نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و هشتم، شماره اول، ۱۴۰۰
۲۱۳-۲۲۹
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2021.18130.2685

# خصوصیات رشدی و ترکیبات فیتوشیمیایی آویشن باغی در پاسخ به محلول‌پاشی برگی متانول و اتانول

**سیده مریم موسوی[۱]، *وحید اکبرپور[۲]، حسین مرادی[۲] و حسین صادقی[۳]**

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران،
[۲]استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران،
[۳]دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰٤/۰۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲۰

## چکیده

**سابقه و هدف:** آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان تیره نعناعیان است که خواص دارویی فراوانی دارد. با توجه به شواهدی که بر بهبود کیفیت محصولات گیاهی با استفاده از محلول‌پاشی الکل‌ها در اختیار است، شناخت تأثیر این نوع تغذیه بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی و تعیین شرایط بهینه تولید آن‌ها نیازمند مطالعه و پژوهش می‌باشد. بدین‌منظور، مطالعه حاضر جهت بررسی سطوح مختلف تیمارهای الکلی متانول و اتانول بر برخی صفات ریخت شناسی، فیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی آویشن باغی صورت گرفت.

**مواد و روش‌ها: این** پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل متانول با غلظت‌های صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی و اتانول با غلظت‌های صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی بود. در دوره گلدهی صفات مورد ارزیابی شامل صفات ریخت‌شناسی (ارتفاع بوته، تعداد میانگره، طول میانگره، قطر ساقه، قطر ریشه، طول ریشه، طول و عرض برگ و وزن خشک بوته) و فیتوشیمیایی (کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید، آنتوسیانین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، فلاونوئید کل، قند کل و قند غیراحیا) بود.

**یافته‌ها:** براساس نتایج به‌دست آمده، استفاده از تیمارهای الکلی متانول و اتانول به‌صورت محلول‌پاشی برگی سبب افزایش تمامی صفات اندازه‌گیری شده نسبت به شاهد (آب مقطر) گردید. در بررسی صفات ریخت‌شناسی مشخص شد که بیش‌ترین قطر ریشه (۰/۷۳ سانتی‌متر) و طول برگ (۷/۱٦ میلی‌متر) مربوط به تیمار متانول ۲۰ درصد و اتانول ۲۰ درصد حجمی بود. طول میانگره در تیمار ۲۰ درصد متانول بدون کاربرد اتانول، بالاترین میزان (۲/۷۵ سانتی‌متر) را به خود اختصاص داد. کاربرد ۳۰ درصد متانول بدون استفاده از اتانول نیز سبب تولید حداکثر طول ریشه (۱۲/۵۰ سانتی‌متر) شد. هم‌چنین بیش‌ترین وزن خشک بوته (۹/۰۲ گرم) در تیمار ۳۰ درصد متانول به همراه ۲۰ درصد اتانول مشاهده گردید که ۱/۸ برابر تیمار شاهد بود. ارزیابی صفات فیتوشیمیایی نشان داد که در تمامی صفات، افزایش سطوح متانول و اتانول بهترین نتیجه را به‌وجود آورد. به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان کلروفیل a (۰/٥٦ میکروگرم بر گرم وزن تر)، کلروفیل b (۱/۰۲ میکروگرم بر گرم وزن تر)، کاروتنوئید (۹/۳٤ میکروگرم

* مسئول مکاتبه: v.akbarpour@sanru.ac.ir

بر گرم وزن تر)، قند کل (٦٤/٥٣ گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) و قند غیراحیا (١٤/١٧ گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) در تیمار متانول ۲۰ درصد به همراه اتانول ۳۰ درصد حجمی به‌دست آمد. هم‌چنین استفاده از متانول ۳۰ درصد و اتانول ۱۰ درصد حجمی سبب افزایش میزان آنتوسیانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه شد که با تیمار متانول ۲۰ درصد و اتانول ۳۰ درصد حجمی در یک سطح آماری قرار داشت. افزایش سطوح متانول از ۲۰ درصد به ۳۰ درصد حجمی در تمامی سطوح کاربرد اتانول سبب افزایش در میزان فنل کل گردید. کاربرد تیمار ۳۰ درصد متانول به همراه ۳۰ درصد اتانول نیز سبب تولید بالاترین میزان فلاونوئید کل (٢/٦٧ میلی‌گرم کوئرستین بر گرم وزن تر) شد که نسبت به تیمار شاهد، ٤٨/٣ درصد افزایش نشان داد.

**نتیجه‌گیری:** به‌منظور تولید گیاه آویشن باغی، استفاده از محلول‌پاشی برگی الکل‌هایی مانند متانول و اتانول می‌تواند مفید واقع شود. در این صورت علاوه بر افزایش تولید ماده خشک در واحد سطح، می‌توان میزان مطلوب متابولیت‌های ثانویه را با کیفیت بالا و هزینه کم‌تر تولید نمود.

***واژه‌های کلیدی:*** آویشن باغی، الکل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فلاونوئید، قند کل

## مقدمه

آویشن باغی با نام علمی *Thymus vulgaris* L. از تیره نعناعیان[1]، یکی از بزرگ‌ترین خانواده‌های گیاهی دارای پراکنش جهانی با ساختار بوته‌ای چندساله می‌باشد (٢٤، ۳۵ و ٤٠). برگ‌های این گیاه بیضی تا مستطیل شکل بوده و برخی از اجزای هوایی گوشتی برای تولید روغن فرار استفاده می‌شوند (۲۸). امروزه پژوهش‌های فراوانی پیرامون تأثیر شرایط محیطی متفاوت بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی انجام شده است (۳۳). نظر به اینکه امروزه اهمیت و نقش گیاهان دارویی در صنایع مختلف و مصرف جهانی آن افزایش چشم‌گیری داشته، تقاضا برای تولید مواد اولیه دارویی با کیفیت نیز بالا رفته است. با توجه به این امر در مصرف رایج کودها و سموم شیمیایی نوعی تجدیدنظر در حال جریان است، زیرا ایجاد مشکلاتی مانند کاهش تنوع زیستی، سلامت بوم‌نظام‌ها، کاهش کیفیت و اثر سوء آن بر سلامت انسان غیرقابل انکار بوده و در نتیجه تلاش برای بالا بردن تولید زیست‌توده و ماده‌ی مؤثره آن‌ها بدون کاربرد نهاده‌های شیمیایی و استفاده از ترکیبات غیرشیمیایی با اثرات سوء کم‌تر به‌عنوان جایگزین مورد نیاز است (۲۲). محلول‌پاشی یا تغذیه از برگ یکی از روش‌های مرسوم رساندن مواد غذایی و عناصر مورد نیاز گیاه بوده که به‌دلیل سرعت جذب بیش‌تر از طریق اندام هوایی در فاصله زمانی کوتاه‌تری می‌توان به نتیجه مطلوب رسید و نیاز غذایی گیاه را تأمین کرد (٤). با توجه به شواهدی که بر بهبود کیفیت محصولات گیاهی به‌وسیله استفاده از محلول‌پاشی الکل‌ها در اختیار است ولی مطالعات مربوط به اثرات آن بر تولید گیاهان دارویی در ایران و سایر کشورها چندان مورد توجه قرار نگرفته است، به همین جهت شناخت تأثیر محلول‌پاشی الکل‌ها بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی و تعیین شرایط بهینه تولید آن‌ها نیازمند مطالعه و پژوهش است (۱۸ و ۲۲). استفاده از ترکیبات الکلی برای تحریک رشد گیاهان، برای اولین بار توسط بنسون در سال ۱۹۵۱ گزارش شد (۷). اتانول و متانول از ساده‌ترین الکل‌ها هستند که از فعالیت بی‌هوازی گونه‌های زیادی از باکتری‌ها، تولید شده و مقدار اندکی از آن طی ورود به جو بعد از چند روز توسط اکسیژن و نور خورشید، اکسید شده و به آب و دی‌اکسیدکربن تبدیل می‌شود

1- Lamiaceae

(۲۵). متانول از ساده‌ترین الکل‌ها با فرمول شیمیایی $CH_3OH$ که مبنای الکل‌های یک ظرفیتی می‌باشد و چون از تقطیر چوب به‌دست می‌آید به آن عرق چوب نیز می‌گویند. اتانول یک ماده آلی با فرمول شیمیایی $C_2H_5OH$، با دارا بودن ۳۵ درصد اکسیژن در ساختار خود در هنگام سوختن، تولید ذرات آلوده‌کننده محیط زیست به حداقل می‌رسد (۵).

