Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants
ISSN: 2322-3235 (Print), 2783-4697 (Online) http:// http://ecophytochemical.gorganiau.ac.ir

Doi: 10.30495/ejmp.2022.1943914.1661
Dor: 20.1001.1.23223235.1401.10.3.1.9

Phytochemical changes and growth performance of *Thymus daenensis* Celak. essential oil under the influence of light and salicylic acid

Leila Abdi[1*], HamidReza Asghari[2], Majid Tolyat Abolhassan[3], Mohammad Reza Amerian[2], Hasan Ali Naghdi Bodi[4]

[1]PhD student, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran, Email: Leila_abdi@ymail.com
[2]Associate Professor, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
[3]Assistant Professor, Medicinal Plants Research Center, Institute of Medicinal Plants, ACECR, Karaj, Iran
[4]Associate Professor, Iranian Biolocal Resource Center, Institute of Medicinal Plants, ACECR, Karaj, Iran

Serial 39, 10th year, Number 3, Autumn 2022 (69-84)

Article type:
Research Full Paper

Article history
Received: 2-11-2021
Revised: 29-12-2021
Accepted: 21-03-2022

Keywords
Carvacrol
Essential oil
Light
Salicylic acid
Thymus daenensis Celak.
Thymol

Abstract

In this study, to investigate the phytochemical changes of essential oil and growth performance of *Thymus daenensis* Celak. affected by light and salicylic acid, an experiment was conducted as a split plot in a completely randomized block design with three replications. The tested factors included salicylic acid foliar spraying at three levels (0-0.2 M) and two light levels (50-100%). Special nets were used to create 50% shading. The amount of light reduction compared to the control treatment was measured by a lux meter. Foliar spraying was done before flowering. Plant essential oil was obtained from flowering aerial branches by Clevenger apparatus and analyzed by GC-MS. The highest yield of flowering branches and height were from 0.1 M salicylic acid (33.35 kg/ha and 24.33 cm, respectively) and full light treatments (32.50 kg/ha and 22.47cm respectively). The highest amount of chlorophyll a (5.2 mg/g), chlorophyll b (1.98 mg/g) and the number of lateral branches (180/35) due to the application of 0.1 M salicylic acid × 50% light treatment significantly increased compared to the control treatment. The amount of essential oil decreased with increasing light intensity and the use of salicylic acid improved this attribute. So that with full light intensity it reached the lowest level of 1.95% and the application of 0.1 M salicylic acid increased the percentage of essential oil (3.1) compared to the control treatment. The most components of thyme essential oil with the use of 0.1 M salicylic acid× 50% light treatment include carvacrol (4.4%), paracetamol (14.6%), beta-caryophylline (5.95%). Also, the highest amount of thymol was related to 0.1 M salicylic acid treatment (59.66%) and full light (57.8%). In general, the results showed that the use of salicylic acid has a positive effect on improving the qualitative and quantitative characteristics of the essential oil components of thyme. (5.95%). Also, the highest amount of thymol was related to 0.1 M salicylic acid (59.66%) and full light (57.8%). In general, the results showed that the application of salicylic acid had a positive effect on improving the qualitative and quantitative characteristics of the essential oil components of thyme.

استناد: لیلا عبدی، حمیدرضا اصغری، مجید تولیت ابوالحسنی، محمدرضا عامریان، حسنعلی نقدی بادی. (۱۴۰۱). بررسی تغییرات فیتوشیمیایی اسانس و عملکرد رشد گیاه دارویی *Thymus daenensis* Celak. تحت تأثیر نور و اسید سالیسیلیک. *فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی*، ۱۰ (۳)، ۸۵-۶۹.

فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی

شاپا: (چاپی) ۲۳۲۲-۳۲۳۵ (آنلاین) ۴۶۹۷-۲۷۸۳، http://ecophytochemical.gorganiau.ac.ir

Doi:10.30495/ejmp.2022.1943914.1661
Dor: 20.1001.1.23223235.1401.10.3.1.9

بررسی تغییرات فیتوشیمیایی اسانس و عملکرد رشد گیاه دارویی *Thymus daenensis* Celak. تحت تأثیر نور و اسید سالیسیلیک

لیلا عبدی[1*]، حمیدرضا اصغری[2]، مجید تولیت ابوالحسنی[3]، محمدرضا عامریان[2]، حسنعلی نقدی بادی[4]

۱.دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، ایران، رایانامه: leila_abdi@ymail.com

۲. دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، ایران

۳. استادیار، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج، ایران

۴. دانشیار، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج، ایران

سال دهم، شماره ۳۹، پاییز ۱۴۰۱ / صفحات: ۸۴-۶۹

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۱۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۰/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۰۲

واژه‌های کلیدی:
آویشن دنایی
اسانس
اسید سالیسیلیک
تیمول
کارواکرول
نور

چکیده

در این تحقیق به منظور بررسی فیتوشیمیایی اسانس و عملکرد رشد آویشن دنایی *Thymus daenensis* Celak. متأثر از نور و اسید سالیسیلیک، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای مورد آزمایش شامل محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در سه سطح (۰/۲-۰ مولار) و دو سطح نوری (۱۰۰-۵۰ درصد) لحاظ شد. به‌منظور ایجاد ۵۰ درصد سایه دهی از تورهای مخصوص استفاده شد. میزان کاهش نور در مقایسه با تیمار شاهد توسط لوکس متر اندازه‌گیری و محلول پاشی گیاهان قبل از شروع گل دهی انجام گرفت. اسانس سرشاخه‌های گلدار گیاه با استفاده از دستگاه تقطیر با آب (طرح کلونجر) استخراج و ترکیبات اسانس با استفاده از دستگاه GC-MS شناسایی گردید. بیشترین میزان عملکرد اسانس مربوط به سرشاخه‌های گلدار به‌ترتیب از تیمار ۰/۱ مولار اسیدسالیسلیک ۳۳/۳۵ کیلوگرم در هکتار و ۲۴/۳۳ سانتی‌متر و از تیمار نور کامل ۳۲/۵۰ کیلوگرم در هکتار و ۲۲/۴۷ سانتی‌متر بدست آمد. بیشترین میزان کلروفیل a (۵/۲ میلی‌گرم در گرم)، کلروفیل b (۱/۹۸ میلی‌گرم در گرم) و تعداد شاخه‌های جانبی (۱۸۰/۳۵ عدد) به واسطه کاربرد اسید سالیسیلیک ۰/۱ مولار × تیمار ۵۰ درصد نور به‌طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت. میزان اسانس با افزایش شدت نور کاهش یافت و کاربرد اسید سالیسیلیک سبب بهبود این صفت گردید. به‌طوری‌که با شدت نور کامل به کمترین میزان ۱/۹۵ درصد رسید و کاربرد اسید سالیسیلیک ۰/۱ مولار سبب افزایش درصد اسانس (۳/۱) نسبت به تیمار شاهد گردید. بیشترین اجزای تشکیل دهنده اسانس آویشن با کاربرد اسید سالیسیلیک ۰/۱ مولار × تیمار ۵۰ درصد نور شامل کارواکرول (۴/۴ درصد)، پارا- سیمن (۱۴/۶ درصد)، بتا- کاریوفیلین (۵/۹۵ درصد) می‌باشد. همچنین بیشترین میزان تیمول مربوط به تیمار اسید سالیسیلیک ۰/۱ مولار (۵۹/۶۶ درصد) و نور کامل (۵۷/۸ درصد) بود. به‌طورکلی نتایج نشان داد که کاربرد اسید سالیسیلیک بر بهبود ویژگی‌های کیفی و کمی اجزای تشکیل‌دهنده اسانس گیاه آویشن دنایی تأثیر مثبتی دارد.

استناد: لیلا عبدی، حمیدرضا اصغری، مجید تولیت ابوالحسنی، محمدرضا عامریان، حسنعلی نقدی بادی (۱۴۰۱). بررسی تغییرات فیتوشیمیایی اسانس و عملکرد رشد گیاه دارویی *Thymus daenensis* Celak. تحت تأثیر نور و اسید سالیسیلیک. *فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی*، ۱۰ (۳)، ۸۴-۶۹.

