

Effect of application of salicylic acid, Thiofer natural antifreeze and soybean oil on the phenological characteristics of sweet cherry under cold stress conditions

Hossein Sartip¹, Ali Akbar Shokouhian^{2*}, Esmail Chamani³ and Ali Reza Ghanbari⁴

Introduction

Sweet cherry is very popular due to its early maturity, high transportability, attractive appearance and good taste of the fruit. The high content of sugars, ascorbic acid, vitamins, carbohydrates and organic acids in the fruit increases the interest in this product both in industrial gardening and home gardening. The damage caused by cold in the critical stages of plant growth is one of the important factors in reducing the yield of plants all over the world. Salicylic acid is one of the phenolic compounds that is produced by the roots, and by reducing the activities of reactive oxygen species, it increases the resistance of plants to various environmental stresses (Mahmoudi et al., 2019). Salicylic acid not only plays an important role in determining the quality, color and taste of grape fruit (Hajivand and Rahmati, 2018), but also in the plant's response to environmental stresses such as drought (Miura and Tad, 2014), cold (Kosova et al., 2014) salinity (Noreen et al., 2014) and heavy metal stress (Mahmoudi et al., 2019) are effective. Commercial compounds such as plant growth regulators, including antiperspirant and antifreeze substances, are also used to increase cold resistance or delay the breaking of bud stagnation in horticultural crops (Mahmoudzade et al., 2012). Another way to reduce spring cold damage is to use Natural Plant Antifreeze. These materials either act as a mechanical barrier to prevent the formation of ice crystals on sensitive plant tissues or activate cold resistance systems in the plant (Hajivand and Rahmati, 2018).

Materials and Methods

In order to investigate the effect of the application of growth regulators, on the cold resistance of the cherry tree variety "Siah Daneh Mashhad", a factorial experiment was conducted in the form of a randomized complete block design with 3 factors of growth regulators each at 3 levels. (salicylic acid: zero, 1.5 and 3 mM), (natural antifreeze Thiofer: zero, 2.5 and 5 per 1000) and (soybean oil: zero, 2.5 and 5 per 1000) and in 4 repetitions It was performed in a commercial garden located in Serain city in 2018 and 2019.

Results and Discussion

The results of the variance analysis of the data showed that the three-way effects of the experimental factors on the percentage of healthy pistils and the time of the end of flowering are significant at the 1% probability level, and the highest percentage of healthy pistils (69.25%) in the salicylic acid foliar spray treatment (1.5 mM) along with soybean oil (5/1000) and 5/1000 foliar spraying of Thiofer natural antifreeze was observed. The double effect of salicylic acid and natural antifreeze was the most effective in delaying the opening time of flowers. The highest amount of ion leakage percentage was observed in the control treatment and the lowest amount was observed in the 3 mM salicylic acid foliar treatment along with soybean oil (5 per 1000) Thiofer. According to the data variance analysis table (Table 1), the ion leakage index was affected by the simple effect of salicylic acid, soybean oil and antifreeze and the interaction effect of salicylic acid oil \times salt, salicylic acid \times soybean oil, and soybean oil \times antifreeze. The activity of malondialdehyde was affected by the simple effect of salicylic acid and soybean oil and the interaction effect of salicylic acid \times year and year \times soybean oil (Table 1). The total phenolic content was also affected by the simple effect of salicylic acid and soybean oil (Table 1). According to Figure 11, increasing the concentration of salicylic acid increased the content of total phenol, so that the highest content of total phenol (53.22%) was obtained in the treatment of 3 mM salicylic acid, while there was no significant difference in the treatment of 1.5 mM salicylic acid. . To adapt to the cold, phenolic compounds accumulate in plants, which are related to the antioxidant capacity of the plant (Mozafari, and Yazdan Panah, 2018). A decrease in temperature increases the accumulation of phenolic compounds in the plant and can act as a mechanism to adapt and overcome the oxidative stress caused by low temperature (Balasundram et al., 2007). Balasundram and colleagues (Balasundram et al., 2007) reported that the accumulation of phenolic compounds and proteins in grape plants while maintaining the stability of the membrane at low temperature, the production of malondialdehyde is less and as a result, it is more adaptable to low temperature and to increase Tolerance leads to freezing in them. The increase of phenolic compounds during the cold adaptation

phase has been observed in pistachio (Palonen, 1999) and apple (Huang and Wang, 1982). Chen and Tian (Chan and Tian, 2006) stated that they reported the accumulation of phenolic compounds following the increase in the activity of phenylalanine ammonia-lyase enzymes in grapes after salicylic acid treatment. Therefore, they concluded that salicylic acid plays an important role in the biosynthesis of phenolic compounds and the expression of plant defense genes.

Conclusions

According to the observations of this research, it can be concluded that the use of salicylic acid along with soybean oil and natural antifreeze of Thiofer is a suitable solution in order to delay the opening time of flowers and also to increase the indicators of cherry cold resistance against The tension is cold.

Keywords: Induction of resistance, frost resistance, initiation of flowering, sweet cherry and ion leakage.

اثر کاربرد اسید سالیسیلیک، ضد یخ طبیعی تیوفر و روغن سویا بر ویژگی‌های فنولوژیکی گیلاس در شرایط تنش سرما

حسین سرتیپ^۱، علی اکبر شکوهیان^{۲*}، اسماعیل چمنی^۳ و علیرضا قنبری^۴

۱- دانشجوی دکتری، شناسه ارکید: 0009-0005-4346-7422، فیزیولوژی تولید و پس از برداشت گیاهان باغی، گروه علوم باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲- دانشیار، شناسه ارکید: 0000-0002-8079-1767، فیزیولوژی درختان میوه، گروه علوم باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳- استاد، شناسه ارکید: 0000-0003-4132-5306، اصلاح و فیزیولوژی گیاهان زینتی، گروه علوم باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۴- استاد، شناسه ارکید: 0000-0002-76369213، اصلاح درختان میوه، گروه علوم باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

چکیده

خسارت ناشی از سرما در مراحل حساس رشد و نمو، یکی از عوامل مهم کاهش عملکرد گیاهان در سراسر جهان است. به منظور بررسی تاثیر کاربرد اسید سالیسیلیک، ضد یخ طبیعی تیوفر و روغن سویا، بر تحمل به سرمای بهاره درخت گیلاس رقم "سیاه تکدانه مشهد" آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه فاکتور اسید سالیسیلیک (صفر، ۱/۵ و ۳ میلی مولار)، ضد یخ طبیعی تیوفر (صفر، ۲/۵ و ۵ در ۱۰۰۰) و روغن سویا (صفر، ۲/۵ و ۵ در ۱۰۰۰) در ۴ تکرار در یک باغ تجاری واقع در شهرستان سرعین در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر فاکتورهای آزمایشی بر درصد مادگی سالم و زمان پایان گلدهی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود و بیشترین درصد مادگی سالم (۶۹/۲۵ درصد) در تیمار محلول پاشی اسید سالیسیلیک (۱/۵ میلی مولار) به همراه روغن سویا (۵ در ۱۰۰۰) و محلول پاشی ۵ در ۱۰۰۰ ضد یخ طبیعی تیوفر مشاهده شد. اثر اسید سالیسیلیک و ضد یخ طبیعی در به تاخیر انداختن زمان باز شدن گل‌ها بیشترین اثر را داشت. بیشترین میزان درصد نشت یونی در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن نیز در تیمار محلول پاشی اسید سالیسیلیک ۳ میلی مولار به همراه روغن سویا (۵ در ۱۰۰۰) مشاهده شد. با توجه به مشاهدات این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از اسید سالیسیلیک به همراه روغن سویا و ضد یخ طبیعی تیوفر می‌تواند راهکاری مناسب به منظور به تاخیر انداختن زمان باز شدن گل‌ها و همچنین افزایش شاخص‌های تحمل به سرما در گیلاس باشد.

کلمات کلیدی: القای مقاومت، سرمازدگی، شروع گلدهی، گیلاس و نشت یونی.

گیلاس با نام علمی *Prunus avium* L. از تیره *Rosaceae*، زیر تیره *Prunoideae* و جنس *Prunus* یکی از محصولات مهم باغبانی کشور محسوب می‌شود. این محصول از مهمترین میوه‌های مناطق معتدله در دنیا می‌باشد که از نظر مناطق انتشار و مقاومت به گرما و سرما جزء دسته‌ی میوه‌های سردسیری هسته‌دار محسوب می‌شود. منشأ این درخت، غرب آسیا، شمال چین، افغانستان، ترکیه و ایران (اطراف دریای خزر) است و تولید تجاری گیلاس محدود به عرض جغرافیایی ۳۰-۴۵ درجه شمالی می‌شود (Solonkin *et al.*, 2022). گیلاس یکی از مهمترین محصولات میوه‌ای می‌باشد که به دلیل دارا بودن ترکیبات پلی فنل و آنتی اکسیدانی شامل اسید آسکوربیک، کارتنوئیدها و آنتوسیانین‌ها از ارزش بالایی در تغذیه و سلامت میلیون‌ها انسان برخوردار است (USDA, 2020).