گزارش‌های اولیه بیانگر این است که استفاده از متانول موجب افزایش عملکرد، تسریع رسیدگی، کاهش اثر تنش خشکی و کاهش نیاز آبی گیاهان می‌شود. علت افزایش سرعت رشد پس از محلول‌پاشی متانول، افزایش غلظت دی‌اکسید کربن در برگ‌ها بیان شد (۳۱). هم‌چنین متانول به عنوان یک منبع مستقیم برای سنتز سرین و یا کاهش هدررفت کربن از طریق سنتز نوری به‌شمار می‌آید. متانول با کاهش اندازه فتوسیستم‌ها و افزایش سرعت فتوسنتز، سرعت تنفس، افزایش آماس برگ و مختل شدن تنفس نوری موجب افزایش ماده خشک می‌گردد (۳۰). باکتری‌های همزیستی به‌نام متیلوتروف بر روی برگ اکثر گیاهان زراعی زندگی می‌کنند که در ازای دریافت متانول، پیش‌ماده‌ی ساخت بعضی از هورمون‌ها مانند اکسین و سایتوکنین که در رشد و نمو برگ‌ها نقش مهمی دارند، در اختیار گیاه قرار می‌دهند. هم‌چنین این باکتری‌ها بر متابولیسم نیتروژن نیز اثر گذاشته و موجب افزایش سرعت رشد محصول می‌شوند (۱). به نظر می‌رسد محلول پاشی متانول با افزایش فعالیت باکتری متیلوتروفیک باعث افزایش تولید هورمون اکسین و سیتوکنین در گیاه شده و در افزایش پروتئین‌سازی گیاه نقش به‌سزایی دارد (۱۶). سوخت و ساز متانول و تبدیل آن به قند می‌تواند پتانسیل اسمزی برگ‌ها را تغییر داده و با افزایش هدایت روزنه‌ای و باز نگه داشتن روزنه‌ها موجب افزایش سرعت آسیمیلاسیون و افزایش رشد گیاه شود. متانول هم‌چنین موجب افزایش یون کلسیم در سلول‌های برگ شده که این امر به انتقال مواد فتوسنتزی به‌سمت سلول‌ها کمک کرده و باعث افزایش ذخیره مواد فتوسنتزی درون سلول‌ها می‌گردد (۳۰).

اتانول نیز به عنوان یک ترکیب الکلی، در بافت گیاهی به فرم‌آلدهید و در نهایت به دی‌اکسیدکربن تبدیل می‌شود. افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن داخلی نیز منجر به افزایش راندمان فتوسنتزی می‌گردد (۱۸). اتانول تولید شده در شرایط طبیعی مانند جوانه‌زنی بذرها، در میوه‌ها و نوک مریستم ریشه‌ها مشاهده شد (۳٤). غلظت‌های پایین اتانول موجب کوتاه شدن دوره رشد رویشی و آمادگی زودتر گیاه به مرحله زایشی می‌گردد که نتیجه آن تسریع در گلدهی است. هم‌چنین غلظت‌های پایین اتانول مانع تشکیل و عمل اتیلن شده و فرآیند پیری گیاه را به تأخیر می‌اندازد (۳٤). در پژوهشی که توسط خسروی و همکاران (۲۰۱۱) صورت گرفت، تأثیر کاربرد متانول و اتانول بر عملکرد گیاه دارویی سرخارگل[1] بررسی شد. تیمارهای آزمایش شامل متانول و اتانول (۱۰، ۲۰، ۳۰، ٤۰ و ۵۰ درصد حجمی) و مخلوط یکسان اتانول و متانول (۵، ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی) و تیمار شاهد آب مقطر (بدون محلول‌پاشی) بود. نتایج نشان داد که بیش‌ترین شاخص عملکرد مورفولوژیکی گیاه با محلول ٤۰ درصد متانول و بیش‌ترین عملکرد انشعابات ساقه، انشعابات ریشه، شاخص سطح برگ و کلروفیل با محلول‌پاشی با متانول ۳۰ درصد به دست آمد و هم‌چنین وزن تر، وزن کاپیتول و وزن خشک آن و وزن بذر از محلول‌پاشی با متانول ۵۰ درصد به‌دست آمد. بیش‌ترین میزان عملکرد قطر ریشه و وزن هزاردانه با کاربرد متانول ۵۰ درصد حاصل شد

1- *Echinaceca purpurea* L.

(۱۸). در پژوهشی دیگر، محلول‌پاشی متانول و اتانول موجب افزایش ماده خشک و میزان اسانس، تیمول و کارواکرول در آویشن باغی گردید (۳۳).

متانول و اتانول و سایر الکل‌ها به‌صورت غیرفعال از طریق انتشار ساده از غشای سلولی جذب سلول‌های گیاه شده و سرعت جذب آن مستقیماً به غلظت آن وابسته است (۳۳). با توجه به این نکته که پیوند بین الکل‌ها مانند آب، پیوند هیدروژنی است، به هر اندازه‌ای در آب حل می‌شود (۲۱). از این رو دست‌یابی به غلظت مطلوب و نحوه به‌کارگیری آن می‌تواند در فرآیند رشدی گیاه تأثیر به‌سزایی داشته و مورد توجه پژوهش پژوهشگران قرار گیرد. بدین‌منظور، مطالعه حاضر جهت بررسی سطوح مختلف تیمارهای الکلی متانول و اتانول به‌صورت محلول‌پاشی برگی بر برخی صفات ریخت شناسی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی آویشن باغی صورت پذیرفت.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تکرار در سال ۱۳۹۸ در زمینی واقع در کلاردشت انجام شد. منطقه مورد نظر دارای طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ٣٦ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی در ارتفاع ۱۲٦۳ متر از سطح دریا قرار دارد. پس از خریداری بذر از شرکت پاکان بذر اصفهان و کاشت و تهیه نشاء در فصل بهار، گیاهان در مرحله پنج برگی در زمین اصلی مستقر شدند. سپس چهار مرحله محلول‌پاشی با تیمارهای آزمایشی به فاصله هر ۱۰ روز تا رسیدن به زمان گلدهی انجام شد. در مرحله داشت، مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام و آبیاری نیز بر اساس شرایط رطوبتی، هر هفته انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل اتانول با غلظت‌های صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی و متانول با غلظت‌های صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد حجمی بود (۲۵). تیمارهای اتانول و متانول پس از خریداری از منابع معتبر، با استفاده از ترکیب این منابع و آب مقطر در غلظت‌های مورد نظر تهیه و در ساعت ٤ تا ٦ عصر محلول‌پاشی شدند.

برای اندازه‌گیری شاخص‌های ریخت شناسی گیاه آویشن باغی شامل ارتفاع بوته، تعداد میانگره، طول میانگره، قطر ساقه، قطر ریشه، طول ریشه و وزن خشک بوته، سه بوته در مرحله گلدهی به‌طور تصادفی برای هر تیمار (هر تیمار شامل چهار بوته) انتخاب شده و اندازه‌گیری برای صفات مورد نظر صورت گرفت. هم‌چنین طول و عرض برگ با انتخاب تصادفی سه برگ میانی از بوته‌های هر تیمار با استفاده از کولیس برحسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد (۲۳).

صفات فیتوشیمیایی مورد مطالعه نیز شامل کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئید (٤۳) فنل کل (۳٦)، فلاونوئید کل (۱۰)، آنتوسیانین (۳۸) و درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۱۱) از نمونه‌های تازه برداشت شده پس از انتقال به آزمایشگاه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری صورت گرفت. استخراج قندهای محلول بر اساس روش اوموکولو (۱۹۹٦) انجام شد (۲٦). هم‌چنین اندازه‌گیری قندهای کل بر اساس روش آنترون (۱۲) و قند غیراحیا (۱۳) صورت پذیرفت. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌فزار SAS (ver 9.1) انجام پذیرفت. مقایسه میانگین اثرات ساده و متقابل تیمارهای مورد استفاده به روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۰/۰۵ محاسبه شد.

## نتایج و بحث

### صفات ریخت‌شناسی

**ارتفاع بوته:** تأثیر محلول‌پاشی متانول و اتانول بر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل آن دو معنی‌دار نشد (جدول ۱). بررسی اثرات ساده تیمارهای الکلی بر ارتفاع بوته نشان داد که در غلظت ۳۰ درصدی متانول و ۳۰ درصدی اتانول بیش‌ترین ارتفاع بوته به ترتیب ۱۹/۲۳ و ۲۰/۷۷ سانتی‌متر مشاهده شد (شکل ۱). در گیاه پنبه بیش‌ترین ارتفاع بوته در تیمار ۳۰ درصد حجمی متانول اتفاق افتاد (۲۰). علت این امر آسیمیلاسیون بیش‌تر کربن و رقابت بیش‌تر گیاه برای دریافت نور بیان شد. متانول بعد از محلول‌پاشی از طریق آنزیم متانول اکسیداز تبدیل به فرمالدهید و سپس تبدیل به فرمات می‌شود. در مرحله بعد فرمات توسط آنزیم فرمات دهیدروژناز تبدیل به دی‌اکسیدکربن شده و باعث افزایش $CO_2$ درون سلولی گیاه می‌گردد. هم‌چنین محلول‌پاشی متانول با افزایش سیتوکنین و افزایش تقسیم سلولی موجب تحریک رشد و افزایش ارتفاع در گیاه پنبه شد (۲۰). باکتری‌های همزیست مانند متیلوتروفیک که بر روی برگ اکثر گیاهان زراعی زندگی می‌کنند، با دریافت متانولی که از برگ گیاه خارج می‌شود پیش‌ماده ساخت هورمون‌هایی مانند اکسین و سیتوکنین را که نقش مهمی در تسریع روند رشد و فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه بر عهده دارند را در اختیار گیاه قرار می‌دهند (۱۶).

