



نرخ استقرار نسبی و ترمیم میزبانی شته مومی سیب (*Eriosoma lanigerum* (Hausmann, 1802)

(Hemiptera: Aphididae) روی پایه‌های هیبرید امیدبخش سیب

مسعود لطیفیان¹، داریوش آتشکار² و راضیه قائمی³

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، کرج، ایران

✉ masoud_latifian@yahoo.com

¹ <https://orcid.org/0000-0001-6556-5262>

✉ datashkar2002@yahoo.com

² <https://orcid.org/0000-0003-0050-9870>

✉ razieh.ghaemii@gmail.com

³ <https://orcid.org/0000-0002-9031-098X>

چکیده: شته مومی *Eriosoma lanigerum* Hausmann (Hem.: Aphididae) یکی از آفات اصلی سیب در سراسر جهان است. هدف از انجام این پژوهش بررسی ترجیح میزبانی شته مومی سیب در ۱۰ ژنوتیپ انتخابی از میان نتاج امیدبخش حاصل از هیبریداسیون و گرده‌افشانی آزاد ژنوتیپ‌های پاکوتاه بومی سیب (آزایش اصفهان و مربانی مشهد) به عنوان والد مادری، و پایه‌های رویشی تجاری سیب (M9, M27, B9) به عنوان والد پدری بود. این پروژه طی سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱ انجام شد. نظارت بر کلونی‌های شته مومی سیب هر ۲ هفته یکبار از ابتدای فروردین تا آبان‌ماه انجام شد. نرخ استقرار نسبی و شاخص ترجیح شته محاسبه شد. صفات رویشی شامل درصد ریشه‌زایی، تعداد ریشه تولید شده، طول ناحیه ریشه‌زا روی پایه‌ها، طول ریشه‌ها و تعداد پایک تولید شده اندازه‌گیری شد. برای تفکیک هیبریدها از روش تحلیل خوشه‌ای و درجه تأثیر صفات مختلف بر شاخص‌ها از طریق تجزیه و تحلیل رابطه همبستگی استفاده شد. میانگین نرخ استقرار و شاخص ترجیح به ترتیب معادل 0.14 ± 0.06 و 0.96 ± 0.06 بود. غیرحساس‌ترین و حساس‌ترین پایه هیبرید به ترتیب Azop3 (۱۳۸۶) و M9op3 بودند. برخی از خصوصیات رویشی پایه‌های هیبرید از جمله میانگین طول ریشه تولیدی پایک در بروز تفاوت‌های پایه‌های هیبرید سیب مورد مطالعه از نظر نرخ استقرار و ترجیح میزبانی شته مومی سیب مؤثر بوده‌اند. نتایج این پژوهش در برنامه‌های اصلاحی آینده ارقام سیب کاربرد دارد.

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۳

پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۷

دبیر تخصصی: یعقوب فتحی پور

واژه‌های کلیدی: سیب، آفات، مقاومت گیاهی، مدیریت آفات، ژنوتیپ‌های پاکوتاه

Citation: Latifian, M., Atashkar, D. & Ghaemi, R. (2023) Relative establishment rate and host preference of woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hausmann, 1802) (Hemiptera: Aphididae) on promising apple hybrid rootstocks. *J. Entomol. Soc. Iran* 43 (3), 233-245.

مقدمه

سیب (*Malus domestica* Borkh.) یکی از مهمترین محصولات باغبانی مناطق معتدل جهان است (Fotiric Aksic *et al.*, 2022). درختان سیب مورد حمله انواع مختلفی از آفات قرار می‌گیرند (García *et al.*, 2021). شته‌ها از جمله آفات اصلی در باغ‌های سیب در سراسر جهان هستند (Orpet *et al.*, 2020). شته مومی *Eriosoma lanigerum* (Hausmann, 1802) یکی از آسیب‌زاترین آفات این گروه می‌باشد (Marshall & Beers, 2022). مقاومت این آفت به بسیاری از حشره کش‌ها امکان کاربرد سموم شیمیایی را محدود کرده است (Rogers *et al.*, 2011).

مقاومت گیاهی به شته‌ها یک منبع ارزشمند در چشم انداز باغبانی پایدار است (Edwards, 2020). طبق گزارش‌ها چندین رقم سیب از جمله رقم M ۷۹۳ در برابر شته مومی سیب مقاوم هستند (Sandanayaka *et al.*, 2003). همچنین رقم Northern Spy به عنوان والدین رقم Malling-Merton مقاوم در برابر شته مومی سیب است. ارقام MM به عنوان مجموعه‌ای از پایه‌های مقاوم در برابر شته مومی سیب معرفی شده‌اند (Sandanayaka *et al.*, 2005). به طور اتفاقی مقاومت به شته مومی سیب به دلیل همراه بودن با خصوصیات نامطلوب از قبیل حساسیت به قارچ‌های بیماری‌گر و عدم وجود خصوصیات کیفی مناسب مانند اندازه، رنگ و طعم میوه نسبت به والدین قابل‌گزینش نبوده است (Zhu *et al.*, 2014).

در یک مطالعه بین‌المللی فهرستی از ۱۸ رقم مقاوم یا بسیار مقاوم به شته مومی سیب گزارش شده است (Le Pelley, 1927). گزارش‌های معتبر اما متناقضی نیز در مورد ۴۳ رقم سیب مقاوم به این آفت وجود دارد (Bus *et al.*, 2010). این تناقض‌ها نشان می‌دهند که بیوتیپ‌های مختلفی از این شته باید وجود داشته باشد. با وجود این، پایه Northern Spy سطح مقاومت فوق‌العاده‌ای را در هر کجا که آزمایش شده نشان داده است. مقاومت در این پایه توسط ژن غالبی

Corresponding author: Masoud latifian (E-mail: Masoud_latifian@yahoo.com)



© 2023 by Author(s), Published by the Entomological Society of Iran

This Work is Licensed under Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International Public License.

به نام Er کنترل می‌شود (Selala, 2007). این ژن ارتباط نزدیکی با ژن ناسازگاری در انواع پایه و پیوندک سیب دارد (Baron et al., 2019). اصطلاح "بیوتیپ" معمولاً بخشی از جمعیت درون گونه‌ای شته را مشخص می‌کند که دارای عملکرد زیستی متفاوتی با سایر افراد هستند. بیوتیپ‌ها در برخی شاخص‌های زیستی، از جمله مسیرهای سم‌زدایی، سرعت تولید مثل، پراکندگی، و ظرفیت آسیب‌رسانی به گیاهان متفاوت هستند (Saxena & Barrion, 1987).

مکانیسم‌های مختلف مقاومت میزبان‌های گیاهی به شته‌ها از جمله آنتی‌زوز (که بر رفتار شته تأثیر گذاشته و از هجوم اولیه به میزبان جلوگیری می‌کند) و آنتی‌بیوز (که بر پتانسیل زیستی شته‌ها تأثیر می‌گذارد) شناسایی شده است (Painter, 1951). آنتی‌بیوز عمدتاً بر کاهش باروری یا افزایش مرگ و میر بر شته‌ها تأثیر می‌گذارد (Thomas et al., 2008). مقاومت شته‌ها در ژنوتیپ‌های گیاهی خاص با مرگ سلولی موضعی در محل تغذیه شته‌ها، مشابه واکنش فوق حساسیت با تولید اکسیژن فعال و پراکسید هیدروژن همراه است. علائم نکروز نیز در برخی از ارقام گیاهی گزارش شده است. پاسخ شبه فوق حساسیت نیز در برخی بیوتیپ‌های شته مشاهده شده است. مکانیسم مقاومت آنتی‌زوز نسبت به دامنه وسیع‌تری از بیوتیپ گونه‌های شته‌ها مؤثر بوده است (Zaayman et al., 2009). در چندین مورد از مقاومت گیاهی به شته‌ها، هیچ نشانه‌ای از مرگ سلولی گزارش نشده است (de Ilarduya et al., 2003; Klingler et al., 2005). مقاومت به شته‌ها در برخی محصولات باغی در اثر تغذیه و آسیب قلیلی شته‌ها افزایش می‌یابد (Pascal et al., 2002; Sauge et al., 2002).

با این حال، منابع مقاومت به شته‌ها محدود و معمولاً کمیاب هستند. اغلب، مقاومت به شته‌ها در توده‌های اصلاح‌نشده، در توده‌های وحشی یا حتی در سایر گونه‌های نزدیک به گونه‌های هدف شناسایی شده است. بنابراین نیاز به یک فرآیند اصلاحی طولانی برای معرفی ارقام مقاوم وجود دارد (Mensah et al., 2005). با توجه به اهمیت معرفی پایه‌های تجاری جدید سیب، در ایران پژوهش‌های مختلفی از جمله دورگه‌گیری بین پایه‌های رویشی خارجی سیب و پایه‌های پاکوتاه بومی (Atashkar et al., 2016)، بررسی قابلیت تکثیر رویشی نتاج حاصل از پروژه اصلاح پایه‌های سیب (Atashkar, 2016) و بررسی تحمل به تنش خشکی تعدادی از پایه‌های امید بخش هیبرید سیب (Atashkar et al., 2020) انجام شده است. هدف از انجام این پژوهش بررسی ترجیح میزبانی و میزان استقرار شته مومی سیب روی ۱۰ ژنوتیپ انتخابی از میان نتاج امیدبخش حاصل از هیبریداسیون و گرده‌افشانی آزاد ژنوتیپ‌های پاکوتاه بومی سیب (آزایش اصفهان و مربائی مشهد) به عنوان والد مادری و پایه‌های رویشی تجاری سیب (M9, M27, B9) به عنوان والد پدری در برنامه‌ی طولانی مدت اصلاح پایه‌های رویشی سیب در ایران بود.