امروزه استفاده از روش‌های ارزان، سریع و جایگزین در کاهش خسارت یخ‌زدگی مانند اسپری مواد ضد یخ در باغبانی مورد توجه قرار گرفته است (Hajivand and Rahmati, 2018). این مواد یا به صورت سد مکانیکی جلوگیری از تشکیل کریستال یخ روی بافت‌های گیاهی حساس عمل می‌کنند یا مکانیزم‌های مقاومت به سرما در گیاه را فعال می‌کنند. تیوفر شامل باکتری‌های تیوباسیلوس، ریز مغذی‌ها و آمینواسیدها است (Ecevit, 2004) که در کاهش خسارت سرمازدگی موثر گزارش شده است. عملکرد مواد ضد یخ در کاهش اثرات تنش‌ها به غلظت و مرحله رشد گیاه بستگی دارد. به طوری که غلظت بسیار کم و بسیار بالای آن منجر به افزایش حساسیت و کاهش مقاومت گیاهان به تنش‌های غیر زیستی می‌شود (Miura and Tad, 2014).

اسید سالیسیلیک از ترکیبات فنولی است که توسط ریشه تولید می‌شود و از طریق کاهش فعالیت‌های گونه‌های اکسیژن فعال (Reactive Oxygen Species) سبب افزایش مقاومت گیاهان نسبت به تنش‌های مختلف محیطی می‌گردد (Mahmoudi *et al.*, 2019). اسید سالیسیلیک نه تنها نقش مهمی در تعیین کیفیت، رنگ و طعم میوه انگور دارد (Hajivand and Rahmati, 2018) بلکه در واکنش گیاه به تنش‌های محیطی از جمله خشکی (Miura and Tad, 2014)، سرما (Kosova *et al.*, 2014) شوری (Noreen *et al.*, 2014) و تنش فلزات سنگین (Mahmoudi *et al.*, 2019) موثر است. ترکیبات تجاری مانند تنظیم کننده‌های رشد گیاهی از جمله مواد ضد تعرق و ضد یخ نیز برای افزایش مقاومت به سرما یا تاخیر در شکستن رکود جوانه‌های محصولات باغی به کار می‌روند (Mahmoudzade *et al.*, 2012). روش دیگر برای کاهش خسارت سرمای بهاره استفاده از ضد یخ طبیعی (Natural Plant Antifreeze) است. ضد یخ طبیعی، نقطه انجماد را در گیاهان پائین تر آورده (۷-۸ درجه سانتیگراد) و بر این اساس کمک می‌کند تا از گیاهان در مقابل سرما و یخ‌زدگی محافظت شود. عملکرد مواد ضد یخ در کاهش اثرات تنش‌ها به غلظت و مرحله رشد گیاه بستگی دارد. به طوری که غلظت بسیار کم (۰/۰۱ در هزار) و بسیار بالای آن (۱۰۰ در هزار) منجر به افزایش حساسیت و کاهش مقاومت گیاهان به تنش‌های غیرزیستی می‌شود (Miura and Tad, 2014). حاجی‌وند و رحمتی (۲۰۱۸) گزارش کردند که مواد ضد یخ موجب افزایش معنی‌دار میزان اسمولیت‌ها و فعالیت آنزیم‌های شاخص مقاومت به سرما نسبت به تیمار شاهد شدند. به طوری که بیشترین میزان اسمولیت‌ها و میزان فعالیت این آنزیم‌ها به ترتیب مربوط به تیمارهای اسید سالیسیلیک، تیوفر (Tiofer)، کراپ آید (Cropid) و بایوبلوم (Bioblom) بوده و کمترین آن در تیمار شاهد اندازه‌گیری شد. این نتایج نشان داد که ضد یخ‌های تجاری مورد بررسی می‌توانند نه تنها برای افزایش مقاومت گیاه به سرما در تاکستان مورد استفاده قرار بگیرند، بلکه اندازه خوشه و کیفیت انگور را نیز بهبود می‌دهند.

بدیهی است که در صورت استفاده از روغن بجای سایر پوشش‌ها در هزینه و زمان صرفه‌جویی خواهد شد. استفاده از پوشش روغنی در بین کشاورزان بیشتر برای نگهداری میوه‌ها از سرما و افزایش عمر میوه در سردخانه‌ها کاربرد دارد (Rasouli *et al.*, 2016). مطالعات چایانی و همکاران (Chayani *et al.*, 2016) نشان دادند که محلول پاشی روغن سویا با غلظت‌های ۵ و ۱۰ درصد به همراه نفتالین استیک اسید موجب تأخیر در باز شدن جوانه‌های انگور رقم "فخری" و فرار از سرمازدگی بهاره می‌گردد. کرانفله (Qrunfleh, 2010) مشاهده کردند که اسپری روغن سویا در غلظت‌های ۶ تا ۸ درصد موجب به تأخیر انداختن شکست خواب جوانه‌ها در انگور و نیز تأخیر در گلدھی در درختان هلو و زردآلو می‌گردد.

با وجود آسان و ارزان بودن استفاده از این مواد برای باغداران، اطلاعات اندکی در خصوص تاثیر این مواد در کنترل سرمازدگی در باغات وجود دارد. از این رو، آزمایش حاضر به منظور بررسی میزان اثر سطوح اسید سالیسیلیک، روغن سویا و ضد یخ طبیعی تیوفر بر ویژگی‌های فنولوژیکی گیلاس رقم سیاه تکدانه مشهد در شرایط تنش سرمایی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر کاربرد اسید سالیسیلیک، ضدیخ و روغن سویا بر تحمل به سرمای گیلاس رقم سیاه تکدانه مشهد آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه فاکتور اسید سالیسیلیک (صفر، ۱/۵ و ۳ میلی مولار)، ضد یخ طبیعی تیوفر (صفر، ۲/۵ و ۵ در ۱۰۰۰) و روغن سویا (صفر، ۲/۵ و ۵ در ۱۰۰۰) در ۴ تکرار و در طی سال‌های ۹۹-۱۳۹۸ در یک باغ تجاری واقع در شهرستان سرعین، روستای کرده‌ده اجرا شد. این تیمارها در سه نوبت (زمان تورم جوانه، غنچه و باز شدن کامل گل) انجام گرفت.

به منظور تعیین شاخص‌های مقاومت به سرما در رقم مورد آزمایش ۷۲ ساعت بعد از آخرین محلول‌پاشی با تیمارهای آزمایشی، ۳۰ شاخه دوساله حاوی گل از درختان باغ گرفته شده و در کیسه‌های پلاستیکی همراه با فلاسک حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل گردیدند و در پارچه‌های مرطوب و در داخل فویل آلومینیوم پیچیده شده و سپس در داخل کیسه‌های پلاستیکی قرار گرفتند. کیسه‌های پلاستیکی حاوی شاخه‌های گیلاس در حمام اتیلن - گلیکول به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴- درجه سانتیگراد تیمار شدند. نمونه‌ها از انکوباتور خارج شده و در دمای اتاق $21 \pm 1^\circ\text{C}$ به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و سپس نمونه‌های هر تیمار مورد ارزیابی قرار گرفتند (Nasiri *et al.*, 2021).

بر اساس شدن سیاه بافت مادگی و گلبرگ‌ها از طریق مشاهده‌ای میزان آسیب وارده ناشی از سرمای بهاره اندازه‌گیری شد. زمان شروع گلدهی بر مبنای باز شدن ۵ درصد گل‌ها و زمان پایان گلدهی بر مبنای باز شدن بیش از ۹۵ درصد گل‌ها یادداشت برداری شد. برای سنجش پایداری غشاءهای سلولی، میزان نشت الکتروولت‌ها به روش ساریرام و همکاران (Sairam *et al.*, 2002) اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری محتوای فنل کل با استفاده از معرف فولین - سیکالته اندازه‌گیری شد (Ronald and Laima, 1999).

به منظور اندازه‌گیری محتوای مالون دی آلدئید که بیانگر میزان پراکسیده شدن لیپیدهای غشای سلولی است، از روش زانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2004) استفاده شد. ابتدا ۰/۲۵ گرم از بافت گیاهی (مادگی) در ۵ سی سی تری کلرواستیک اسید ۰/۱ درصد هموژنایز شد. پس از سانتریفوژ، ۱ میلی لیتر از روشناور به همراه ۴ میلی لیتر از تری کلرواستیک اسید ۲۰ درصد که حاوی ۰/۵ درصد تیوباربیتوریک اسید بود، مخلوط شد و سپس ۳۰ دقیقه در بن‌ماری در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد قرار داده و پس از آن در یخ قرار داده شد و در نهایت جذب در طول موج‌های ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر خوانده شد.

محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۳ انجام گرفت و میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد اثر ساده سال، اسید سالیسیلیک، روغن سویا و ضدیخ و اثر متقابل اسید سالیسیلیک×روغن سویا و روغن سویا×ضدیخ بر تعداد گل سالم معنی‌دار شد. بر طبق نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) درصد مادگی سالم تحت تأثیر اثر ساده سال، اسید سالیسیلیک، روغن سویا و ضدیخ و اثر متقابل اسید سالیسیلیک×روغن سویا و اثر سه جانبه اسید سالیسیلیک×روغن سویا×ضدیخ معنی‌دار گردید.