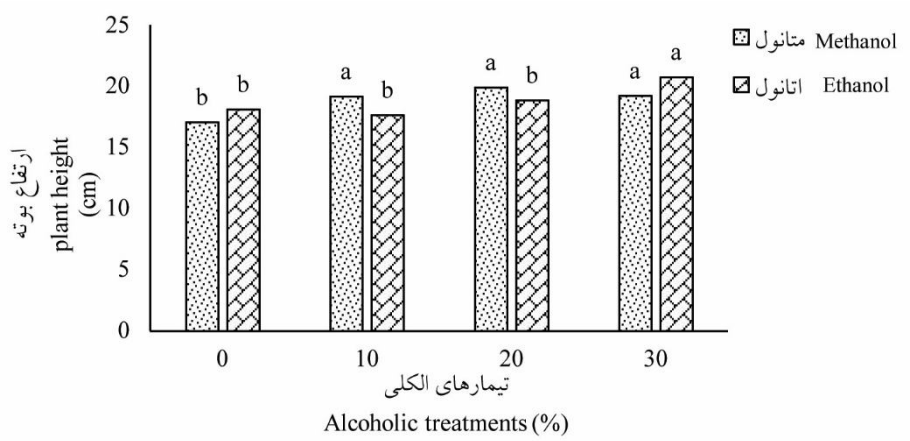
**جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای الکلی متانول و اتانول بر برخی صفات ریخت شناسی گیاه دارویی آویشن باغی.**

**Table 1. Analysis of variance (mean squares) effect of methanol and ethanol alcoholic treatments on some morphological traits of *Thymus vulgaris* L.**

| منابع تغییرات Sources of variations | درجه آزادی Degrees of freedom | ارتفاع بوته Plant height | تعداد میانگره Number of node | طول میانگره Height of node | قطر ساقه Stem diameter | قطر ریشه Root diameter | طول ریشه Root length | طول برگ Leaf length | عرض برگ Leaf width | وزن خشک بوته Plant dry weight |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| متانول Methanol | 3 | 17.79* | 13.51** | 1.26** | 1.38** | 0.005* | 3.52* | 0.15* | 1.01** | 11.62** |
| اتانول Ethanol | 3 | 22.56* | 4.47* | 0.16* | 0.84* | 0.02** | 4.45* | 0.76* | 0.13** | 11.51** |
| متانول × اتانول M × E | 9 | $6.52^{ns}$ | $0.67^{ns}$ | 0.18** | $0.32^{ns}$ | 0.04** | 2.94* | 1.14** | 0.16** | 1.48** |
| خطای آزمایشی Error | 30 | 5.05 | 0.45 | 0.03 | 0.24 | 0.01 | 1.14 | 0.17 | 0.02 | 0.21 |
| ضریب تغییرات (درصد) CV% | - | 11.92 | 13.45 | 9.19 | 18.09 | 23.2 | 10.55 | 6.68 | 15.08 | 6.58 |

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار.

*, ** and ns were significant at the 5% and 1% probability levels and non-significant, respectively.



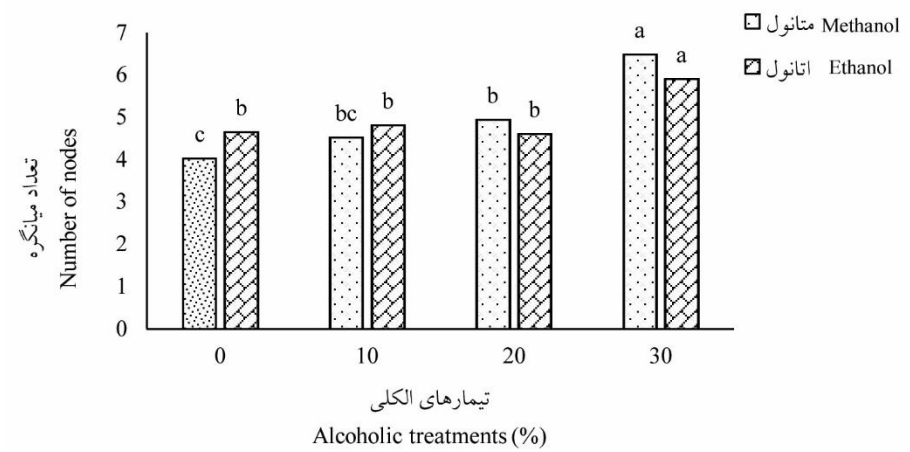

**شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای متانول و اتانول بر ارتفاع بوته در گیاه آویشن باغی.**

**(میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با هم اختلاف معنی‌داری ندارند)**

**Fig. 1. Comparison of the mean of interaction of methanol and ethanol treatments on plant height in *Thymus vulgaris* L.**

**(In each column, the means of at least one letter in common do not differ significantly)**

**تعداد میانگره:** نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده محلول‌پاشی متانول در سطح احتمال ۱ درصد و اتانول در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول ۱). بیش‌ترین تعداد میانگره در سطوح غلظت ۳۰ درصد متانول و غلظت ۳۰ درصد اتانول حاصل شد و کم‌ترین مقدار نیز در تیمار شاهد (بدون کاربرد تیمارهای الکلی) با میانگین ٤/٠٤ میانگره حاصل شد (شکل ۲). آزمایش‌ها نشان داد که محلول‌پاشی متانول و اتانول موجب افزایش تعداد میانگره در گیاه ریحان[1] گردید. این احتمال وجود دارد که متانول با تأثیر بر اکسین داخلی گیاه باعث افزایش تعداد گره‌ها شود (۲۲).




**شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای متانول و اتانول بر تعداد میانگره در گیاه آویشن باغی.**

**(میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با هم اختلاف معنی‌داری ندارند)**

**Fig. 2. Comparison of the mean of interaction of methanol and ethanol treatments on number of node in *Thymus vulgaris* L.**

**(In each column, the means of at least one letter in common do not differ significantly)**

1- *Ocimum basilicum* L.

**طول میانگره:** با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر متقابل محلول‌پاشی متانول و اتانول بر طول میانگره در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیش‌ترین طول میانگره مربوط به سطح غلظت ۲۰ درصد متانول و صفر درصد اتانول (۲/۷۵ سانتی‌متر) بود (جدول ۲). محلول‌پاشی متانول موجب افزایش طول میانگره در گیاه ریحان شد. که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. گیاهان تیمار شده با متانول با بهبود راندمان تبدیل کربن در گیاه می‌توانند فتوسنتز خالص را بهبود بخشیده و با افزایش سیتوکنین و افزایش تقسیم سلولی موجب تحریک رشد و افزایش طول میانگره در این گیاه شوند (۲۲).

**جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای الکلی متانول و اتانول بر برخی صفات ریخت‌شناسی گیاه دارویی آویشن باغی.**

**Table 2. Comparison of the mean interaction of methanol and ethanol alcoholic treatments on some morphological traits of *Thymus vulgaris* L.**

| منابع تغییرات Sources of variations | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| متانول Methanol (Percentage of volume) | اتانول Ethanol (Percentage of volume) | طول میانگره Height of node (cm) | قطر ریشه Root diameter (mm) | ارتفاع ریشه Root height (cm) | طول برگ Leaf length (mm) | عرض برگ Leaf width (mm) | وزن خشک بوته Plant dry weight (gr) |
| 0 | 0 | $1.66^{gh}$ | $0.28^{e}$ | $10.5^{bc}$ | $6.33^{b-e}$ | $0.75^{d}$ | $5.02^{h}$ |
| | 10 | $2.01^{def}$ | $0.41^{cde}$ | $10^{cde}$ | $5.76^{ef}$ | $0.78^{d}$ | $5.08^{g}$ |
| | 20 | $1.5^{h}$ | $0.46^{bcd}$ | $8.33^{e}$ | $6.16^{cde}$ | $0.84^{d}$ | $6.09^{fg}$ |
| | 30 | $1.75^{fgh}$ | $0.46^{bcd}$ | $11.83^{ab}$ | $6.33^{b-e}$ | $0.75^{d}$ | $6.72^{ef}$ |
| 10 | 0 | $2^{ef}$ | $0.42^{cde}$ | $9.66^{cde}$ | $6.83^{abc}$ | $0.78^{d}$ | $6.65^{ef}$ |
| | 10 | $1.83^{fg}$ | $0.29^{e}$ | $10.33^{bc}$ | $6.03^{de}$ | $0.76^{d}$ | $7.16^{de}$ |
| | 20 | $2^{ef}$ | $0.36^{cde}$ | $10.66^{bc}$ | $6.25^{cde}$ | $0.75^{d}$ | $7.53^{cd}$ |
| | 30 | $2.33^{cd}$ | $0.52^{bc}$ | $10.16^{bcd}$ | $6.41^{b-e}$ | $0.75^{d}$ | $7.39^{cde}$ |
| 20 | 0 | $2.75^{a}$ | $0.34^{de}$ | $9.5^{cde}$ | $5.16^{f}$ | $0.67^{d}$ | $7.73^{bcd}$ |
| | 10 | $2.16^{cde}$ | $0.33^{de}$ | $9.88^{cde}$ | $7.16^{a}$ | $1.23^{bc}$ | $6.09^{fg}$ |
| | 20 | $2.41^{bc}$ | $0.73^{a}$ | $8.5^{de}$ | $7.16^{a}$ | $1.45^{b}$ | $6.13^{fg}$ |
| | 30 | $2.66^{ab}$ | $0.28^{e}$ | $9.83^{cde}$ | $6^{de}$ | $1.72^{a}$ | $8.03^{bc}$ |
| 30 | 0 | $2.66^{ab}$ | $0.28^{e}$ | $12.5^{a}$ | $5.83^{def}$ | $1.27^{bc}$ | $8.4^{ab}$ |
| | 10 | $2.16^{cde}$ | $0.46^{bcd}$ | $9.5^{cde}$ | $6.16^{cde}$ | $1.33^{bc}$ | $7.8^{bcd}$ |
| | 20 | $2.16^{cde}$ | $0.61^{ab}$ | $10^{cde}$ | $7.03^{ab}$ | $1.33^{bc}$ | $9.02^{a}$ |
| | 30 | $2^{ef}$ | $0.43^{cde}$ | $11^{abc}$ | $6.5^{a-d}$ | $1.16^{c}$ | $8.05^{bc}$ |

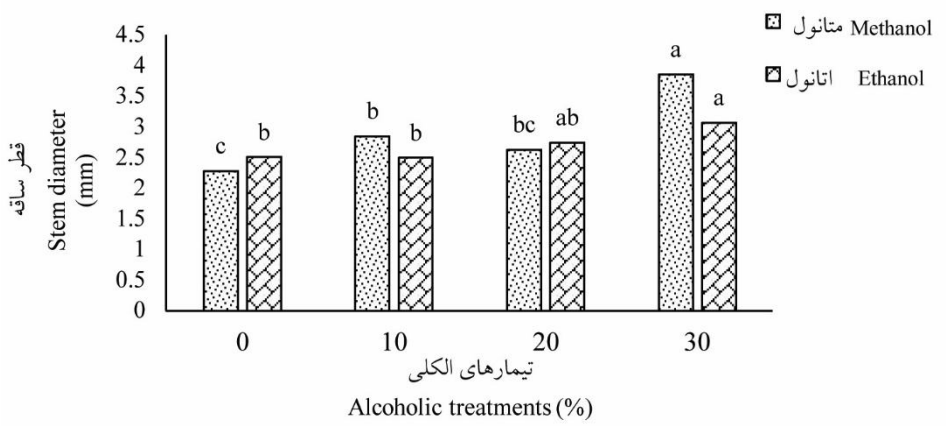
در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, the means of at least one letter in common do not differ significantly

**قطر ساقه:** تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر این است که اثرات ساده محلول‌پاشی متانول در سطح احتمال ۱ درصد و اتانول در سطح ۵ درصد بر قطر ساقه معنی‌دار شد اما اثر متقابل این تیمار معنی‌دار نشد (جدول ۱). بیش‌ترین قطر ساقه در تیمار ۳۰ درصد حجمی متانول (۳/۸۶ میلی‌متر) و ۳۰ درصد حجمی اتانول (۳/۰۷ میلی‌متر) مشاهده شد (شکل ۳). تأثیر محلول‌پاشی اتانول در افزایش قطر ساقه گل‌های شاخه بریده میخک[1] اثبات شد (۱۷). هم‌چنین در گیاه

1- Dianthus *spp*.

سرخارگل و ریحان نیز بیش‌ترین قطر ساقه در غلظت‌های ۳۰ و ٤٠ درصدی متانول مشاهده گردید (۱۸ و ۲۲). پژوهش‌ها نشان داده که متانول سبب افزایش تولید هورمون جیبرلین می‌شود. افزایش تولید این هورمون نیز به نوبه خود می‌تواند سبب افزایش قطر ساقه گردد (١٦).




**شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای متانول و اتانول بر قطر ساقه در گیاه آویشن باغی.**

**(میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با هم اختلاف معنی‌داری ندارند)**

**Fig. 3. Comparison of the mean of interaction of methanol and ethanol treatments on stem diameter in *Thymus vulgaris* L.**

**(In each column, the means of at least one letter in common do not differ significantly)**

**قطر ریشه:** بر اساس نتایج به‌دست آمده، اثر متقابل کاربرد متانول و اتانول بر قطر ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیش‌ترین قطر ریشه در غلظت ۲۰ درصد متانول به همراه ۲۰ درصد اتانول حاصل شد (۰/۷۳ سانتی‌متر) که با تیمار ۳۰ درصدی متانول و ۲۰ درصد اتانول در یک سطح آماری قرار داشت (جدول ۲). افزایش صفات مورفولوژیکی ریشه مانند قطر و طول به این علت که می‌تواند در بهره‌برداری ریشه از رطوبت و عناصر غذایی موجود در خاک مؤثر باشد، در تحمل به تنش کمبود آب نیز نقش به‌سزایی خواهد داشت (۱۵). محلول‌پاشی تیمارهای الکلی به دلیل غنی‌سازی دی‌اکسیدکربن و کاهش تنفس نوری بر رشد بخش هوایی گیاه نقش مثبتی نشان می‌دهد، که رشد مطلوب بخش‌های فتوسنتزکننده نیز بر توسعه ریشه اثر مثبتی اعمال می‌نماید (۳).

**طول ریشه:** نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که محلول‌پاشی متانول و اتانول و اثر متقابل آن دو در سطح احتمال ۵ درصد بر طول ریشه معنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین طول ریشه در غلظت ۳۰ درصد متانول بدون استفاده از اتانول حاصل شد که با تیمار ۳۰ درصد اتانول بدون کاربرد متانول و تیمار ۳۰ درصد متانول به همراه ۳۰ درصد اتانول تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). پژوهش‌ها نشان داد که محلول‌پاشی سطح ۱۵ درصد حجمی متانول منجر به افزایش معنی‌دار طول ریشه اصلی در مقایسه با سطح شاهد در گیاه عدس شد (١٤). هم‌چنین در شرایط تنش ملایم کم‌آبی، محلول‌پاشی سطوح ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی متانول سبب افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به شاهد گردید. یکی از مهم‌ترین مزایای محلول‌پاشی متانول افزایش جذب آب به واسطه حفظ پتانسیل اسمزی سلول‌های

ریشه است. متانول پس از محلول‌پاشی متابولیزه شده و با افزایش میزان $CO_2$ درون برگی موجب افزایش فتوسنتز و تولید کربوهیدرات شده که این ترکیبات از طریق آوند آبکش به ریشه‌ها منتقل گشته و در نتیجه منجر به برقراری پتانسیل اسمزی منفی‌تر و جذب بیش‌تر آب در سلول‌های ریشه می‌شوند که در حفظ فشار آماس و افزایش طول ریشه بسیار مؤثر خواهد بود (۱٤).

