پاسخ‌های فیتوشیمیایی و مورفوفیزیولوژیکی شوید (*Anethum graveolens* L.) به محلول‌پاشی سولفات پتاسیم و محرک‌زیستی متانول

علی مهرآفرین[1]، حسنعلی نقدی‌بادی[1]، مهدیه میرزایی‌مطلق[2]، مهتاب صالحی[3]*، مونا غیاثی‌یکتا[1]

۱- مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج، ایران
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران
۳- استادیار دانشگاه نهاوند، گروه مهندسی تولیدات گیاهان دارویی، نهاوند، ایران
* آدرس مکاتبه: نهاوند، کیلومتر ۳ کمربندی بروجرد، دانشگاه نهاوند، گروه مهندسی تولیدات گیاهان دارویی، کدپستی: ۹۵۶۵-۳-۶۵۹۳۱
تلفن : ۳۳۴۹۳۰۰۸ (۰۸۱)، نمابر: ۳۳۴۹۳۰۰۸ (۰۸۱)
پست الکترونیک: mhtb.salehi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۶/۲۷ **تاریخ تصویب:** ۹۶/۲/۲

چکیده

مقدمه: کاربرد محرک‌زیستی متانول و پتاسیم با کاهش تنفس نوری در گیاهان سه کربنه، کاهش تعرق، افزایش جذب آب و مواد غذایی و بیوسنتز اسیدهای آمینه می‌تواند بر شاخص‌های رشد و عملکرد متابولیکی گیاهان به صورت مستقیم و غیرمستقیم اثر بگذارد.

هدف: این تحقیق با هدف بررسی اثرات محلول‌پاشی متانول و سولفات پتاسیم بر تغییرات فیتوشیمیایی و مورفولوژیکی گیاه دارویی شوید اجرا شد.

روش بررسی: این مطالعه به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده گیاهان دارویی جهاددانشگاهی اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی متانول در ۳ سطح (۰، ۲۰ و ۴۰ درصد حجمی) و سولفات پتاسیم در ۴ سطح (۰، ۱، ۱/۵ و ۲ گرم بر لیتر) بودند.

نتایج: کاربرد متانول، وزن خشک برگ، ساقه و وزن تر گل‌آذین را افزایش داد. محلول‌پاشی سطوح مختلف سولفات پتاسیم نیز، ارتفاع بوته، وزن خشک برگ، وزن تر گل‌آذین و اندام هوایی را افزایش داد. کاربرد متانول بر میزان اسانس شوید بی‌تأثیر بود. اما میزان آلفاپینن را افزایش داد. غلظت پایین متانول میزان تیمول، آلفا-فلاندرن، میرسن و پاراسیمن را افزایش داد. چنان که افزایش غلظت متانول میزان آنها را کاهش داد.

نتیجه‌گیری: خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه شوید تحت تأثیر محلول‌پاشی متانول و سولفات پتاسیم افزایش یافت. به طوری‌که بالاترین میزان وزن خشک برگ، ساقه و وزن تر گل آذین و نیز بیشترین میزان آلفاپینن اسانس با کاربرد متانول ۴۰ درصد ایجاد شد. همچنین استفاده از سولفات پتاسیم به میزان ۲ گرم بر لیتر بیشترین ارتفاع بوته، وزن خشک برگ، وزن تر گل‌آذین و اندام‌هوایی را ایجاد نمود.

گل‌واژگان: شوید، اسانس، سولفات پتاسیم، محرک‌زیستی متانول، محلول‌پاشی

مقدمه

افزایش عملکرد در واحد سطح، یکی از مهم‌ترین مواردی است که توجه بسیاری از محققین را به خود جلب نموده است. اولین شرط جهت دستیابی به عملکرد بالا، تولید ماده خشک زیاد در واحد سطح است زیرا حدود ۹۰ درصد وزن خشک گیاهان ناشی از آسیمیلاسیون CO_2 توسط فتوسنتز است [۱]. در گیاهان سه کربنه، ماده خشک تولیدشده در واحد سطح به وسیله مقدار فتوسنتز ناخالص، تنفس نوری و تنفس تاریکی تعیین می‌شود. گیاهان می‌توانند متانول محلول‌پاشی شده روی برگ‌ها را به راحتی جذب کرده و آن را به عنوان منبع کربنی اضافه بر کربن اتمسفر مورد استفاده قرار دهند. متانول در مقایسه با CO_2، مولکول کوچک‌تری دارد که به راحتی توسط گیاه، جذب و مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲]. بنابراین کاربرد متانول در قسمت‌های هوایی گیاهان سه کربنه، خصوصاً در شرایطی که تنفس نوری در آنها به مقدار زیاد در حال انجام است، می‌تواند بخشی از تلفات کربن تثبیت‌شده را جبران نموده و از این طریق فتوسنتز خالص و تولید ماده خشک در واحد سطح افزایش یابد؛ بویژه اینکه برخی از بررسی‌های انجام شده در زمینه محلول‌پاشی گیاهان زراعی سه کربنه با متانول نشان داده‌اند که عملکرد این گیاهان به طور مثبت تحت تأثیر قرار گرفته است [۳].

پتاسیم اثر مستقیم و غیرمستقیم بر رشد گیاه دارد و مصرف پتاسیم به طور مستقیم باعث کاهش تعرق، افزایش جذب آب یا به وجود آوردن شرایط داخلی جهت ایجاد تحمل به خشکی می‌شود. آثار غیرمستقیم وقتی اتفاق می‌افتد که مصرف پتاسیم هیچ‌گونه ارزشی در روابط آب و گیاه ندارد ولی به دلایل تغذیه‌ای، باعث افزایش رشد می‌شود. در این صورت، مقدار ماده‌ای که برای تولید هر واحد ماده خشک لازم است، کم می‌شود [۴].