مواد و روش‌ها

مکان و زمان اجرای پژوهش. این پروژه در باغ کلکسیون ذخایر توارثی پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری واقع در کمالشهر کرج طی سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱ انجام شد. این ایستگاه با ارتفاع متوسط ۱۳۵۰ متر از سطح دریا، در فاصله ۴۸ کیلومتری غرب تهران قرار دارد. طول جغرافیایی این منطقه برابر ۵۱ درجه و ۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی آن ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی است. وضعیت خاک باغ لومی-رسی، پی هاش خاک ۷/۸، درصد ازت کل ۱ درصد، درصد ازت آلی ۰/۷۸ درصد، پتانسیم قابل جذب ۵۷۵ پی پی ام و فسفر قابل جذب ۱۲/۱ پی پی ام بود. اقلیم این ایستگاه در فصول سرد سال متأثر از سیستم‌های شمالی و شمال غربی و غربی به ویژه جنوب غربی بوده و ریزش‌های آن تحت تأثیر فعالیت این سیستم‌ها می‌باشند. بارندگی‌های این منطقه از ماه‌های آبان و آذر آغاز و تا اواسط اردیبهشت ماه ادامه می‌یابد (Ehteshami-Moinabadi, 2022).

ژرم پلاسم مورد آزمایش. در این پژوهش ۱۰ ژنوتیپ انتخابی از میان نتاج امیدبخش حاصل از هیبریداسیون و گرده‌افشانی آزاد ژنوتیپ‌های پاکوتاه بومی سیب (آزایش اصفهان و مربائی مشهد) به عنوان والد مادری و پایه‌های رویشی تجاری سیب (M9, M27, B9) به عنوان والد پدری در برنامه‌ی طولانی مدت اصلاح پایه‌های رویشی سیب در ایران مورد بررسی قرار گرفتند. مواد گیاهی مورد نیاز جهت اجرای پروژه، نهال‌های یک‌ساله‌ای بودند که از طریق رویشی و با استفاده از روش خوابانیدن نواری در ایستگاه تحقیقات باغبانی کمال شهر کرج تکثیر شدند. این نهال‌ها به گلدان‌های سطلی (به قطر دهانه ۲۳ و ارتفاع ۲۲ سانتی‌متر، حجم گلدان معادل ۷ لیتر) حاوی مخلوط خاک استریل با ترکیب ماسه (شن): خاک‌برگ: خاک رس به میزان ۱:۱:۲، منتقل و در فضای آزاد نگهداری شدند. در سال دوم پس از کاشت و رسیدن به رشد کافی، آماده ارزیابی آزمون‌های ترجیح میزبانی شدند (Fazio et al., 2013). برای این منظور در دی‌ماه، قلمه‌هایی به طول ۲۵ سانتی‌متر از این پایه‌ها تهیه و پس از تیمار با هورمون IBA با غلظت ۳۰۰۰ قسمت در میلیون در بستر پرلیت مجهز به پاگرم با دمای بستر ۲۱ درجه سانتی‌گراد ریشه‌دار شدند. قلمه‌های ریشه‌دار شده ۴۵ روز بعد به گلدان‌هایی با قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر حاوی بستر کاشت (خاک‌برگ، خاک، ماسه‌بادی و پیت ماس به نسبت ۱:۱:۱) انتقال یافتند (Russo et al., 2007). پس از یک دوره رشد در شرایط طبیعی، در اسفند ماه به ایستگاه کمالشهر منتقل و در ۱۰ ردیف جداگانه کشت شدند. فاصله بین ردیف‌ها ۲ متر و فاصله درختان در ردیف معادل ۱ متر مطابق شرایط خزانه نهال سیب بود. مراقبت‌های باغی شامل آبیاری قطره‌ای و کنترل علف‌های هرز به صورت غیرشیمیایی از طریق کف‌بری و وجین مطابق روش‌های معمول ایستگاه انجام گردید. تغذیه از طریق کوددهی ازته به مقدار ۴۸ گرم برای هر درخت در سه قسط و در هر قسط ۱۶ گرم به صورت سرک انجام شد. کود کامل فوماسکو به صورت محلول‌پاشی در دو نوبت به نسبت ۱ در هزار در اواخر خرداد و مرداد پیش از آغاز آزمایشات انجام شد. در آغاز نمونه‌برداری‌ها کلیه درختان در سال سوم بعد از کاشت بودند. با توجه به آلودگی پایه‌های سیب به شته مومی سیب در منطقه کاشت، اجازه داده شد که کلونی شته مومی در اطراف طوقه تشکیل شود. هیچ گونه کنترل شیمیایی و یا غیرشیمیایی علیه شته مومی سیب روی این پایه‌ها انجام نگرفت.

روشن نمونه‌برداری. نظارت بر کلونی‌های هوایی شته مومی سیب هر ۲ هفته یکبار از ابتدای فروردین تا آبان‌ماه انجام شد. تمام قسمت‌های ریشه، طوقه، تنه و شاخه مورد بازدید قرار گرفت. از هر هیبرید پنج درخت و از هر درخت پنج شاخه به طور تصادفی انتخاب شدند. تعداد کلنی شته در محل طوقه، ساقه و شاخه به

صورت جداگانه شمارش شد. برای بررسی دقت و صحت نمونه برداری از شاخص‌های واریانس نسبی ($RV = \frac{\text{واریانس}}{\text{میانگین}}$) و ضریب تغییرپذیری (خطای استاندارد $CV = \frac{\text{خطای استاندارد}}{\text{میانگین}}$) استفاده شد (Latifian et al., 2009). برای هر درخت، نمونه برداری از ریشه درختان سیب با فاصله یکنواخت در هر هیبرید و در عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی متری انجام شد (Beers et al., 2010). از آنجا که برداشت جمعیت از روی درختان و جداسازی افراد برای شمارش باعث به هم خوردن روند طبیعی فعالیت آفت می‌شد، از روش شمارش سریع برای برآورد تراکم کلنی‌های شته استفاده شد. برای این منظور هر توده جمعیت به اندازه کوچکتر یا مساوی ۵ سانتی متر معادل یک کلنی در نظر گرفته شد (Verghese & Jayanthi, 2002). قسمت سطحی طوقه تا عمق نمونه برداری در محل ریشه‌ها با خاک پوشانده نشده بودند زیرا این امر مشاهدات دوره‌ای شته‌ها را بدون ایجاد مزاحمت غیرممکن می‌کرد. قسمت طوقه هر درخت با پلاستیک سیاه پوشانده شد. در شش ماهه دوم سال خاک دهی مجدد درختان انجام می‌شد (Damavandian, 2000). تعداد کل کلنی در هر نمونه برداری، در هر ماه و در کل دوره نمونه برداری محاسبه شد. تبدیل داده‌های جمعیت به صورت $\ln(X+1)$ در مواردی که مقادیر صفر در مجموعه داده‌ها وجود داشته و اعداد به دست آمده به هم نزدیک باشند برای نشان دادن روند مناسب‌تر تغییرات توصیه شده است (Osborne, 2010).

نرخ استقرار نسبی کلنی شته. نرخ استقرار نسبی کلنی شته (AQR) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$AQR = \frac{\sum C_i}{\sum C_i + \dots + \sum C_n}$$

در این رابطه C_i و C_n مجموعه تعداد کلنی‌های فعال شته در هیبرید نام تا نام تعداد در طول فصل نمونه برداری و n تعداد کل هیبریدهای پایه سیب مورد آزمایش بود (Tu et al., 2018).