بر طبق جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) شروع گلدهی تحت تأثیر اثر ساده سال، اسید سالیسیلیک، روغن سویا و ضدیخ و اثر متقابل اسید سالیسیلیک×ضدیخ قرار گرفت. نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که زمان پایان گلدهی

تحت تأثیر اثر ساده سال، اسید سالسیلیک، روغن سویا و ضد یخ و اثر متقابل روغن سویا×سال، اسید سالسیلیک×روغن سویا و روغن سویا×ضد یخ اثر سه جانبه اسید سالسیلیک×روغن سویا×ضد یخ قرار گرفتند.

مطابق جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) شاخص نشت یونی تحت تأثیر اثر ساده اسید سالسیلیک، روغن سویا و ضد یخ و اثر متقابل روغن اسید سالسیلیک×سال، اسید سالسیلیک×روغن سویا و روغن سویا×ضد یخ قرار گرفت. فعالیت مالون دی آلدئید تحت تأثیر اثر ساده اسید سالسیلیک و روغن سویا و اثر متقابل اسید سالسیلیک×سال و سال×روغن سویا قرار گرفت (جدول ۱). محتوای فنل کل نیز تحت تأثیر اثر ساده اسید سالسیلیک و روغن سویا قرار گرفت (جدول ۱).

مجله علمی پژوهشی
پژوهش‌های زیست‌فناوری
انتشار

جدول ۱- تجزیه واریانس اثرات ساده و متقابل اسید سالسیلیک، روغن سویا و ضدیخ تیوفر بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده و میزان مالون دی آلدئید و فنل کل در جوانه‌ی گل گیلاس در دو سال
 Table 1- Variance analysis of the simple and mutual effects of salicylic acid, soybean oil and Thiofer antifreeze on the measured indicators and the amount of malondialdehyde and total phenol in sweet cherry flower buds in two years

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	گل سالم Healthy flower	مادگی سالم Healthy pistil	شروع گلدهی Beginning of flowering	پایان گلدهی End of flowering	نشت یونی Ion leakage	مالون دی آلدئید MAD	فنل کل Total phenol
تکرار repetition	3	106.7	140.6	30.3	58.86	640.8	0.03	29048.9
سال Year	1	4072.4**	2144.1**	453.6**	443.5**	27.53 ^{ns}	0.09 ^{ns}	622.5
خطای اصلی Original error	3	83.82	63.2	198.2	224.1	48.14	0.01	7779.8
سالسیلیک اسید salicylic acid	2	4439.2**	2588.1**	491.6**	434.3**	4426.6**	0.69**	21979.9**
روغن سویا soybean oil	2	2392.4**	1675.6**	298.5**	308.8**	3101.7**	0.34**	6310.9*
ضدیخ Antifreeze	2	2519.9**	1540.3**	101.7**	115.6**	533.6**	0.11 ^{ns}	1533.5 ^{ns}
سال × اسید سالسیلیک Year × salicylic acid	2	25.37 ^{ns}	40.44 ^{ns}	8.3 ^{ns}	17.39 ^{ns}	89.87*	0.73**	1048.1 ^{ns}
سال × روغن سویا Year x soybean oil	2	53.81 ^{ns}	19.05 ^{ns}	20.26 ^{ns}	44.95*	1.9 ^{ns}	0.45**	209.1 ^{ns}
سال × ضدیخ Year x Antifreeze	2	21.98 ^{ns}	9.2 ^{ns}	6.81 ^{ns}	26.11 ^{ns}	51.49 ^{ns}	0.09 ^{ns}	28.16 ^{ns}
سالسیلیک اسید × روغن سویا Salicylic acid × soybean oil	4	156.4**	96.21**	15.5 ^{ns}	34.34*	87.9**	0.02 ^{ns}	381.2 ^{ns}
سالسیلیک اسید × ضدیخ Salicylic acid x antifreeze	4	48.27 ^{ns}	2.96 ^{ns}	42.08**	35.46*	24.27 ^{ns}	0.06 ^{ns}	1415.9 ^{ns}
روغن سویا × ضدیخ Soybean oil x antifreeze	4	*66/63	70.16 ^{ns}	9.57 ^{ns}	89.35**	68.64*	0.04 ^{ns}	2533.1 ^{ns}
سال × سالسیلیک اسید × روغن سویا Year × salicylic acid × soybean oil	4	42.21 ^{ns}	25.6 ^{ns}	8.67 ^{ns}	3.6 ^{ns}	29.14 ^{ns}	0.04 ^{ns}	973.5 ^{ns}
سال × سالسیلیک اسید × ضدیخ Year × salicylic acid × antifreeze	4	3.54 ^{ns}	7.08 ^{ns}	8.25 ^{ns}	7.27 ^{ns}	6.7 ^{ns}	0.04 ^{ns}	591.5 ^{ns}
سال × روغن سویا × ضدیخ Year x soybean oil * antifreeze	4	4.31 ^{ns}	15.59 ^{ns}	8.99 ^{ns}	19.53 ^{ns}	7.63 ^{ns}	0.01 ^{ns}	404.3 ^{ns}
سالسیلیک اسید × روغن سویا × ضدیخ Salicylic acid x soybean oil x antifreeze	8	45.57 ^{ns}	52.59**	18.48 ^{ns}	75.19**	19.94 ^{ns}	0.02 ^{ns}	1082.5 ^{ns}
سال × سالسیلیک اسید × روغن سویا × ضدیخ Year × salicylic acid × soybean oil × antifreeze	8	36.76 ^{ns}	12.87 ^{ns}	3.91 ^{ns}	5.82 ^{ns}	19.13 ^{ns}	0.02 ^{ns}	627.1 ^{ns}

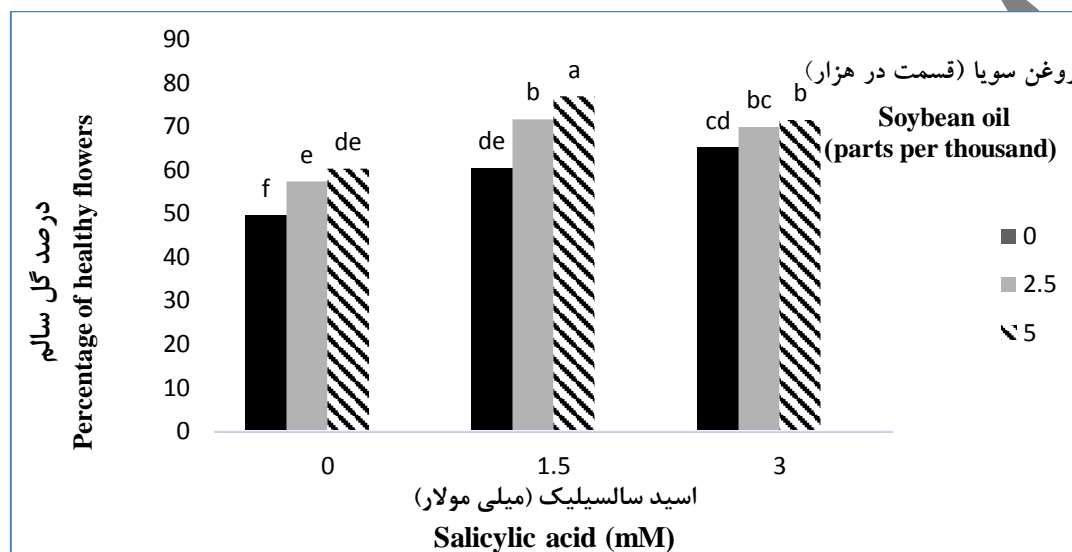
خطای فرعی Minor error	156	24.62	17.04	10.87	13.11	23.96	0.047	2060.5
C.V		7.67	7.81	8.24	6.86	7.92	12.43	10.76

ns, ** و * به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.
 ns, ** and *: non-significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively

