

تأثیر سالیسیلیک اسید بر میزان فلاونوئیدها، آپی ژنین، آنتوسیانین و قندها در بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.)

فاطمه زرین کمر^{۱*}، اعظم عبدالله‌زاده زاویه جک^۱، مظفر شریفی^۱ و مهرداد بهمنش^۲
^۱ گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
^۲ گروه ژنتیک، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

چکیده

در این پژوهش، تأثیر سالیسیلیک اسید بر برخی از ترکیبات فنلی و قندهای محلول در بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) بررسی شد. غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید در گیاهان ۹۰ روزه در کشت هیدروپونیک طی چهار روز مطالعه شد. اگر چه غلظت ۰/۱۲۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید آثار واضحی داشت، بررسی‌ها نشان داد که غلظت‌های بالا سبب توقف رشد و از بین رفتن گیاه می‌شود و غلظت‌های پایین تأثیر ویژه‌ای ندارد. نتایج حاصل از HPLC و سنجش فلاونوئید، آنتوسیانین و آپی ژنین نشان داد که میزان این ترکیبات پس از ۲۴ ساعت نسبت به گیاهان شاهد افزایش معنی‌داری نشان می‌دهند. در تیمار سالیسیلیک اسید کاهش معنی‌داری در جوانه‌زنی گیاهان تیمار شده نسبت به شاهد مشاهده شد. به طور کلی، سالیسیلیک اسید در غلظت ۰/۱۲۵ میلی مولار باعث افزایش فلاونوئید، آپی ژنین، آنتوسیانین و قندهای محلول نسبت به گروه شاهد شد.

واژه‌های کلیدی: آپی ژنین، آنتوسیانین، بابونه آلمانی، سالیسیلیک اسید

مقدمه

(Martens and Mithofer, Winkel-shirley, 2001)

2005). فلاونوئیدها از ترکیب مسیر شیکمات (shikimate) و مسیر استات (acetate) تولید می‌شوند. در طول مسیر شیکمات، آمینو اسید آروماتیک L- فنیل آلانین (L-Phe) ساخته می‌شود. این آمینو اسید طی دآمیناسیون توسط آنزیم فنیل آلانین آمونیا لایز (PAL) به مواد سازنده اسیدهای فنیل پروپانویک تبدیل می‌شود

تنش‌های زیستی و غیر زیستی باعث القای پاسخ دفاعی در گیاهان می‌شوند. مکانیسم‌های دفاعی مختلفی در طول تکامل به وجود آمده‌اند. یکی از این مکانیسم‌ها تولید ترکیبات اختصاصی مانند فلاونوئیدها است که علاوه بر نقش متنوع آنها در فیزیولوژی، بیوشیمی و بوم‌شناسی گیاهان، نقش مهمی در تغذیه انسان دارند

مواد و روش‌ها

کاشت گیاه

بذر *M. chamomilla* L. از مؤسسه جهاد کشاورزی اصفهان خریداری شد. گلدان‌های حاوی بذرها کاشته شده در گلخانه در دمای بیشینه ۲۸ درجه سانتیگراد و کمینه ۱۵ درجه سانتیگراد قرار گرفتند و ابتدا به مدت یک ماه با مه‌پاش آبیاری شدند. سپس، گیاهان ۹۰ روزه وارد محیط هو گلند ۱/۲ شدند.

تیمار سالیسیلیک اسید

طیف غلظت‌های صفر، ۰/۰۵، ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید روی گیاه تیمار و آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد.

اندازه‌گیری درصد جوانه‌زنی بذر

برای اندازه‌گیری درصد جوانه‌زنی، بذرها در پتری‌دیش و شرایط استریل قرار داده شدند. سالیسیلیک اسید ۰/۱۲۵ میلی‌مولار اضافه شد. پس از سه روز درصد بذرها جوانه‌زده مشخص شد. آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد.