**طول و عرض برگ:** اثر متقابل محلول پاشی متانول و اتانول بر طول و عرض برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیش‌ترین طول برگ (۷/۱٦ میلی‌متر) در سطوح غلظت متانول ۲۰ و اتانول ۲۰ درصد مشاهده شد که با تیمارهای متانول ۲۰ و اتانول ۱۰ درصد، متانول ۱۰ درصد بدون کاربرد اتانول، متانول ۳۰ و اتانول ۲۰ درصد و متانول ۳۰ و اتانول ۳۰ درصد حجمی در یک سطح آماری قرار داشت. درحالی‌که بیش‌ترین عرض برگ با کاربرد متانول ۲۰ درصد به همراه اتانول ۲۰ درصد (۱/۷۲ میلی‌متر) حاصل شد (جدول ۲). در پژوهشی بر روی گیاه ریحان مشخص شد که استفاده از اتانول و متانول موجب افزایش طول و عرض برگ گردید (۲۲). هم‌چنین محلول‌پاشی متانول و اتانول اثر مثبتی بر افزایش عرض برگ در گیاه نعناع فلفلی[1] داشت (۲۵). محلول‌پاشی متانول بر روی برگ گیاهان موجب فعال شدن ژن پکتین‌متیل‌استراز در سلول‌های برگ شده، که در نتیجه باعث افزایش یون کلسیم قابل‌استفاده برای برگ شده و در نتیجه سبب افزایش انتقال مواد به‌سمت سلول‌ها و ذخیره درون‌سلولی برگ می‌گردد که این امر در نهایت منجر به افزایش طول و عرض برگ خواهد شد. علاوه بر این، حضور باکتری‌های همزیست به نام متیلوتروفیک بر روی برگ اکثر گیاهان با دریافت تیمارهای الکلی منجر به ساخت پیش‌ماده برخی از تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اکسین و سایتوکنین شده که در رشد و توسعه برگ‌های گیاهان ایفای نقش می‌کنند (۳۰).

**وزن خشک بوته:** جدول تجزیه واریانس بیانگر این است که اثرات ساده و متقابل محلول‌پاشی متانول و اتانول بر وزن خشک بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱). حداکثر وزن خشک بوته مربوط به سطوح غلظت متانول ۳۰ درصد به همراه اتانول ۲۰ درصد حجمی (۹/۰۲ گرم در بوته) بود که با تیمار ۳۰ درصد متانول بدون کاربرد اتانول اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). بالاترین میزان وزن خشک در گیاه نعناع‌فلفلی در اتانول ۲۰ درصد و متانول ۳۰ درصد حاصل شد که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد (۲۵). هم‌چنین محلول‌پاشی متانول و اتانول موجب افزایش وزن خشک در گیاه دارویی سرخارگل گردید (۱۸). برای دستیابی به عملکرد بالا در واحد سطح نیاز به افزایش تولید ماده خشک می‌باشد، زیرا حدود ۹۰ درصد وزن خشک گیاهان ناشی از آسیمیلاسیون $CO_2$ توسط فتوسنتز است که با استفاده از محلول‌پاشی متانول و اتانول می‌توان باعث افزایش سرعت تثبیت $CO_2$ و بالا بردن ظرفیت تولید در گیاهان شد (۲۰). یکی دیگر از علل تجمع ماده خشک در گیاهان تیمار شده با متانول، مختل شدن تنفس نوری و در نتیجه افزایش ماده خشک کل می‌باشد. بنابراین می‌توان دریافت که محلول‌پاشی الکل‌هایی مانند اتانول و متانول به عنوان یک منبع کربنی می‌تواند باعث افزایش زیست‌توده و عملکرد گیاهان دارویی شود (۱۸).

### صفات فیتوشیمیایی

**کلروفیل a و کلروفیل b:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده محلول‌پاشی متانول و اتانول در سطح احتمال ۵ درصد، و اثر متقابل این تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان کلروفیل a و کلروفیل b معنی‌دار شد (جدول ۳).

1- Mentha piperita L.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای الکلی متانول و اتانول بر برخی صفات فیتوشیمیایی گیاه دارویی آویشن باغی.

**Table 3. Analysis of variance (mean squares) effect of methanol and ethanol alcoholic treatments on some phytochemical traits of *Thymus vulgaris* L.**

| قند غیراحیا Non-reducing sugar | قند کل Total sugar | فلاونوئید کل Total Flavonoid | فنل کل Total phenol | فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity | آنتوسیانین Anthocyanin | کاروتنوئید Carotenoid | کلروفیل b Chlorophyll b | کلروفیل a Chlorophyll a | درجه آزادی Degrees of freedom | منابع تغییرات Sources of changes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 75.07** | 1090.14** | 0.28** | 1.67** | 329.3** | 34.54** | 5.75** | 0.01* | 0.01* | 3 | متانول Methanol |
| 101.15** | 1510.58** | 0.17** | 0.01$^{ns}$ | 164.34** | 8.6* | 2.75** | 0.02* | 0.01* | 3 | اتانول Ethanol |
| 34.73** | 631.68** | 0.04** | 0.52** | 89.94* | 8.72** | 2.29** | 0.017** | 0.01** | 9 | متانول × اتانول M × E |
| 0.98 | 42.44 | 0.01 | 0.09 | 33.55 | 1.94 | 0.09 | 0.01 | 0.01 | 30 | خطای آزمایشی Error |
| 15.02 | 21.56 | 5.7 | 13.18 | 21.5 | 10.54 | 3.94 | 8.2 | 8.2 | - | ضریب تغییرات (٪) CV% |

*، ** و $^{ns}$ به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار.

*, ** and $^{ns}$ were significant at the 5% and 1% probability levels and non-significant, respectively.

بیش‌ترین کلروفیل a (۰/۵٦ میکروگرم بر گرم وزن تر) و کلروفیل b (۱/۰۲ میکروگرم بر گرم وزن تر) در سطوح غلظت متانول ۲۰ درصد و اتانول ۳۰ درصد حجمی به‌دست آمد. هم‌چنین کم‌ترین میزان کلروفیل a و کلروفیل b نیز مربوط به تیمارهای محلول‌پاشی شده با آب مقطر (بدون کاربرد اتانول و متانول) بود (جدول ٤). در پژوهشی بر روی گیاه ریحان، محلول‌پاشی متانول و اتانول موجب افزایش میزان کلروفیل a شد، به‌طوری‌که بالاترین میزان کلروفیل a در تیمار اتانول ۲۰ درصد مشاهده گردید (۲۲). هم‌چنین کاربرد متانول به صورت محلول‌پاشی تا سطح غلظت ۳۰ درصد موجب افزایش میزان کلروفیل a در گیاه سیاه‌دانه شد. از آن‌جا که کلروفیل a هسته مرکزی واکنش در فتوسیستم II را تشکیل می‌دهد، به همین جهت افزایش آن می‌تواند بیانگر تقویت سیستم فتوسنتزی گیاه باشد (٦). بنابراین می‌توان استنباط کرد که کاربرد اتانول و متانول با تقویت مرکز واکنش فتوسیستم II سبب بهبود سیستم فتوسنتزی گیاه می‌گردد. آزمایش‌ها نشان داد که محتوای کلروفیل b نیز به‌طور قابل‌توجهی تحت‌تأثیر تیمارهای متانول و اتانول در گیاه دارویی ریحان قرار گرفت و بیش‌ترین میزان کلروفیل b در ترکیب اتانول و متانول ۲۵ درصد به‌دست آمد (۲۲). کلروفیل b مسئول برداشت نور در کمپلکس فتوسیستم‌های II و I می‌باشد و انرژی نورانی را از طریق پدیده رزونانس القایی به مرکز واکنش منتقل می‌کند. بنابراین تقویت برداشت نور به جهت فعال‌سازی بهتر در مرکز واکنش فتوسیستم‌ها مفید خواهد بود. هم‌چنین کاربرد متانول می‌تواند اثرات منفی ناشی از تنش خشکی را از طریق کاهش اندازه فتوسیستم I و II، با جذب کم‌تر نور و حفظ سیستم فتوسنتزی کاهش دهد و این به معنی تخریب کم‌تر مولکول‌های کلروفیل تحت تنش خشکی می‌باشد (٦).

میزان کلروفیل برگ یک فاکتور مهم تعیین‌کننده برای تعیین ظرفیت فتوسنتزی برگ است. در گیاهان محلول‌پاشی شده با متانول، آسیمیلاسیون نیتروژن افزایش یافته و در نتیجه شاخص سطح برگ و مقدار کلروفیل نیز بیش‌تر می‌شود. محلول‌پاشی متانول، باعث افزایش میزان آنزیم فروکتوز ۱ و ٦ بیس فسفاتاز شده که در کنترل سیکل احیای کربن فتوسنتزی نقش دارد. این آنزیم که بیوسنتز ساکارز در برگ‌ها را نیز بر عهده دارد، با تیمار متانول فعال‌تر شده و متانول با خاصیت هیدروفوبی خود اتصال بین آنزیم فروکتوز ۱ و ٦ بیس فسفاتاز را با سایر پروتئین‌های متصل به غشاء افزایش می‌دهد و در نتیجه سبب فعالیت بیش‌تر این آنزیم. افزایش غلظت متانول در بافت‌های گیاهی بر راندمان تبدیل کربن اثر گذاشته و با تحریک ژن پکتین متیل استراز موجب بزرگ شدن برگ می‌شود. این ژن سبب دسترسی بیش‌تر گیاه به کلسیم شده و موجب افزایش سطح برگ و در نتیجه افزایش میزان کلروفیل و فتوسنتز می‌گردد (۳۰).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای الکلی متانول و اتانول بر برخی صفات فیتوشیمیایی گیاه دارویی آویشن باغی.