مقدمه

گیاه دارویی آویشن دنایی .*Thymus daenensis* Celak گیاهی معطر و ارزشمند ، گلدار و چندساله متعلق به تیره نعناعیان (Lamiaceae) می‌باشد (DebMandal, 2016). گونه‌های جنس آویشن اغلب نور پسند و در خاک‌های شنی و سنگین رشد می‌کنند و به شرایط سخت ازنظر دمای بالا و رطوبت کم بسیار مقاوم و بالعکس به مناطق مرطوب بسیار حساس می‌باشند (Kuete, 2017). ماده مؤثره تیمول به همراه ترکیبات فنلی دیگر مثل کارواکرول، پارا-سیمن و گاما-ترپنین از مهمترین اجزای اسانس گونه‌های آویشن با خواص ضدعفونی کنندگی ، ضد درد و ضد اسپاسم در درمان مشکلات کبدی، گوارشی و ارتقای سطح هوشیاری است (Heidari et al., 2018). کیفیت فرآورده‌های گیاه آویشن ممکن است توسط شرایط محیطی مختلف مانند کیفیت و کمیت نور، تغذیه کودی، تراکم گیاهی، رطوبت خاک و دما که توانایی تغییر محتوای ماده مؤثره دارویی گیاه رادارند، تحت تأثیر قرار گیرند (Odabas et al., 2014). فعالیت گیاهان در سنتز متابولیتهای ثانویه تحت تاثیر نور تغییر می‌کند، حساسیت گونه‌های گیاهی در برابر کمیت و کیفیت نور متفاوت است و سنتز ترکیبات شیمیایی و تجمع متابولیتهای ثانویه گیاه توسط عوامل محیطی مانند کیفیت و شدت نور تحت تاثیر قرار می‌گیرد. بنابراین تعیین حد مطلوب شدت و کیفیت نور برای تجمع و عملکرد مواد فتوشیمیایی و رشد و توسعه گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Fernandez et al., 2016). نور یکی از مهمترین عوامل محیطی برای گیاهان است که نه تنها انرژی لازم برای رشد را فراهم می‌کند، بلکه نشانه علائم حیاتی برای توسعه گیاه و طیف گسترده‌ای از سیستم‌های حسی، برای درک و انتقال سیگنال‌های نوری خاصی در گیاهان در پاسخ به شرایط نوری مختلف تکامل یافته‌اند (Li and Mathews, 2016). اسانس‌ها ترکیبات معطر فراری هستند که از متابولیسم‌های ثانویه در گیاهان تولید می‌شود (Bajpai and Baek, 2016). هنگامی که گیاهان در معرض شدت نور کم قرار می‌گیرند، معمولاً دارای برگ‌های کشیده می باشند، سطح برگ و ارتفاع گیاه افزایش می‌یابد (Setiawati et al., 2018; Rezai et al., 2018). گیاهان دارویی منبع غنی از اسانس می باشند. میزان اسانس اگر چه اساسا با هدایت فرآیندهای ژنتیکی ساخته می‌شود ولی ساخت آن‌ها به طور بارزی تحت تأثیر درجه حرارت، رطوبت، کیفیت و کمیت نور و بارندگی و همچنین مراحل رشد وابسته است (Goss and Lepetit, 2015). نور توسط آرایه پیچیده‌ای از گیرنده‌های نور درک می‌شود، پرتوافکنی نور بر *Thymus vulgaris* سبب تحریک تشکیل مونوترپن‌های تیمول، کارواکرول، گاماترپینن و پاراسیمن شد، با افزایش زمان و شدت نور در *Thymus vulgaris*عملکرد تیمول افزایش یافت (Ade –Ademilua et al., 2013). انرژی نورانی قابل‌استفاده برای گیاه به وسایل عوامل مختلف محیطی به شدت تغییریافته و به همین دلیل تنش ناشی از کاهش شدت نور جزء تنش‌های مهم برای گیاهان محسوب می‌شود و شدت‌های پایین نور در گیاهان تنش ایجاد کرده، زیرا فتوسنتز و درنتیجه جذب خالص کربن و رشد گیاه را محدود می‌سازد (Ruban, 2016). گیاهان برای فعالیت‌های متعدد خود مانند فتوسنتز، گلدهی، رشد و تولید بسیاری از متابولیت‌های گیاهی به نور نیاز دارند. نور موردنیاز ازلحاظ شدت، مدت تابش یا فتوپریود و همچنین از لحاظ کیفیت نور اهمیت زیادی دارد. پس از جذب پرتوهای نور خورشید واکنش‌های فتوشیمیایی در مولکول‌های گیرنده نور رخ می‌دهد که می‌تواند منجر به تغییرات مورفولوژیکی،

فیزیولوژیکی و مولکولی در گیاه گردد. شدت و مدت تابش نور نیاز مانند تنش‌های محیطی و غیرزنده می‌تواند باعث افزایش تنش اکسداتیو در سلول‌های گیاهی شود (Yamori and Shikanai, 2016). یکی از این خسارت‌های ناشی از تنش نوری افزایش تشکیل گونه‌های آزاد اکسیژن از جمله پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و سوپر اکسید (O_2) است که باعث اکسیداسیون و تجزیه رنگیزه‌های فتوسنتزی، پروتئین و لیپیدهای غشای تیلاکوئیدی می‌شود (Schottler and Toth, 2014). یکی از رهیافت‌های نوین در بهبود کمی و کیفی محصولات کشاورزی استفاده از تنظیم کننده‌های رشد، است. اسید سالیسیلیک (SA) بانام ۲-هیدرو کسی بنزوئیک اسید یا اورتوهیدرکسی بنزوئیک اسید و با فرمول شیمیایی $C_7H_6O_3$ است. به‌عنوان یک گروه از ترکیبات فنلی، دارای یک حلقه آروماتیک متصل به یک گروه هیدروکسیل و کربوکسیل متصل بوده است (Klessig et al., 2018). نقش اسید سالیسیلیک همچنین به عنوان یک تنظیم کننده رشد در القای تحمل به بسیاری از تنش‌های زیستی و غیر زیستی مورد توجه قرار گرفته است (Ding et al., 2017). گزارش‌های متعددی مبنی بر نقش اسید سالیسیلیک در القای گلدهی، رشد و نمو، سنتز اتیلن، باز و بسته شدن روزنه افزایش فتوسنتز و کاهش تعرق (Nazar et al., 2015)، تولید مواد فنولی و کاهش تجمع یون‌های سمی بواسطه اثرات آنتی اکسیدانی آویشن[1] (Victor Perez et al., 2012) و نعناع فلفلی[2] (Figurera et al., 2014) می‌شود. اسید سالیسیلیک در گیاهان به‌عنوان مکانیسم دفاعی با تنظیم عملکرد فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی و تحمل استرس‌های زیستی و غیرزیستی نقش دارد (Nazar, 2011). محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر روی گیاهان، با افزایش توان ضداکسایشی موجب کاهش مقدار پراکسید لیپیدها و آب اکسیژنه و حفاظت بیشتر از غشاهای سلولی و فتوسنتزی و رنگیزه‌های فتوسنتزی شده و از کاتابولیسم کلروفیل جلوگیری می‌کند (Horvath et al., 2007; Nazar et al., 2015). طبق گزارشات Wang و همکاران (Wng et al., 2019) استفاده از اسید سالیسیلیک منجر به محافظت گیاهان در برابر خسارت ناشی از اکسیداتیو می‌شود. باتوجه به موارد گفته شده این تحقیق در نظر دارد تغییرات فیتوشیمایی و عملکرد رشد گیاه آویشن دنایی را تحت نور و اسید سالیسیلیک بررسی کند.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک بر خصوصیات رشد و فیتوشیمیایی گیاه دارویی *Thymus daenensis* Celak. تحت تنش نور، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات و در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار و در سال زراعی ۱۳۹۶ در مزرعه زراعی گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی واقع در کرج اجرا گردید. موقعیت جغرافیایی منطقه، با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۲۹۷ متر از سطح دریا است. تیمارهای مورد آزمایش در این بررسی شامل اسید سالیسیلیک درسه سطح تیمار شاهد یا بدون مصرف اسید (C1)، اسید سالیسیلیک ۰/۱ مولار (C2) و اسید سالیسیلیک ۰/۲ مولار (C3) به‌عنوان عامل اصلی و دو سطح نوری (۱۰۰ و ۵۰ درصد) شامل تیمار شاهد یا عدم استفاده از توری سایبان یا شید (B1) و استفاده از توری سایبان یا شید ۵۰ درصد تشعشع (B2)، به عنوان فاکتور فرعی لحاظ شد. به منظور بررسی اثر شدت نور بر گیاه دارویی آویشن دنایی در دو سطح شدت نور ۷۰۰ و ۱۵۰۰میکرومول در متر مربع در ثانیه

1. *Thymus membranceus* L.
2. *Mentha piperita* L.

