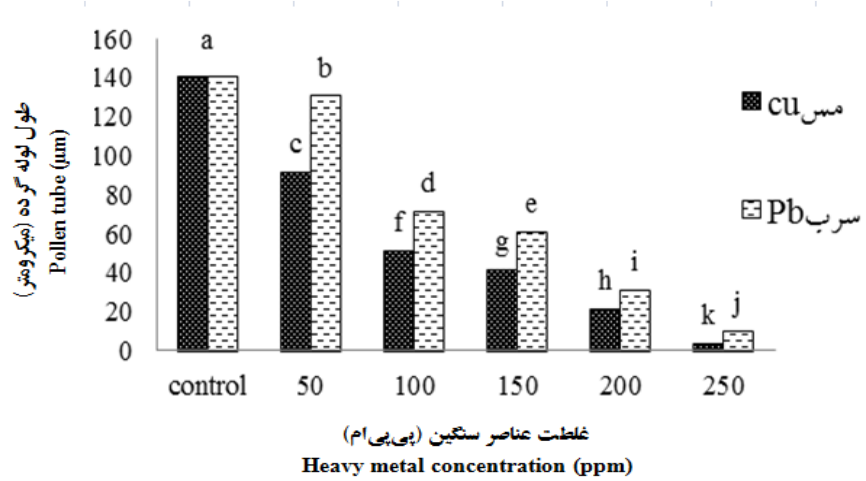


شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف عناصر سنگین مس و سرب بر درصد جوانه زنی دانه گرده گیلاس.
Fig. 1. Effects of copper and lead on pollen germination of cherry.

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر عناصر سنگین مس و سرب بر درصد جوانه‌زنی دانه گرده و طول لوله گرده ارقام مورد مطالعه گیلاس
Table 1. The comparison of pollen germination and pollen tube in studied cherry cultivars treated by copper and Lead

طول لوله گرده Pollen tube		جوانه‌زنی دانه گرده Pollen germination		ارقام Cultivars
سرب ($PbCl_2$) Pb	مس ($CuCl_2$) Cu	سرب ($PbCl_2$) Pb	مس ($CuCl_2$) Cu	
9.98^{d}	7.48^{d}	30.6^{f}	30.9^{b}	زرد دانشکده Zard-e-Daneshkadeh
11.07^{c}	5.06^{g}	39.1^{d}	31.9^{ab}	سیاه مشهد Siah-e Mashhad
12.46^{a}	4.08^{k}	45.1^{a}	29.8^{c}	سیاه شبستر Siah-e Shabestar
6.87^{g}	5.93^{f}	35.6^{d}	29.9^{c}	صورتی لواسانات Sourati-e Lavasanat
9.36^{e}	9.22^{a}	34.3^{e}	29.8^{c}	تکدانه Takdaneh
11.80^{b}	7.02^{e}	42^{c}	33^{a}	گیلاس سفید Gilas-e Sefid
6.25^{h}	4.61^{h}	31.2^{ef}	29.1^{c}	لاپینز Lapins
5.48^{a}	8.14^{c}	33.6^{e}	29.3^{c}	ناپلئون Napleon
4.71^{l}	3.46^{l}	43.6^{b}	32.8^{a}	کلت Colt
7.91^{f}	8.71^{b}	42.3^{bc}	31.9^{ab}	استلا Estella

حروف مشترک در هر ستون نشانگر عدم تفاوت معنی‌دار بین ارقام است.
In each column, means with the same letters are not significantly different among cultivars.



شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف عناصر سنگین مس و سرب بر طول لوله گرده گیلاس.
Fig. 2. Effects of copper and lead on cherry pollen tube growth.