بنابراین با توجه به تأثیر مثبت متانول و پتاسیم بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان، در این تحقیق اثرات محلول‌پاشی متانول و سولفات پتاسیم بر تغییرات فیتوشیمیایی و مورفولوژیکی گیاه دارویی شوید بررسی شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده گیاهان دارویی جهاددانشگاهی انجام شد. فاکتور اول شامل سطوح مختلف متانول (۰، ۲ و ۴۰ درصد نسبت حجمی) و فاکتور دوم شامل سطوح مختلف سولفات پتاسیم (۰، ۱، ۱/۵ و ۲ گرم در لیتر) بود که بر روی اندام هوایی گیاه شوید محلول‌پاشی شدند. محلول‌پاشی در ۳ مرحله رشدی و به فاصله زمانی ۱۵ روز یکبار انجام شد. محلول‌پاشی اول ۲۱ روز پس از کاشت انجام شد و به ترتیب محلول‌پاشی دوم و سوم ۳۵ و ۵۰ روز پس از کاشت صورت گرفت. در ضمن آنالیز نمونه خاک مزرعه نیز انجام گرفت و نتایج آن در جدول شماره ۱ آمده است.

جهت بررسی ویژگی‌های فیتوشیمیایی و مورفوفیزیولوژیکی گیاه شوید، برداشت گیاهان در دو مرحله انجام شد. برداشت اول در مرحله گل‌دهی به منظور سنجش درصد اسانس بود و برداشت دوم به منظور اندازه‌گیری پارامترهای مورفوفیزیولوژیکی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها انجام شد.

صفات مورفولوژیکی مورد بررسی در این آزمایش شامل وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک برگ و گل آذین، وزن تر و خشک ساقه، ارتفاع گیاه بود.

جدول شماره ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

بافت			Mn	Zn	Cu	Fe	K	P	N	OM	pH	شوری
Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(%)	(%)		(ds/m)
۱۲/۷	۱۸/۳	۶۹	۱۱/۶	۰/۶	۰/۷	۴/۹۱	۱۲۵	۴۸/۹	۰/۷۵	۰/۸۲	۷/۲	۱/۴

صفات فیتوشیمیایی مورد بررسی شامل درصد اسانس و اجزای تشکیل‌دهنده اسانس بود که با استفاده از دستگاه GC/Mass و دستگاه GC انجام شد. جهت استخراج اسانس از اندام هوایی گیاه شوید از دستگاه کلونجر استفاده شد. بدین‌ترتیب که مقدار ۵۰ گرم از اندام خشک شوید به طور دقیق توزین و سپس توسط آسیاب خرد شد. دستگاه GC/Mass استفاده شده از نوع Agilent 6890 با ستون به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر از نوع BPX5 بود. برای شناسایی ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس، نمونه که توسط n– هگزان رقیق‌شده بود به مقدار ۱ میکرولیتر به دستگاه GC/MS تزریق شد. دستگاه گاز کروماتوگرافی استفاده‌شده از نوع Younglin Acme6000 با ستون به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر از نوع BP5 بود. برای شناسایی ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس، نمونه که توسط n– هگزان رقیق‌شده بود به مقدار ۱ میکرو لیتر به دستگاه GC تزریق شد.

محاسبات آماری داده‌های حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. همچنین برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل (Excel) استفاده شد.

نتایج

خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی

سطوح مختلف سولفات پتاسیم تأثیر بسیار معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۱) بر ارتفاع داشت در حالی که کاربرد متانول، تأثیر معنی‌داری بر این شاخص نداشت. همچنین اثر متقابل کاربرد متانول و سولفات پتاسیم نیز تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشت (جدول شماره ۱). بیشترین ارتفاع بوته (۴۶/۶۴ سانتی‌متر) در تیمار سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر مشاهده شد که حدوداً ۸ درصد بیشتر از تیمار شاهد (۴۳/۱۴ سانتی‌متر) بود. سایر سطوح سولفات پتاسیم تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند (جدول شماره ۲).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول، تأثیر بسیار معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۱) بر وزن تر و خشک برگ گیاه داشت. همچنین اثر متقابل محلول‌پاشی متانول و سولفات پتاسیم نیز تأثیر بسیار معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۱) بر وزن تر و خشک برگ داشت (جدول شماره ۱). بدون محلول‌پاشی متانول، استفاده از سولفات پتاسیم ۱/۵ و ۲ گرم بر لیتر، وزن تر برگ را افزایش داد. محلول‌پاشی سطوح مختلف متانول بدون استفاده از سولفات پتاسیم تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی آب مقطر نداشت اما محلول‌پاشی متانول همراه با

جدول شماره ۱ ـ تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول بر صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه شوید

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی D.f.	میانگین مربعات				
		ارتفاع بوته	وزن تر برگ	وزن خشک برگ	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه
بلوک	۲	۰/۴۵ ns	۰/۵۲ ns	۳۹/۴۷ ns	۰/۰۰۰۰۰۰۱ ns	۱۰۱/۱۷ ns
سولفات پتاسیم	۳	۲۱/۲۹ **	۳۰۸۴۳/۴**	۶۶۵/۳**	۰/۰۰۰۰۱**	۲۳۸۷۰/۱ **
متانول	۲	۲/۲۶ ns	۲۳۳۸۳/۹**	۱۰۵۵/۳۶**	۰/۰۰۰۰۰۰۸ ns	۱۲۰۲۱/۷ **
سولفات پتاسیم × متانول	۶	۰/۹۹ ns	۸۳۹۸/۹**	۱۵۹/۷**	۰/۰۰۰۰۰۶**	۱۲۳۸/۱۷ **
خطای آزمایشی	۲۲	۳/۰۶	۴۴۱/۷۵	۳۶/۴	۰/۰۰۰۰۰۰۴	۲۴۴/۶۱
ضریب تغییرات (CV)		۳/۹۴	۹/۸۷	۱۵/۷۸	۱۵/۵۴	۱۳/۶

ns، *، **: به ترتیب غیر معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطوح ۵ و ۱ درصد احتمال