معادل ۵۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰۰ لوکس معادل ۵۰درصد و ۱۰۰درصد نورکامل در زیر تورهای مخصوص قرار داده شدند. بذور جمع آوری شده از عرصه طبیعی در سال ۱۳۹۵، در اواسط اسفند ماه به تعداد پنج عدد و با فواصل یکسان به عمق حدود ۲ میلیمتر در گلدانهای پلاستیکی کوچک (بدلیل ریز بودن بذر) که محتوی خاک، ماسه و خاکبرگ با نسبت وزنی ۲:۱:۱ هستند در شرایط گلخانه با درجه حرارت ۲±۲۴ درجه سانتی‌گراد در روز و ۲ ±۱۵ درجه سانتی‌گراد در شب کشت شدند. سپس در اواسط اردیبهشت (۱۱-۱۰ برگی) به زمین اصلی (بدون دستکاری ریشه) منقل گردیدند. بعد از نشاء کاری اولین آبیاری در مزرعه به صورت غرقابی انجام شد. قبل از انتقال نشا به زمین اصلی، از عمق صفر تا سی سانتی متری خاک محل آزمایش نمونه برداری انجام گرفت و ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین گردیدند (جدول ۱). پس از عملیات تهیه زمین کاشت انجام شد. در این آزمایش کرت‌های فرعی به طول ۳ متر و عرض ۱/۵ متر و فاصله بین کرت‌ها ۵۰ سانتی‌متر و بلوک‌ها از یکدیگر ۱۰۰ سانتی‌متر بود. تراکم گیاهان براساس سه بوته در هر متر مربع تنظیم شد. تیمار تنش نوری با نصب توری سایبان یا شید با ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر بر روی هر کرت انجام گرفت. میزان کاهش نور در مقایسه با تیمار شاهد توسط لوکس متر اندازه گیری شد. آبیاری کرت‌ها تا زمان جوانه زنی و استقرار کامل گیاه در زمین به صورت منظم و قطره ای صبح زود هنگام طلوع آفتاب انجام شد. زمان اعمال تیمار اسید سالیسیلیک با غلظت‌های مورد نظر در چهار مرحله با فاصله زمانی یک هفته (۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز) قبل از شروع گلدهی بر روی گیاهان انجام گردید. محلول پاشی اسید سالیسیلیک با کمک سم پاش دستی انجام شد. نحوه محلول پاشی به این صورت انجام گرفت که بر روی تمام قسمت‌های بوته قطرات محلول جاری شده، به طوریکه اندام‌های هوایی خیس شدند. همه مراحل محلول پاشی در هنگام صبح صورت گرفت تا تبخیر از سطوح برگ به حداقل برسد. در طول فصل رشد وجین علف هرز به صورت دستی انجام شد. برداشت سه ماه پس از تاریخ کاشت، در اواخر تیر ماه و در مرحله گلدهی کامل یعنی زمانی که تقریبا ۹۰درصد بوته‌ها به گل رفته بودند، صورت گرفت.

جدول ۱: مشخصات اقلیمی و خاکشناسی منطقه مورد مطالعه.

فسفر	پتاسیم	نیتروژن	هدایت الکتریکی	کربن آلی	اسیدیته	متوسط بارندگی سالیانه	متوسط‌درجه حرارت سالیانه	متوسط حداکثر درجه حرارت	متوسط‌حداقل درجه حرارت
	میلی‌گرم بر لیتر		dS/m	درصد	متر	میلی‌متر		درجه سانتی‌گراد	
۱۴/۸	۱۹۰/۸	۰/۰۲۹	۲/۰۵	۰/۳۳۹	۷/۶۶	۳۸/۴	۱۶/۷	۲۲/۹	۱۰/۵

اندازه‌گیری صفات: در مرحله گلدهی کامل جهت اندازه گیری عملکرد ماده خشک، بوته‌ها همزمان و به‌طور تصادفی و با رعایت اثرات حاشیه انتخاب و به آرامی از گیاه جدا و از خشک شدن با ترازوی دقیق دیجیتالی Soehnle ساخت کشور آلمان و به دقت ۰/۰۱ گرم، اندازه‌گیری گردید. همچنین ارتفاع بوته و نیز تعداد شاخه‌های جانبی در سه بوته انتخابی در هر کرت صورت گرفت.

جدول ۲: تجزیه واریانس تأثیر اسید سالیسیلیک بر صفات مورد مطالعه آویشن دنایی تحت شدت نور

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ارتفاع بوته	تعداد شاخه‌های جانبی	عملکرد سر شاخه‌های گلدار	کلروفیل a	کلروفیل b
تکرار	۲	۴/۳۱ ns	۱۸/۰۲ ns	۴/۳۳ ns	۵/۷۸ ns	۱/۸۲ ns
اسید سالیسیلیک	۲	۱۷/۳۳*	۷۰۵۰/۴۴**	۳۴۰/۴۱**	۲۸۰/۳*	۳۵۰/۲ns
خطا اصلی	۴	۳/۸۲	۱/۱۰	۳/۳۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲۳
شدت نور	۲	۴۲/۶۳*	۲۲۳۳/۵۲**	۴۷/۸۲**	۲۸/۲ns	۳۷/۱*
اسید سالیسیلیک × نور	۴	۵۷/۲۶ns	۷۷۱/۷۵ *	۵۲/۷۳ns	۱۲/۰۱**	۱۶/۲**
خطا کل	۲۶	۰/۹۵	۰/۵۶	۱/۲۷	۰/۳۴	۰/۴۲
ضریب تغییرات (درصد)	_	۲/۸۲	۲/۰۵	۵/۴۴	۰/۲۳	۰/۰۷۹

ns ،*،**، به‌ترتیب نبود اختلاف معنادار، اختلاف معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

درصد و ترکیبات اسانس: گیاهان در مرحله گلدهی کامل رشد برداشت شده و به‌منظور اسانس گیری در سایه با تهویه مناسب و به مدت ۱۰ روز کاملا خشک گردیدند. اسانس گیری به روش تقطیر با آب بوسیله دستگاه کلونجر مدل بریتانیایی انجام شد، اسانس گیاهان مورد نظر پس از آماده‌سازی، جهت شناسایی ترکیبات به دستگاه کروماتوگرافی گازی GC مدل Agilent 6890 و GC/MS مدل Agilent 5975 C مجهز به ستون موئینه HP-5MS به‌طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میکرون و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر با محدوده دمایی آون ستون از ۶۰ تا ۲۴۰ درجه سانتیگراد تزریق گردید. شناسائی طیف‌ها به کمک شاخص بازداری آنها و مقایسه آن با شاخص‌های موجود در کتب مرجع و مقالات و با استفاده از طیف‌های جرمی ترکیبات استاندارد صورت گرفت (Adams, 2001).

اندازه‌گیری میزان کلروفیل a و b: این اندازه‌گیری بر مبنای روش Arnon و همکاران (۱۹۶۷) انجام شد. میزان جذب عصاره استخراج شده در طول موج‌های ۶۴۵ نانومتر، ۶۶۳ نانومتر قرائت شد. سپس با استفاده از روابط زیر میزان کلروفیل a و کلروفیل b محاسبه شد.

$$[(12.7\times A663) - (2.69\times A645)]\times V / 1000\times W$$

= میلی‌گرم کلروفیل a در هر گرم برگ تر

$$=[(22.9\times A645) - (4.69\times A663)]\times V / 1000\times W$$

میلی‌گرم کلروفیل b در هر گرم برگ تر

تجزیه و تحلیل داده‌ها

در نهایت داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS Ver 9.4 مورد تجزیه آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین از روش حداقل اختلاف معنی‌دار LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

نتایج حاصل از آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده تیمار اسید سالیسیلیک بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، عملکرد سرشاخه‌های گلدار و کلروفیل a معنی‌دار بود. نور بر تمامی صفات به جز کلروفیل b معنی‌دار بود. اثر متقابل دوگانه اسیدسالیسیلیک و نور بر تمامی صفات به جز ارتفاع بوته و عملکرد سرشاخه‌های گلدار معنی‌دار بود (جدول ۲).