به‌طورکلی نتایج نشان داد که عنصر مس بیشتر از عنصر سرب درصد جوانه‌زنی دانه گرده را کاهش داد (نمودار ۱ و جدول‌های ۱ و ۲). این تفاوت‌ها به احتمال زیاد به اختلافات ژنتیکی ارقام در ارتباط با مقاومت آن‌ها به شرایط تنش‌زای ناشی از عناصر سنگین مس و سرب مربوط می‌شود. برخی محققین گزارش کرده‌اند که عناصر سنگین در غلظت‌های خیلی پایین بدلیل اثر مثبت بر فعالیت آنزیم‌ها می‌توانند محرک جوانه‌زنی گرده باشند ولی در غلظت‌های بالا از فعالیت آنزیم‌ها جلوگیری می‌کنند که این غلظت بستگی به گونه و ژنوتیپ گیاه دارد (Munzuoglu and Gur, 2000؛ Sawidis and Reiss, 1995).

گزارش شده است که عناصر سنگین باعث تحریک تشکیل رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن شده و از این طریق به سلول‌های گیاهی آسیب وارد می‌کنند. بنابراین، می‌توانند درصد جوانه‌زنی دانه گرده را نیز تحت تأثیر قرار دهند (Demicco *et al.*, 2006؛ Yusuf *et al.*, 2011؛ Xiong and Tand-Peng, 2001).

اخیراً عناصر سنگین به خاطر اثرات خطرناک و سمی روی گیاهان بیشتر مورد توجه محققین قرار گرفته است. از بین تمامی اندام‌ها و بافت‌های گیاهی، گرده حساس‌ترین قسمت نسبت به سمیّت عناصر سنگین است (Sawidis and Reiss, 1995). بنابراین، بررسی اثرات عناصر سنگین روی جوانه‌زنی و رشد لوله گرده می‌تواند شاخص و استانداردی برای حساسیت گیاهان نسبت به سمیّت عناصر سنگین کل گیاه مورد استفاده قرار گیرد. چون این روش آسان، سریع، کم هزینه بوده و نیازی به امکانات ضدعفونی کردن ندارد. هم‌چنین، چون گرده فاقد کلروپلاست می‌باشد نتایج حاصل مشابه نتایج عناصر سنگین روی سلول‌های انسان و حیوان بوده و قابل تعمیم به آن‌هاست (Sawidis, 2008؛ Zhang *et al.*, 1999؛).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج نشان دادند که ارقام، غلظت عناصر سنگین مورد مطالعه و اثر متقابل آن‌ها همگی به‌طور معنی‌داری روی صفات جوانه‌زنی و رشد لوله گرده اثر گذاشتند. در همه ارقام هم درصد جوانه‌زنی و هم رشد لوله گرده به‌طور مرتب با افزایش غلظت عناصر سنگین در محیط کشت کاهش یافت. سمیت ناشی از عنصر مس در مقایسه با عنصر سرب بیشتر بود هم‌چنین، رشد لوله گرده در مقایسه با جوانه‌زنی آن در اکثر ارقام بیشتر تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش یافت و در همه عناصر افزایش غلظت به بیش از ۲۵۰ppm به صفر رسید.

جدول ۲- اثر متقابل عناصر سنگین و ارقام روی درصد جوانه‌زنی و طول لوله گرده

Table 2. Effect of interaction between cultivars and heavy metals on pollen germination and tube growth of cherry