**Table 4. Comparison of the mean interaction of methanol and ethanol alcoholic treatments on some phytochemical traits of *Thymus vulgaris* L.**

| منابع تغییرات Sources of changes | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| متانول Percentage of volume | اتانول Percentage of volume | کلروفیل a Chlorophyll a (µg/g FW) | کلروفیل b Chlorophyll b (µg/g FW) | کاروتنوئید Carotenoid (µg/g FW) | آنتوسیانین Anthocyanin (mg/g DW) | فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity (%) | فنل کل Total phenol (mg Gallic acid/g DW) | فلاونوئید کل Total Flavonoid (mg quercetin/g FW) | قند کل Total sugar (g/100 g) | قند غیراحیا Non-reducing sugar (g/100 g) |
| 0 | 0 | $0.4^{e}$ | $0.72^{e}$ | $5.2^{i}$ | $8.48^{f}$ | $11.38^{g}$ | $2.3^{c-f}$ | $1.8^{d}$ | $4.83^{g}$ | $0.36^{g}$ |
| | 10 | $0.47^{bcd}$ | $0.86^{bcd}$ | $7.07^{h}$ | $10.7^{ef}$ | $17.73^{fg}$ | $2.03^{efg}$ | $2.29^{bc}$ | $13.67^{efg}$ | $1.66^{g}$ |
| | 20 | $0.48^{bcd}$ | $0.86^{bcd}$ | $7.18^{gh}$ | $12.56^{de}$ | $27.25^{b-f}$ | $1.6^{g}$ | $2.29^{bc}$ | $20.55^{def}$ | $4.46^{f}$ |
| | 30 | $0.52^{abc}$ | $0.95^{abc}$ | $8.45^{bcd}$ | $12.47^{de}$ | $26.85^{c-f}$ | $1.95^{fg}$ | $2.2^{bc}$ | $27.68^{cd}$ | $6.33^{de}$ |
| 10 | 0 | $0.51^{abc}$ | $0.91^{abc}$ | $7.71^{efg}$ | $11.9^{de}$ | $23.68^{c-f}$ | $2.36^{b-f}$ | $2.14^{c}$ | $9.99^{fg}$ | $1.2^{g}$ |
| | 10 | $0.53^{ab}$ | $0.96^{ab}$ | $8.95^{ab}$ | $11.77^{de}$ | $32.41^{abc}$ | $2.18^{def}$ | $2.31^{bc}$ | $34.06^{c}$ | $4.84^{ef}$ |
| | 20 | $0.43^{de}$ | $0.78^{de}$ | $7.39^{gh}$ | $13.44^{cd}$ | $22.49^{def}$ | $1.89^{fg}$ | $2.27^{bc}$ | $51.75^{b}$ | $12.12^{b}$ |
| | 30 | $0.46^{cde}$ | $0.83^{cde}$ | $7.49^{fgh}$ | $13.46^{cd}$ | $21.69^{ef}$ | $1.54^{g}$ | $2.29^{bc}$ | $25.71^{cd}$ | $6.7^{cd}$ |
| 20 | 0 | $0.46^{cde}$ | $0.83^{cde}$ | $7.54^{fgh}$ | $13.73^{cd}$ | $22.09^{ef}$ | $1.62^{g}$ | $2.2^{bc}$ | $32.84^{c}$ | $8.29^{c}$ |
| | 10 | $0.49^{bcd}$ | $0.89^{bcd}$ | $8.1^{cde}$ | $12.52^{de}$ | $32.41^{abc}$ | $2.61^{a-d}$ | $2.22^{bc}$ | $24.48^{cde}$ | $5.77^{def}$ |
| | 20 | $0.46^{cde}$ | $0.84^{cde}$ | $9.34^{a}$ | $15.02^{bc}$ | $36.77^{ab}$ | $2.77^{abc}$ | $2.35^{bc}$ | $27.18^{cd}$ | $6.24^{de}$ |
| | 30 | $0.56^{a}$ | $1.02^{a}$ | $9.32^{a}$ | $16.56^{ab}$ | $24.47^{c-f}$ | $2.69^{abc}$ | $2.3^{bc}$ | $64.53^{a}$ | $14.17^{a}$ |
| 30 | 0 | $0.51^{abc}$ | $0.92^{abc}$ | $8.52^{bc}$ | $14.04^{cd}$ | $32.81^{abc}$ | $2.88^{a}$ | $2.37^{b}$ | $12.44^{fg}$ | $1.66^{g}$ |
| | 10 | $0.52^{abc}$ | $0.94^{abc}$ | $8.83^{ab}$ | $17.65^{a}$ | $37.96^{a}$ | $2.51^{a-e}$ | $2.34^{bc}$ | $54.95^{ab}$ | $12.4^{b}$ |
| | 20 | $0.49^{bcd}$ | $0.88^{bcd}$ | $7.97^{def}$ | $13.53^{cd}$ | $33.2^{abc}$ | $2.75^{abc}$ | $2.66^{a}$ | $28.17^{cd}$ | $7.17^{cd}$ |
| | 30 | $0.48^{bcd}$ | $0.87^{bcd}$ | $7.98^{def}$ | $13.43^{cd}$ | $28.04^{b-e}$ | $2.85^{ab}$ | $2.67^{a}$ | $50.52^{b}$ | $12.12^{b}$ |

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.

In each column, the means of at least one letter in common do not differ significantly.

**کاروتنوئید:** بر اساس نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس، اثر ساده و متقابل محلول‌پاشی متانول و اتانول بر میزان کاروتنوئید در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). حداکثر کاروتنوئید تولیدشده در ترکیب سطوح غلظت متانول ۲۰ درصد و اتانول ۲۰ درصد به‌دست آمد که با تیمارهای متانول ۲۰ و اتانول ۳۰ درصد و متانول ۳۰ و اتانول ۱۰ درصد حجمی در یک سطح آماری قرار داشت (جدول ٤). با استفاده از تیمارهای متانول و اتانول در گیاه دارویی ریحان میزان کاروتنوئید افزایش یافت (۲۲). هم‌چنین محلول‌پاشی متانول موجب افزایش مقدار کاروتنوئید در گیاه سیاه‌دانه شد. کاروتنوئید عمل به‌دام انداختن نور در فتوسیستم‌ها را بر عهده دارد. و به عنوان یک عامل حفاظتی برای جلوگیری از تخریب کلروفیل و صدمه به سیستم فتوسنتزی گیاه در مقابل تنش‌های مختلف و مولکول‌های پر انرژی عمل می‌کند. به‌طور مثال کمبود آب موجب آسیب به رنگدانه‌ها و پلاستیدها می‌شود و کاهش کلروفیل، کاروتنوئید و کاهش ضخامت غشاء در تیلاکوئیدها را در پی خواهد داشت (٦). در واقع کاروتنوئید به عنوان یک رنگدانه کمکی در تنش اکسیداتیو اعمال نقش کرده و در بافت‌های فتوسنتزی به‌طور اختصاصی وظیفه‌ی حفاظت از فتوسیستم‌های نوری را بر عهده داشته و از طریق فروکش کردن سریع وضعیت برانگیخته کلروفیل، حفاظت نوری را انجام می‌دهد (۳۲).

**آنتوسیانین:** مطابق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر ساده متانول و اتانول به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و اثر متقابل آن‌ها بر میزان آنتوسیانین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیش‌ترین میزان آنتوسیانین (۱۷/٦٥ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به سطوح غلظت متانول ۳۰ و اتانول ۱۰ درصد حجمی بود که نسبت به تیمار شاهد (بدون کاربرد تیمارهای الکلی) دو برابر افزایش نشان داد (جدول ٤). متابولیسم متانول موجب افزایش قندسازی در برگ‌ها شده و در نتیجه افزایش فشار آماس و سرعت آسیمیلاسیون و رشد در گیاهان تیمار شده را به دنبال خواهد داشت. متانول بعد از محلول‌پاشی متابولیزه شده و با افزایش میزان دی‌اکسیدکربن درون برگی منجر به افزایش میزان آماس و قندسازی در برگ‌ها می‌شود. با توجه به این که مواد قندی از ترکیبات اولیه برای سنتز آنتوسیانین‌ها می‌باشند و میزان قند و رنگ با هم همبستگی مثبت دارند بنابراین احتمال می‌رود که یکی از دلایل افزایش آنتوسیانین توسط ترکیبات الکلی، بالا رفتن محتوای قندی باشد. ساخته شدن آنتوسیانین و تجمع آن در بافت‌های گیاهی تحت‌تأثیر عوامل مختلفی از جمله شدت و کیفیت نور و هم‌چنین مقدار کربوهیدرات موجود در بافت‌ها قرار می‌گیرد (۳۷). استالدئید حاصل از اتانول نیز با افزایش تنفس سلولی موجب کاهش اسیدیته و افزایش درصد قند محلول می‌شود (۲۷).