شاخص ترجیح شته (C-Aphid). شاخص ترجیح شته که توسط پژوهشگران مختلف برای مقایسه ترجیح میزبانی در ژنوتیپ‌های مختلف گونه‌های گیاهی و آفات مختلف با موفقیت استفاده شده، با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Kogan & Goeden, 1970; Da Silva et al., 2012; Krisnawati et al., 2017).

$$C - Aphid = \frac{2A}{M + A}$$

در این رابطه، A تعداد کلنی - روز مؤثر در هر هیبرید و M متوسط کلنی - روز مؤثر در کل هیبریدهای مورد مطالعه در هر تاریخ نمونه برداری می‌باشد. اگر $C < 1$ باشد هیبرید کمتر ترجیح داده می‌شود، $C = 1$ میانه ترجیح میزبانی و اگر $C > 1$ باشد، هیبرید حساس‌تر (مورد ترجیح بیشتر) است. کلنی - روز مؤثر (Cd) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Machlitt, 1998).

$$Cd = \frac{C(i-1) - C_i}{2} \times t$$

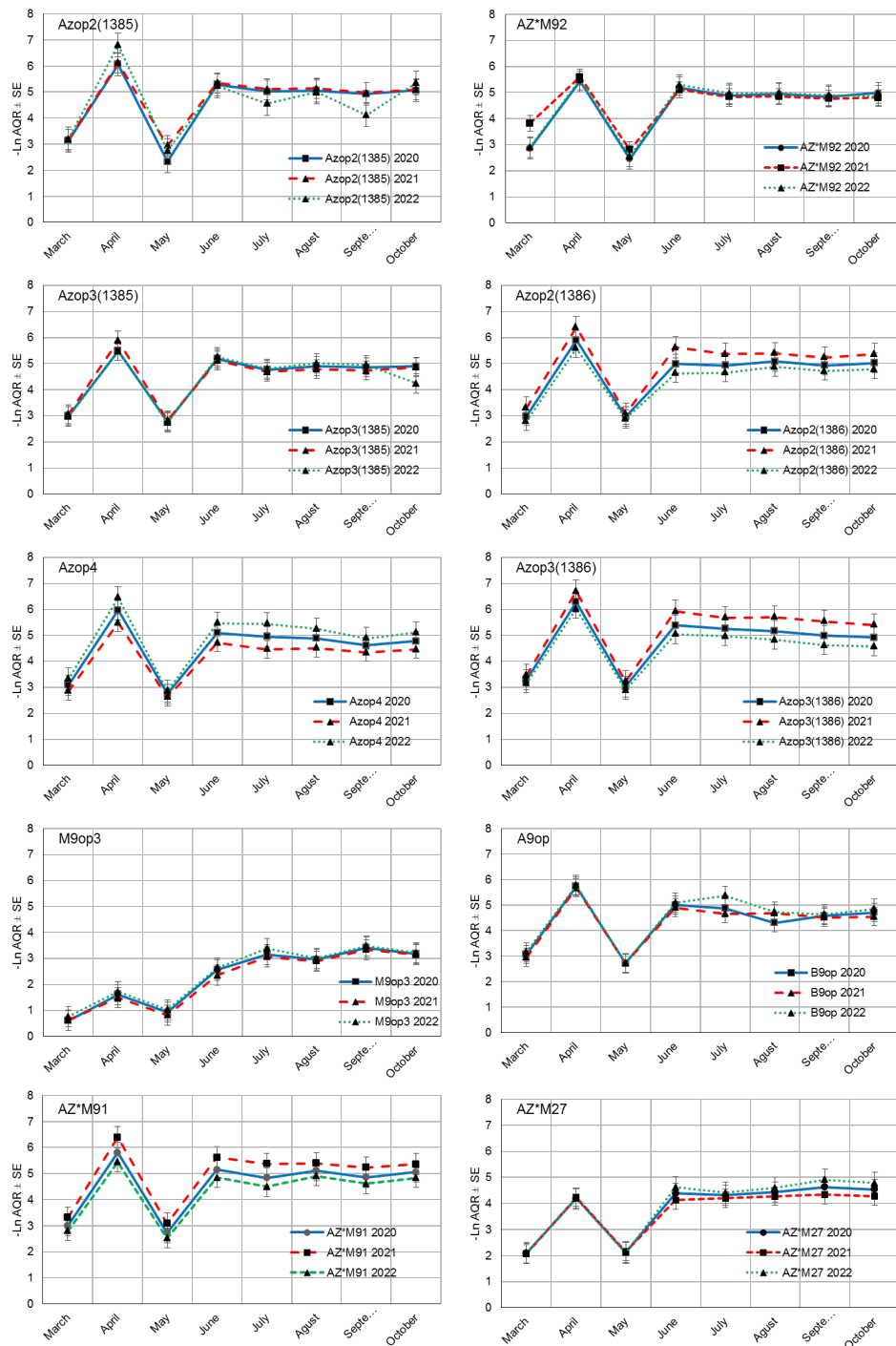
در این رابطه $C(i-1)$ و C_i به ترتیب تعداد کل کلنی فعال در هر هیبرید در نمونه برداری $i-1$ و i و t فاصله زمانی بین دو نمونه برداری بر حسب روز بود.

اندازه گیری صفات رشد رویشی پایه‌ها. صفات رویشی شامل درصد ریشه‌زایی (درصد قلمه‌های ریشه دار از کل قلمه‌های کاشته شده)، تعداد ریشه تولید شده (تعداد ریشه در هر قلمه ریشه‌دار)، طول ناحیه ریشه‌زا روی پایک‌های تولید شده (فاصله محل قلمه که در محیط ریشه‌زایی قرار گرفته تا قسمت تحتانی قلمه که دارای ریشه است)، طول ریشه‌ها (میانگین طول ده عدد ریشه که به صورت تصادفی انتخاب شدند) و تعداد پایک تولید شده (تعداد پایک از هر هیبرید پایه در محیط خوابانیدن کپه‌ای) اندازه گیری شدند (Zhao et al., 2022).

روش تحلیل داده‌ها. قبل از تجزیه و تحلیل آماری و دسته‌بندی پایه‌های هیبرید سیب در گروه‌های مختلف برای ارزیابی توزیع نرمال جامعه نمونه برداری از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) استفاده شد. در این نوشتار از تحلیل واریانس یک طرفه برای بررسی اختلاف نرخ استقرار نسبی و ترجیح میزبانی شته مومی سیب در پایه‌های سیب مورد مطالعه استفاده شد. برای مقایسه اختلاف آماری داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک درصد استفاده شد. برای تفکیک هیبریدهای سیب بر اساس درجه حساسیت به شته مومی از روش تحلیل خوشه‌ای استفاده شد. نمونه‌هایی که از نظر درجه آلودگی مشابه باشند، بر اساس یک فاصله اقلیدسی مشخص به گروه‌های مختلفی تقسیم بندی شدند. داده‌های برداشت شده در این پژوهش به روش r -mode cluster analysis مورد تجزیه و تحلیل و قرار گرفتند (Frades & Matthiesen, 2010). درجه تأثیر صفات مختلف پایه بر میزان مقاومت از طریق تجزیه و تحلیل رابطه همبستگی و محاسبه ضریب همبستگی اسپیرمن به کمک نرم افزار IBM SPSS Statistics 2019 v26 مورد بررسی قرار گرفت (Gogtay & Thatte, 2017).

نتایج

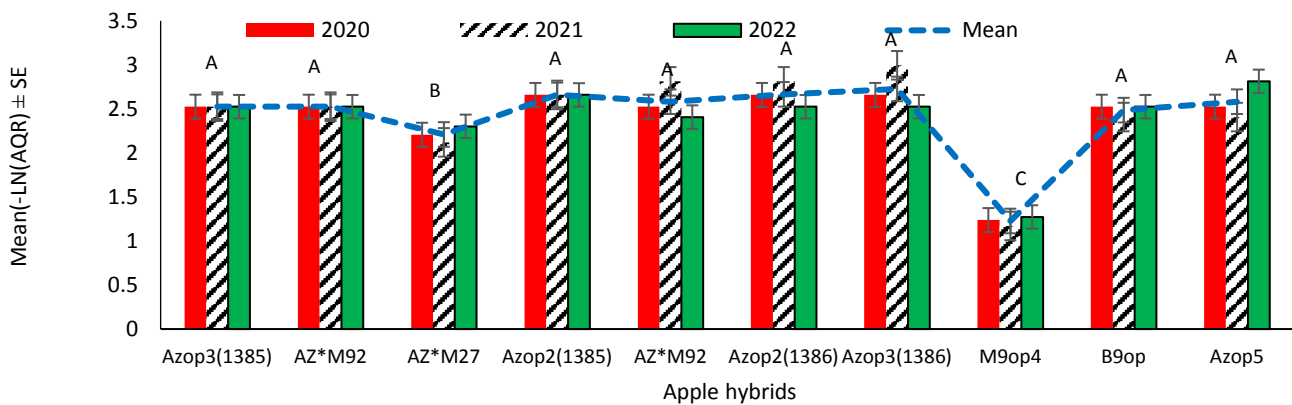
نرخ استقرار نسبی شته مومی. تغییرات فصلی نرخ استقرار نسبی شته مومی سیب در سال‌های ۱۳۹۹، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ روی ۱۰ پایه هیبرید سیب در شکل ۱ نشان داده شده است. استقرار کلنی‌های شته مومی سیب ابتدای فروردین ماه آغاز شده و پس از یک نوسان کاهشی در اواسط تا اواخر خرداد ماه، مجدداً به حدود سطح اولیه بازگشته و تا انتهای فصل با اندک نوسانی در همان سطح باقی می‌ماند. نرخ استقرار نسبی شته مومی سیب در سه سال مطالعه در همه پایه‌های هیبرید مورد مطالعه روند یکسانی نشان داد.



شکل ۱- تغییرات فصلی نرخ استقرار نسبی کلنی‌های شته مومی سبب *Eriosoma lanigerum* روی ۱۰ پایه هیبرید سیب

Fig. 1. Seasonal changes of the relative establishment rate of woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* colonies on 10 apple hybrid rootstocks

بالاترین و پایین‌ترین مقدار متوسط نرخ استقرار سالانه شته مومی سیب در سال‌های ۱۳۹۹، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ به ترتیب متعلق به هیبرید Azop3 (۱۳۸۶) و M9op4 و معادل ۲/۹۹ و ۱/۲۳ بود. میانگین نرخ استقرار شته مومی سیب در کل پایه‌های سیب مورد مطالعه معادل $2/42 \pm 0/14$ بود. دامنه تغییرات این شاخص معادل ۱/۵ بود که نشان دهنده تفاوت زیاد نرخ استقرار شته مومی در پایه‌های هیبرید سیب مورد مطالعه بود. مقایسه میانگین ارقام اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد نشان داد ($ms=0/14$, $F=121/57$, $df=9$). مقادیر شاخص‌های واریانس نسبی و ضریب تغییرپذیری برای نرخ استقرار نسبی به ترتیب معادل ۰/۱۲ و ۰/۰۴ بود که نشان دهنده صحت و دقت مناسب روش ارزیابی بود. متوسط نرخ استقرار نسبی کلنی‌های شته مومی سیب روی ۱۰ پایه هیبرید سیب مورد مطالعه در سال‌های ۱۳۹۹، ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ به ترتیب در شکل ۲ نشان داده شده است.