عنصر سنگین Heavy metal	غلظت Concentration (ppm)	ارقام Cultivars	استلا Estella		کلت Colt		ناپلئون Napleon		لاپینز Lapins		گیلاس سفید Gilas-e Sefid		تکدانه Takdaneh		صورتی لواسانات Sourati-e Lavasana		سیاه شبستر Siah-e Shabestar		سیاه مشهد Siah-e Mashhad		زرد دانشکده Zard-e-Daneshkadeh	
			درصد جوانه‌زنی Pollen germination (%)	طول لوله گرده (µm) Pollen tube (µm)	درصد جوانه‌زنی Pollen germination (%)	طول لوله گرده (µm) Pollen tube (µm)	درصد جوانه‌زنی Pollen germination (%)	طول لوله گرده (µm) Pollen tube (µm)	درصد جوانه‌زنی Pollen germination (%)	طول لوله گرده (µm) Pollen tube (µm)	درصد جوانه‌زنی Pollen germination (%)	طول لوله گرده (µm) Pollen tube (µm)	درصد جوانه‌زنی Pollen germination (%)	طول لوله گرده (µm) Pollen tube (µm)	درصد جوانه‌زنی Pollen germination (%)	طول لوله گرده (µm) Pollen tube (µm)	درصد جوانه‌زنی Pollen germination (%)	طول لوله گرده (µm) Pollen tube (µm)	درصد جوانه‌زنی Pollen germination (%)	طول لوله گرده (µm) Pollen tube (µm)	درصد جوانه‌زنی Pollen germination (%)	طول لوله گرده (µm) Pollen tube (µm)
سرب Pb	0		87.7^{a}	21.2^{a}	89^{a}	7.9^{a}	90.5^{a}	19.9^{a}	80.8^{a}	10.6^{a}	85.2^{a}	18.5^{a}	87.7^{a}	21.2^{a}	89^{a}	7.9^{a}	90.5^{a}	19.9^{a}	80.8^{a}	10.6^{a}	85.2^{a}	18.5^{a}
	50		81.1^{b}	19.3^{b}	76.9^{b}	7.2^{b}	73.1^{b}	18.1^{b}	57.7^{b}	9.6^{b}	70.3^{b}	16.9^{b}	81.1^{b}	19.3^{b}	76.9^{b}	7.2^{b}	73.1^{b}	18.1^{b}	57.7^{b}	9.6^{b}	70.3^{b}	16.9^{b}
	100		54.4^{c}	11.1^{c}	50.2^{c}	4.2^{c}	46.4^{c}	10.4^{c}	31^{c}	5.6^{c}	43.6^{c}	9.7^{c}	54.4^{c}	11.1^{c}	50.2^{c}	4.2^{c}	46.4^{c}	10.4^{c}	31^{c}	5.6^{c}	43.6^{c}	9.7^{c}
	150		38^{d}	9.4^{d}	33.8^{d}	3.5^{d}	30^{d}	8.8^{d}	14.6^{d}	4.7^{d}	27.2^{d}	8.2^{d}	38^{d}	9.4^{d}	33.8^{d}	3.5^{d}	30^{d}	8.8^{d}	14.6^{d}	4.7^{d}	27.2^{d}	8.2^{d}
	200		5.6^{e}	5.7^{e}	6^{e}	2.2^{e}	7.3^{e}	5.7^{e}	4.4^{e}	2.9^{e}	7.4^{e}	5.4^{e}	5.6^{e}	5.7^{e}	6^{e}	2.2^{e}	7.3^{e}	5.7^{e}	4.4^{e}	2.9^{e}	7.4^{e}	5.4^{e}
	250		1.8^{f}	1.0^{f}	3.6^{f}	0.6^{f}	3.1^{f}	1.3^{f}	2.7^{f}	0.6^{f}	3.7^{f}	1.5^{f}	1.8^{f}	1.0^{f}	3.6^{f}	0.6^{f}	3.1^{f}	1.3^{f}	2.7^{f}	0.6^{f}	3.7^{f}	1.5^{f}
مس Cu	0		87.7^{a}	21.2^{a}	89^{a}	7.9^{a}	90.5^{a}	19.9^{a}	80.8^{a}	10.6^{a}	85.2^{a}	18.5^{a}	87.7^{a}	21.2^{a}	89^{a}	7.9^{a}	90.5^{a}	19.9^{a}	80.8^{a}	10.6^{a}	85.2^{a}	18.5^{a}
	50		51.7^{b}	14.5^{b}	56^{b}	5.4^{b}	54.5^{b}	13.6^{b}	52.1^{b}	7.2^{b}	51.2^{b}	12.7^{b}	51.7^{b}	14.5^{b}	56^{b}	5.4^{b}	54.5^{b}	13.6^{b}	52.1^{b}	7.2^{b}	51.2^{b}	12.7^{b}
	100		25^{c}	8.4^{c}	29.3^{c}	3.1^{c}	27.8^{c}	7.8^{c}	25.4^{c}	4.2^{c}	24.5^{c}	7.3c	25^{c}	8.4^{c}	29.3^{c}	3.1^{c}	27.8^{c}	7.8^{c}	25.4^{c}	4.2^{c}	24.5^{c}	7.3c
	150		9.1^{d}	7.0^{d}	12.9^{d}	2.6^{d}	11.4^{d}	6.6^{d}	9^{d}	3.5^{d}	8.4^{d}	6.2^{d}	9.1^{d}	7.0^{d}	12.9^{d}	2.6^{d}	11.4^{d}	6.6^{d}	9^{d}	3.5^{d}	8.4^{d}	6.2^{d}
	200		5.8^{e}	4.3^{e}	8.4^{e}	1.6^{e}	7.7^{e}	4.3^{e}	7.6^{e}	2.2^{e}	6.7^{e}	4^{e}	5.8^{e}	4.3^{e}	8.4^{e}	1.6^{e}	7.7^{e}	4.3^{e}	7.6^{e}	2.2^{e}	6.7^{e}	4^{e}
	250		0.0^{f}	0.0^{f}	0.0^{f}	0.0^{f}	0.0^{f}	0.2^{f}	0.0^{f}	0.0^{f}	0.2^{f}	0.2^{f}	0.0^{f}	0.0^{f}	0.0^{f}	0.0^{f}	0.0^{f}	0.2^{f}	0.0^{f}	0.0^{f}	0.2^{f}	0.2^{f}