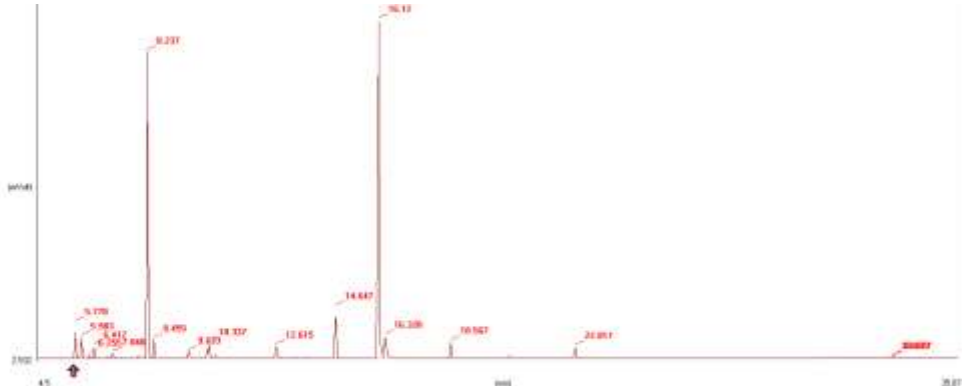
ارتفاع بوته: نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد محلول پاشی اسید سالیسیلیک تنها در

غلظت ۰/۱ مولار موجب بهبود ارتفاع بوته نسبت به سطح شاهد گردید. با کاربرد اسید سالیسیلیک (C2) ۰/۱ مولار بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۲۴/۳۳ سانتی متر و کمترین میزان ارتفاع با میانگین ۹/۲۸ سانتی متر در تیمار اسید سالیسیلیک (C3) ۰/۲ مولار مشاهده شد (جدول ۳). اثر نور بر ارتفاع بوته گیاه نشان داد در مجموع کاهش شدت نور تا ۵۰ درصد موجب افزایش ارتفاع بوته گردید. به طوریکه بیشترین ارتفاع با میانگین ۲۲/۴۷ سانتی‌متر در تیمار ۵۰ درصد نور (B1) و کم ترین آن با میانگین ۱۸/۶۷ سانتی متر در تیمار ۱۰۰ درصد نور (B2) مشاهده شد (جدول ۴).

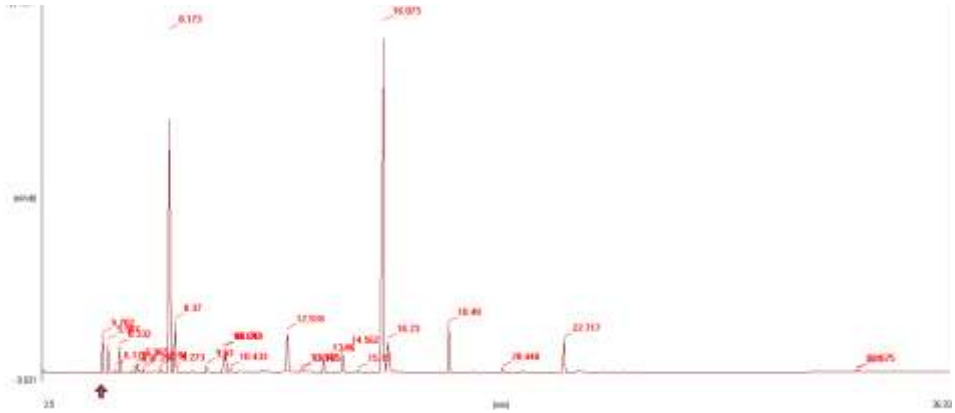
تعداد شاخه‌های جانبی: نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثردوگانه تیمارهای آزمایشی بر تعداد شاخه‌های جانبی گیاه نشان داد در مجموع بیشترین تعداد شاخه‌های جانبی در تیمار اسید سالیسیلیک (C2) ۰/۱ مولار و با ۵۰ درصد نور (B2) با میانگین ۱۸۰/۳۵ عدد و کمترین میزان آن مربوط به تیمار کاربرد اسید سالیسیلیک (C_3) ۰/۲ مولار در ۱۰۰ درصد تشعشع (B_1) با میزان ۱۰۹/۱۵ عدد به‌دست آمد. نتایج حاکی از آن بود که اثر برهمکنش کاربرد اسید سالیسیلیک و نور روی تعداد شاخه‌های جانبی به گونه ای بود در شرایط کاهش نور تا ۵۰ درصد مصرف اسید سالیسیلیک در غلظت ۰/۱ مولار موجب تولید تعداد شاخه‌های جانبی بیشتری در گیاه گردید (شکل ۱).

عملکرد سر شاخه‌های گلدار: نور کامل باعث کاهش معنی‌دار در عملکرد سرشاخه‌های گلدار گیاهان آویشن دنایی شد. نتایج نشان داد که کاربرد اسید سالیسلیک در شرایط نور کامل عملکرد سرشاخه‌های گلدار را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. بیشترین میزان این صفت (۳۳/۳۵ و ۳۲/۵۰ کیلوگرم بر هکتار) به ترتیب در تیمار اسید سالیسیلیک (C2) ۰/۱ مولار و ۵۰ درصد نور، کمترین آن با میانگین ۱۶ و ۲۷/۳۰ کیلوگرم بر هکتار از تیمار اسید سالیسیلیک (C3) ۰/۲ مولار و نور کامل بدست آمد (جدول ۳ و ۴). البته بین دو تیمار اسید سالیسیلیک و شدت نور اختلاف معنی داری از نظر آماری وجود نداشت (جدول ۲).

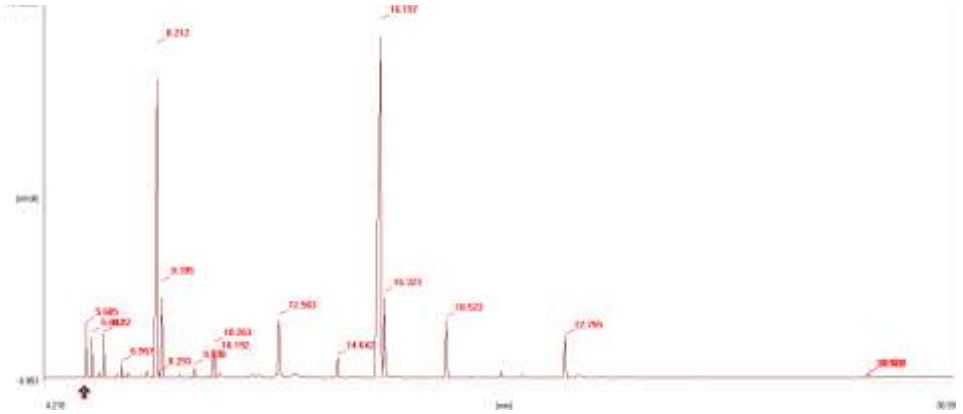
کلروفیل a: در شکل (۲) دیده می‌شود که استفاده از اسید سالیسیلیک در دو سطح ۰/۱ و ۰/۲ مولار در شدت نور ۵۰ درصد کلروفیل a را به طور قابل توجهی افزایش داد. در حالی که استفاده از اسید سالیسیلیک ۰/۱ و ۰/۲ مولار در نور کامل اثر منفی داشته است. در بین ترکیبات تیماری مورد مطالعه کلروفیل a در گیاهانی که با اسید سالیسیلیک محلول پاشی شدند در تیمار ۵۰ درصد نور نسبت به شاهد افزایش داشت. بررسی بر همکنش اسید سالیسیلیک و نور نشان داد که بیش ترین میزان کلروفیل a مربوط به تیمار اسید سالیسیلیک (C1) ۰/۱ مولار و شدت نور ۵۰ درصد به میزان ۵/۲ میلی گرم در گرم و کمترین آن مربوط به تیمار عدم کاربرد اسید سالیسیلیک (C1) و ۵۰ درصد نور به میزان ۲/۰۵ میلی گرم در گرم می‌باشد.



شکل ۱: کروماتوگرام آنالیز اسانس آویشن دنایی اسید سالیسیلیک ۰/۱ مولار



شکل ۲: کروماتوگرام آنالیز اسانس آویشن دنایی اسید سالیسیلیک ۰/۲ مولار

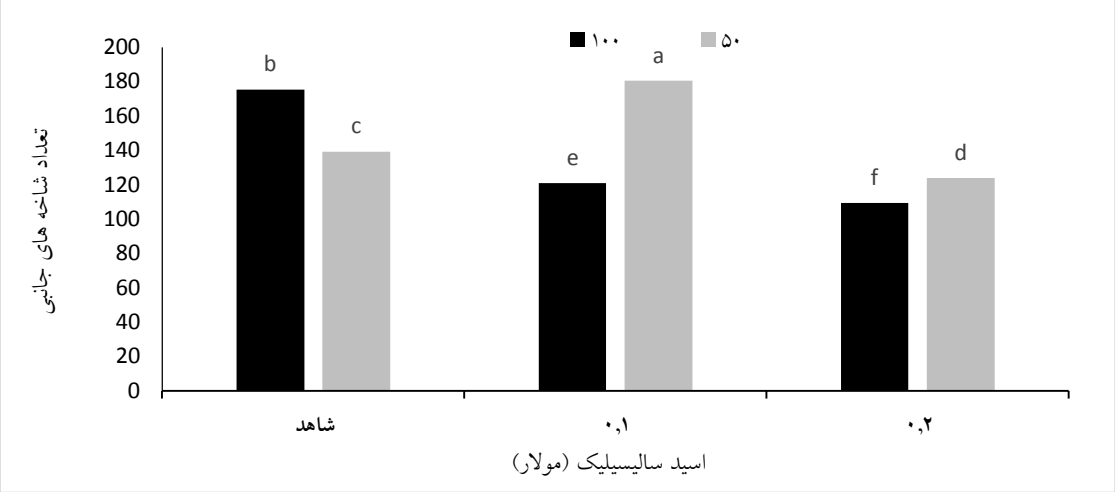


شکل ۳: کروماتوگرام آنالیز اسانس آویشن دنایی شاهد (عدم کاربرد اسید سالیسیلیک)

کلروفیل b: اثرمتقابل دو گانه تیمارهای آزمایش برکلروفیل b نشان داد محلول پاشی اسید سالیسلیک در شرایط نوری ۵۰ درصد موجب افزایش کلروفیل b درگیاه گردید. نتایج نشان داد بیشترین میزان کلروفیل b مربوط به کاربرد اسید سالیسیلیک (C_2) ۰/۱ مولار و ۵۰ درصد نور (B_2) به میزان ۱/۹۸ میلی‌گرم در گرم و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (C_1) و ۵۰ درصد نور (B_2) به میزان ۱/۹۸ میلی گرم در گرم می‌باشد.