ادامه جدول شماره ۱ ـ تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه شوید

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی D.f.	میانگین مربعات				
		وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن هزار دانه	وزن تر گل‌آذین	وزن خشک گل آذین
بلوک	۲	۶۴۰۱۳۵ ns	۵۱۶۱ ns	۰/۰۷ ns	۵۸۶۷۴۱ ns	۱/۰۹ ns
سولفات پتاسیم	۳	۷۱۹۴۱۶۳۰ **	۷۲۸۳۷۴ **	۰/۱۹ **	۵۱۰۲۸۲۵**	۱۵۳/۱۲**
متانول	۲	۲۹۱۶۹۰۴ **	۸۹۱۴۶۰ **	۰/۰۶ ns	۲۰۲۲۱۰۸**	۲۱۹/۶۴**
سولفات پتاسیم × متانول	۶	۵۹۵۱۷۸ ns	۱۷۵۸۸۰ **	۰/۰۲ ns	۳۴۴۴۹۴ ns	۳۹/۹۶**
خطای آزمایشی	۲۲	۳۲۱۰۷۸	۷۹۷۷	۰/۰۳۵	۳۲۰۸۶۵	۱/۹۲
ضریب تغییرات (CV)		۲۲/۶	۱۰/۶۶	۱۴/۹	۲۸/۳	۵/۴۳

ns، *، **: به ترتیب غیرمعنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطوح ۵ و ۱ درصد احتمال

جدول شماره ۲ ـ مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر برخی از صفات مورفولوژیکی گیاه شوید

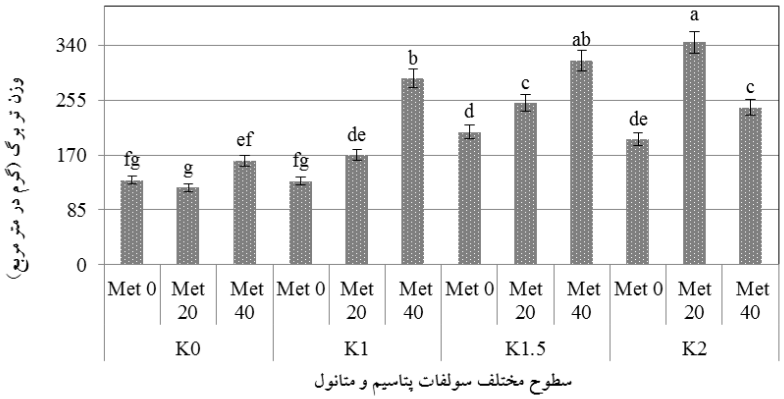
صفات / سولفات پتاسیم (گرم بر لیتر)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	وزن هزار دانه (گرم)	وزن تر اندام هوایی (گرم در مترمربع)	وزن تر گل آذین (گرم در مترمربع)
صفر	۴۳/۱۴b	۳/۶۷ ab	۱۵۳۱/۸c	۱۱۹۴/۱c
۱	۴۳/۸۲b	۴/۲۷ a	۲۱۷۳/۸b	۱۷۲۹/۴bc
۱/۵	۴۴/۰۱b	۲/۹۸ c	۲۶۳۶/۸b	۲۰۸۸/۱b
۲	۴۶/۶۴a	۳/۴۲ bc	۳۶۵۵/۳a	۲۹۸۵/۱a

میانگین‌های دارای حداقل یک حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

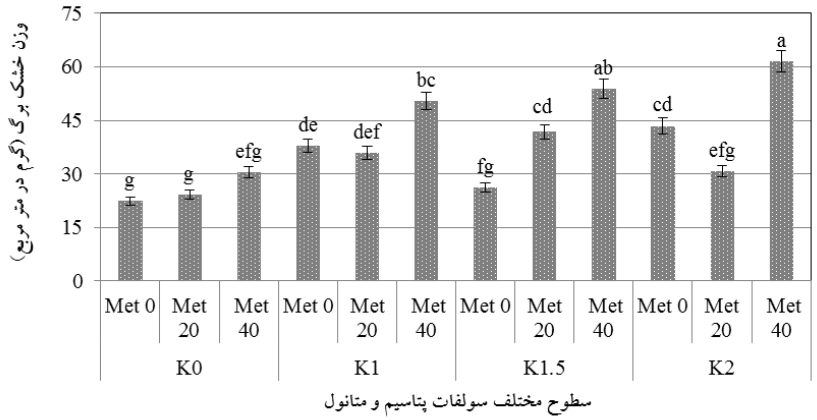
سطوح مختلف سولفات پتاسیم، موجب افزایش وزن تر برگ شد. بیشترین وزن تر برگ در سطوح ۱/۵و ۲ گرم بر لیتر سولفات پتاسیم با محلول‌پاشی متانول ۴۰ و ۲۰ درصد به دست آمد (شکل شماره ۱).

محلول‌پاشی سولفات پتاسیم ۱ و ۲ گرم بر لیتر بدون کاربرد متانول، موجب افزایش ۶۸ و ۹۳ درصدی وزن خشک برگ نسبت به تیمار آب مقطر شد. محلول‌پاشی مقادیر مختلف متانول بدون استفاده از سولفات پتاسیم اگرچه وزن خشک برگ را افزایش داد اما این افزایش معنی‌دار نبود. محلول‌پاشی متانول ۴۰ درصد در سطوح مختلف سولفات پتاسیم، وزن خشک برگ را نسبت به تیمار آب مقطر به طور معنی‌داری افزایش داد اما متانول ۲۰ درصد تنها در سطح سولفات پتاسیم ۱/۵ گرم بر لیتر، وزن خشک برگ را افزایش داد. در کل، بیشترین وزن خشک برگ با محلول‌پاشی سولفات پتاسیم ۲ درصد همراه با متانول ۴۰ درصد به دست آمد و کمترین میزان آن نیز در صورت استفاده از آب مقطر حاصل شد (شکل شماره ۲).