سنجش فلاونوئید کل

برای سنجش فلاونوئیدها ۰/۲ گرم توده سلولی منجمد شده در ۳ میلی‌لیتر اتانول اسیدی (اتانول و استیک اسید به نسبت ۹۹ به ۱) خوب ساییده، به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰g سانتیفریوژ شد. محلول رویی به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد. میزان جذب نمونه‌ها پس از سرد شدن توسط اسپکتروفتومتر در سه طول موج ۲۷۰، ۳۰۰ و ۳۳۰ نانومتر خوانده شد. برای محاسبه غلظت فلاونوئیدها از ضریب خاموشی $33000 \text{ cm}^{-2} \text{ mol}^{-1}$ استفاده شد (Križek *et al.*, 1993).

(Taiz and Zeiger, 2002). فلاونوئیدها ترکیبات طبیعی با ارزشی هستند که در مسیر فنیل پروپانوئید بیوستز می‌شوند (Tanaka *et al.*, Stefan and Axel, 2005). گونه گیاهی *Matricaria chamomilla* L. با نام عمومی بابونه آلمانی (chamomile German) به راسته Asterals، تیره Asteroidea (Compositae)، زیر تیره Asteraceae (Compositae) قبیله Anthemideae تعلق دارد (Mozaffarian, 1996؛ Judd *et al.*, 2008). بابونه یکی از گیاهان دارویی بسیار قدیمی است که عمدتاً به علت ویژگی‌های ضد التهابی و ضد اسپاسمی کاربرد دارد (Appelt, 1985؛ Murti, 2012؛ Strivastava *et al.*, 2010). بیش از ۱۲۰ ترکیب در گل بابونه شناسایی شده است (Raal *et al.*, 2011). ترکیب اصلی گل‌ها از چندین ترکیب فنلی که عمدتاً شامل فلاونوئیدهای کلروژنیک اسید، آمبلی فرون، آپی ژنین، کوئرستین، باتولتین، لوتولین و سایر فلاونوئیدهاست، تشکیل شده است. ترکیبات اصلی ترپنوئیدی آن ترپنوئیدهای α -بیزابولول و اکسیدهای آن و از آزولن‌ها مانند کامازولن است. از مهم‌ترین مولکول‌های سیگنالی سالیسیلیک اسید (salicylic acid) است. سالیسیلیک اسید روی فرآیندهای مختلف گیاهی مانند گل‌دهی، تولید گرما و افزایش مقاومت به بیماری‌ها تأثیرگذار است. همچنین، تغییر و بهبود فعالیت برخی از آنزیم‌های مهم از دیگر آثار مهم سالیسیلیک اسید است (Hayat *et al.*, Popova *et al.*, 1997؛ Shah, 2003). در این پژوهش، تأثیر غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید بر تحریک بیوستز فلاونوئیدها به ویژه آپی ژنین و آنتوسیانین در بابونه آلمانی در محیط هیدروپونیک مطالعه شد.

سنجش آنتوسیانین کل

برای سنجش آنتوسیانین، ۰/۲ گرم از اندام هوایی گیاه در ۳ میلی لیتر متانول اسیدی (متانول و کلریدریک اسید به نسبت ۹۹ به ۱) خوب ساییده، عصاره حاصل به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰g سانتیفیوژ شد. محلول رویی به مدت ۱۲ ساعت درون فویل در شرایط تاریکی و دمای آزمایشگاه قرار داده شد، جذب آن در طول موج ۵۵۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (UV 2100, UNICO USA) خوانده شد. برای محاسبه غلظت آنتوسیانین از ضریب خاموشی $33000 \text{ cm}^2 \text{ mol}^{-1}$ استفاده شد (Masukasu *et al.*, 2003).