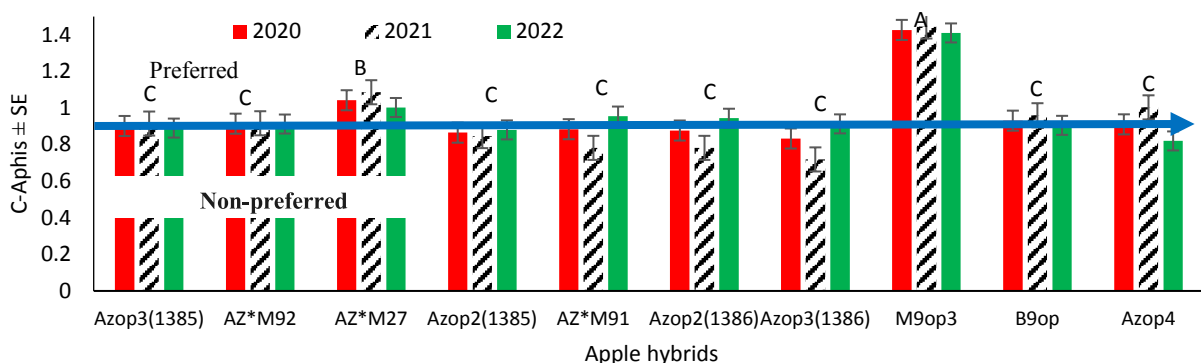
شکل ۲- میانگین نرخ استقرار نسبی کلنی شته مومی سیب *Eriosoma lanigerum* روی پایه‌های هیبرید امید بخش در سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱ (میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با هم ندارند)

Fig. 2. The average relative establishment rate of the woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* colony of the promising hybrid rootstocks during the years 2020 to 2022 (means with common letters are not significantly different from each other)

ترجیح میزبانی شته مومی سیب. مقادیر شاخص‌های واریانس نسبی و ضریب تغییرپذیری برای ترجیح میزبانی شته مومی سیب به ترتیب معادل ۰/۰۴ و ۰/۰۳ بود که نشان دهنده صحت و دقت مناسب روش ارزیابی بود. میانگین شاخص ترجیح شته مومی سیب در پایه‌های هیبرید سیب در شکل ۳ نشان داده شده است. بیشترین و کم‌ترین مقدار متوسط سه ساله به ترتیب معادل ۱/۴۲ و ۰/۸۲ برای پایه‌های هیبرید M9op3 و Azop3 (۱۳۸۶) بوده است. میانگین شاخص ترجیح در کل پایه‌های سیب مورد مطالعه معادل 0.96 ± 0.06 بود. دامنه تغییرات این شاخص معادل ۰/۶۱ بود که نشان دهنده تفاوت زیاد ترجیح میزبانی شته مومی سیب در پایه‌های هیبرید مورد مطالعه بود. مقایسه میانگین ارقام اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد نشان داد ($F=26/141$ و $ms=0.093$). با توجه به نتایج موجود فقط دو پایه هیبرید سیب شامل AZ*M27 و M9op3 شاخص ترجیح میزبانی بالاتر از یک بود. سایر پایه‌ها دارای شاخص ترجیح کم‌تر از ۱ بودند.

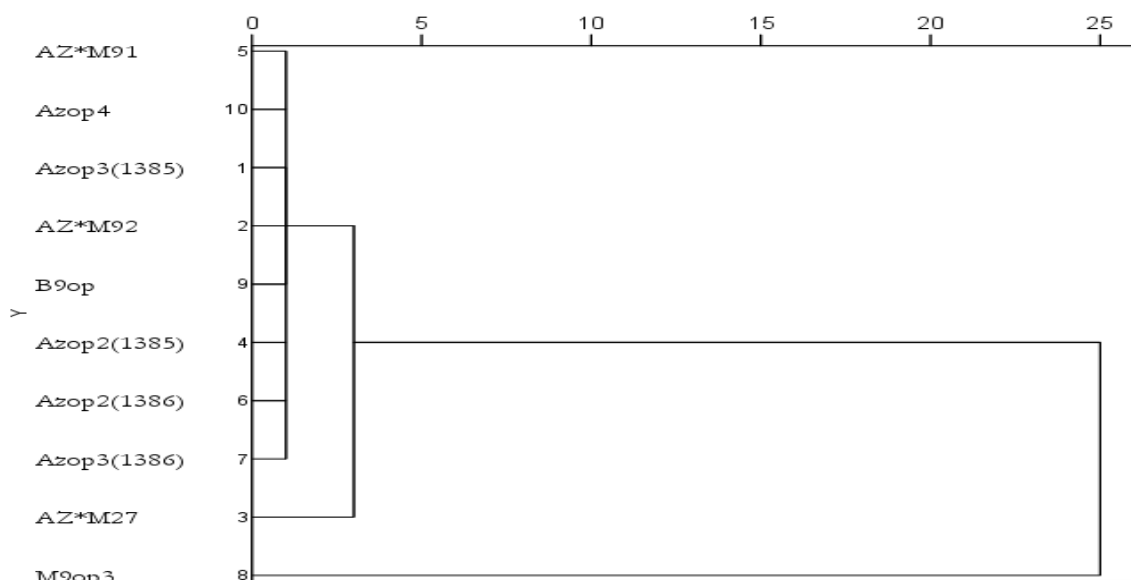
گروه بندی پایه‌های هیبرید سیب براساس نرخ استقرار و شاخص ترجیح میزبانی شته مومی

الف- نرخ استقرار نسبی شته مومی سیب. با توجه به نتایج آنالیز خوشه‌ای پایه‌های هیبرید سیب مورد مطالعه از نظر نرخ استقرار نسبی شته مومی سیب به دو دسته تقسیم می‌شوند (شکل ۴). گروه اول پایه‌های هیبرید دارای واکنش استقرار نسبی پایین شامل M9op3 و AZ*M27 بودند. گروه دوم پایه‌های هیبرید با نرخ استقرار بالا شامل Azop3 (۱۳۸۵)، AZ*M92، AZop2 (۱۳۸۵)، AZop2 (۱۳۸۶)، AZ*M91، AZop2 (۱۳۸۶)، Azop3 (۱۳۸۶)، B9op و Azop4 بودند. به طور کلی از جامعه پایه‌های هیبرید سیب مورد مطالعه به ترتیب ۲۰ و ۸۰ درصد دارای نرخ استقرار نسبی پایین و بالا برای شته مومی سیب بودند.



شکل ۳- میانگین شاخص ترجیح میزبانی شته مومی سیب *Eriosoma lanigerum* در پایه‌های هیبرید امیدبخش سیب در سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۱ (میانگین‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با هم ندارند)

Fig. 3. The average host preference index of woolly apple aphid *Eriosoma lanigerum* of the promising apple hybrids rootstocks in the years 2020 to 2022 (means with common letters are not significantly different from each other)



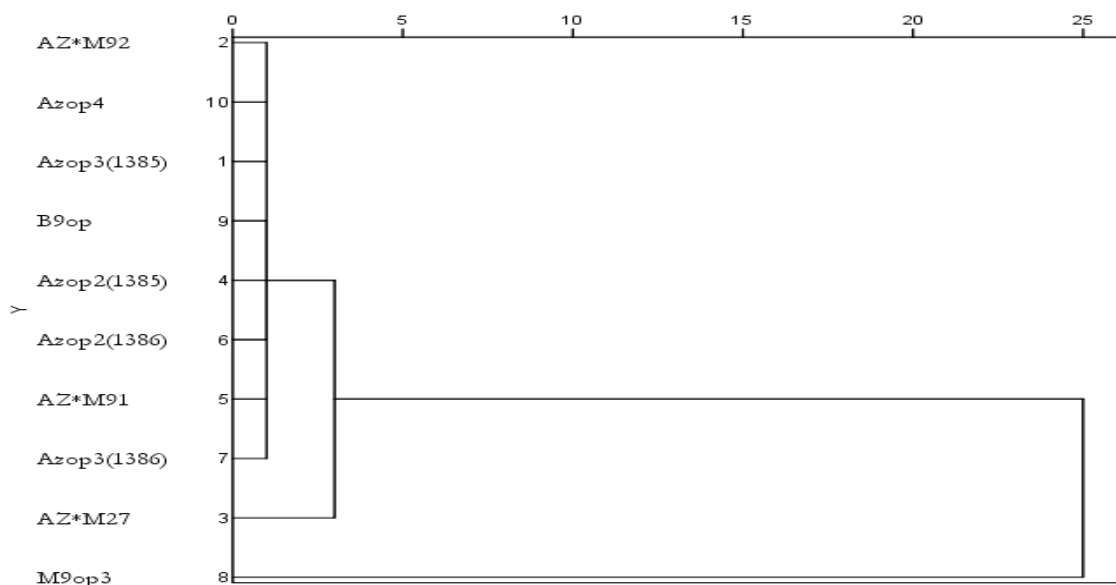
شکل ۴- دندروگرام دسته بندی پایه‌های سیب هیبرید براساس میانگین سه ساله شاخص نرخ استقرار نسبی شته مومی سیب *Eriosoma lanigerum*