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که دو تیمار نور و اسید سالیسیلیک روی صفات درصد اسانس،

تیمول، کارواکرول و بتا کاریوفیلین تـأثیر معنـی داری داشتند و درصد پاراسیمن فقط تحت اثر معنی‌دار اسید سالیسلیک و صـفت کلروفیـل b تحـت اثـر معنـی‌دار شـدت نـور قـرار گرفـت. اثـر متقابـل نـور و اسـید سالیسیلیک بر درصد تیمول معنی دار نبود (جدول ۵).



شکل ۴: مقایسه میانگین کاربرد اسید سالیسیلیک و شدت‌های مختلف نور بر تعداد شاخه‌های جانبی در گیاه آویشن دنایی.
در هر ستون میانگین‌های دارای حرف لاتین مشترک از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با هم ندارند و در یک گروه قرار می‌گیرند.

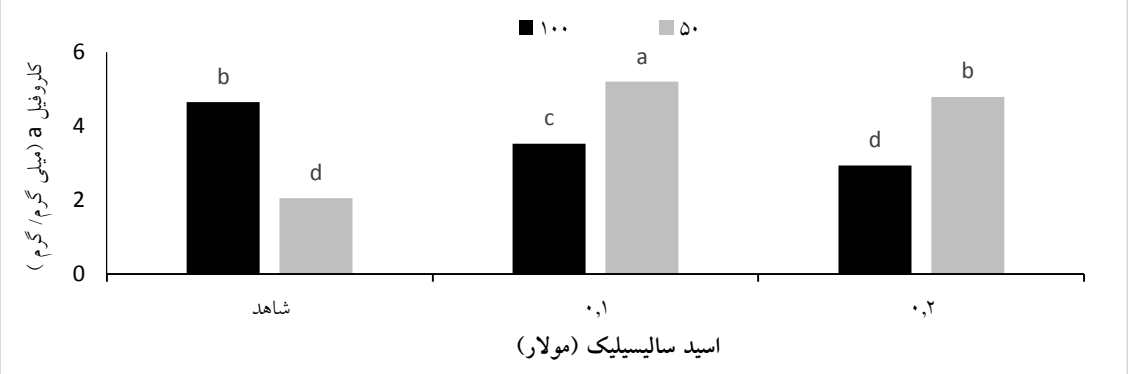
درصد اسانس سرشاخه‌های هوایی گلدار: اثرمتقابـل دوگانه تیمارهای آزمایش بر درصد اسـانس نشـان داد محلول پاشی اسید سالیسلیک موجب افـزایش درصـد اسانس درگیاه تحت شرایط نور ۵۰ درصد گردید، بـه طوریکه بیش ترین درصد اسانس به مقدار ۳/۱ درصد در تیمار اسید سالیسیلیک (C_2) ۰/۱ مولار و۵۰ درصد نور (B_2) و کم‌ترین درصـد اسـانس بـه میـزان ۱/۹۵ درصد در تیمار شاهد یا عدم کاربرد اسید سالیسـیلیک (C_1) و نور کامل (B_1) مشاهده شد (جدول ۶).

تیمول: طبق نتایج جدول (۴) با کـاهش ۵۰ درصـدی نور میزان تیمول کاهش یافت. کاربرد اسید سالیسیلیک در غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۲ میلی مولار موجب افـزایش درصد تیمول را نسبت به سطح شاهد شد (جدول ۳). بیش ترین درصد تیمول در تیمـار اسـید سالیسـیلیک (C2) ۰/۱ مولار و ۱۰۰ درصد نور به‌ترتیب به میـزان ۵۹/۶۶ و ۵۷/۸ درصد و کم ترین درصد تیمول ۴۵/۵ و ۴۷/۴ درصد مربوط به تیمار اسید سالیسیلیک (C3) ۰/۲ مولار و شدت نور ۵۰ درصد می باشد (جدول ۳ و۴). البته بین دو تیمار اسید سالیسیلک و نور اختلاف معنی داری از نظر آماری وجود نداشت (جدول ۵).

کارواکرول: هر دو غلظت اسید سالیسیلیک اثر مثبـت و معنی داری بـر درصـد کـارواکرول سرشـاخه‌هـای هـوایی گلـدار داشـتند، بـه‌طوریکـه بـالاترین درصـد کارواکرول از کاربرد اسید سالیسیلیک (C1) ۰/۱ مولار و۵۰ درصد نور (B2) به میزان ۴/۴ درصد بدست آمد (جدول ۶). بین دو تیمار آبیاری و اسـید سالیسـیلیک در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). با کاهش ۵۰ درصدی نـور و عـدم مصـرف اسـید سالیسـیلیک درصد کارواکرول به کمترین میزان ۲/۵ درصد شد. به طوری که استفاده از اسید سالیسیلیک بـا غلظـت ۰/۱ مولار درصد کارواکرول را افزایش داد (جدول ۶).

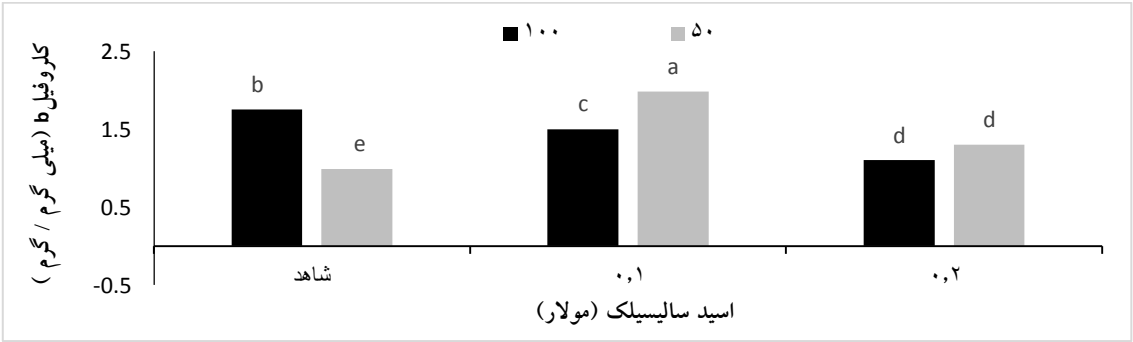
پارا-سیمن: مقایسه بررسی برهمکنش دوگانه کاربرد اسید سالیسیلیک و نور بر میزان پاراسیمن تأیید کننده اثر مثبت اسید سالیسیلیک در بروز کاهش ۵۰ درصدی نور بود. به‌طوری‌که بالاترین مقادیر درصد پاراسیمن مربوط به تیمار اسید سالیسیلیک (C1) ۰/۱ مولار و شدت نور ۵۰ درصد به میزان ۱۴/۶ درصد و کمترین درصد پاراسیمن مربوط به تیمار عدم اسید سالیسیلیک (C1) و شدت نور ۵۰ درصد به میزان ۱۰/۲ درصد بدست آمد. این ماده به عنوان پیش ماده تیمول آویشن دنایی می باشد. با مصرف اسید سالیسیلیک در شرایط نور کامل به طور معنی داری درصد تیمول کاهش یافت (جدول ۶).

بتا-کاریوفیلین: کاهش نور ۵۰ درصدی باعث کاهش معنی دار درصد بتاکاریوفیلین سرشاخه‌های گلدار آویشن دنایی شد. به طوریکه کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۱ میلی‌مولار سبب افزایش درصد بتاکاریوفیلین نسبت به شاهد گردید. اثر برهمکنش اسید سالیسلیک و شدت نور ۵۰ درصد به گونه ای بود که کاربرد (C2) ۰/۱ مولار اسید سالیسیلیک موجب افزایش بتاکاریوفیلین به میزان ۵/۹۵ درصد گردید. کمترین درصد بتاکاریوفیلین از کاربرد اسید سالیسیلیک (C3) ۰/۲ مولار و شدت نور کامل به میزان ۲/۶۳ درصد مشاهده شد (جدول ۶). البته بین دو تیمار اختلاف معنی داری از نظر آماری در سطح پنج درصد وجود داشت (جدول ۵). نتایج حاکی از آن بود که مصرف توأم اسید الیسیلیک و کاهش ۵۰ درصدی نور موجب افزایش درصد بتاکاریوفیلین می‌شود (جدول ۶).