موسسه انتشارات
 دانشگاه تهران

درصد گل سالم

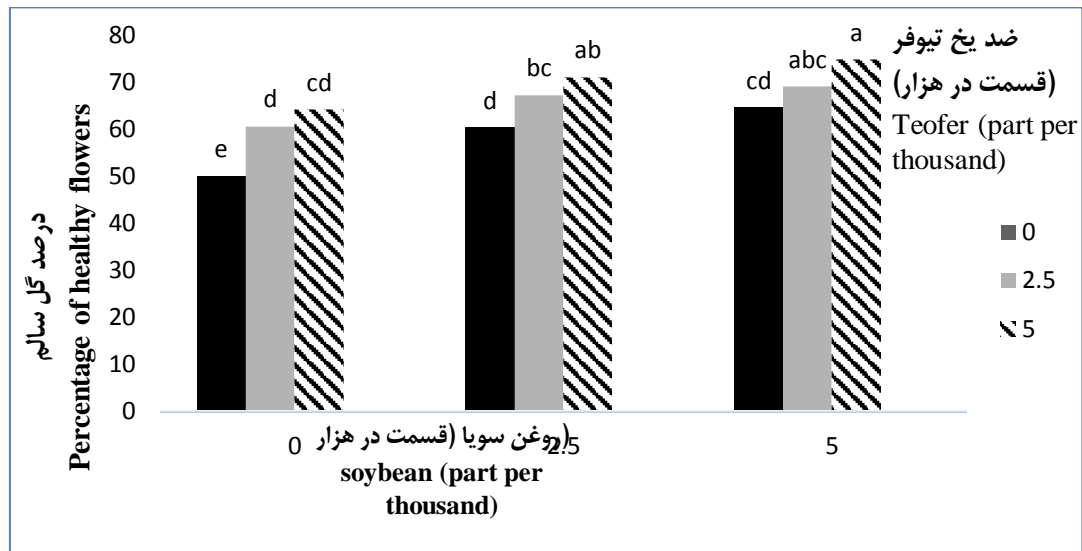
مطابق شکل ۱، بیشترین درصد گل سالم در تیمار ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک در غلظت ۵ (قسمت در هزار) روغن سویا مشاهده شد که بطور معنی داری بیشتر از سایر تیمارها بود. کمترین درصد گل سالم (۴۹/۴۳ درصد) در تیمار شاهد بدست آمد. کاربرد غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در مرحله گلهی روی دو رقم زردآلو نشان داد که غلظت دو میلی مولار این تنظیم توانست خسارت ظاهری سرمازدگی را کاهش دهد و درصد گل سالم را افزایش دهد (Alirezaie Noghondar *et al.*, 2013). استفاده از روغن معدنی در زمستان همزمان با مرحله خواب کامل جوانه‌ها باعث تسریع گلهی، افزایش یکنواختی رشد و افزایش کمیت و کیفیت مغز پسته شده است (Karimi *et al.*, 2021). نقش حفاظتی اسید سالیسیلیک در برابر آسیب سرمایی در گیاهان مختلف مانند پسته (Sajadian, 2011) و گردو (Khoram Shahi, 2012) گزارش شده است.



شکل ۱- اثر متقابل محلول پاشی اسید سالیسیلیک و روغن سویا بر درصد گل سالم

Figure 1- The interaction effect of foliar spraying of salicylic acid and soybean oil on the percentage of healthy flowers

اثر متقابل ضدیخ تیوفر در روغن سویا نشان داد که بیشترین درصد گل شاهد (۷۴/۸۲ درصد) در غلظت ۳ (قسمت در هزار) روغن سویا و غلظت ۵ (قسمت در هزار) ضد یخ تیوفر بدست آمد که اختلاف معنی داری با غلظت ۲/۵ (قسمت در هزار) روغن سویا و غلظت ۵ (قسمت در هزار) ضد یخ تیوفر وجود نداشت (شکل ۲). نتایج پیر خضری (Pirkhezari, 2018) نشان دادند که ابتدا ضدیخ تیوفر با ۹۱/۳ درصد گل سالم و ۸۵/۸ درصد مادگی سالم و سپس کراپ اید با ۷۵/۶ درصد گل سالم و ۶۳/۸ درصد مادگی سالم نسبت به سایر تیمارها برتری داشته، اما با هم تفاوت معنی داری نداشتند. در آزمایش دیگر نیز ضد یخ پستافرت با حدود ۵۶/۸۹ درصد جوانه گل سالم و همچنین ۴۵/۹۲ درصد مادگی سالم در بین گل‌های سالم نسبت به ضدیخ تیوفر با ۲۵/۹ درصد گل سالم و ۱۹/۲ درصد مادگی سالم از گل‌های سالم و همچنین تیمار شاهد ۲۴/۱ درصد گل سالم و ۱۶/۲ درصد مادگی سالم از کل گل‌های سالم برتری داشته و تفاوت معنی داری با آن‌ها داشت (Pirkhezari, 2018).



شکل ۲- اثر متقابل محلول پاشی روغن سویا و ضد یخ تیوفر بر درصد گل سالم

Figure 2- The interaction effect of soybean oil foliar spraying and Thiofer antifreeze on the percentage of healthy flowers

درصد مادگی سالم

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد مادگی سالم (۶۹/۲۵ درصد) در ترکیب تیماری ۱/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک، غلظت ۲/۵ (قسمت در هزار) روغن سویا و غلظت ۵ (قسمت در هزار) ضد یخ بدست آمد که اختلاف معنی داری با تیمار ۳ میلی مولار اسید سالیسیلیک در غلظت ۲/۵ (قسمت در هزار) روغن سویا و غلظت ۵ (قسمت در هزار) ضد یخ نداشت (جدول ۲). غلظت نابهنگام یا زیاد روغن معدنی ممکن است باعث افزایش نرخ تکروز جوانه، تأخیر در رسیدن میوه و کاهش کیفیت میوه، تعداد خوشه ها و درصد مادگی سالم انگور شود (Karimi et al., 2021).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه فاکتورهای آزمایش بر درصد مادگی سالم و زمان پایان گلدهی

Table 2- Comparison of the average three-way interaction effects of the test factors on the percentage of healthy pistils and the time of the end of flowering

تیمار treatment	پایان گلدهی (از اول فروردین) The end of flowering (from the first of April)	مادگی سالم (درصد) healthy female (percentage)
تیوفر (شاهد) Teofer (control)	42.75h	36.75 j
روغن سویا (شاهد) soybean oil (control)	تیوفر (۲/۵ در ۱۰۰۰) Teofer (2.5 in 1000)	47.08 g
	تیوفر (۵ در ۱۰۰۰) Teofer (5 in 1000)	50.44d-g
	تیوفر (شاهد) Teofer (control)	48.17 fg
اسید سالیسیلیک (شاهد) salicylic acid (control)	تیوفر (۲/۵ در ۱۰۰۰) Teofer (2.5 in 1000)	51.74b-g
روغن سویا (۲/۵ در ۱۰۰۰) Soybean oil (2.5 per 1000)	تیوفر (۵ در ۱۰۰۰) Teofer (5 in 1000)	52.55a-f
		45.191 hi
		40.35ij
		42.26j
		49.29gh
		51.43fg

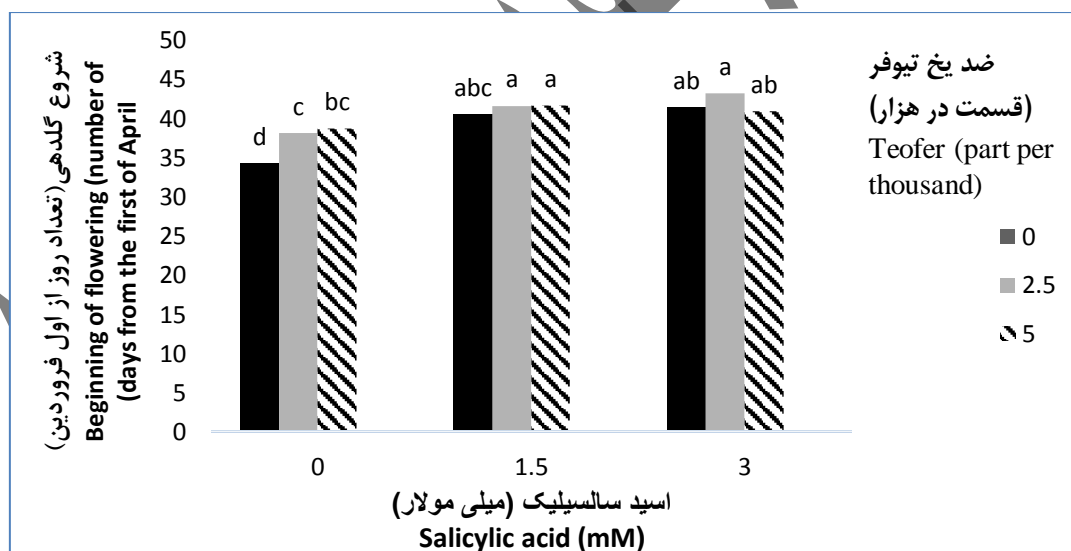
		Teofer (5 in 1000)		
		تیوفر (شاهد)	50.54d-g	43.89 hi
		Teofer (control)		
	روغن سویا (۲ در ۱۰۰۰)	تیوفر (۲/۵ در ۱۰۰۰)	54.04a-e	51.33fg
	Soybean oil (5 per 1000)	Teofer (2.5 in 1000)		
		تیوفر (۵ در ۱۰۰۰)	52.69a-f	52.81 efg
		Teofer (5 in 1000)		
		تیوفر (شاهد)	49.91 efg	42.21ij
		Teofer (control)		
	روغن سویا (شاهد)	تیوفر (۲/۵ در ۱۰۰۰)	50.47d-g	52.93 efg
	soybean oil (control)	Teofer (2.5 in 1000)		
		تیوفر (۵ در ۱۰۰۰)	53.63a-e	52.45 efg
		Teofer (5 in 1000)		
		تیوفر (شاهد)	53.7a-e	54.38d-g
		Teofer (control)		
اسید سالیسیلیک (۱.۵ میلی مولار)	روغن سویا (۲/۵ در ۱۰۰۰)	تیوفر (۲/۵ در ۱۰۰۰)	57.68a	58.26b-e
salicylic acid (1.5mM)	Soybean oil (2.5 per 1000)	Teofer (2.5 in 1000)		
		تیوفر (۵ در ۱۰۰۰)	55.81abc	61.82 BC
		Teofer (5 in 1000)		
		تیوفر (شاهد)	55.26a-d	58.7b-e
		Teofer (control)		
	روغن سویا (۵ در ۱۰۰۰)	تیوفر (۲/۵ در ۱۰۰۰)	54.82a-e	60.5 bcd
	Soybean oil (5 per 1000)	Teofer (2.5 in 1000)		
		تیوفر (۵ در ۱۰۰۰)	51.72b-g	69.25a
		Teofer (5 in 1000)		
		تیوفر (شاهد)	50.79c-g	55.43 hi
		Teofer (control)		
	روغن سویا (شاهد)	تیوفر (۲/۵ در ۱۰۰۰)	56.01abc	55.86c-f
	soybean oil (control)	Teofer (2.5 in 1000)		
		تیوفر (۵ در ۱۰۰۰)	52.61a-f	58.04cde
		Teofer (5 in 1000)		
		تیوفر (شاهد)	37/56ab	54.31d-g
		Teofer (control)		
اسید سالیسیلیک (۳ میلی مولار)	روغن سویا (۲/۵ در ۱۰۰۰)	تیوفر (۲/۵ در ۱۰۰۰)	56/56ab	5685c-f
salicylic acid (3 mM)	Soybean oil (2.5 per 1000)	Teofer (2.5 in 1000)		