Fig. 4. Dendrogram of the classification of hybrid apple rootstocks based on the three-year average of the relative establishment rate of wooly apple aphid, *Eriosoma lanigerum*

ب- ترجیح میزبانی شته مومی سیب. با توجه به نتایج آنالیز خوشه‌ای پایه‌های هیبرید سیب مورد مطالعه از نظر ترجیح میزبانی شته مومی سیب به دو دسته تقسیم می‌شوند (شکل ۵). گروه اول پایه‌های هیبرید دارای واکنش ترجیح میزبانی پایین شامل M9op3 و AZ*M27 بودند. گروه دوم پایه‌های هیبرید دارای واکنش ترجیح میزبانی بالا شامل Azop3 (۱۳۸۵)، AZ*M92، AZop2 (۱۳۸۵)، AZop3 (۱۳۸۶)، AZ*M91، AZop2 (۱۳۸۶)، Azop3 (۱۳۸۶)، B9op و Azop4 بودند. به طور کلی از جامعه پایه‌های هیبرید سیب مورد مطالعه به ترتیب ۲۰ و ۸۰ درصد دارای ترجیح میزبانی پایین و بالا برای شته مومی سیب بودند.

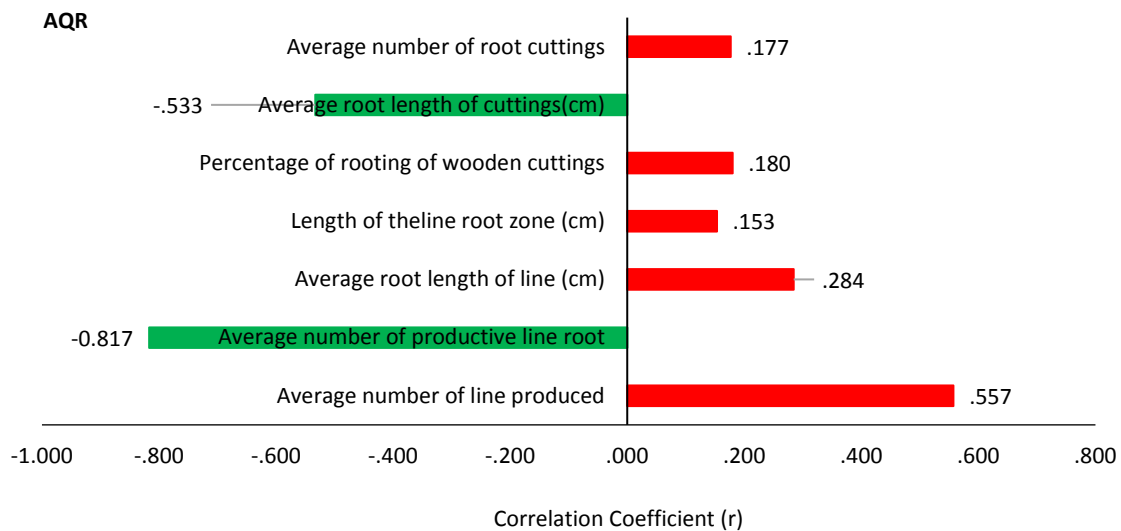
بررسی اثر صفات رویشی پایه‌های هیبرید سیب بر نرخ استقرار و ترجیح میزبانی شته مومی سیب

الف- نرخ استقرار نسبی. براساس نتایج این پژوهش وجود تفاوت‌های کمی در میان صفات رویشی پایه‌های هیبرید سیب باعث ایجاد اختلاف در میزان استقرار کلنی شته مومی می‌گردد. جهت بررسی وجود یا عدم وجود ارتباط بین هر کدام از صفات رویشی با این شاخص از روش تحلیل همبستگی استفاده گردیده است که نتایج آن در شکل ۶ ملاحظه می‌شود. براساس نتایج بدست آمده از بین صفات مختلف مورد بررسی تعداد ریشه تولید شده، میانگین طول ریشه تولیدی پایک و تعداد پایک تولید شده دارای همبستگی معنی‌داری به ترتیب به معادل $0/53$ ، $-0/82$ و $0/56$ با میزان استقرار کلنی شته مومی سیب بود.



شکل ۵- دندروگرام دسته بندی پایه‌های سیب هیبرید براساس میانگین سه ساله شاخص ترجیح میزبانی شته مومی سیب *Eriosoma lanigerum*

Fig. 5. Dendrogram of classification of hybrid apple rootstocks based on the three-year average of host preference of apple wooly aphid, *Eriosoma lanigerum*

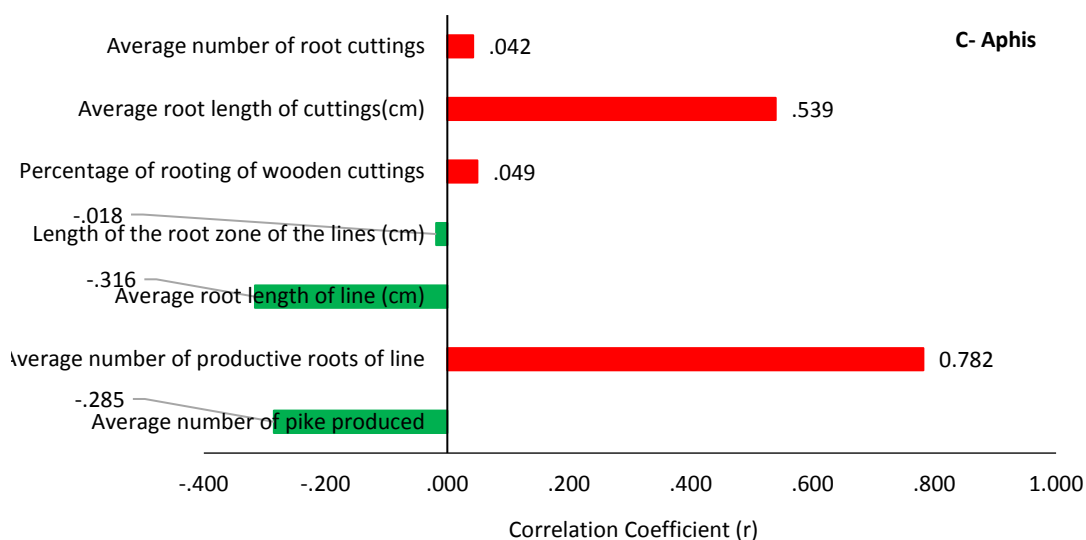


شکل ۶- کورلوگرام ارتباط بین صفات رویشی پایه‌های هیبرید سیب با نرخ استقرار نسبی شته مومی سیب

Fig. 6. Correlogram of the relationship between the vegetative characteristics of apple hybrid rootstocks and the relative establishment rate of the wooly apple aphid

ضریب همبستگی ابزاری آماری برای تعیین نوع و درجه رابطه یک متغیر کمی (صفات کمی پایه‌های سیب) با متغیر کمی دیگر (نرخ استقرار کلنی شته) است. ضریب همبستگی شدت رابطه و همچنین نوع رابطه (مستقیم یا معکوس) را نشان می‌دهد. رابطه مستقیم یا مثبت دو صفت کمی تعداد ریشه تولید شده و تعداد پایک تولید شده به این معناست که اگر در این متغیرها افزایش (یا کاهش) باعث افزایش (یا کاهش) نرخ استقرار نسبی شته مومی سیب شده است. رابطه غیرمستقیم یا منفی صفت کمی میانگین طول ریشه تولیدی پایک به این معناست که اگر در این متغیر افزایش (یا کاهش) باعث کاهش (یا افزایش) نرخ استقرار نسبی شته مومی سیب شده است. با توجه به این که قدر مطلق ضریب همبستگی صفت میانگین طول ریشه از همه بزرگ‌تر و به یک نزدیک‌تر است، بنابراین بیشترین تأثیر را در تغییرات نرخ استقرار نسبی شته مومی سیب بر روی پایه‌های سیب مورد بررسی داشته است.

ب- ترجیح میزبانی. وجود تفاوت‌های کمی در میان صفات رویشی پایه‌های هیبرید سیب باعث ایجاد اختلاف در ترجیح میزبانی پایه‌ها نسبت به شته مومی سیب می‌گردد. جهت بررسی وجود یا عدم وجود ارتباط بین هر کدام از صفات رویشی با این شاخص از روش تحلیل همبستگی استفاده گردیده است که نتایج آن در شکل ۷ ملاحظه می‌شود. براساس نتایج بدست آمده از بین صفات مختلف مورد بررسی میانگین طول ریشه تولیدی پایک و تعداد پایک تولید شده دارای همبستگی معنی‌داری به ترتیب به معادل $0/54$ و $0/78$ با ترجیح میزبانی شته مومی سیب بود. ضریب همبستگی ابزاری آماری برای تعیین نوع و درجه رابطه یک متغیر کمی (صفات کمی پایه‌های سیب) با متغیر کمی دیگر (ترجیح میزبانی شته مومی سیب) است.