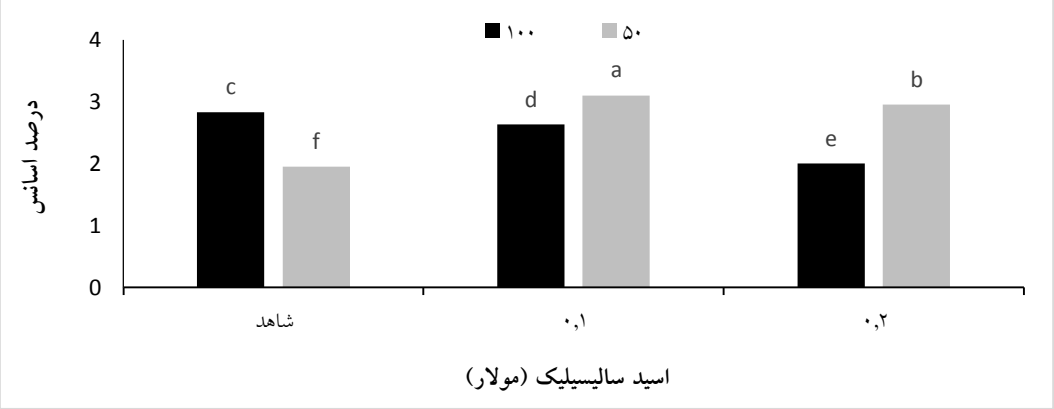
شکل ۵: مقایسه میانگین کاربرد اسید سالیسیلیک و شدت‌های مختلف نور بر کلروفیل a در گیاه آویشن دنایی

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف لاتین مشترک از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با هم ندارند و در یک گروه قرار می‌گیرند.



شکل ۶: مقایسه میانگین کاربرد اسید سالیسیلیک و شدت‌های مختلف نور بر کلروفیل b در گیاه آویشن دنایی.

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف لاتین مشترک از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با هم ندارند و در یک گروه قرار می‌گیرند



شکل ۷: مقایسه میانگین کاربرد اسید سالیسیلیک و شدت‌های مختلف نور بر درصد اسانس در گیاه آویشن دنایی. در هر ستون میانگین‌های دارای حرف لاتین مشترک از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد با هم ندارند و در یک گروه قرار می‌گیرند.

بحث

تنش نوری از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که بر رشد گیاه تأثیر گذاشته و موجب کاهش عملکرد فتوسنتز می‌شود (Lee et al., 2017). شدت نور بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و رشد گیاهان تأثیر می‌گذارد. شدت نور پایین در گیاه موجب افزایش ارتفاع می‌شود (Setiawati et al., 2018; Rezai et al., 2018). همان گونه که انتظار می‌رفت در این تحقیق کاهش ۵۰ درصدی نور موجب افزایش ارتفاع بوته و عملکرد سرشاخه‌های گلدار گردید (جدول ۴). در تشعشات کم فتوسنتزی القای پاسخ‌های فنوتیپی مشخص و سازگاری گیاه با شرایط موجود در گیاه می‌تواند افزایش تعداد شاخه، تعداد ساقه، ارتفاع گیاه و همچنین کاهش تعداد شاخه‌های جانبی و تسریع گلدهی تحت تابش کوتاه مدت نور شود (Fiorucci and Fankhauser, 2017; Zhu et al., 2017). نور افکن (Nourafcan, 2014) گزارش کرد استفاده از اسید سالیسیلیک تعداد شاخه‌های جانبی نعناع فلفلی [1] را افزایش داده است.

در مطالعه حاضر، میزان کلروفیل a و کلروفیل b در گیاه آویشن دنایی به طور معنی داری تحت شدت نور ۵۰ درصد و عدم کاربرد اسید سالیسیلیک کاهش یافت (شکل ۲و۳). از آنجایی که تخریب مولکولی کلروفیل به علت جدا شدن زنجیره فیتولی از حلقه پورفیرین در اثر رادیکالهای آزاد اکسیژن و یا آنزیم کلروفیل اکسیداز صورت می‌گیرد (Wng and Wang 2015). به نظر می‌رسد کاربرد اسید سالیسیلیک توانسته است با القاء تأثیر مثبت بر فرایندهای فیزیولوژیکی موجب کاهش تولید رادیکالهای آزاد گردد و در نتیجه از میزان آنزیم‌های کلروفیل اکسیداز کاسته شد. از سوی دیگر کاربرد اسید سالیسلیک با افزایش میزان کلروفیل در برگهایی که در آغاز فرایند پیری هستند، می تواند سبب افزایش مجدد فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد شود (Yamori and Shikanai, 2016). از آن جایی که تتراپیرول به عنوان واسطه نوری، که به راحتی توسط نور فعال می شوند و در تشعشع کم نوری منجر به سطوح بسیار سمی گونه‌های فعال اکسیژن و تأخیر در رشد و بیوسنتز کلروفیل می‌شود. یووان و همکاران (Yuan et al., 2017) اظهار داشتند اسیدسالسیلیک در افزایش

1. *Mentha piperita* L.

رنگیزه‌های فتوسنتزی و کاهش خسارت اکسیداتیو نقش اساسی دارند. بنابراین به نظر می رسد محلول پاشی اسید سالیسلیک با غلظت‌های کم می تواند با جلوگیری از کاهش تقسیمات سلولی و کاهش اندازه سلولی اثرات مضر تنش نور را بر میزان رشد گیاه کاهش دهد. احتمال داده می‌شود اسید سالیسیلیک بتواند سبب بهبود جذب عناصر غذایی به خصوص در شرایط تنش شود که این خود می‌تواند افزایش رشد را به همراه داشته باشد (Elizabeth et al., 2014). قربانلی و کیاپور (Ghorbanli and Kiapur, 2012) گزارش دادند که گیاه خرفه در شرایط تنش میزان کلروفیل‌های b و a کاهش یافت.

در مطالعه حاضر، درصد اسانس، کارواکرول، پارا- سیمن و بتا-کاریوفیلین گیاه آویشن دنایی به‌طور معنی‌داری توسط اسید سالیسیلیک در شرایط نوری ۵۰ درصد افزایش یافت (جدول ۶). تولیت (Tolyat et al., 2015) گزارش داد آویشن دنایی با کاهش شدت نور عملکرد اسانس کاهش می‌یابد ولی درصد اسانس برگ و گل در شدت نور ۷۵٪ ابتدا افزایش و سپس با کاهش بیشتر شدت نور کاهش یافتند در ضمن درصد تیمول در ۷۵٪ شدت تشعشع و تغییرات پاراسیمن در طول فصل رشد و حتی تغییرات آن در مقابل تغییرات شدت تشعشع برعکس تیمول است. نتایج ما نشان داد درصد تیمول و پاراسیمن عکس هم عمل می‌کنند چون پاراسیمن پیش ماده تیمول است و روند تغییرات کارواکرول، بتاکاریوفیلین در ۵۰ درصد نور یکسان بود و هر دو در زمان کاهش نور با استفاده از اسید سالیسیلک روند افزایشی داشتند (جدول ۶). ترکیبات شیمیایی و تجمع متابولیت‌های ثانویه گیاه توسط عوامل محیطی مانند کیفیت و شدت نور تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Baj et al., 2018). از آن جایی که در شرایط طبیعی و بدون حضور تنش کاربرد اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک الیستور توانسته است با القاء تأثیر مثبت بر درصد اسانس و اجزای تشکیل‌دهنده اسانس موجب افزایش آنها در گیاه گردد. استفاده از الیستورها یکی از راهکارهای مهم جهت القای متابولیسم ثانوی و افزایش تولید متابولیت‌های ارزشمند می‌باشد. استفاده از اسید سالیسیلیک به عنوان یک الیستور از طریق فعال کردن مکانیسم‌های دفاعی باعث القای تشکیل متابولیت‌های ثانوی و پاسخ‌های فوق حساسیتی می‌شوند. تشخیص مولکولی و برهمکنش بین الیسیتور و گیرنده‌های گیاه فرایند پیچیده‌ای است (Shilpa et al., 2010). به‌طورکلی، تشکیل و تجمع متابولیت‌های ثانویه از جمله اسانس در گیاهان، تحت شرایط تنش تمایل به افزایش دارد. چرا که با وقوع تنش، رشد گیاه تا حد زیادی متوقف شده و گیاه کربن جذب شده از روزنه‌ها را که می‌بایست در فرآیند فتوسنتز شرکت کند، به تولید ترکیبات ثانویه اختصاص می‌دهد (Nourruzi Shahri et al., 2015). به نظر می‌رسد اسید سالسیلیک روی ماهیت و مبنای تعدیل، در شرایط تنش نقش دارد و کاربرد اسید سالسیلیک درغلظت‌های پایین در رفع آسیب اکسایشی نقش مؤثردارد (Kshavrz et al., 2012). از طرفی در زمان وقوع تنش میزان فعالیت آنتی‌اکسیدنی افزایش می‌یابد، لذا اسید سالسیلیک نقش عکس تنش ایجاد می‌کند. در آزمایشی محلول پاشی برگی اسید سالسیلیک باعث افزایش رشد و تغییر در بیوسنتز مونوترپن‌ها و نیز افزایش میزان اسانس گردید (Idrees et al., 2010). لچامو و گوسلین (Letchamo and Gosselin, 2015) گزارش دادند درصد اسانس با افزایش شدت نور کاهش یافت، با افزایش ۷۰٪ ظرفیت زراعی افزایش و پس از آن کاهش یافت. مطالعاتی که توسط گل پرور (Golparvar, 2011) بر روی *Thymus caramanicus* انجام شد، نشان داد که بالاترین درصد تیمول در فاز رویشی و کمترین مقدار