اندازه گیری قندهای محلول

۰/۱ تا ۰/۲ گرم از نمونه های منجمد در ۳ میلی لیتر آب مقطر ساییده شد. سپس، محلول همگن حاصل با کاغذ صافی صاف شد. برای اندازه گیری قند نمونه، به ۵۰ میکرولیتر از همگن صاف شده ۰/۵ میلی لیتر فنل ۵ درصد و ۲/۵ میلی لیتر سولفوریک اسید ۹۸ درصد اضافه شد. بلافاصله پس از افزودن سولفوریک اسید، واکنشی گرمازا همراه با تولید رنگ نارنجی ایجاد می شود که تولید حرارت زیادی می کند. بنابراین، ضروری است پس از افزودن اسید، مخلوط واکنش ۱۰ دقیقه در دمای اتاق خنک شود.

برای رسم منحنی استاندارد از غلظت های مختلف گلوکز (صفر تا ۲۰ میکروگرم در میلی لیتر) استفاده شد. جذب استانداردها به همراه جذب قند کل نمونه با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۹۰ نانومتر اندازه گیری و مقدار قند نمونه بر مبنای وزن تر نمونه تعیین شد (Dubois *et al.*, 1956).

استخراج آپی ژنین

برای استخراج آپی ژنین ۰/۵ گرم از پودر گل گیاه در ۲۰ میلی لیتر متانول ریخته شد و به مدت ۲ ساعت در دستگاه سونیکاتور قرار گرفت. عصاره به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰g سانتیفیوژ شد. محلول رویی به مدت ۱۲ ساعت برای تجزیه الکل در دمای آزمایشگاه قرار گرفت. در پایان، در ۳۰۰ میکرولیتر متانول حل شد (Dighe *et al.*, 2007).

اندازه گیری آپی ژنین

عصاره استخراج شده حاوی آپی ژنین توسط دستگاه HPLC (مدل Knauer Germany) سنجیده شد. بدین منظور از ستون ODS-80Ts column (4.6×250 mm) استفاده شد. جذب نمونه ها با سرعت ۱ ml/min و شیب خطی ۲۵-۷۵ درصد حاوی آب دیونیزه و استونیتریل در طول موج ۳۴۰ نانومتر خوانده شد.

تحلیل داده ها

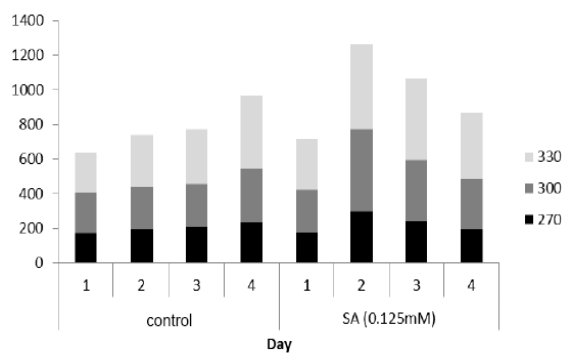
این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تحلیل داده ها با نرم افزار MSTATC و تحلیل واریانس با ANOVA یک طرفه با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام شد. همچنین، رسم نمودارها با نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج

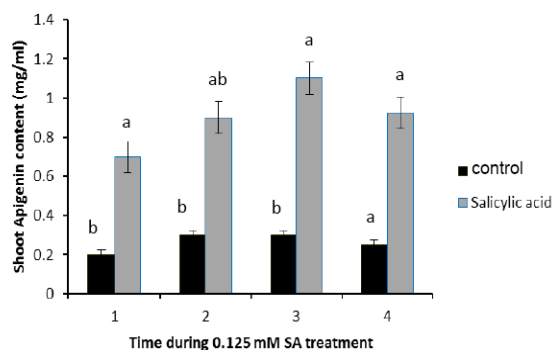
ابتدا برای پیدا کردن غلظت مناسب سالیسیلیک اسید، به منظور انجام مطالعات بیشتر، دامنه وسیعی از غلظت ها (صفر، ۰/۰۵، ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ میلی مولار) روی گیاه تیمار شد. بررسی ها نشان داد که غلظت های بالا باعث توقف رشد و از بین رفتن گیاه می شوند و غلظت های پایین تأثیر ویژه ای بر مقدار فلاونوئیدها

نتایج حاصل از سنجش آنتوسیانین در اندام هوایی نشان دادند که میزان آنتوسیانین در تحت تأثیر غلظت ۰/۱۲۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در طول سه روز نخست روند افزایشی داشته و پس از آن تفاوت معنی‌داری بین میزان آن با شاهد وجود ندارد (شکل ۳).