شکل ۷- کورلوگرام ارتباط بین صفات رویشی پایه‌های هیبرید سیب با ترجیح میزبانی شته مومی سیب

Fig. 7. Correlogram of the relationship between vegetative characteristics of apple hybrid rootstocks with wooly apple aphid hosting preference

رابطه مستقیم یا مثبت دو صفت کمی میانگین طول ریشه تولیدی پایک و تعداد پایک تولید شده به این معناست که اگر در این متغیرها افزایش (یا کاهش) باعث افزایش (یا کاهش) ترجیح میزبانی شته مومی سیب شده است. با توجه به این که قدر مطلق ضریب همبستگی صفت تعداد پایک تولید شده از همه بزرگ تر و به یک نزدیک تر است، بنابراین بیشترین تأثیر را در تغییرات ترجیح میزبانی شته مومی سیب بر روی پایه‌های سیب مورد بررسی داشته است.

بمٹ و نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد که پایه‌های مختلف هیبرید سیب حساسیت متفاوتی نسبت به شته مومی سیب دارند. ارزیابی میزان مقاومت یا حساسیت شته مومی سیب روی ارقام و پایه‌های مختلف سیب، اندازه‌گیری نرخ استقرار نسبی و ترجیح میزبانی نسبت به روش‌های ابتدایی مطالعه روی این آفت (MacKenzie & Cummins, 1982) و سایر روش‌های رایج در ارزیابی مقاومت نسبی ژرم پلاسماهای گیاهی براساس مشاهده فراوانی جمعیت (Alspach & Bus, 1999)، نتایج قابل اعتمادتری داشته است. میزان حساسیت یک گیاه به آفت بر اساس عوامل فیزیولوژیک و اکولوژیک و نیز برهمکنش بین آنها تعیین می‌شود (Silva & Elliot, 2016). این پژوهش، در شرایط آزمایشی یکسان و به صورت هم زمان انجام شد. بنابراین سعی شد که تنوع حساسیت به دلیل عوامل محیطی به حداقل رسانده شود. علاوه بر این، پایه‌های پاکوتاه بومی و پایه‌های رویشی تجاری غیر بومی برای آزمایش‌ها استفاده شد. شته‌های مورد آزمایش مربوط به جمعیت فعال در همان منطقه بودند. بنابراین، هر گونه تفاوت رفتاری که ممکن است ناشی از تفاوت جمعیت‌های مختلف شته‌های فعال در منطقه بود، نیز منتفی است (Guerrieri & Digilio, 2008). مطالعات سایر پژوهشگران نشان داده است که تغییرات محیطی و آب و هوایی در طی فصل باعث تغییرات در سطح مقاومت گیاهی در طی فصل می‌شود (Louda et al., 1992). در این پژوهش نیز شاخص استقرار نسبی به عنوان یکی از عوامل مؤثر در مقاومت پایه‌های هیبرید سیب مورد مطالعه نسبت به شته مومی سیب در طی فصل متغیر بود.

نتایج این پژوهش نشان داد که نرخ‌های استقرار شته مومی سیب در هر یک از هیبریدها به طور قابل توجهی متفاوت است. غیرحساس‌ترین و حساس‌ترین پایه هیبرید به ترتیب Azop3 (۱۳۸۶) و M9op3 بودند. نتایج تحلیل خوشه‌ای تفاوت محسوس بین گروه‌ها با حساسیت مختلف را نشان داد. تغییر میزان مقاومت هیبریدها با تغییر در میزان استقرار کلنی شته قابل پیش بینی است. نتایج یافته‌های قبلی سایر پژوهشگران این موضوع را تأیید می‌کند (Sandanayaka et al., 2003). مطالعات مشابه نشان داده است که ارقامی با ویژگی‌های مستعد از جمله داشتن ژن‌های مقاومت Er1، Er2، Er3 برای استقرار شته مومی سیب از سطوح مقاومت پایین‌تری برخوردار بوده‌اند. به طوری که میزان بقاء و سرعت رشد پوره‌های شته مومی سیب در آن‌ها متفاوت بوده است (Sandanayaka et al., 2005). این پدیده را می‌توان در مطالعه حاضر برای غربالگری اولیه سطوح مقاومت در هیبریدهای مختلف مورد مطالعه با توجه به تفاوت استقرار شته مومی سیب روی آنها به کاربرد. هیبریدهای با نرخ استقرار کم، به احتمال زیاد میزبان‌های مقاومت‌تری هستند (Hao et al., 2020).

تفاوت‌های زیادی بین پایه‌های هیبریدی سیب در حساسیت آنها به حمله شته مومی سیب وجود دارد. نرخ استقرار شته مومی سیب یکی از شاخص‌های مؤثر در بروز این تفاوت است. با افزایش نرخ استقرار میزان حساسیت نیز افزایش می‌یابد، اما تأثیر نرخ استقرار بر میزان حساسیت از پایه‌ای به پایه هیبرید دیگر متفاوت است. با کاهش نرخ استقرار، رشد کلنی شته در پایه‌های دارای ترجیح میزبانی کمتر به تأخیر افتاده یا حتی از آن جلوگیری می‌شود. البته عوامل مختلفی از جمله انواع دشمنان طبیعی در کنار شاخص‌های مقاومت در پویایی جمعیت شته مومی سیب مؤثرند (Lordan et al., 2015). به نظر می‌رسد شته‌ها، پایه‌هایی را که برای تولید مثل مناسب‌تر هستند برای استقرار انتخاب می‌کنند (Singh et al., 2020). اما با رشد گیاهان و تغییر تراکم جمعیت، شته‌ها به طور مداوم خود را با شرایط میزبان هماهنگ می‌کنند (Loxdale & Balog, 2018). همانطور که در نتایج این پژوهش مشاهده می‌شود (شکل ۱) نوسانات در نرخ استقرار بیشتر در ابتدای فصل بوده و پس از استقرار اولیه دامنه نوسانات آن در محدوده حساسیت و ترجیح میزبانی پایه در حد اندکی تا انتهای فصل ثابت باقی می‌ماند.

مکانیزم‌های متفاوتی در مقاومت گیاه به آفات از جمله آنتی‌زنوز، آنتی بیوز و تحمل نقش دارند (Züst & Agrawal, 2016). گیاهانی که در برابر حشرات گیاهخوار مقاوم هستند دارای خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی منحصر به فردی هستند که آنها را قادر می‌سازد در برابر حمله حشرات مقاومت کنند. در این پژوهش مشخص شد که برخی از خصوصیات رویشی پایه‌های هیبرید از جمله میانگین طول ریشه تولیدی پایک در بروز تفاوت‌های پایه‌های هیبرید سیب مورد مطالعه از نظر نرخ استقرار و ترجیح میزبانی شته مومی سیب بسیار مؤثر بوده‌اند (شکل‌های ۶ و ۷). در تحقیقات مشابه که به منظور شناسایی عوامل بروز مقاومت ارقام سیب نسبت به شته مومی سیب انجام شده نشان داده شده که کیفیت غذایی ضعیف یا اثرات ضد تغذیه‌ای و آنتی‌بیوتیکی مواد ثانویه گیاهی در بروز مقاومت ارقام و پایه‌های سیب نسبت به شته مومی سیب مؤثر گزارش شده است (Saeid & Ateyyat, 2014). تلاش‌های متعددی برای روشن کردن عواملی که باعث مقاومت ارقام سیب به *E. lanigerum* می‌شوند، انجام شده اما با موفقیت کمی همراه بوده است. مکانیزم آنتی‌بیوزی مقاومت انواع سیب نسبت به این آفت در موارد متعددی گزارش شده است (Sandanayaka et al., 2005). اما در خصوص ترجیح میزبانی و استقرار شته مومی سیب که مرتبط با مکانیزم آنتی‌زنوزی است، گزارش‌های بسیار اندکی وجود دارد. در پژوهشی گزارش شده که مقاومت ریشه سیب رقم Northern Spy نسبت به *E. lanigerum* را می‌توان براساس ساختمان سلولی بافت اسکلرنشیم ریشه توجیه نمود (Staniland, 1924). در پژوهشی نشان داده شده که همبستگی معکوس بین حساسیت انواع سیب نسبت به شته مومی و نسبت ترکیبات فنلی به آمینو نیتروژن در بافت ریشه وجود دارد (Sun et al., 2020). تا قبل از انجام این پژوهش نتایجی در رابطه با تأثیر صفات ریخت‌شناسی بر بروز واکنش مقاومت شته مومی سیب بر روی پایه‌های سیب انجام نشده بود.