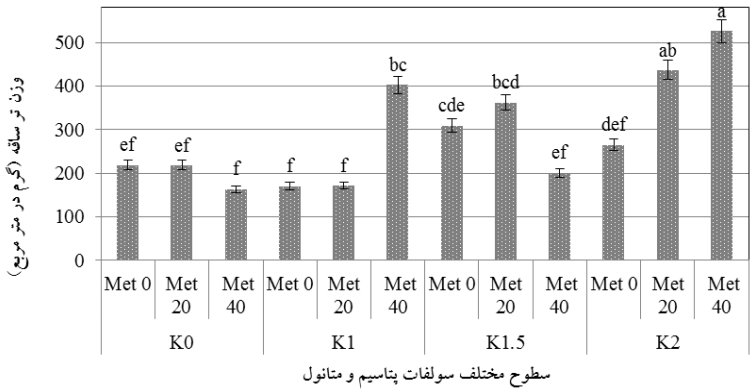
محلول‌پاشی سطوح مختلف سولفات پتاسیم، تأثیر بسیار معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۱) بر وزن تر و خشک ساقه شوید داشت و کاربرد متانول نیز تأثیر بسیار معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۱) بر وزن خشک ساقه شوید داشت. همچنین اثر متقابل محلول‌پاشی متانول و سولفات پتاسیم نیز تأثیر بسیار معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۱) بر وزن تر و خشک ساقه شوید داشت (جدول شماره ۱). محلول‌پاشی متانول ۴۰ درصد در سطوح سولفات پتاسیم ۱ و ۲ گرم بر لیتر، وزن تر ساقه را نسبت به تیمار آب مقطر افزایش داد اما محلول‌پاشی متانول ۲۰ درصد تنها در سطح سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر، وزن تر ساقه را افزایش داد. در کل، بیشترین وزن تر ساقه با محلول‌پاشی متانول ۴۰ درصد همراه با سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر (۵۲۵/۹۶ گرم در مترمربع) حاصل شد (شکل شماره ۳).



شکل شماره ۱ ـ تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول بر وزن تر برگ گیاه شوید. Met0: آب مقطر، **Met20**: متانول ۲۰ درصد، **Met40**: متانول ۴۰ درصد، **K0**: آب مقطر، **K1**: سولفات پتاسیم ۱ گرم بر لیتر، **K1.5**: سولفات پتاسیم ۱/۵ گرم بر لیتر، **K2**: سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر



شکل شماره ۲ ـ تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول بر وزن خشک برگ گیاه شوید. Met0: آب مقطر، **Met20**: متانول ۲۰ درصد، **Met40**: متانول ۴۰ درصد، **K0**: آب مقطر، **K1**: سولفات پتاسیم ۱ گرم بر لیتر، **K1.5**: سولفات پتاسیم ۱/۵ گرم بر لیتر، **K2**: سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر



شکل شماره ۳ ـ تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول بر وزن تر ساقه گیاه شوید. Met0: آب مقطر، **Met20**: متانول ۲۰ درصد، **Met40**: متانول ۴۰ درصد، **K0**: آب مقطر، **K1**: سولفات پتاسیم ۱ گرم بر لیتر، **K1.5**: سولفات پتاسیم ۱/۵ گرم بر لیتر، **K2**: سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر

محلول‌پاشی سولفات پتاسیم بدون استفاده از متانول، موجب افزایش وزن خشک ساقه نسبت به تیمار شاهد شد و بیشترین میزان وزن خشک ساقه در تیمار سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر همراه با متانول ۴۰ درصد مشاهده شد. همچنین محلول‌پاشی متانول در هر یک از سطوح سولفات پتاسیم نیز موجب افزایش وزن خشک ساقه شد. وزن خشک ساقه در صورت محلول‌پاشی متانول ۲۰ و ۴۰ درصد در سطوح سولفات پتاسیم صفر و ۱/۵ گرم بر لیتر، تفاوت معنی‌داری نداشت اما در سطوح ۱ و ۲ گرم بر لیتر سولفات پتاسیم، متانول ۴۰ درصد نسبت به متانول ۲۰ درصد تأثیر بیشتری بر افزایش وزن خشک ساقه داشت (شکل شماره ۴).

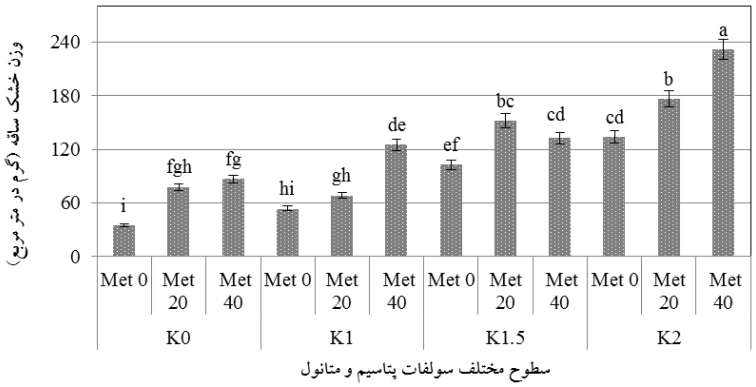
نتایج تجزیه واریانس نشان داد سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول، تأثیر بسیار معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۱) بر وزن تر و خشک گل‌آذین شوید داشت. همچنین اثر متقابل محلول‌پاشی متانول و سولفات پتاسیم نیز تأثیر بسیار معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۱) بر وزن خشک گل‌آذین شوید داشت (جدول شماره ۱). مقایسه میانگین سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر وزن تر گل آذین در بوته گیاه شوید نشان داد که بیشترین وزن تر در محلول‌پاشی سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر به دست آمد (جدول شماره ۲). همچنین مقایسه میانگین سطوح مختلف متانول بر وزن تر گل‌آذین نیز نشان داد که بیشترین مقدار وزن تر گل آذین در سطح ۴۰ درصد متانول به دست آمد (جدول شماره ۳).