	تیوفر (۵ در ۱۰۰۰)	62/55a-d	58.37b-e
	Teofer (5 in 1000)		
	تیوفر (شاهد)	54.52a-e	55.04d-g
	Teofer (control)		
روغن سویا (۵)	تیوفر (۲/۵ در ۱۰۰۰)	55a-e	56.08c-f
۳٪ شطش (۳ در ۱۰۰۰)	Teofer (2.5 in 1000)		
Soybean oil (5 per 1000)	تیوفر (۵ در ۱۰۰۰)	54.54a-e	64.2ab
	Teofer (5 in 1000)		

- حروف یکسان در هر ستون نشانه عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.
- Means with the same letters within column are not significantly different at $p < 0.05$ using Duncan's Multiple Range Test.

شروع گلدهی

بر اساس مقایسه میانگین‌ها در صفت شروع گلدهی بین غلظت‌های ۳ و ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالسیلیک، ۲/۵ و ۵ (قسمت در هزار) ضدیخ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۳). کمترین تعداد روز (۳۴/۲۵) در شرایط عدم کاربرد اسید سالسیلیک و ضدیخ (تیمار شاهد) دیده شد (شکل ۳).

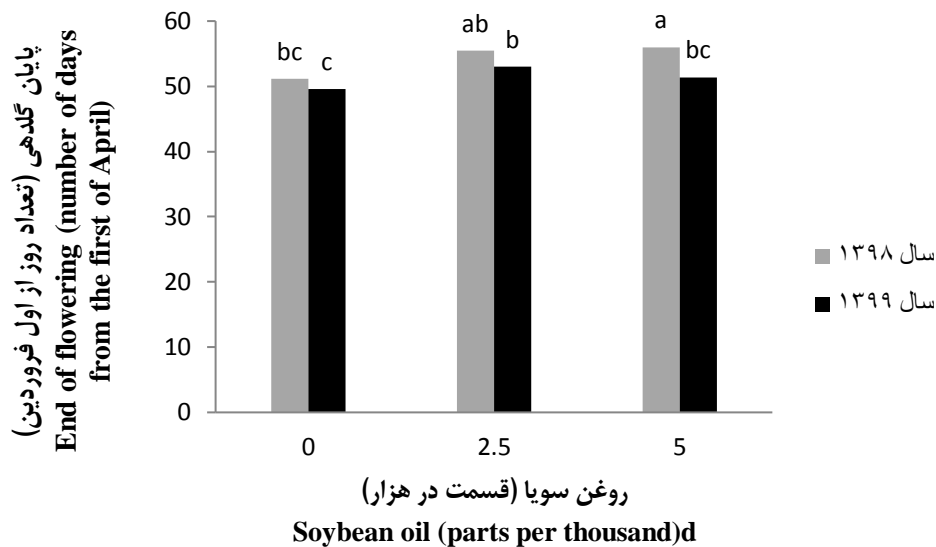


شکل ۳- اثر متقابل محلول پاشی اسید سالسیلیک و ضد یخ تیوفر بر زمان شروع گلدهی

Figure 3- The interaction effect of salicylic acid foliar spraying and Thiofer antifreeze on the time of flowering

پایان گلدهی

بر اساس مقایسه میانگین‌ها داده‌ها طولانی‌ترین زمان پایان گلدهی (۵۷/۶۸) در ترکیب تیماری ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالسیلیک، غلظت ۲/۵ (قسمت در هزار) روغن سویا و غلظت ۲/۵ (قسمت در هزار) ضدیخ بدست آمد (جدول ۲). اثر متقابل روغن سویا×سال نشان داد که در سال ۱۳۹۸ با محلول پاشی غلظت ۵ (قسمت در هزار) روغن سویا بیشترین تعداد روز تا زمان پایان گلدهی حاصل شد (شکل ۵). محلول پاشی درختان زردآلو و هلو با روغن سویا باز شدن گل‌ها را به مدت چندین روز به تأخیر انداخت (Dehnavi et al., 2021).

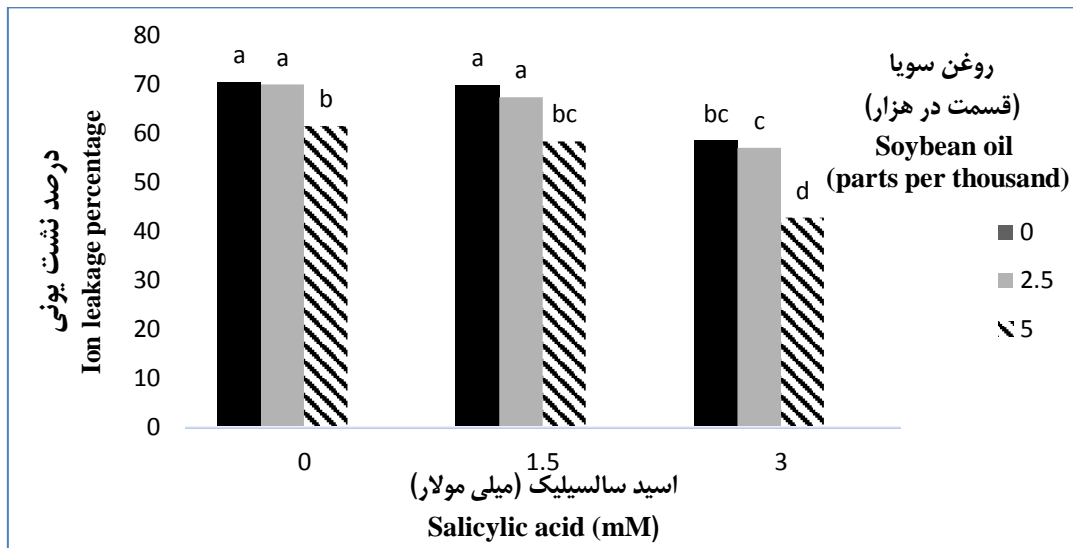


شکل ۵- اثر متقابل سال و محلول پاشی روغن سویا بر پایان گلدهی
 Figure 5- interaction effect of year and soybean oil spraying on the end of flowering

نشت یونی

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل محلول پاشی اسید سالیسیلیک و روغن سویا بر درصد نشت یونی نشان داد که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک و روغن سویا از درصد نشت یونی کاسته شد، بطوریکه کمترین درصد نشت یونی در ترکیب تیماری ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و غلظت ۵ (قسمت در هزار) روغن سویا بدست آمد که نشان دهنده‌ی اثر اسید سالیسیلیک و روغن سویا در کاهش نشت یونی است (شکل ۶). نتایج پژوهش مظفری و یزدان پناه (Mozafari and Yazdan Panah, 2018) نشان داد که در پسته تیمارهای اسید سالیسیلیک و کلسیم موجب کاهش نشت یونی از غشا در پایان تیمار سرمادهی شد. دلیل آن را میتوان چنین بیان کرد که احتمالاً تیمارهای اعمال شده ضمن افزایش فعالیت آنتی اکسیدان‌ها، سبب کاهش سمیت رادیکال‌های آزاد می‌شود.