**فعالیت آنتی‌اکسیدانی:** با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر ساده محلول‌پاشی متانول و اتانول در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد بر درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار شد (جدول ۳). بالاترین مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۳۷/۹٦ درصد) در سطوح غلظت متانول ۳۰ درصد به همراه اتانول ۱۰ درصد حجمی حاصل شد. کم‌ترین مقدار نیز مربوط به تیمار شاهد (بدون کاربرد متانول و اتانول) بود (جدول ٤). طبق پژوهشی که بر روی گیاه ریحان انجام شد محلول‌پاشی متانول و اتانول موجب افزایش سطح آنتی‌اکسیدان در این گیاه گردید (۲۲). کاربرد تیمارهای الکلی سبب افزایش میزان فنل کل و کاروتنوئید شد، با توجه به این‌که قدرت به‌دام‌اندازی

رادیکال‌های آزاد ارتباط مستقیمی با میزان فنل کل و محتوای کاروتنوئید دارد، می‌توان این‌گونه استنباط کرد که کاربرد متانول و اتانول موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه خواهد شد (۲۹).

**فنل کل:** نتایج جدول تجزیه واریانس بیانگر این است که داده‌ها اثر متقابل کاربرد متانول و اتانول بر میزان فنل کل در گیاه آویشن باغی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیش‌ترین میزان فنل کل مربوط به سطح تیمار متانول ۳۰ درصد و اتانول شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر) بود (جدول ٤). محلول‌پاشی متانول و اتانول اثر مثبت و معنی‌داری بر روی میزان ترکیبات فنلی گیاه دارویی ریحان داشت (۲۲). هم‌چنین محلول‌پاشی متانول موجب افزایش ترکیبات فنلی در گیاه سویا شد، به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان فنل کل با کاربرد متانول ۲۱ درصد مشاهده گردید (۲). بسیاری از ترکیبات فنلی به‌عنوان آنتی‌اکسیدان عمل کرده و می‌توانند به‌طور مؤثری رادیکال‌های گروه هیدروکسیل و پروکسیل را حذف کرده و از اکسید شدن چربی‌ها ممانعت کنند (۹).

**فلاونوئید کل:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها گویای آن است که اثر ساده و متقابل محلول‌پاشی متانول و اتانول بر میزان فلاونوئید کل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). بیش‌ترین میزان فلاونوئید مربوط به تیمار متانول ۳۰ درصد به همراه اتانول ۳۰ درصد حجمی بود که با تیمار متانول ۳۰ درصد به همراه اتانول ۲۰ درصد در یک سطح آماری قرار داشت (جدول ٤). یزدی‌فر و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف متانول (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ٤۰ درصد) منجر افزایش میزان فلاونوئید در گیاه همیشه بهار گردید که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (٤۲). میزان فلاونوئید تحت‌تأثیر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی تحت‌تأثیر ترکیبات فنلی قرار می‌گیرد (۲۹). همان‌طور که در نتایج پژوهش فوق مشاهده می‌شود، میزان ترکیبات فنلی، آنتی‌اکسیدان و فلاونوئید با استفاده از محلول‌پاشی متانول و اتانول افزایش یافت.

**قند کل:** نتایج نشان داد که اثرات ساده و متقابل متانول و اتانول بر میزان قند کل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بالاترین میزان قند کل (٦٤/٥۳ گرم بر صد گرم گیاه) در سطوح غلظت متانول ۲۰ و اتانول ۳۰ درصد بود که با تیمار متانول ۳۰ و اتانول ۱۰ درصد تفاوت معنی‌داری نشان نداد. کم‌ترین مقدار نیز مربوط به تیمار شاهد (آب مقطر) بود (جدول ٤). کاربرد متانول در نیشکر و چغندرقند موجب افزایش میزان درصد قند شد (۱۹). متابولیسم متانول موجب افزایش قندسازی در برگ‌ها شده و در نتیجه افزایش فشار آماس و سرعت آسیمیلاسیون و رشد در گیاهان تیمار شده را به دنبال خواهد داشت. متانول بعد از محلول‌پاشی متابولیزه شده و با افزایش میزان دی‌اکسیدکربن درون برگی منجر به افزایش میزان آماس و قندسازی در برگ‌ها می‌شود. هم‌چنین تأثیر تیمارهای اتانولی نیز در افزایش نسبت قند به اسید به اثبات رسیده است. در واقع استالدئید حاصل از اتانول، با افزایش تنفس سلولی موجب کاهش اسیدیته و افزایش درصد قند محلول می‌گردد (۲۷).

**قند غیراحیا:** بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس اثرات ساده و متقابل کاربرد متانول و اتانول بر مقدار قند غیراحیا در گیاه دارویی آویشن باغی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین میزان قند غیراحیا، در سطوح غلظت متانول ۲۰ و اتانول ۳۰ درصد حجمی حاصل شد (جدول ٤). دی‌اکسیدکربن تولید شده ناشی از محلول‌پاشی متانول موجب تغییر مسیر تنفس نوری از یک واکنش کاتابولیک به یک واکنش آنابولیک می‌شود. در واقع ماهیت تنفس نوری تغییر کرده و گیاهان تیمار شده با متانول در شرایطی که به مسیر تنفس نوری بروند دو

مولکول سرین در میتوکندری خود ساخته که منجر به دو برابر شدن ساکارز (قند غیراحیا) تولیدی و در نهایت افزایش عملکرد می‌شود. علت کاهش تنفس نوری در گیاهان تیمار شده با متانول، اکسیداسیون سریع متانول به دی‌اکسید کربن و ترکیب شدن آن با ریبولوز ۱و۵ بیس فسفات کربوکسیلاز و کم شدن رقابت با اکسیژن است (۳۰).

## نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی کاربرد سطوح بالاتر محلول‌پاشی برگی متانول و اتانول در گیاه دارویی آویشن باغی علاوه بر کاهش استفاده از نهاده‌های کشاورزی و در نتیجه کاهش هزینه تولید، سبب افزایش عملکرد، بهبود خصوصیات ریخت شناسی و افزایش میزان مواد مؤثره و بهبود خواص دارویی این گیاه می‌شود. با توجه به این‌که ۲۵ درصد از کربن گیاه صرف تنفس نوری می‌شود، به نظر می‌رسد با استفاده از محلول‌پاشی متانول میزان تنفس نوری به حداقل رسیده و از این طریق به عملکرد گیاه افزوده می‌شود. از طرف دیگر، متانول با تأثیر در به تعویق انداختن پیری برگ‌ها سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌گردد. بنابراین احتمال می‌رود کاربرد برگی ترکیبات الکلی مانند متانول و اتانول، با افزایش دوام و میزان سطح فتوسنتزکننده، کارآیی فتوسنتز را بهبود بخشیده و افزایش قابل‌ملاحظه‌ای در رشد و بیوماس تولیدی گیاه را سبب می‌شود.

## منابع


1. Abanda, D., Musch, M., Tschiersch, J., Boettne, M. and Schawb, W. 2006. Molecular interaction between methylobacterium extorquens and seedling: growth promotion, methanol consumption and localization of the methanol emission site. J. Exp. Bot. 57: 15. 4025-4032.
2. Amraei, B., Paknejad, F., Ebrahimi, M.A. and Sobhanian, H. 2017. Effects of methanol spraying on some biochemical and physiological characteristics of soybean (*Glycine max* L.) under drought stress. Plant Env. Physiol. J. 12: 45. 81-94. (In Persian)
3. Armand, N., Amiri, H. and Ismaili, A. 2016. Interaction of methanol spray and water deficit stress on photosynthesis and biochemical characteristics of *Phaseolus vulgaris* L. cv. Sadry. Photochem. Photobiol. 92: 1. 102-110.
4. Asgari, A.A. and Moinfard, A. 2014. The effect of alcohol foliar application on as a modern application in agriculture. Proceedings of 1st National Congress of Biology and Natural Sciences of Iran. Tehran, Iran. (In Persian)
5. Badger, P.C. 2002. Ethanol from cellulose: A general review. In: Janick, J., Whipkey, A. (eds) Trends in New Crops and New Uses. ASHS, Alexandria, 17p.
6. Baradaran Firouzabadi, M., Parsaeiyan, M. and Baradaran Firouzabadi, M. 2018. Agronomic and physiological response of *Nigella sativa* L. to ascorbate and methanol foliar application in water deficit stress. Plant Ecophysiol. J. 9: 13-27. (In Persian)
7. Benson, A.A. 1951. Identification of ribulose in $14CO_2$ photosynthetic products. J. Am. Chem. Soc. 73: 2971.
8. Bitarafan, N., Gholami, A., Abbas Dokht, H., Baradaran, M. and Khalighi Sigaroodi, F. 2017. Effects of Vermicompost and Mycorrhiza Fungi on Growth Characteristics, Essential oil and Yield of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). J. Agroeco. 9: 1. 102-114. (In Persian)
9. Boscaiu, M., Sanchez, M., Bautista, I., Donat, P., Lidon, A., Llinares, J., Llul, C., Mayoral, O. and Vicente, O. 2010. Phenolic compounds and stress markers in plants from gypsum habitats. Bulletin Univ. Agri. Sci. Vet. 67: 44-49.