محلول‌پاشی سولفات پتاسیم ۱/۵ و ۲ گرم بر لیتر بدون کاربرد متانول، موجب افزایش تقریباً دو برابری وزن خشک گل‌آذین نسبت به تیمار آب مقطر شد. بیشترین وزن خشک گل‌آذین در صورت محلول‌پاشی متانول ۴۰ درصد همراه با سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر (۱۵۸۵/۲ گرم در مترمربع) حاصل شد (شکل شماره ۵).

محلول‌پاشی سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول، تأثیر بسیار معنی‌داری بر وزن تر و خشک اندام هوایی ($P\leq$ ۰/۰۱) شوید داشت. همچنین اثر متقابل محلول‌پاشی متانول و سولفات پتاسیم نیز تأثیر بسیار معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۱) بر وزن خشک اندام هوایی شوید داشت (جدول شماره ۱).

در صورت عدم محلول‌پاشی متانول، تنها در سطوح ۱/۵ و ۲ گرم بر لیتر سولفات پتاسیم، وزن خشک اندام هوایی نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. بیشترین وزن خشک اندام هوایی در تیمار محلول‌پاشی متانول ۴۰ درصد و سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر (۱۸۷۸/۹۳ گرم در مترمربع) مشاهده شد و کمترین میزان آن در صورت عدم محلول‌پاشی سولفات پتاسیم و متانول (۳۹۲/۳ گرم در مترمربع) حاصل شد (شکل شماره ۶).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، محلول‌پاشی سطوح مختلف سولفات پتاسیم، تأثیر بسیار معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۱) بر وزن هزار دانه شوید داشت اما سطوح مختلف متانول و همچنین اثر متقابل محلول‌پاشی متانول و سولفات پتاسیم، تأثیر

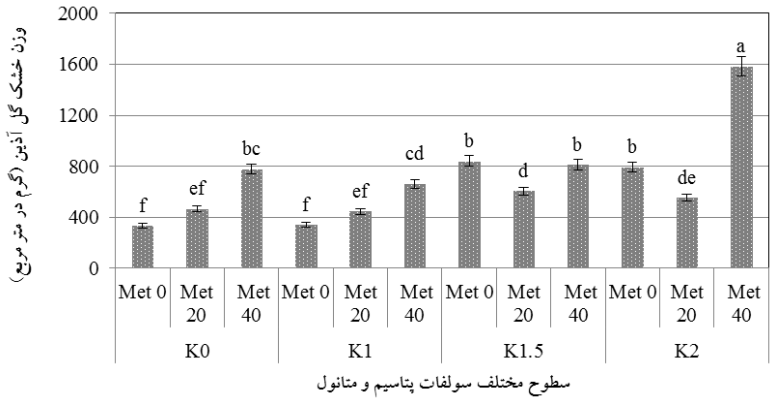


شکل شماره ۴ ـ تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول بر وزن خشک ساقه گیاه شوید. Met0: آب مقطر، **Met20**: متانول ۲۰ درصد، **Met40**: متانول ۴۰ درصد، **K0**: آب مقطر، **K1**: سولفات پتاسیم ۱ گرم بر لیتر، **K1.5**: سولفات پتاسیم ۱/۵ گرم بر لیتر، **K2**: سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر

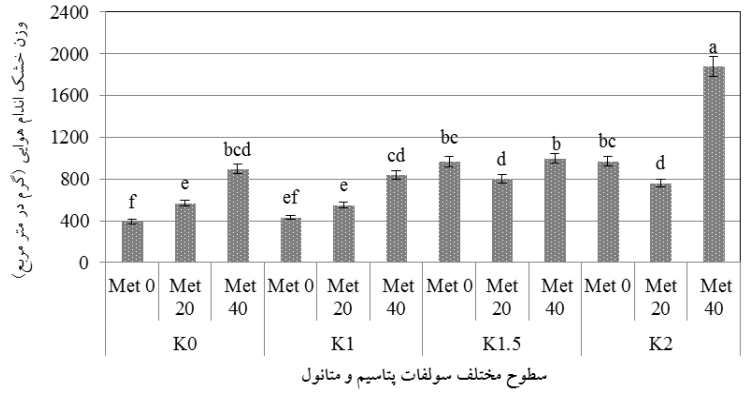
جدول شماره ۳ ـ مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف متانول بر برخی از صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه شوید

متانول (درصد)	وزن تر اندام هوایی (گرم در مترمربع)	وزن تر گل‌آذین (گرم در مترمربع)
صفر	۲۰۳۱/۱b	۱۶۲۴/۹b
۲۰	۲۴۵۳/۳b	۱۹۳۴/۵b
۴۰	۳۰۱۳/۹b	۲۴۳۸/۲a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون مطابق آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.



شکل شماره ۵ ـ تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول بر وزن خشک گل‌آذین گیاه شوید. Met0: آب مقطر، **Met20**: متانول ۲۰ درصد، **Met40**: متانول ۴۰ درصد، **K0**: آب مقطر، **K1**: سولفات پتاسیم ۱ گرم بر لیتر، **K1.5**: سولفات پتاسیم ۱/۵ گرم بر لیتر، **K2**: سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر



شکل شماره ۶ ـ تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول بر وزن خشک اندام هوایی شوید. Met0: آب مقطر، **Met20**: متانول ۲۰ درصد، **Met40**: متانول ۴۰ درصد، **K0**: آب مقطر، **K1**: سولفات پتاسیم ۱ گرم بر لیتر، **K1.5**: سولفات پتاسیم ۱/۵ گرم بر لیتر، **K2**: سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر

معنی‌داری بر وزن هزار دانه شوید نداشت (جدول شماره ۱). بیشترین وزن هزار دانه در تیمار سولفات پتاسیم ۱ گرم بر لیتر (۴/۲۷ گرم) مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد (۳/۶۷ گرم) نداشت. کمترین وزن هزاردانه نیز در تیمار سولفات پتاسیم ۱/۵ گرم بر لیتر (۲/۹۸ گرم) مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر (۳/۴۲ گرم) نداشت (جدول شماره ۲).