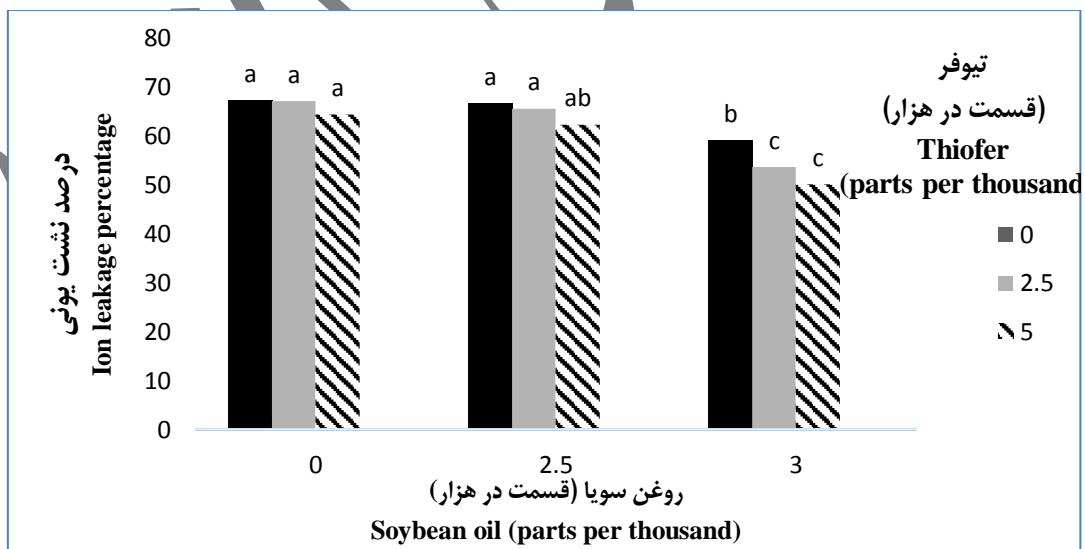
هنگامی که بافت‌های گیاه بر اثر سرما آسیب می‌بینند، رادیکال‌های آزاد اکسیژن مثل سوپراکسید، هیدروژن پراکسیداز و رادیکال‌های هیدروکسیل تجمع می‌یابند و باعث آسیب رساندن به لیپیدها و اسیدهای چرب غشا می‌شوند. تداوم این امر موجب تخریب بیشتر غشای سلول و خروج آب از درون سلول به فضای بین سلولی می‌شود و نتیجه این وضعیت، بروز پدیده آبگز شدن و افزایش نشت یونی است (Azzarello et al., 2009). کاربرد اسید سالیسیلیک سبب کاهش نشت یونی در گیاهان گوجه فرنگی (Senaratna et al., 2000) و انگور (Liu et al., 2008) شده است. تیمار دانه‌های پسته رقم بادامی ریز با اسید سالیسیلیک سبب افزایش مقاومت به سرمای آنها از طریق کاهش نشت یونی شده است (Sajadian, 2011).



شکل ۶- اثر متقابل محلول پاشی اسید سالسیلیک و روغن سویا بر درصد نشت یونی

Figure 6-The interaction effect of salicylic acid and soybean oil foliar spraying on ion leakage percentage

اثر متقابل محلول پاشی تیوفر و روغن سویا بر درصد نشت یونی نشان داد که با افزایش غلظت تیوفر و روغن سویا از درصد نشت یونی کاسته شد بطوری که کمترین درصد نشت یونی در ترکیب تیماری غلظت ۳ (قسمت در هزار) روغن سویا در غلظت ۵ (قسمت در هزار) تیوفر بدست آمد که اختلاف معنی داری با غلظت ۲/۵ (قسمت در هزار) تیوفر نداشت (شکل ۷). می توان بیان کرد که در طول رکود تأثیر محافظتی کربوهیدرات های محلول در غشا بیشتر از پرولین بوده و علت تأثیر مثبت محلول پاشی روغن سویا در کاهش نشت الکترولیت ها اثر آن روی افزایش محتوای کربوهیدرات های محلول باشد (Rasouli *et al.*, 2016).

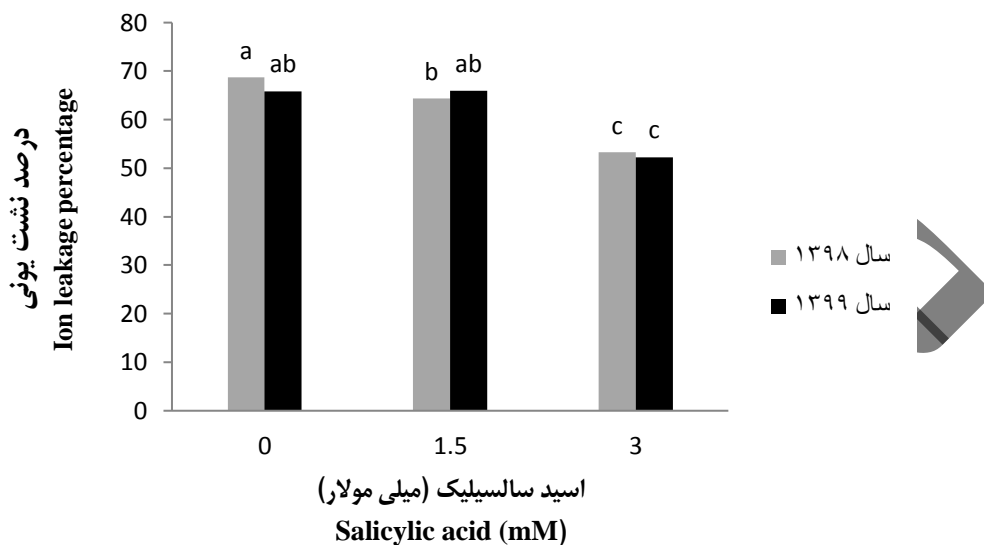


شکل ۷- اثر متقابل محلول پاشی روغن سویا و ضد یخ بر درصد نشت یونی

Figure 7- The interaction effect of soybean oil and antifreeze on the percentage of ion leakage

افزایش غلظت اسید سالسیلیک باعث کاهش درصد نشت یونی شد بطوری که کمترین نشت یونی (۲۲/۵۳ درصد) در تیمار ۳ میلی مولار اسید سالسیلیک که از نظر سال اختلاف معنی داری نداشت، بدست آمد (شکل ۸). حفظ پایداری غشای سلولی طی تنش،

نقش محوری در افزایش تحمل گیاه دارد و شاخص مناسبی از میزان تحمل گیاه به تنش است. غشاهای سلولی و اندامک‌ها، اولین محل آسیب به سلول‌ها در شرایط تنش توسط گونه‌های فعال اکسیژن هستند (Ghasemi *et al.*, 2020). گزارش شده است که اسید سالیسیلیک با مهار گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر، از آسیب به اسیدهای چرب جلوگیری و نفوذپذیری و نشت یونی غشاء را کاهش و از غشاء تیلاکوئیدی در مقابل تنش محافظت می‌کند (Pirasteh-Anosheh *et al.*, 2017).



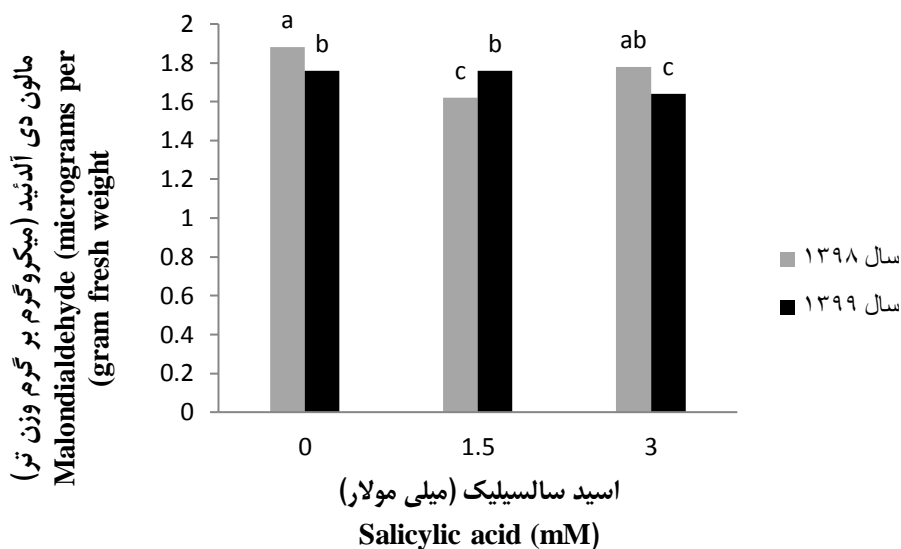
شکل ۸- اثر متقابل سال و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر درصد نشت یونی

Figure 8- The interaction effect of year and salicylic acid foliar spraying on ion leakage percentage

مالون دی آلدئید

اثر متقابل سال و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر میزان مالون دی آلدئید نشان داد که بیشترین فعالیت مالون دی آلدئید (۱/۸۸ میکروگرم بر گرم وزن تر) در شاهد و تیمار ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در سال ۱۳۹۸ بدست آمد (شکل ۹). بهبود فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و میزان مالون دی آلدئید در اثر تیمار کاتولین و سالیسیلیک در گیاهان مختلف گزارش شده است (Ghanbari *et al.*, 2021; Brito *et al.*, 2018). در این رابطه گزارش شده است که تیمار سالیسیلیک با تغییر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و میزان مالون دی آلدئید شرایط بهتری را برای گیاه فراهم می‌کند تا بتواند خسارت اکسیداتیو را کاهش دهد (Bernardo *et al.*, 2017).