نتایج حاصل از HPLC نشان داد که غلظت ۰/۱۲۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید باعث افزایش میزان آپی‌ژنین در اندام هوایی نسبت به گیاهان شاهد شده است، با وجود این، تفاوت معنی‌داری در میزان آپی‌ژنین در طی چهار روز مشاهده نشد (شکل ۴).



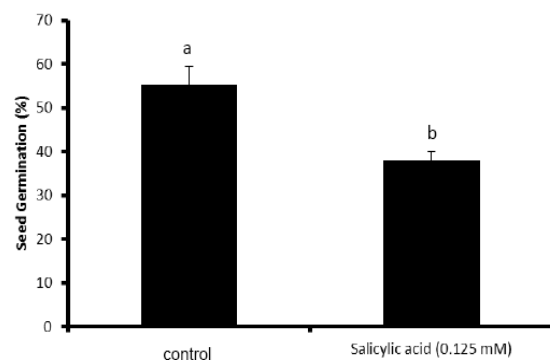
شکل ۲- اثر سالیسیلیک اسید بر فلاونوئید کل اندام هوایی در بابونه آلمانی. مقادیر میانگین ۳ تکرار \pm انحراف معیار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P \leq 0.05$ است.



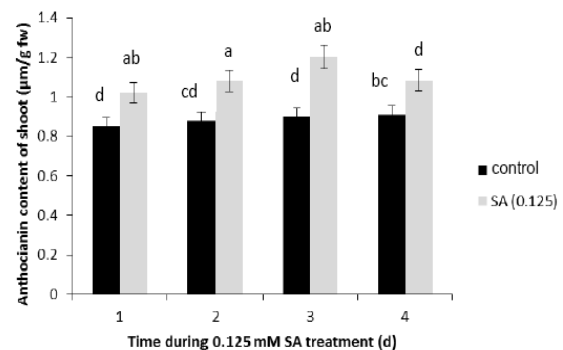
شکل ۴- اثر سالیسیلیک اسید بر میزان آپی‌ژنین اندام هوایی در بابونه آلمانی. مقادیر میانگین ۳ تکرار \pm انحراف معیار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P \leq 0.05$ است.

نداشتند. به همین علت، غلظت ۰/۱۲۵ میلی‌مولار مناسب تشخیص داده شد و برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد. از این غلظت ۳ تکرار در نظر گرفته شد. غلظت ۰/۱۲۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید در مقایسه با گروه شاهد باعث مهار جوانه‌زنی بذرها شد (شکل ۱).

نتایج حاصل از سنجش فلاونوئیدها نشان داد که در نمونه‌های شاهد تفاوت معنی‌داری بین فلاونوئید کل در طی ۴ روز وجود ندارد، در حالی که در روز دوم در نمونه‌های تیمار شده با سالیسیلیک اسید، میزان فلاونوئیدها افزایش یافته است. این روند در روز چهارم کاهش پیدا کرد (شکل ۲).



شکل ۱- درصد جوانه‌زنی بذر بابونه آلمانی. مقادیر میانگین ۶ تکرار \pm انحراف معیار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P \leq 0.05$ است.



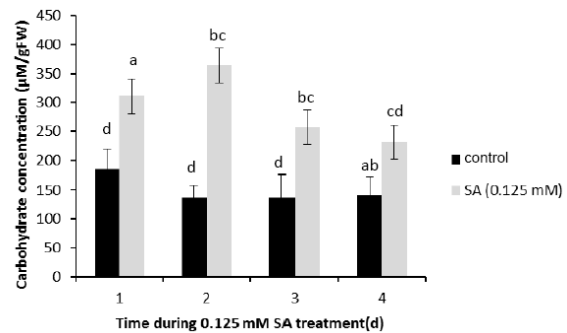
شکل ۳- اثر سالیسیلیک اسید بر میزان آنتوسیانین اندام هوایی در بابونه آلمانی. مقادیر میانگین ۳ تکرار \pm انحراف معیار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P \leq 0.05$ است.