خصوصیات فیتوشیمیایی

درصد اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، محلول‌پاشی سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول، تأثیر بسیار معنی‌داری (P≤ ۰/۰۱) بر درصد اسانس شوید داشت. اثر متقابل محلول‌پاشی متانول و سولفات پتاسیم نیز تأثیر بسیار معنی‌داری (P≤ ۰/۰۱) بر درصد اسانس شوید داشت (جدول شماره ۴). بدون محلول‌پاشی متانول، تنها سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر (۰/۸۴ درصد) موجب افزایش درصد اسانس نسبت به تیمار شاهد (۰/۶ درصد) شد. همچنین، بدون محلول‌پاشی سولفات پتاسیم، استفاده از سطوح مختلف متانول تأثیر معنی‌داری بر میزان اسانس شوید نداشت. محلول‌پاشی سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر همراه با محلول‌پاشی متانول، درصد اسانس شوید را کاهش داد. در کل، بیشترین درصد اسانس با محلول‌پاشی سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر بدون محلول‌پاشی متانول حاصل شد (شکل شماره ۷).

اجزای تشکیل‌دهنده‌ی اسانس

آلفاپینن (α-pienene)

محلول‌پاشی سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول تأثیر بسیار معنی‌داری (P≤ ۰/۰۱) بر میزان آلفاپینن داشت. همچنین اثر متقابل محلول‌پاشی متانول و سولفات پتاسیم تأثیر بسیار معنی‌داری (P≤ ۰/۰۱) بر میزان آلفاپینن اسانس شوید داشت (جدول شماره ۴). بیشترین میزان آلفاپینن با محلول‌پاشی متانول ۴۰ درصد بدون محلول‌پاشی سولفات پتاسیم (۱/۸ درصد) مشاهده شد که از نظر آماری با سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر بدون محلول‌پاشی اتانول برابر بود (شکل شماره ۸).

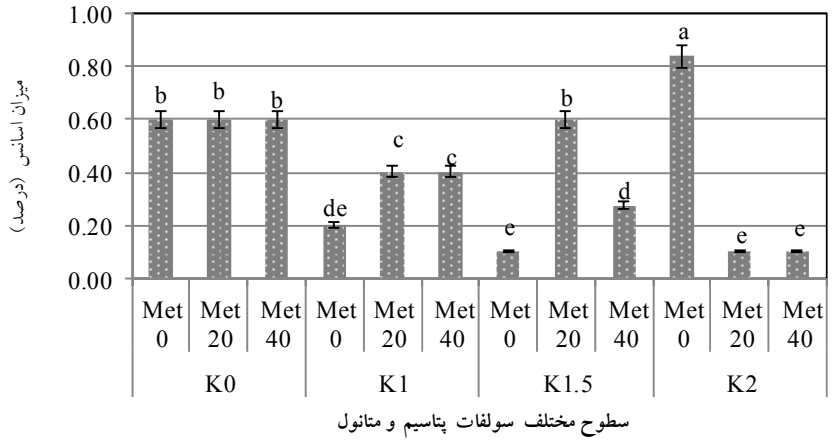
آلفا- فلاندرن (α-phellandrene)

محلول‌پاشی سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول تأثیر معنی‌داری (P≤ ۰/۰۵) بر میزان آلفا- فلاندرن داشت. اثر متقابل محلول‌پاشی متانول و سولفات پتاسیم نیز تأثیر بسیار معنی‌داری (P≤ ۰/۰۱) بر درصد آلفا- فلاندرن اسانس شوید داشت (جدول شماره ۴). بدون محلول‌پاشی متانول، استفاده از سولفات پتاسیم میزان آلفا- فلاندرن را افزایش داد و بیشترین میزان آن نیز در تیمار سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر مشاهده شد. محلول‌پاشی متانول ۲۰ درصد بدون استفاده از سولفات پتاسیم میزان آلفا- فلاندرن را ۶۸ درصد نسبت به تیمار آب مقطر افزایش داد اما متانول ۴۰ درصد تأثیر معنی‌داری بر میزان آلفا- فلاندرن نداشت (شکل شماره ۹).

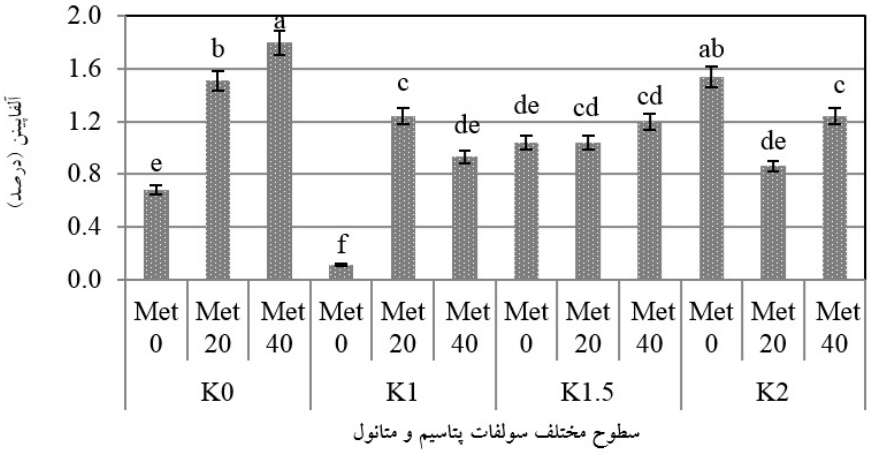
جدول شماره ۴- تجزیه واریانس اثرات اصلی و متقابل سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول بر برخی صفات فیتوشیمیایی گیاه شوید