در بین ارقام مورد مطالعه گرده‌های ارقام Lapins و Colt بیشتر از همه و گرده‌های رقم سیاه شبستر و زرد دانشکده کمتر از همه ارقام تحت تأثیر قرار گرفتند. هم‌چنین، نتایج نشان داد که درصد جوانه‌زنی دانه گرده و طول لوله گرده با هم ارتباط دارند به عبارت دیگر درصد بالاتر جوانه‌زنی با رشد بهتر و طویل‌تر لوله گرده همراه بود به‌عنوان مثال در رقم سیاه شبستر هم بلندترین طول لوله گرده (۱۲/۴۶ میکرومتر) و هم بالاترین درصد جوانه‌زنی (۴۵/۱ درصد) مشاهده شد و در رقم Lapins که کمترین درصد جوانه‌زنی دانه گرده (۲۹/۱ درصد) را داشت از طول لوله گرده بسیار کمی (۴/۶۱ میکرومتر) نیز برخوردار بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده تأثیر فلزات سنگین بر جلوگیری از جوانه‌زنی و رشد لوله گرده را می‌توان به کاهش فعالیت‌های آنزیمی و کاهش تنفس نسبت داد (Das *et al.*, 1997). در مطالعات دیگری نشان داده شده که عناصر سنگین از همانندسازی DNA و سنتز پروتئین جلوگیری و از این طریق در تقسیمات میتوزی حالت غیرنرمال ایجاد کرده و روی کروموزوم‌ها نیز حالت غیرنرمال ایجاد می‌کنند (Das *et al.*, 1997؛ Sawidis and Reiss, 1995).

بررسی‌ها نشان داده‌اند که در حالت عادی وزیکول‌ها در نقطه رشد لوله گرده بیشتر است ولی در تیمار با عناصر سنگین تعداد آن‌ها بشدت کاهش می‌یابد بنابراین، عناصر سنگین اثر خود را بر جوانه‌زنی و رشد لوله گرده از این طریق می‌گذارند (Athar and Masood, 2002؛ Das *et al.*, 1997؛ Gur and Topdemir, 2005؛ Sawidis and Reiss, 1995). افزایش ترافیک و صنعتی‌شدن کشورمان تأثیر بسزایی بر کاهش محصول از خود نشان می‌دهد. با این وضعیت مزارعی که به‌صورت تجاری و کلان در دست احداث می‌باشند بایستی از مناطق صنعتی بدور باشند تا رشد گیاه و فعالیت‌های متابولیسمی، گرده‌افشانی و درنتیجه آن تولید محصول تحت تأثیر فلزات سنگین قرار نگیرد.