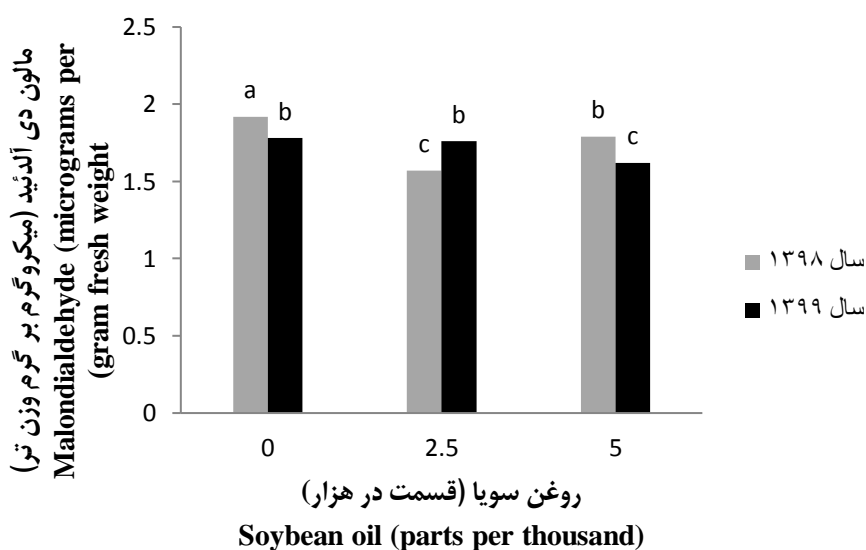
در این پژوهش محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک ممکن است از طریق فعال نمودن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی باعث کاهش میزان مالون دی آلدئید شده باشد، بطوری که این آنزیم‌ها از طریق خنثی نمودن رادیکال‌های فعال اکسیژن مانع صدمه به غشای سلولی شده و در نتیجه منجر به کاهش غلظت مالون دی آلدئید گردیده است.



شکل ۹- اثر متقابل سال و محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر میزان مالون دی آلدئید

Figure 9- The interaction effect of year and salicylic acid foliar spraying on the amount of malondialdehyde

اثر متقابل سال و محلول پاشی روغن سویا بر میزان مالون دی آلدئید نشان داد که بیشترین فعالیت مالون دی آلدئید (۱/۹۲ میکروگرم بر گرم وزن تر) در تیمار شاهد در سال ۱۳۹۸ بدست آمد (شکل ۱۰). تیمار با روغن‌ها با پوشش دادن جوانه‌ها موجب افزایش مقدار کربن دی اکسید و کاهش اکسیژن و در نتیجه باعث کاهش میزان مالون دی آلدئید می‌شود (Rasouli *et al.*, 2016).



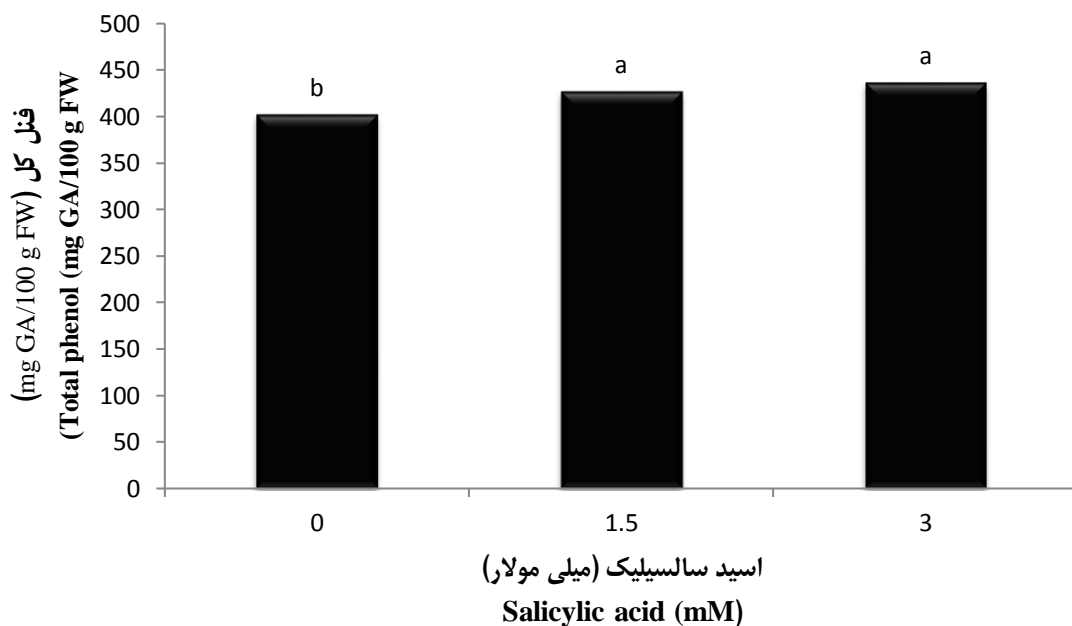
شکل ۱۰- اثر متقابل سال و محلول پاشی روغن سویا بر میزان مالون دی آلدئید

Figure 10- The interaction effect of year and soybean oil spraying on the amount of malondialdehyde

فنل کل

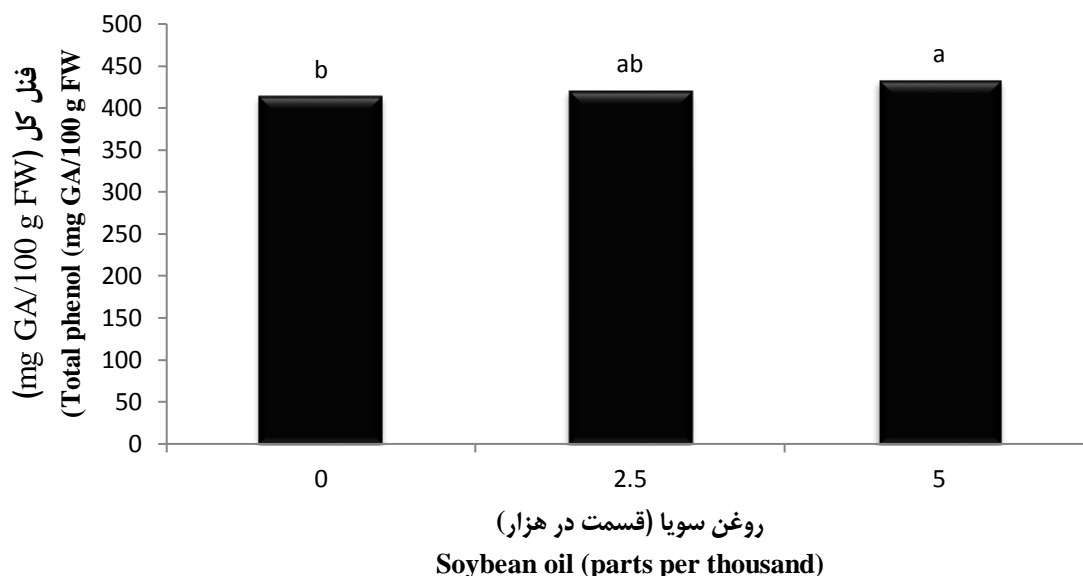
مطابق شکل ۱۱ افزایش غلظت اسید سالیسیلیک باعث افزایش محتوای فنل کل شد بطوری که بیشترین محتوای فنل کل (۵۳/۲۲ درصد) در تیمار ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بدست آمد که تیمار ۱/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک اختلاف معنی‌داری نداشت.

برای سازگار شدن با سرما، ترکیبات فنلی در گیاهان تجمع می‌یابد که این ترکیبات با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گیاه ارتباط دارد (Mozafari and Yazdan Panah, 2018). کاهش دما سبب افزایش تجمع ترکیبات فنلی در گیاه می‌شود و می‌تواند به‌عنوان نوعی سازوکار برای سازگاری و غلبه بر تنش اکسیداتیو ناشی از دمای پایین عمل کند (Balasundram *et al.*, 2007).
 بالسادورام و همکاران (Balasundram *et al.*, 2007) گزارش کردند که تجمع ترکیبات فنلی و پروتئین‌ها در بوته‌های انگور ضمن حفظ پایداری غشا در دمای کم، تولید مالون دی‌آلدهید کمتر و در نتیجه سازگاری بیشتر به دمای کم و به افزایش تحمل به یخ زدگی در آنها منجر می‌شود. افزایش ترکیبات فنلی طی مرحله سازگاری به سرما در پسته (Palonen, 1999) و سیب (Huang and Wang, 1982) مشاهده شده است. چن و تیان (Chan and Tian, 2006) بیان کردند که تجمع ترکیبات فنلی را به دنبال افزایش فعالیت آنزیم‌های فنیل آلانین آمونیا لیاز در انگور پس از کاربرد اسید سالیسیلیک گزارش کردند. بنابراین نتیجه گرفتند که اسید سالیسیلیک نقش مهمی در بیوسنتز ترکیبات فنولی و بیان ژنهای دفاعی گیاه دارد.