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی D.f.	میانگین مربعات						
		درصد اسانس	α-pienene	α-phellandrene	para-cymenen	limonen	dihydrocarvone
بلوک	۲	۰/۰۱۶ *	۰/۰۱۸ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۸۲ns	۰/۰۷۸ ns	۰/۰۲ ns
سولفات پتاسیم	۳	۰/۱۵۶ **	۰/۵۴ **	۳۱/۵۸ *	۱۲/۷۶ **	۴۱/۶۵ **	۱۴/۴ **
متانول	۲	۰/۰۶۶ **	۰/۶۴ **	۲۹/۵۳ *	۰/۸۳ ns	۱۴۱/۷ **	۶/۲۳ **
سولفات پتاسیم × متانول	۶	۰/۲۳۷ **	۰/۵۹ **	۱۳۶/۳ **	۱۶/۱۵ **	۱۵۶/۸ **	۹/۷۸ **
خطای آزمایشی	۲۲	۰/۰۰۴	۰/۰۲۵	۷/۳۷	۰/۸۳	۶/۵۱	۰/۷۵۴
ضریب تغییرات (CV)		۱۵/۸	۱۴/۴۱	۱۰/۸۵	۱۳/۷	۱۰/۱۵	۱۰/۷۹

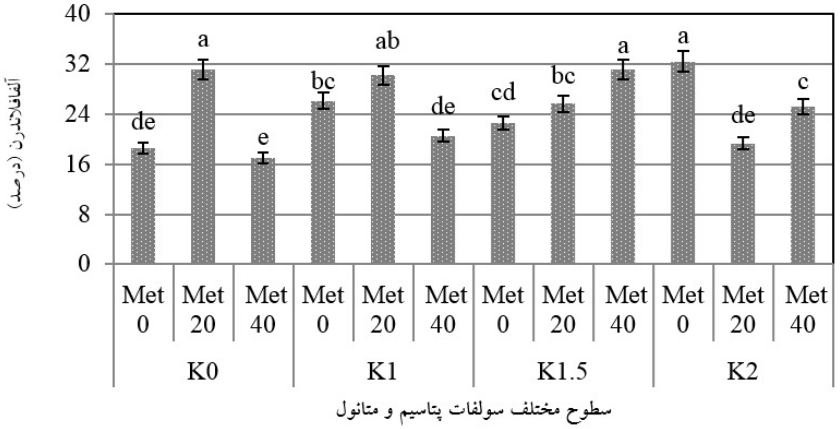
ns، *، **: به ترتیب غیر معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطوح ۵ و ۱ درصد احتمال



شکل شماره ۷ ــ تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول بر میزان اسانس شوید. Met0: آب مقطر، **Met20**: متانول ۲۰ درصد، **Met40**: متانول ۴۰ درصد، **K0**: آب مقطر، **K1**: سولفات پتاسیم ۱ گرم بر لیتر، **K1.5**: سولفات پتاسیم ۱/۵ گرم بر لیتر، **K2**: سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر



شکل شماره ۸ ــ تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول بر میزان آلفاپینن اسانس شوید. Met0: آب مقطر، **Met20**: متانول ۲۰ درصد، **Met40**: متانول ۴۰ درصد، **K0**: آب مقطر، **K1**: سولفات پتاسیم ۱ گرم بر لیتر، **K1.5**: سولفات پتاسیم ۱/۵ گرم بر لیتر، **K2**: سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر



شکل شماره ۹ ــ تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول بر میزان آلفا- فلاندرن اسانس شوید. Met0: آب مقطر، **Met20**: متانول ۲۰ درصد، **Met40**: متانول ۴۰ درصد، **K0**: آب مقطر، **K1**: سولفات پتاسیم ۱ گرم بر لیتر، **K1.5**: سولفات پتاسیم ۱/۵ گرم بر لیتر، **K2**: سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر

پاراسیمن (*p*-Cymenen)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، محلول‌پاشی سطوح مختلف سولفات پتاسیم تأثیر بسیار معنی‌داری (P≤ ۰/۰۱) بر درصد پاراسیمن اسانس شوید داشت اما محلول‌پاشی سطوح مختلف متانول تأثیر معنی‌داری بر پاراسیمن نداشت. اثر متقابل محلول‌پاشی متانول و سولفات پتاسیم نیز تأثیر بسیار معنی‌داری (P≤ ۰/۰۱) بر درصد پاراسیمن داشت (جدول شماره ۴). بیشترین میزان پاراسیمن در تیمار محلول‌پاشی متانول ۴۰ درصد با سولفات پتاسیم ۱/۵ گرم بر لیتر (۱۱/۴۶ درصد) به دست آمد (شکل شماره ۱۰).

لیمونن (Limonen)

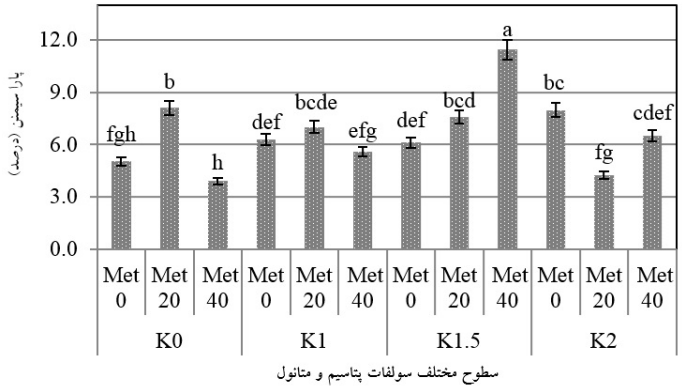
نتایج تجزیه واریانس نشان داد، محلول‌پاشی سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول تأثیر بسیار معنی‌داری (P≤ ۰/۰۱) بر درصد لیمونن اسانس شوید داشتند. همچنین اثر متقابل محلول‌پاشی متانول و سولفات پتاسیم نیز تأثیر بسیار معنی‌داری (P≤ ۰/۰۱) بر درصد لیمونن داشت (جدول شماره ۴). بیشترین میزان لیمونن در تیمار محلول‌پاشی متانول ۴۰ درصد با سولفات پتاسیم ۱ گرم بر لیتر (۳۶/۲۵ درصد) مشاهده شد (شکل شماره ۱۱).