بین رفتند. با وجود این، جای سؤال است که طبق گزارش Pastirova و همکاران (۲۰۰۴) گیاهانی که در غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید کاشته شده بودند، زنده ماندند. غلظت‌های ۲۰۰ میکرومولار از سالیسیلیک اسید در کشت سلولی ریشه *Panax ginseng* نیز آثار مخرب داشته است (Ali *et al.*, 2006).

فلاونوئیدها یکی از متنوع‌ترین ترکیبات طبیعی هستند که توانایی جذب رادیکال‌های آزاد را دارند. مشاهدات ثابت می‌کند که ۲۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید باعث افزایش درخورد توجه میزان فلاونوئیدها در گیاه *Panax ginseng* می‌شود (Ali؛ Yu *et al.*, 2006؛ Ali *et al.*, 2007). در این پژوهش نیز میزان فلاونوئیدها پس از ۲۴ ساعت تحت تأثیر سالیسیلیک اسید افزایش یافت که در نتیجه پاسخ گیاه در برابر سالیسیلیک اسید است.

کاربرد سالیسیلیک اسید به عنوان عاملی تنش‌زا باعث تولید طیف وسیعی از فلاونوئیدها می‌شود. Pastirova و همکاران (۲۰۰۴) بیشترین مقدار آمبلی فرون را در ۷۲ ساعت پس از کاربرد یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید مشاهده کردند. در غلظت‌های ۵۰ و ۲۵۰ میکرومولار تغییری در ترکیب آمبلی فرون مشاهده نشد، در حالی که افزایش بسیار معنی‌داری در میزان اسیدهای فنلی مشاهده شد (Kovacik *et al.*, 2009). در مجموع در پژوهش حاضر، غلظت ۰/۱۲۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید باعث افزایش میزان آپی ژنین در اندام هوایی نسبت به گیاهان شاهد شده است، در حالی که تفاوت معنی‌داری در میزان آپی ژنین در طی چهار روز مشاهده نشد.

میزان قندهای محلول کل در گیاهان تیمار شده نسبت به گیاهان شاهد افزایش معنی‌داری داشت. پس از ۲۴ ساعت میزان آن به بیشترین مقدار خود می‌رسد که تا روز سوم ادامه پیدا می‌کند، با وجود این، پس از روز سوم، میزان آن تقریباً تا حد گیاهان شاهد کاهش پیدا می‌کند (شکل ۵).



شکل ۵- اثر سالیسیلیک اسید بر میزان قندهای محلول کل در بابونه آلمانی. مقادیر میانگین ۳ تکرار \pm انحراف معیار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح $P \leq 0.05$ است.

بحث

سالیسیلیک اسید مولکولی مؤثر است که باعث ایجاد مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی در گیاهان می‌شود. تأثیر سالیسیلیک اسید وابسته به غلظت، نوع گیاه و مرحله‌نموی آن است. با وجود این، زمانی که در غلظت‌های بالا استفاده می‌شود عاملی سمی برای گیاه محسوب می‌شود که به مرگ گیاه منجر می‌شود (Kovacik *et al.*, 2009).

در آزمایش‌های ابتدایی با غلظت‌های ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید گیاهان پس از ۲۴ و ۴۸ ساعت به ترتیب پژمرده شدند و گیاه از بین رفت. در مطالعات Kovacik و همکاران (۲۰۰۹) نیز در غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید گیاهان از

تأثیری بر میزان آنتوسیانین در برگ‌های غیر سبز ذرت نداشته است. در پژوهش حاضر مطابق شکل ۳ تفاوت معنی‌داری بین میزان آنتوسیانین در نمونه‌های شاهد و تیمار شده وجود دارد. این نتایج تأثیر سالیسیلیک اسید بر تولید آنتوسیانین را تأیید می‌کند.