10. Chang, C., Yang, M., Wen, H. and Chern, J. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. J. Food Drug Anal. 10: 178-182.
11. Ebrahimzadeh, M.A., Pourmorad, F. and Hafezi, S. 2008. Antioxidant activities of Iranian corn silk. Turkish J. Biol. 32: 1. 43-49.
12. Fsles, F.W. 1951. The assimilation and degradation of carbohydrates of yeast cells. J. Biol. Chem. 193: 113-116.
13. Handel, E. 1968. Direct microdetemination of sucrose. Anal. Biochem. 22: 280-283.
14. Hosseinzadeh, S.R., Paknejad, F., Ilkaei, M. and Ahmadpour, R. 2018. Responses of lentil (*Lens culinaris* Medikus) root to foliar application of methanol under water deficit stress. J. Crop Ecophysiol. 12: 1. 1-20. (In Persian)
15. Hossinzadeh, S.R., Salimi, A., Ganjeali, A. and Ahamadpour, R. 2015. Effect of foliar application of methanol on biochemical characteristics and antioxidant enzyme activity of chickpea (*cicer arietinum* L.) under drought stress. Plant physio. Biochem. 31: 1. 17-30.
16. Ivanova, E.G., Dornina, N.V., Shepelyakovskaya, A.O., Laman, A.G., Brovko, F.A. and Trotsenko, Y.A. 2001. Facultative and obligate aerobic methylobacteria synthesize cytokinin. J. Microbiol. 69: 646-651.
17. Jafari Marandi, S. and Majd, A. 2009. The Effect of alcoholic (ethanol-methanol) treatments on ontogeny vegetative meristem, formation of flower of parts, changing in the number of shoot flowers, the number of flowers, ontogeny embryo and possibility to delay aging and drooping in *Dianthus caryophullus* L. J. Dev. Biol. 1: 1. 9-14. (In Persian)
18. Khosravi, M.T., Mehrafarin, A., Naghdibadi, H., Hajiaghaee, R. and Khosravi, E. 2011. Effect of methanol and ethanol application on yield of *Echinacea Purpurea* L. in Karaj region. J. Herb. Drug. 2: 2. 121-128. (In Persian)
19. Madhayan, T., Poonguzhali, S. and Sundaram, S.P. 2006. A new insight in to foliar applied methanol influencing phylloplane methylotrophic dynamics and growth promotion of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). Env. Exp. Bot. 57: 168-176.
20. Makhdum, I.M., Nawaz, A. and Shabab, M. 2002. Physiological response of cotton to methanol foliar application. J. Res. Sci. 13: 1. 37-43.
21. Mirshokraei, A., Yavari, I. and Seyedi Esfehani, A. 2012. Organic Chemistry. Tehran, University Science Publishing. 560p. (Translated in Persian)
22. Moghaddam, M., Narimani, R., Rostami, Gh. and Mojarab, S. 2018. Studying the effect of foliar application of methanol and ethanol on morphological and biochemical characteristics of sweet basil (*Ocimum basilicum* cv. Keshkeni luvelou). J. Field Crop. Res. 16: 2. 345-354. (In Persian)
23. Mohammadian, R., Rahimian, H., Moghaddam, M. and Sadeghian, S.Y. 2003. Effect of early drought stress on sugar beets chlorophyll fluorescence. Pakistan J. Biol. Sci. 6: 1763-1769.
24. Morales, R. 2002. The history, botany and taxonomy of the genus *Thymus*. Thieme Medical Pub. pp. 1-43.
25. Nourafkan, H. and Kalantari, Z. 2017. The effect of methanol and ethanol foliar application on peppermint morpho-physiological charactristics. Agroeco. J. 12: 4. 1-9. (In Persian)
26. Omokolo, N.D., Tsala, N.G. and Djocgoue, P.F. 1996. Changes in carbohydrate, amino acid and phenol content in cocoa pods from three clones after infection with *Phytophthora megakarya* Bra. Grif. Annu. Bot. 77: 153-158.
27. Pesis, E. 2005. The role of the anaerobic metabolites, acetaldehyde and ethanol, in fruit ripening, enhancement of fruit quality and fruit deterioration. Postharvest Biol. Thechnol. 37: 1-19.
28. Prasanth, R., Ravi, V.K., Varsha, P.V. and Satyam, S. 2014. Review on *Thymus vulgaris* traditional uses and pharmacological properties. Med. Aroma. Plant. 3: 4. 1-3.

29. Qasim, A., Ashraff, M. and Anwar, F. 2010. Seed composition and seed oil antioxidant activity of maize under water stress. J. Amer. Oil Chem. Soc. 87: 1179-1187.
30. Ramirez, I., Dorta, F., Espinoza, V., Jimenez, E., Mercado, A. and Pena-Cortes, H. 2006. Effects of foliar and root application of methanol on the growth of Arabidopsis, tobacco and tomato plants. J. Plant Growth Regul. 25: 30-44.
31. Ramroudi, M., Chezgi, M. and Galavi, M. 2017. Effect of methanol spraying on quantitative traits and osmatic adjustments in moldavian (*Dracocephlum moldavica* L.) under low irrigation conditions. J. Field Crop Sci. 48: 1. 149-158. (In Persian)
32. Rasouli, F. 2011. Investigate effects of flooding stress on physiological characteristics, yield and yield components in rapeseed (*Brassica napuse*). M.Sc. Thesis, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. (In Persian)
33. Sajedi Moghadam, S., Mehrafarin, A., Naghdi Badi, H., Pazoki, A.R. and Ghavami, N. 2012. Evaluation of phytochemical yield of thyme (*Thymus vulgaris* L.) under foliar application of hydroalcohol. J. Med. Plant. J. 11: 44. 130-139. (In Persian)
34. Sharif Hossain, A.B., Boyce, A.N. and Haji Mohamed, A.M. 2008. Vase life extension and chlorophyll fluorescence yield of bougainvillea flower as influenced by ethanol to attain maximum environmental beautification as ornamental components. Amer. J. Environ. Sci. 4: 625-630.
35. Sharma, R. 2004. Agro-Techniques of Medicinal Plant, Daya Publishing House, Delhi, 264p.
36. Slinkard, K. and singleton, V.L. 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. Amer. J. Enol. Vi. 28: 49-55.
37. Taiz, L. and Zeiger, E. 2006. Plant physiology, (4th Edition). Sinauer Associates, Sunderland, Mass, 623p.
38. Wagner, G.J. 1979. Content and vacuole/extravacuole distribution of neutral sugars, free amino acids and anthocyanins in protoplast. Plant Physiol. 64: 88-93.
39. Yadegari, M. 2013. Effect of Cu and Mn micronutrients foliar application on quantitative and qualitative yield of thyme (*Thymus vulgaris* L.) in Shahre-Kord region. J. Crop Pro. Res. 5: 3. 277-285. (In Persian)
40. Yadegari, M. 2015. Effect of foliar application of micronutirents on growth, yield and essential oil content of thyme (*Thmus vulgaris* L.). Crop Res. 47: 56-65.
41. Yadegari, M., Farahani, H. and Mosadeghzad, Z. 2012. Biofertilizers effects on quantitative and qualitative yield of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Afric. J. Agri. Res. 7: 34. 4716-4723.
42. Yazdifar, S.H., Moradi, P. and Yousefi Rad, M. 2015. Effect of foliar application of methanol and chelated zinc on the quantities and qualities yield of marigold (*Calendula officinalis* L). J. App. Environ. Biol. Sci. 4: 170-176. (In Persian)
43. Yosefian Ghahfarokhi, H., Abdali Mashhadi, A., Bakhshandeh, A. and Lotfi Jalalabadi, A. 2015. Evaluation of effect attract moisture substances and organic fertilizers on quality and quantity yield of purslane (*Portulaca oleraceae* L.) in Ahvaz region. Plant Proc. Fun. J. 4: 3. 87-96. (In Persian)