شکل ۱۱- اثر ساده محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر میزان فنل کل
 Figure 11- The simple effect of salicylic acid foliar spraying on the amount of total phenol

اثر ساده محلول پاشی روغن سویا بر میزان فنل کل نشان داد که بیشترین محتوای فنل کل در غلظت ۳ (قسمت در هزار) روغن سویا که اختلاف معنی‌داری با در غلظت ۲/۵ (قسمت در هزار) روغن سویا نداشت مشاهده شد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- اثر ساده محلول پاشی روغن سویا بر میزان فنل کل
 Figure 12- The simple effect of soybean oil foliar application on the amount of total phenol

نتیجه گیری

براساس نتایج به دست آمده از این پژوهش، محلول پاشی اسید سالیسیلیک، روغن سویا و ضد یخ طبیعی تیوفر سبب افزایش درصد گل سالم، مادگی سالم و فنل کل و کاهش نشت یونی و مالون دی آلدئید در درختان گیلاس در برابر تنش سرما تحت شرایط کنترل شده شدند. از آنجا که کاهش نشت یونی و افزایش فنل کل مورد بررسی در این پژوهش منجر به افزایش مقاومت به سرما می‌شوند، لذا استفاده از این ترکیبات (تیمار محلول پاشی اسید سالیسیلیک (۱/۵ میلی مولار) به همراه روغن سویا (۵ در ۱۰۰۰) و محلول پاشی ۲/۵ در ۱۰۰۰ ضد یخ طبیعی تیوفر) به عنوان یک روش آسان و ارزان در افزایش تحمل به سرمای بهاره در درختان گیلاس رقم سیاه تکدانه مشهود توصیه می‌شود.

منابع

- Alirezaie Noghondar, M., Bayat, H., and Nemati, H. (2013). Effect of salicylic acid on alleviating of electrolyte leakage and flower organ damage in apricot (*Prunus armeniaca* L. cv. 'Shahroudi') under artificial cold stress. *notulae scientia biologicae* 5(1): 1-5.
- Azzarello, E., Mugnai, S., Pandolfi, C., Masi, E., Marrone, E., and Mancus, O. S. (2009). Comparing image (fractal analysis) and electrochemical (impedance spectroscopy and electrolyte leakage) techniques for the assessment of the freezing tolerance in olive. *Trees* 23: 159-167.
- Balasundram N., Sundram, K., and Samman, S. (2007). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food chemistry* 99: 191- 203.
- Bernardo, S., Dinis, L. T., Luzio, A., Pinto, G., Meijon, M., Valledor, L., and Moutinho-Pereira, J. (2017). Kaolin particle film application lowers oxidative damage and DNA methylation on grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Environmental and Experimental Botany* 139: 39-47.
- Brito, C., Dinis, L. T., Silva, E., Gonçalves, A., Matos, C., Rodrigues, M. A., and Correia, C. (2018). Kaolin and salicylic acid foliar application modulate yield, quality and phytochemical composition of olive pulp and oil from rainfed trees. *Scientia Horticulturae* 237: 176-183.
- Chayani, S., Ershadi, A., and Sari Khani, H. (2016). The effect of soybean oil and naphthalene acetic acid in delaying the bud opening time and reducing spring cold damage in 'Fakhri' grapes. *Journal of crops improvement* 17 (2): 457-371.
- Chan, Z., and Tian, S. (2006). Induction of H₂O₂ metabolizing enzyme and total protein synthesis by antagonistic yeast and salicylic acid in harvested sweet cherry. *Postharvest Biology and Technology* 39: 314-320.
- Dehnavi, A., Rezaei, M., Hokmanadi, H., and Ghorbani, H. (2021). Effects of Ethephon and soybean oil on the time of flowering of two apricot varieties from Shahrood, Iran. *Journal of Crop Production and Processing* 2017; 7 (1) :31-42.
- Ecevit, F.M. (2004). Bimas Team. Isparta / Türkiye, <http://www.bimastarim.com/dogal-bitki-antifrizi.html>.

10. Ghanbari, F., Saidi, M., Akbari, S., and Gravand, S. (2021). The effects of salicylic acid and kaolin on growth, yield and some physiological responses of tomatoe under different irrigation intervals. *Plant Process and Function* 2021; 10 (44) :219-234.
11. Ghasemi, M., Ghasemi, S., Hosseini Nasab, F. A., & Rezaei, N. (2020). Effect of salicylic acid application on some growth traits of Lemon verbena (*Lippia citriodora*) under salinity stress. *Journal of Plant Production Research* 26(4), 163-176. doi: 10.22069/jopp.2019.15790.2417.
12. Hajivand, S., & Rahmati, M. (2018). The effects of anti-freeze compounds on the effective biological materials in freezing tolerance of grape under the orchard conditions. *Journal of horticultural science* 32(1), 159-170. doi: 10.22067/jhorts4.v32i1.64047
13. Huang, Y., and Wang, Z. (1982). Cytological determination of cold resistance in fruit trees (*Malus*). *Acta Horticulture* 9: 23-30.
14. Karimi, R., Saberi, A., and None Khadivi, A. (2021). Effects of foliar spray of agricultural grade mineral oil in springtime, in combination with potassium and calcium sulfates on the phenological and biophysical indices of clusters, and foliar nutritional levels in grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. Sultana (Id. Thompson seedless, Sultanina).
15. Khoram Shahi, L. (2012). The effect of thiofer solution and salicylic acid on spring cold resistance of walnut trees. Boali Sinai University, Hamedan. Master of Science thesis.
16. Kosova, K., Prasil, I.T., Vitamvas, P., Dobrev, P., Motyka, V., and Flokova, K. (2012). Complex phytohormone responses during the cold acclimation of two wheat cultivars differing in cold tolerance, winter Samanta and spring Sandra. *Journal of Plant Physiology* 169, 567–576
17. Liu, Y., Zhang, J., Liu, H., and Huang, W. (2008). Salicylic acid or heat acclimation pre-treatment enhances the plasma membrane-associated ATPase activities in young grape plants. *Scientia Horticulturae* 119: 21-27.
18. Mahmoudi, F., Sheikhzadeh Mosaddegh, P., Zare, N., and Esmailpour, B. (2019). Improvement of seed germination, growth and biochemical characteristics of Borage (*Borago officinalis* L.) seedlings with seed priming under cadmium stress conditions. *Iranian Journal of Plant Biology* 11(1), 23-42. doi: 10.22108/ijpb.2019.111889.1104
19. Mahmoudzade, O., Faroughi, D., and Imani, A. (2012). The effect of some chemical compounds on the frost injury of apricot under West Azerbaijan conditions. Second National Conference on climate change and its impact on agriculture and the environment, Urmia, agricultural research center, West Azerbaijan.
20. Miura, K., and Tad, K. (2014). Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. *Frontiers in Plant Science* 5 (4) 1-12.
21. Mozafari, V., and Yazdan Panah, F. (2018). The effect of salicylic acid and calcium on the frost resistance of pistachio seeds of Kale-Ghochi variety. *Applied soil research* 7(7): 74-80. In Persian with English abstract.
22. Nasiri, A., Shoukohan, A. K., Qavidel, A., and Ainizadeh, S. (2021). Investigating the effect of nutrition on the cold resistance of apple trees, master of science thesis of Mohaghegh Ardabili University.
23. Noreen, S., and Ashraf, M. (2010). Modulation of salt (NaCl)-induced effects on oil composition and fatty acid profile of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by exogenous application of salicylic acid. *Journal of Science of Food and Agriculture* 90, 2608:2616.
24. Palonen, P. (1999). Relationship of seasonal changes in carbohydrates and cold hardiness in canes and buds of three red raspberry cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 124: 509-513.
25. Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y., Rousta, M. J., and Hashemi, S. E. (2017). Effect of salicylic acid on biochemical attributes and grain yield of barley (*Hordeum vulgare* L. cv. Nosrat) under saline conditions. *Iran. J. Crop Sci.* 18: 3. 232-244. (In Persian)
26. Pirkhezari, M. (2018). Investigating the effect of plant antifreeze compounds in preventing spring frost of plum and tomato trees (*Prunus* spp), 11th Iranian Congress of Horticultural Sciences, Urmia.) In Persian with English abstract.
27. Grunfleh, I. M. (2010). Delaying bud break in 'Edelweiss' grapevines to avoid spring frost injury by NAA and vegetable oil applications. Ph.D. thesis, University of Nebraska-Lincoln, USA.
28. Rasouli, M., Raushi, P., and Babaei, A. (2016). Evaluation of the effect of soybean oil on some physiological indicators related to cold tolerance in "Bidane Safid" grapes. *Researches on fruit production* 2(2):82-95. In Persian with English abstract.
29. Ronald, S., and Laima, S. (1999). Phenolics and cold tolerance of *Brassica napus*. International Rapeseed Congress.
30. Sairam, R. K., Rao, K. V., Srivastava, G. C. (2002). Differential response of wheat genotypes to longterm salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science.* 163: 1037–1046.
31. Sajadian, H. (2011). Investigating the effect of salicylic acid on cold resistance of small almond pistachio seeds using ion leakage. *Proceedings of the 7th Congress of Horticultural Sciences of Iran.* pp. 132-134. In Persian with English abstract
32. Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E., and Dixon, K. (2000). Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation* 30: 157–161.
33. Solonkin, A., Nikolskaya, O., and Semnichenko, E. (2022). The Effect of Low-Growing Rootstocks on the Adaptability and Productivity of Sour Cherry Varieties (*Prunus cerasus* L.) in Arid Conditions. *Horticulturae* 2022; 8(5):400. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8050400>.
34. USDA, N. (2020). The Plants Database. Greensboro: National plant data team. <http://plants.usda.gov/>.
35. Zhang, J. Z., Creelman, R. A., and Zhu, J. K. (2004). From laboratory to field Using information from Arabidopsis to engineer salt, cold and drought tolerance in crops. *Plant Physiology* 135(2): 615-621.

)

نسخه خلاص انتشار