به طور کلی، میزان قندهای محلول در گیاهان تیمار شده نسبت به گیاهان شاهد افزایش معنی‌داری داشت که نشان می‌دهد تنش‌های مختلف می‌توانند از طریق تولید سالیسیلیک اسید علاوه بر متابولیت‌های ثانویه بر متابولیت‌های اولیه نیز اثر گذارند.

در گیاهان تولید آنتوسیانین تحت تأثیر متقابل عوامل داخلی و خارجی مانند نور، دما، کربوهیدرات، هورمون‌های گیاهی و تنش آبی است. این عوامل اکثراً از طریق تأثیر بر عوامل رونویسی بر میزان آنتوسیانین تأثیر می‌گذارند (Kim *et al.*, 2006). مطالعات Sudha و Ravishankar (۲۰۰۳) نشان داد که میزان آنتوسیانین در هویج تحت تأثیر غلظت ۲۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید در طول ۲۱ روز اول کاهش یافته، اما در طول دوره زمانی ۲۱ روزه افزایش یافته است. در تحقیقات Kim و همکاران (۲۰۰۶) سالیسیلیک اسید

منابع

- Ali, M. B., Yu, K. W., Hahn, E. J. and Paek, K. Y. (2006) Methyl jasmonate and salicylic acid elicitation induces ginsenosides accumulation, enzymatic and non-enzymatic antioxidant in suspension culture of *Panax ginseng* roots in bioreactor. *Plant Cell Reports* 25: 613-620.
- Ali, M. B., Hahn, E. J. and Paek, K. Y. (2007) Methyl jasmonate and salicylic acid induced oxidative stress and accumulation of phenolics in *Panax ginseng* bioreactor root suspension cultures. *Molecules* 12: 607-621.
- Appelt, G. D. (1985) Pharmacological aspects of selected herbs employed in Hispanic folk medicine in the San Luis Valley of Colorado, USA: I. *Ligusticum porteri* (osha) and *Matricaria chamomilla* (manzanilla). *Journal of Ethnopharmacology* 13: 51-55.
- Dighe, V. V., Pathak, G. M., Tulpule, K. M. and Gokarn V. N. (2007) HPTLC method for quantification of apigenin in the dried root powder of *Gmelina arborea* linn. *Journal of Planar Chromatography* 20: 179-182.
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A. and Smith, F. (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry* 28: 350-356.
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A. (2010) Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. *Environmental and Experimental Botany* 68: 14-25.
- Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellog, E. A., Stevens, P. F. and Donahue, M. J. (2008) *Plant Systematics: A Phylogenetic Approach*. 3rd edition, Sinauer Associates, Sunderland.
- Kim, J. S., Lee, B. H., Kim, S. H., Ok, K. H. and Cho, K. Y. (2006) Response to environmental and chemical signals for anthocyanin biosynthesis in nonchlorophyllous corn (*Zea mays* L.) leaf. *Journal of Plant Biology* 49: 16-25.
- Kovacik, J., Gruz, J., Backor, M., Strnad, M. and Repcak, M. (2009) Salicylic acid-induced changes to growth and phenolic metabolism in *Matricaria chamomilla* plants. *Plant Cell Reports* 28: 135-143.
- Krizek, D. T., Kramer, G. F., Upadyaya, A. and Mirecki, R. M. (1993) UV-B response of cucumber seedling grown under metal halide and high pressure sodium/deluxe lamps. *Plant Physiology* 88: 350-358.