در فاز گلدهی کامل اتفاق می‌افتد و سپس در زمان تشکیل میوه مجددا افزایش می‌یابد که دلیل آن می‌تواند عوامل محیطی باشد. مطالعاتی در مورد اثرات تعاملی شدت نور و کاربرد اسید سالیسیلیک بر رشد و متابولیت‌های ثانویه انجام نشده است. نتایج ما نشان داد که با کاربرد اسید سالسیلیک بر درصد و ترکیبات اسانس در گیاه آویشن دنایی تحت شدت نور ۵۰ درصد افزایش می‌یابد. چون درصد اسانس تابعی از سنتز متابولیت‌های اولیه است که با کاهش و یا افزایش رشد رویشی که خود تحت تاثیر نور قرار دارد، درصد سانس را نیز تغییر می‌دهد. اسید سالیسیلیک با فعال کردن مکانیسم دفاعی گیاه رشد گیاه و در نتیجه میزان تولید متابولیتهای ثانویه را افزایش می‌دهد.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج به دست آمده نشان دادند که کاهش ۵۰ درصدی نور بر صفات فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه آویشن دنایی اثر منفی دارد. کاهش نور با ایجاد اختلال در رشد و نمو طبیعی گیاه آویشن دنایی سبب کاهش تعداد شاخه‌های جانبی گیاه می گردد. در حالی که، استفاده از اسید سالیسلیک با کاهش اثر تنش نور موجب بهبود رشد و در نهایت افزایش عملکرد گیاه آویشن دنایی می‌شود. همچنین کاهش ۵۰ درصدی نور سبب کاهش کلروفیل a و b گردید در حالی که مصرف اسید سالیسلیک با کم کردن اثرات تنش و کاهش میزان گونه‌های اکسیژن فعال، میزان کلروفیل را افزایش داد. درصد اسانس و ترکیبات تشکیل دهنده اسانس از جمله کارواکرول، بتاکاریوفیلین و پاراسیمن نیز در شرایط کاهش۵۰ درصدی نور با کاربرد اسید سالیسیلیک ۰/۱ مولار افزایش یافت. در مجموع نتایج بیانگر نقش مثبت اسید سالیسیلک در بهبود و تعدیل شرایط ناشی از تنش کاهش ۵۰ درصدی نور در گیاه آویشن دنایی بود که در نهایت میزان رشد ونمو گیاه بهبود یافت.

References

1. Adams, R.P. 2001. Identification of essential oil components by gas chromatograph mass spectrometry. Allured Publishing Corporation Carol Stream. IL.
2. Ade–Ademilua, E.O., Obi, H.O. and Craker, L.E. 2013. Growth and essential oil yield of African Basil. *Ocimum gratissimum.* under light and water stress. Journl of Medicinally active plants, 1 (4): 142-149.
3. Al-Mariri, A., Swied, G., Oda, A. and Al Hallab, L. 2013. Antibacterial activity of *Thymus syriacus* Boiss. essential oil and its components against some Syrian Gram-negative bacteria isolates. Iran J. Med. Sci., 38(2): 180-186.
4. Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agron. J, 23:112-121.
5. Bakry, B.A., El Hariri, D.M., Mervat. S.S. and El Bassiouny, H.M.S. 2012. Drought stress mitigation by foliar application of salicylic acid in two linseed varieties grown under newly reclaimed sandy Aoil. Journal of applied sciences research, 7: 3503-3514.
6. Baj, T., Baryluk, A., and Sieniawska, E. 2018. Application of mixture design for optimum antioxidant activity of mixtures of essential oils from *Ocimum basilicum* L., *Origanum majorana* L. and *Rosmarinus officinalis* L. Ind. Crops Prod, 115: 52–61.
7. Chang, X., Alderson, P.G. and Wright, C.J. 2007. Solar irradiance level alters the growth of Basil (*Ocimum basilicum* L.) and its content of volatile oils. Environ. Exp. Bot, 63: 216–223.
8. Chen, J.W., Kuang, S.B., Long, G.Q., Yang, S.C., Meng, Z.G., Li, L.G., Chen, Z.J. and Zhang, G.H. 2016. Photosynthesis light energy partitioning and photoprotection in the shade-demanding species *Panax notoginseng*

under high and low level of growth irradiance. Functional Plant Biology, 43: 479-491.
9. DebMandal, S.M. 2016. Thyme *(Thymus vulgaris* L.) oils, in: V. Preedy (Ed.), Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety, Academic Press, London, UK, pp, 825–834.
10. Ding, Y., Sun, T., Ao, K., Peng, Y., Zhang, Y., Li, X. and Zhang, Y. 2018. Opposite roles of salicylic acid receptors NPR1 and NPR3 / NPR4 in transcriptional regulation of plant immunity. Cell 173, this issue, 1454–1467.
11. Djennane, S., Oyant, L.H., Kawamura, K., Lalanne, D., Laffaire, M., Thouroude, T., Chalain, S., Sakr, S., Boumaza, R. and Foucher, F. 2014. Impacts of light and temperature on shoot branching gradient and expression of strigolactone synthesis and signalling genes in rose. Plant Cell Environ, 37: 742–757.
12. Elizabeth Abreu, M. and Munne Bosch, S. 2014. Salicylic acid may be involved in the regulation of drought induced leaf senescence in perennials. A case study in field-grown *Salvia officinalis* L. plants. Environmental and Experimental Botany, 64:105–112.
13. Emarat Pardaz, J., Shakiba, M.R., Toorchi, M. and Mohammadinasab, A.D. 2013. The influence of light intensities and nitrogen on growth of *Hypericum perforatum* L. International Journal of Agriculture, 3: 77-781.
14. Fernandez, M.B., Tossi, V., Lamattina, L. and Cassia, R. 2016. A comprehensive phylogeny reveals functional conservation of the UV-B photoreceptor UVR8 from green algae to higher plants. Front. Plant Sci, 7:1698.
15. Fiorucci, A.S., and Fankhauser, C. 2017. Plant strategies for enhancing access to sunlight. Cur. Biol, 27: 931–940.
16. Figurera, P., Marely, G., Rocha, N.E. and Reynosa, R. 2014. Effect of chemical elicitors on peppermint *(Mentha piperita)* plants and their impact on the metabolite profil and antioxidant capacity of resulting infusion. Food Chemistry, 156: 273-278.
17. Golparvar, A.R. 2011. Effects of phenological stages on quality and quantity of essential oil in Kermanian Thyme (*Thymus caramanicus* Jalas.). Electronic J of Bio, 7(4): 70-73.
18. Ghorbanli, M., Kiapur, A. 2012. Investigation of the effect of different concentrations of copper on pigments and the activity of defense systems Non-enzymatic and enzymatic in the *portulaca oleracea* plant (*Portulaca oleracea* L.). Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 28(2): 235-247.
19. Goss, R. and Lepetit, B. 2015. Biodiversity of NPQ. J. Plant Physiol, 172: 13-32.
20. Heidari, Z., Salehzadeh, A., Sadat Shandiz, S.A. 2018. Anti-cancer and anti-oxidant properties of ethanolic leaf extract of *Thymus vulgaris* and its bio-functionalized silver nanoparticles, 3 Biotech, 8: 1–14.
21. Horvath, E., Szalai, G. and Janda, T. 2007. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. Journal of plant growth regulation, 26: 290-300.
22. Idrees, M.M., Khan, A., Aftab, T., Naeem, M. and Hashmi, N. 2010. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in lemongrass varieties under water stress. J Plant Interact, 5: 293–303.
23. Klessig, D.F., Choi, H.W. and Dempsey, D.M.A. 2018. Systemic acquired resistance and salicylic acid: past, present, and future. Mol. Plant Microbe Interact, 31: 871–888.
24. Kshavrz, H., ModaresSanavi, S.A.M., ZarinKamr, A., Dolatabadian, F., Panahi. M. and Sadaj Asilan, K. 2012. Evolution effect salicylic acid foliar on same traits biochemical two *Brassica napus* L. under cool stress. Iran. J. of Agri. Sci., 42: 723-734.
25. Kuete, V. 2017. *Thymous vulgaris*, in: V. Kuete (Ed.), Medicinal spices and vegetables from Africa, first ed. Elsevier Inc, pp. 599–609.