سپاسگزاری

هزینه انجام این آزمایش از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه شاهد تهران تأمین شده است. نگارندگان مراتب سپاسگزاری خود را از مسئولین ذیربط اعلام می‌دارند. هم‌چنین، از مسئولین محترم آزمایشگاه‌های گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد که در اجرای این طرح همکاری داشته‌اند تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Andrej, K. 1996. Development and viability of silver fir pollen in air- polluted and non- polluted habitats in Slovakia. Forest Genetic, 3: 147-151.

2. Athar, R. and Masood, A. 2002. Heavy metal toxicity effect on plant growth and metal uptake by wheat, and on free living Azotobacter. Water, Air, & Soil Pollution, 138: 165-180.

3. Choi, C., Tao, R., and Anderson L.R. 2002. Identification of self-incompatibility alleles and pollen incompatibility groups in sweet cherry by PCR based S-allele typing and controlled pollination. Euphytica, 123: 9-20.

4. Das, P., Samantaray, S., and Rout, G.R. 1997. Root studies on cadmium toxicity in plants: A review. Environmetal Pollution, 98: 29-36.

5. Demicco, V., Scala, M., and Aronne, G. 2006. Effects of simulated microgravity on male gametophyte of Prunus, Pyrus and Brasica species. Protoplasma, 228: 121-126.

6. FAOSTAT. 2012. Food and agriculture organization of the United Nations. FAO Statistics Division. www.faostat.fao.org.

7. Gur, N. and Topdemir, A. 2005. Effects of heavy metals (Cd^{++}, Cu^{++}, Pb^{++}, Hg^{++}) on pollen germination and tube growth of qince (*Cydonia oblonga* M.) and plum (*Prunus domestica* L.). Fresenius, Environmental Bulletin, 14: 36-39.

8. Gur, 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.

9. Munzuroglu, O. and Gur, N. 2000. Effects of heavy metals on pollen germination and tube growth of apples (*Malus silvestris* Miller cv. Golden). Turk Journal Biolgica, 24: 677-684.

10. Noodelkoska, T.V. and Doran, P.M. 2000. Interactive effects of temperature and metal stress on the growth and some biochemical compounds in wheat seedlings. Environmental Pollution, 107: 315-320.

11. Pırlak, L. and Bolat, I. 1999. An investigation on pollen viability, germination and tube growth in some stone fruits. Turk Journal of Agriculture and Forestry, 23: 383-388.

12. Sawidis, T. 1997. Accumulation and effects of heavy metals in Lilium pollen. Acta Horticulturae, 437: 153–158.

13. Sawidis, T. 2008. Effect of cadmium on pollen germination and tube growth in *Lilium longiflorum* and *Nicotiana tabacum*. Protoplasma, 233: 95-106

14. Sawidis, T. and Reiss, H.D. 1995. Effects of heavy-metals on pollen-tube growth and ultrastructure. Protoplasma, 185: 113-122.

15. Sharafi, Y. 2011. In vitro pollen germination in stone fruit tree of Rosacea family. African Journal of Agriculture Research, 6(28): 6021-6026.

16. Sharma, P. and Dubey, S. 2005. Lead toxicity in plants. Brazilian Journal of Plant Physiology, 17(1): 35-52.

17. Soleimani, A., Talaie, A.R., Naghavi, A.R., and Zamani, Z. 2010. Male gametophytic and sporophytic screening of olive cultivars for salt stress tolerance. Journal Agricultural and Science Technology, 12: 173-180.

18. Westwood, M.N. 1997. Temperature zone pomology. Freeman, San Francisco, 432 P.

19. Xiong, Z.T. and Peng, Y.H. 2001. Response of pollen germination and tube growth to cadmium with special reference to low concentration exposure. Ecotoxicol Environ Saf, 48: 51-55.

20. Yusuf, M., Fariduddin, Q., Hayat, S., and Ahmad, A. 2011. Nickel: An overview of uptake, essentiality and toxicity in plants. Bull Environ Contam Toxicol, 86: 1-17.

21. Zhang, W.H., Renge, Z., Kuo, J., and Yan, G. 1999. Aluminium effects on pollen

22. germination and tube growth of *Chamelaucium ancinatum* a comparison with other Ca^{2+} antagonist. Annals of Botany, 84(4): 559-564.