با توجه به استقبال مصرف‌کنندگان و تقاضای بازار، مقاومت پایه‌ها در اولویت برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات قرار گرفته است. کشت ارقام مقاوم یا متحمل یکی از مناسب‌ترین روش‌های کنترل برای حفظ محصول سیب در برابر حمله آفات است. استفاده از ژرم پلاسماهای مقاوم در برابر شته‌ها منجر به افزایش تولید شده و به کاهش باقیمانده آفت‌کش‌ها در محیط کمک می‌کند (Duan et al., 2022). ادامه مطالعات برای بررسی مقاومت پایه‌های دارای نرخ استقرار کمتر نسبت

به شته مومی سیب پیشنهاد می‌گردد. فراوانی نسبی توده‌های مقاوم کشف شده در گونه‌های گیاهی نشان داده که مقاومت به شته‌ها معمولاً به تعداد کمی از ژن‌ها با تعداد محدودی از آلل‌های مقاومت بروز پیدا می‌کند. در بیشتر موارد، مطالعات ژنتیکی هنوز باید انجام شود تا مشخص شود که توده‌های انتخاب شده منبع ژن‌های مقاومت جدید هستند. بنابراین، باید در مدیریت تنوع زیستی طبیعی در چشم انداز باغبانی پایدار از جمله تولید سیب مورد توجه قرار گیرد (Dogimont *et al.*, 2008).

سپاسگزاری

از کلیه همکاران ایستگاه تحقیقات باغبانی کمالشهر و محققین و اعضای هیأت علمی پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری که در طی انجام این پروژه بنده را یاری فرمودند و از مشاوره علمی آنها بهره‌مند بودیم، سپاسگزاری می‌گردد.

حمایت مادی و معنوی

این طرح با حمایت مادی و معنوی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی انجام شده است.

REFERENCES




- Alspach, P. A. & Bus, V. G. (1999) Spatial variation of woolly apple aphid (*Eriosoma lanigerum*, Hausmann) in a genetically diverse apple planting. *New Zealand Journal of Ecology* 39-44. <http://www.jstor.org/stable/24054745>
- Atashkar, D. (2016) Study of rooting ability in progeny of some apple (*Mallus domestica* Borkh.) hybrid rootstocks. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology* 17 (3) :273-284 <http://journal-irshs.ir/article-1-207-fa.html>
- Atashkar, D., Ershadi, A. & Abdollahi, H. (2020) Effects of drought stress on physiological and biochemical indices in hybrid apple rootstocks. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology* 21 (2) :107-122 <http://journal-irshs.ir/article-1-363-fa.html>
- Atashkar, D., Pirkhezri, M. & Taghizadeh, A. A. (2016) Production and primary evaluation of apple (*Mallus domestica* Borkh.) hybrid rootstocks. *Iranian Journal of Horticultural Science* 47(2), 329-335. [10.22059/ijhs.2016.58534](https://doi.org/10.22059/ijhs.2016.58534)
- Baron, D., Amaro, A. C. E., Pina, A. & Ferreira, G. (2019) An overview of grafting re-establishment in woody fruit species. *Scientia Horticulturae* 243, 84-91. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.012>
- Beers, E. H., Cockfield, S. D. & Gontijo, L. M. (2010) Seasonal phenology of woolly apple aphid (Hemiptera: Aphididae) in Central Washington. *Environmental Entomology* 39(2), 286-294. <https://doi.org/10.1603/EN09280>
- Bus, V. G., Bassett, H. C., Bowatte, D., Chagné, D., Ranatunga, C. A., Ulluwishewa, D., Wiedow, C. & Gardiner, S. E. (2010) Genome mapping of an apple scab, a powdery mildew and a woolly apple aphid resistance gene from open-pollinated Mildew Immune Selection. *Tree Genetics & Genomes* 6, 477-487. <https://doi.org/10.1007/s11295-009-0265-2>
- Da Silva, J. P. G. F., Baldin, E. L. L., de Souza, E. S. & Lourenção, A. L. (2012) Assessing *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B resistance in soybean genotypes: antixenosis and antibiosis. *Chilean Journal of Agricultural Research* 72(4), 516. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392012000400009>.
- Damavandian, M. R. (2000) *Biology of subterranean populations of woolly apple aphid, Eriosoma lanigerum (Hausmann) (Homoptera: Aphididae), in apple orchards*. PhD dissertation, Stellenbosch, Stellenbosch University. <http://hdl.handle.net/10019.1/51638>
- de Ilarduya, O. M., Xie, Q. G. & Kaloshian, I. (2003) Aphid-induced defenseresponses in Mi-1-mediated compatible and incompatible tomato interactions, *Molecular Plant-Microbe Interactions* 16 699–708. <https://doi.org/10.1094/MPMI.2003.16.8.699>
- Dogimont, C., Chovelon, V., Tual, S., Boissot, N., Rittener-Ruff, V., Giovinozzo, N. & Bendahmane, A. A. (2008). Molecular diversity at the Vat/Pm-W resistance locus in melon. In 9. Congrès international Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of Cucurbitaceae. Pitrat Michel. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2016.01420>

- Duan, X., Pan, S., Fan, M., Chu, B., Ma, Z., Gao, F. & Zhao, Z. (2022) Cultivar mixture enhances crop yield by decreasing aphids. *Agronomy* 12(2), 335. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020335>
- Edwards, C. A. (2020) *The importance of integration in sustainable agricultural systems*. In Sustainable agricultural systems (pp. 249-264). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003070474>
- Ehteshami-Moinabadi, M. (2022) Properties of fault zones and their influences on rainfall-induced landslides, examples from Alborz and Zagros ranges. *Environmental Earth Sciences* 81(5), 168. <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10283-2>
- Fazio, G., Aldwinckle, H. & Robinson, T. (2013) Unique characteristics of Geneva® apple rootstocks. Encontro Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado De 23 a 25/07/2013 Fraiburgo, SC, 1. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000800007>
- Fotirić Akšić, M., Dabić Zagorac, D., Gašić, U., Tosti, T., Natić, M. & Meland, M. (2022) Analysis of apple fruit (*Malus domestica* Borkh.) quality attributes obtained from organic and integrated production systems. *Sustainability* 14(9), 5300. <https://doi.org/10.3390/su14095300>
- Frades, I. & Matthiesen, R. (2010) Overview on techniques in cluster analysis. *Bioinformatics methods in clinical research* 81-107. https://doi.org/10.1007/978-1-60327-194-3_5
- García, D., Miñarro, M. & Martínez-Sastre, R. (2021) Enhancing ecosystem services in apple orchards: Nest boxes increase pest control by insectivorous birds. *Journal of Applied Ecology* 58(3), 465-475. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13823>
- Gogtay, N. J. & Thatte, U. M. (2017) Principles of correlation analysis. *Journal of the Association of Physicians of India* 65(3), 78-81. PMID: 28462548. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28462548/>
- Guerrieri, E. & Digilio, M. C. (2008) Aphid-plant interactions: a review. *Journal of Plant Interactions* 3(4), 223-232. <https://doi.org/10.1080/17429140802567173>
- Hao, Z., Lingjun, D., Fang-Hao, W. & Hongxu, Z. (2020) Comparative analysis of stylet penetration behaviors of *Eriosoma lanigerum* (Hemiptera: Aphididae) on main apple cultivars in China. *Journal of Economic Entomology* 113(4), 1761-1767. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa085>
- Hill, C. B., Li Y. & Hartman G. L. (2004) Resistance to the soybean aphid in soybean germplasm, *Crop Science* 44 98–106. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.9800>
- Klingler, J. Creasy, R. Gao, L. L. Nair, R. M. Calix, A. S. Jacob, H. S. Edwards, O .R. & Singh, K. B. (2005) Aphid resistance in *Medicago truncatula* involves antixenosis and phloem-specific, inducible antibiosis, and maps to a single locus flanked by NBS-LRR resistance gene analogs, *Plant Physiology* 137 1445–1455. <https://doi.org/10.1104/pp.104.051243>
- Kogan, M. & Goeden, R. D. (1970) The host-plant range of *Lema trilineata daturaphila* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Annals of the entomological Society of America* 63(4), 1175-1180. <https://doi.org/10.1093/AESA/63.4.1175>
- Krisnawati, A., Bayu, M. S. Y. I. & Adie, M. M. (2017) Identification of soybean genotypes based on antixenosis and antibiosis to the armyworm (*Spodoptera litura*). *Nusantara Bioscience* 9(2), 164-169. <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n090210>
- Latifian, M., Seyedoleslami, H. & Khajeali, J. (2009) Comparison of several sampling techniques to estimate population densities of the grape leafhopper *Arboridia kermanshah* Dlabola (Hem., Cicadellidae). *IAU Entomological Research Journal* 1(2), 95-108. <https://doi.org/20.1001.1.22518517.1384.9.2.18.3>
- Le Pelley, R. (1927) Studies on the resistance of apple to the woolly aphid (*Eriosoma lanigerum* Hausm.). *Journal of Pomology and Horticultural Science* 6(3), 209-241. <https://doi.org/10.1080/03683621.1927.11513323>
- Lordan, J., Alegre, S., Gatiús, F., Sarasúa, M. J. & Alins, G. (2015) Woolly apple aphid *Eriosoma lanigerum* Hausmann ecology and its relationship with climatic variables and natural enemies in Mediterranean areas. *Bulletin of Entomological Research* 105(1), 60- <https://doi.org/69.10.1017/S0007485314000753>
- Louda, S. M. & Collinge, S. K. (1992) Plant resistance to insect herbivores: a field test of the environmental stress hypothesis. *Ecology* 73(1), 153-169. <https://doi.org/10.2307/1938728>