26. Letchamo, W., Xu, H.L. and Gosselin, A. 2015. Variations in photosynthesis and essential oil in thyme. J of Plant Physiol, 147(1): 29-37.
27. Li, H., Xu, H., Zhang, P., Gao, M., Wang, D., and Zhao, H. 2017. High temperature effects on D1 protein turnover in three wheat varieties with different heat susceptibility. Plant Growth Regulation, 81: 1-9.
28. Li, G., Zhang, W., Benoit, F. and Ceustermans, N. 2003. Effects of environment factors on the growth and incidence of blossom-end rot in soilless *Capsicum fructescens* var. *grossum*. Acta Hort, 633: 382–389.
29. Li, Y., Yang, Y., Hu, Y., Liu, H., He, M., Yang, Z., Kong, F., Liu, X., and Hou, X. 2019. DELLA and EDS1 form a feedback regulatory module to fine-tune plant growth–defense tradeoff in Arabidopsis. Mol. Plant, 12: 1485-1498.
30. Li, F.W. and Mathews, S. 2016. Evolutionary aspects of plant photoreceptors. J. Plant Res, 129:115–122.
31. Li, P., Huang, Z., Li, P., Fang, B., Chu, S. and Guo, H. 2017. A tripartite amplification loop involving the transcription factor WRKY75, salicylic acid and reactive oxygen species accelerates leaf senescence. Plant Cell, 29:2854–2870.
32. Najafian, S.H, Khushkhui, M., Tavalliali, V. and Saharkhiz. M.J. 2009. Effect of salicylic acid and salinity in Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Basic and Applied Science, 3(3): 2620-2626.
33. Nazar, R., Umar, S., Khan, N.A. and Sareer, O. 2015. Salicylic acid supplementation improves photosynthesis and growth in mustard through changes in proline accumulation and ethylene formation under drought stress. South African Journal of Botany, 98:84-94.
34. Nazar, R.., Umar, S., Khan, N.A., and Sareer, O. 2015. Salicylic acid supplementation improves photosynthesis and growth in mustard through changes in proline accumulation and ethylene formation under drought stress. South Afr. J. Bot, 98: 84–94.
35. Nazar, R., Iqbal, N., Syeed, S., and Khan, N.A. 2011. Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under salt stress by enhancing nitrogen and sulfur assimilation and antioxidant metabolism differentially in two mung bean cultivars.Plant Physiol, 168: 807–815.
36. Nourafcan, H. 2014. Effect of salicylic acid on salinity stress tolerance improvement of peppermint (*Mentha piperita* L.) in greenhouse conditions. Agroecology Journal (Modern Science of Sustainable Agriculture Journal), 10 (2): 85-95.
37. Nourruzi Shahri, F., Pouryousef, M., Tavakkoli, A., Saba, J. and Yazdinezhad, A.R. 2015. Evaluation of the function of some native fennel masses *(Foeniculum vulgare* Mill.*)* of Iran under drought stress. Journal of Iranian Crop Science, 46(1): 49-56.
38. Odabas, M.S., Temizel, K.E., Caliskan, O., Senyer, N., Kayhan, G. and Ergun, E. 2014. Determination of reflectance values of *Hypericum*'s leaves under stress conditions using adaptive network based fuzzy inference system. Neural Network World, 24: 79-87.
39. Parvaiz, A. and Satyawati, S. 2008. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants. Plant Soil Environment, 54: 89-99.
40. Pessarkkli, M. 2019. Hand book of Plant hand Crop Stress. Maecel Dekker Inc. New York.
41. Ram, m., Singh, R., Naqvi, A.A., Lohia, R.S., Bansal, R.P., and Kumar, S. 1997. Effect of salisylic acid on the yield and quality of essential oil in aromatic crops. J. Med. Aromatic Pl. Sci, 19: 24-27.
42. Rahim, M., and Yadegari, M. 2012. Effects of jasmonic and salicylic acid on the phytochemical properties of sage leaves, herbal medicines, 3 (2): 89- 94.
43. Rezai, S., Etemadi, N., Nikbakht, A., Yousefi, M., and Majidi, M.M. 2018. Effect of light intensity on leaf morphology, photosynthetic capacity

and chlorophyll content in Sage (*Salvia officinalis* L.). Hort. Sci. Technol, 36 (1): 46–57.
44. Ruban, A.V. 2016. Nonphotochemical chlorophyll fluorescence quenching: mechanism and effectiveness in protecting plants from photodamage. Plant Physiol, 170: 1903-1916.
45. Setiawati, T., Ayalla, A., Nurzaman, M.A., and Mutaqin, Z. 2018. Influence of light intensity on leaf photosynthetic traits and alkaloid content of Kiasahan (*Tetracera scandens* L.). IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci, 166: 12–25.
46. Schottler, M.A. and Toth, S.Z. 2014. Photosynthetic complex stoichiometry dynamics in higher plants: environmental acclimation and photosynthetic flux control. Front. Plant Sci, 5: 188.
47. Setiawati, T., Ayalla, A., Nurzaman, M.A., and Mutaqin, Z. 2018. Influence of light intensity on leaf photosynthetic traits and alkaloid content of Kiasahan *(Tetracera scandens* L.). IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 166: 12–25.Shilpa, K., Varun, K., and Lakshmi, B. 2010. An alternate method of natural drug production: eliciting secondary metabolite production using plant cell culture. J. Plant Sci., 5: 222-247.
48. Silvestrini, M., Valio, I.F.M. and Mattos, E.A.D. 2007. Photosynthesis and carbon gain under contrasting light levels in seedlings of a pioneer and a climax tree from a Brazilian Semideciduous Tropical Forest. Brazilian Journal of Botany. 30: 463-474.
49. Temizel, K.E. 2015. Estimation of the phenolics content of St. John's wort *(Hyperıcum perforatum* L.) grown under different water and salt levels based on reflectance spectroscopy. Kuwait Journal of Science, 42: 104-114.
50. Tolit Abolhassani, M., Tavakol Afshari, R., Jahansuz, M.R., Najafi, F., and Naqdi Badi, H.A. 2015. The effect of different temperatures on the germination behavior of thyme seeds of Elam Thy ecotype. Iranian Journal of Seed Science and Technology,1: 97-107.
51. Uzunova, A.N., Popova, L.P. 2000. Effect of salicylic acid on leaf anatomy and chloroplast ultrastructure of barley plants Photosynthetica, 38: 243-250.
52. Victor Perez, T., Antonio Lopez, O., Asception Martinez, P. and Antonio, A.C. 2012. Antioxidant activity and rosmarinic acid changes in salicylic acid tread *Thymus membranceus* L. shoots. Food Chemistry, 130: 362- 369.
53. Wang, H. and Wang, H. 2015. Phytochrome signaling: time to tighten up the loose ends. Mol. Plant, 8:540–551.
54. Wang, Y.Y., Wang, Y., Li, G.Z., and Hao, L. 2019. Salicylic acid-altering Arabidopsis plant response to cadmium exposure: underlying mechanisms affecting antioxidation and photosynthesis - related processes. Ecotoxicol. Environ. Saf, 169: 645–653.
55. Yamori, W. and Shikanai, T. 2016. Physiological functions of cyclic electron transport around photosystem I in sustaining photosynthesis and plant growth. Annual Review of Plant Biology, 67: 81-106.
56. Yuan, M., Zhao, Y.Q., Zhang, Z.W., Chen, Y.E., Ding, C.B., and Yuan, S. 2017. Light regulates transcription of chlorophyll biosynthetic genes during chloroplast biogenesis. Crit. Rev. Plant Sci, 36: 35–54.
57. Zhu, H., Li, X., Zhai, W., Liu, Y., Gao, Q., Liu, J., and Zhu, Y. 2017. Effects of low light on photosynthetic properties, antioxidant enzyme activity, and anthocyanin accumulation in purple pak-choi *(Brassica campestris* ssp. *Chinensis Makino)*. PloS One, 12 (6).