- Martens, S. and Mithofer, A. (2005) Flavones and flavone synthases. *Phytochemistry* 66: 2399-2407.
- Masukasu, H., Karin, O. and Kyoto, H. (2003) Enhancement of anthocyanin biosynthesis by sugar in radish (*Raphanus sativus*) hypocotyls. *Plant Science* 164(2): 259-265.
- Pastirova, A., Repcak, M. and Eliasova, A. (2004) Salicylic acid induces changes of coumarin metabolites in *Matricaria chamomilla* L. *Plant Science* 167: 819-824.
- Popova, L., Pancheva, T. and Uzunova, A. (1997) Salicylic acid: properties, biosynthesis and physiological role. *Plant Physiology* 23: 85-93.
- Raal, A., Kaur, H., Orav, A., Arak, E., Kailas, T. and Müürisepp, M. (2011) Content and composition of essential oils in some Asteraceae species. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences* 1: 55-63.
- Shah, J. (2003) The salicylic acid loop in plant defense. *Current Opinion in Plant Biology* 6: 365-371.
- Murti, K., Panchal, M. A., Gajera, V. and Solanki, J. (2012) Pharmacological properties of *Matricaria recutita*: a review. *Pharmacologia* 3 (8): 348-351.
- Strivastava, J. K., Shankar, E. and Gupta, S. (2010) Chamomile: a herbal medicine of the past with bright future. *Molecular Medicine Reports* 3: 895-901.
- Stefan, M. and Axel, M. (2005) Flavones and flavone synthases. *Phytochemistry* 66: 2399-2407.
- Sudha, G. and Ravishankar, G. A. (2003) Influence of methyl jasmonate and salicylic acid in the enhancement of capsaicin production in cell suspension cultures of *Capsicum frutescens* Mill.. *Current Science* 85: 1212-1217.
- Tanaka, Y., Sasaki, N. and Ohmiya, A. (2008) Biosynthesis of plant pigments: anthocyanins, betalains and carotenoids. *The Plant Journal* 54: 733-749.
- Taiz, L. and Zeiger, E. (2002) *Plant physiology*. 3rd edition, Sinauer Associates, Sunderland.
- Vogt, T. (2010) Phenylpropanoid biosynthesis. *Molecular Plant* 3(1): 2-20.
- Winkel-Shirley, B. (2001) Flavonoid biosynthesis, a colorful model for genetics, biochemistry, cell biology and biotechnology. *Plant Physiology* 126: 485-493.
- Yu, Z. Z., Fu, C. X., Han, Y. S., Li, Y. X. and Zhao, D. X. (2006) Salicylic acid enhances jaceosidin and syringin production in cell cultures of *Saussurea medusa*. *Biotechnology Letter* 28: 1027-1031.
- Mozaffarian, V. (1996) *A dictionary of Iranian plant names*. Farhange Moaser Press. Tehran (in Persian).

Effect of salicylic acid on flavonoids, apigenin, anthocyanin and carbohydrate in *Matricaria chamomilla* L.

Fatemeh Zarinkamar ^{1*}, Azam Abdollahzadeh Zaviehjak ¹, Mozaffar Sharifi ¹
and Mehrdad Behmanesh ²

¹ Department of Plant Biology, Faculty of Biological Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

² Department of Genetics, Faculty of Biological Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Abstract

Salicylic acid is a common plant-produced phenolic compound and sited as a plant hormone. The work reported in this paper investigated the effects of different concentration of exogenous application of salicylic acid on flavonoids, anthocyanin, apigenin and carbohydrates in hydroponically- grown *Matricaria chamomilla* L. (german chamomile) during 4 days. Although 0.125 mM salicylic acid applications produced prominent results, higher salicylic acid dose had a toxic effect. Indeed, salicylic acid treatments effectively promoted the production of a wide range of plant secondary metabolites. Generally, 0.125 mM salicylic acid increased flavonoids, anthocyanin, apigenin and soluble sugars compared to the control. Salicylic acid was also shown to inhibit seed germination.

Key words: Apigenin, Anthocyanin, *Matricaria chamomilla* L., Salicylic acid

* Corresponding Author: zarinkamar@modares.ac.ir