- Loxdale, H. D. & Balog, A. (2018) Aphid specialism as an example of ecological–evolutionary divergence. *Biological Reviews*, 93(1), 642–657. <https://doi.org/10.1111/brv.12361>
- Machlitt, D. (1998) Persea mite on avocados: quick field counting method. *Subtropical Fruit News* 6: 1–4.
- Mackenzie, J. D. & Cummins, J. N. (1982) Differentiation of Malus clones into resistance classes by their effects on the biology of *Eriosoma lanigerum* Hausm. 1. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 107(5), 737–740. <https://doi.org/10.21273/JASHS.107.5.737>
- Marshall, A. T. & Beers, E. H. (2022) Exclusion netting affects apple arthropod communities. *Biological Control* 165, 104805. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104805>
- Mensah, C., DiFonzo, C., Nelson, R. L. & Wang, D. C. (2005) Resistance to soybean aphid in early maturing soybean germplasm. *Crop Science* 45, 2228–2233. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0680>
- Orpet, R. J., Jones, V. P., Beers, E. H., Reganold, J. P., Goldberger, J. R. & Crowder, D. W. (2020) Perceptions and outcomes of conventional vs. organic apple orchard management. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 289, 106723. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106723>
- Osborne, J. (2010) Improving your data transformations: Applying the Box-Cox transformation. *Practical Assessment, Research, and Evaluation* 15(1), 12. <https://doi.org/10.7275/qbpc-gk17>
- Painter, R. H. (1951) Insect resistance in crop plants (72, (6), 481). LWW.
- Pascal, T., Pfeiffer, F., Kervella, J., Lacroze, J. P., Sauge, M. H. & Weber, W. E. (2002) Inheritance of green peach aphid resistance in the peach cultivar ‘Rubira’. *Plant Breeding* 121(5), 459–461. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0523.2002.734333.x>
- Rogers, D. J., Sharma, N., Stretton, D. C. & Walker, J. T. S. (2011) Toxicity of pesticides to *Aphelinus mali*, the parasitoid of woolly apple aphid. *New Zeal Plant Protection* 64: 235–240. <https://doi.org/10.30843/nzpp.2011.64.5960>
- Russo, N. L., Robinson, T. L., Fazio, G. & Aldwinckle, H. S. (2007) Field evaluation of 64 apple rootstocks for orchard performance and fire blight resistance. *Hort Science* 42(7), 1517–1525. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.42.7.1517>
- Saeid, A. R. & Ateyyat, M. (2014) Phenotypic and molecular screening of apple genotypes to woolly apple aphid resistance. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 42(1), 99–103. <https://doi.org/10.15835/nbha4219460>
- Sandanayaka, W. R. M., Bus, V. G. M. & Connolly, P. (2005) Mechanisms of woolly aphid [*Eriosoma lanigerum* (Hausm.)] resistance in apple. *Journal of Applied Entomology* 129(9–10), 534–541. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2005.01004.x>
- Sandanayaka, W. R. M., Bus, V. G. M., Connolly, P. & Newcomb, R. (2003) Characteristics associated with woolly apple aphid *Eriosoma lanigerum*, resistance of three apple rootstocks. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 109(1), 63–72. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2003.00095.x>
- Sauge, M. H., Lacroze, J. P., Poëssel, J. L., Pascal, T. & Kervella, J. (2002) Induced resistance by *Myzus persicae* in the peach cultivar ‘Rubira’. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 102(1), 29–37. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2002.00922.x>
- Saxena, R. C. & Barrion, A. A. (1987) Biotypes of insect pests of agricultural crops. *International Journal of Tropical Insect Science* 8(4–5–6), 453–458. <https://doi.org/10.1017/S1742758400022475>
- Selala, M. C. (2007). *Genetic analysis for resistance to Woolly Apple Aphid in an apple rootstock breeding population (PHD dissertation)*. University of the Western Cape, Republic of South Africa. <http://hdl.handle.net/11394/3116>
- Silva, F. W. & Elliot, S. L. (2016) Temperature and population density: interactional effects of environmental factors on phenotypic plasticity, immune defenses, and disease resistance in an insect pest. *Ecology and Evolution* 6(11), 3672–3683. <https://doi.org/10.1002/ece3.2158>
- Singh, B., Simon, A., Halsey, K., Kurup, S., Clark, S. & Aradottir, G. I. (2020) Characterisation of bird cherry-oat aphid (*Rhopalosiphum padi* L.) behaviour and aphid host preference in relation to partially resistant and susceptible wheat landraces. *Annals of Applied Biology* 177(2), 184–194. <https://doi.org/10.1111/aab.12616>

- Staniland, L. N.** (1924) The immunity of apple stocks from attacks of woolly aphid (*Eriosoma lanigerum*, Hausmann). Part II. The causes of the relative resistance of the stocks. *Bulletin of Entomological Research* 15(2), 157-170. <https://doi.org/10.1017/S0007485300031527>
- Sun, Y., Wang, M., Mur, L. A. J., Shen, Q. & Guo, S.** (2020) Unravelling the roles of nitrogen nutrition in plant disease defences. *International journal of molecular sciences* 21(2), 572. <https://doi.org/10.3390/ijms21020572>
- Thomas, S., Mistral, P., Chareyron, V., Boissot, N. & Pitrat, M.** (2008) Marker assisted selection of genes and QTLs for resistance combinations to *Aphis gossypii* in melon. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2010.04.003>
- Tu, X. B., Fan, Y. L., McNeill, M. & Zhang, Z. H.** (2018) Including predator presence in a refined model for assessing resistance of alfalfa cultivar to aphids. *Journal of Integrative Agriculture* 17(2), 397-405. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61708-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61708-8)
- Vergheze, A. & Jayanthi, P. K.** (2002) A technique for quick estimation of aphid numbers in field. *Current Science* 1165-1168. <https://www.nbair.res.in/sites/default/files/2019-01>
- Zaayman, D., Lapitan, N. L. & Botha, A. M.** (2009) Dissimilar molecular defense responses are elicited in *Triticum aestivum* after infestation by different *Diuraphis noxia* biotypes. *Physiologia Plantarum* 136(2), 209-222. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2009.01232.x>
- Zhao, L., He, N., Wang, J., Siddique, K. H., Gao, X. & Zhao, X.** (2022) Plasticity of root traits in a seedling apple intercropping system driven by drought stress on the Loess Plateau of China. *Plant and Soil* 1-20. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05603-1>
- Zhu, Y., Fazio, G. & Mazzola, M.** (2014) Elucidating the molecular responses of apple rootstock resistant to ARD pathogens: challenges and opportunities for development of genomics-assisted breeding tools. *Horticulture Research* 1, 14043. <https://doi.org/10.1038/hortres.2014.43>
- Züst, T. & Agrawal, A. A.** (2016) Mechanisms and evolution of plant resistance to aphids. *Nature Plants* 2(1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/nplants.2015.206>

Relative establishment rate and host preference of wooly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hausmann, 1802) (Hemiptera: Aphididae) on promising apple hybrid rootstocks

Masoud Latifian , Daryoush Atashkar  & Razieh Ghaemi 

Agricultural Research, Education and Extension Organization, Horticultural Research Institute, Temperate Fruits Research Center, Karaje, Iran

✉ masoud_latifian@yahoo.com  <https://orcid.org/0000-0001-6556-5262>
✉ datashkar2002@yahoo.com  <https://orcid.org/0000-0003-0050-9870>
✉ razieh.ghaemii@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-9031-098X>

Article History

Received: 23 December 2023 | Accepted: 29 July 2023 | Subject Editor: Yaghub Fathipour

Abstract

The wooly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* Hausmann (Hemiptera: Aphididae), is one of the main pests of apples all over the world. The purpose of this research was to investigate the host preference of wooly apple aphid toward 10 selected genotypes among the promising offspring obtained from hybridization and free pollination of indigenous apple genotypes (Azaish Isfahan and Marbai Mashhad) as a maternal parent and commercial apple cultivars (M9, M27, B9) as a paternal parent. This project was carried out from 2020 to 2022. The colonies of wooly apple aphids were monitored every two weeks from the beginning of April to November. Relative establishment rate and aphid preference index were calculated. Vegetative traits, including the percentage of rooting, number of roots produced, length of the rooting zone on stems, length of roots, and number of stems produced were measured. In order to differentiate the hybrids, the cluster analysis method and the degree of effect of different traits on the indices were investigated through correlation analysis. The average establishment rate and preference index were 2.42 ± 0.14 and 0.96 ± 0.06 , respectively. The most insensitive and the most sensitive hybrid base were Azop3(1386) and M9op3, respectively. Some of the vegetative characteristics of the hybrid rootstocks, including the average length of the productive root of the line, have been effective in the occurrence of differences in the studied apple hybrid rootstocks in terms of establishment rate and host preference of wooly apple aphids. The results of this research will be used in future improvement programs for apple cultivars.

Keywords: Apple, Pests, pest management, Plant resistance, Dwarf genotypes

Corresponding Author: Masoud Latifian (Email: masoud_latifian@yahoo.com)

Citation: Latifian, M., Atashkar, D. & Ghaemi, R. (2023) Relative establishment rate and host preference of wooly apple aphid *Eriosoma lanigerum* (Hausmann, 1802) (Hem.: Aphididae: Eriosomatinae) on promising apple hybrid rootstocks. *J. Entomol. Soc. Iran* 43 (3), 233_245. <https://doi.org/10.61186/jesi.43.3.4>