دی‌هیدروکارون (Dihydrocarvone)

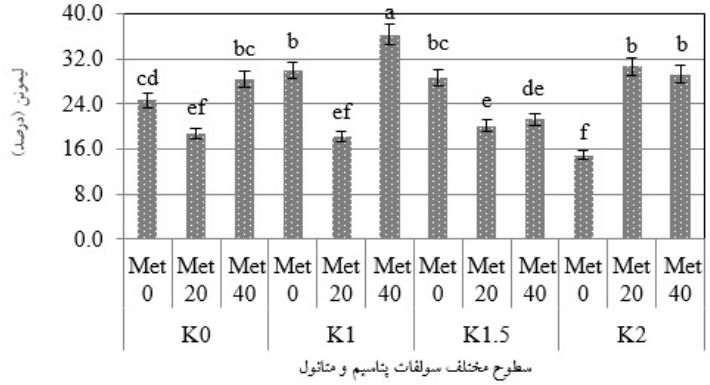
نتایج تجزیه واریانس نشان داد، محلول‌پاشی سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول تأثیر بسیار معنی‌داری (P≤ ۰/۰۱) بر درصد دی‌هیدروکارون اسانس شوید داشتند. همچنین اثر متقابل محلول‌پاشی متانول و سولفات پتاسیم نیز تأثیر بسیار معنی‌داری (P≤ ۰/۰۱) بر درصد دی‌هیدروکارون داشت (جدول شماره ۴). بیشترین میزان دی‌هیدروکارون با محلول‌پاشی متانول ۴۰ درصد بدون استفاده از سولفات پتاسیم (۱۰/۷۳ درصد) حاصل شد که از نظر آماری با عدم استفاده از متانول و سولفات پتاسیم و همچنین سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر و متانول ۲۰ درصد تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل شماره ۱۲).

پیپریتون (Piperitone)

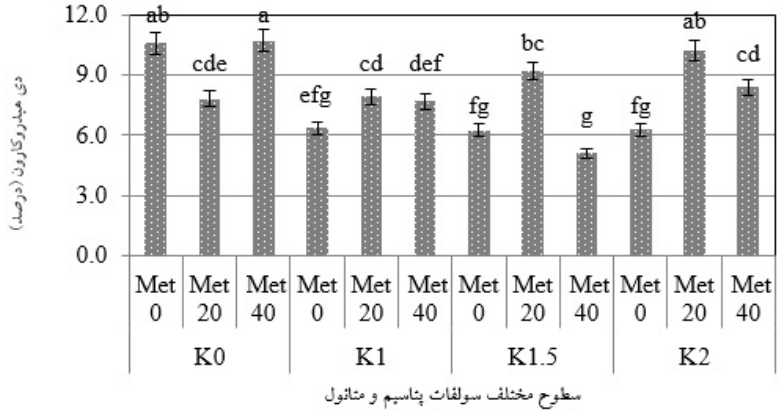
محلول‌پاشی سطوح مختلف سولفات تأثیر بسیار معنی‌داری (P≤ ۰/۰۱) بر میزان پیپریتون داشت. کاربرد متانول اگرچه بر میزان پیپریتون اثر معنی‌داری نداشت اما اثر متقابل آن با سولفات پتاسیم تأثیر بسیار معنی‌داری (P≤ ۰/۰۱) بر درصد پیپریتون اسانس شوید داشت (جدول شماره ۴). بیشترین میزان پیپریتون در تیمار ۲ گرم بر لیتر سولفات پتاسیم و متانول ۲۰ درصد به دست آمد (شکل شماره ۱۳).



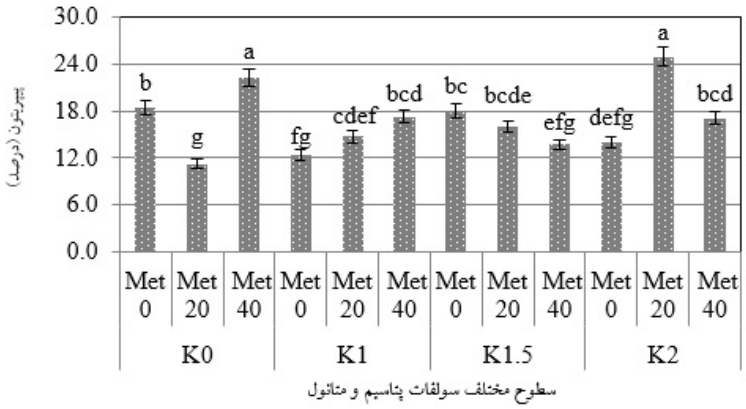
شکل شماره ۱۰ ـ تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول بر میزان پاراسیمن اسانس شوید. Met0: آب مقطر، **Met20**: متانول ۲۰ درصد، **Met40**: متانول ۴۰ درصد، **K0**: آب مقطر، **K1**: سولفات پتاسیم ۱ گرم بر لیتر، **K1.5**: سولفات پتاسیم ۱/۵ گرم بر لیتر، **K2**: سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر



شکل شماره ۱۱ ـ تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول بر میزان لیمونن اسانس شوید. Met0: آب مقطر، **Met20**: متانول ۲۰ درصد، **Met40**: متانول ۴۰ درصد، **K0**: آب مقطر، **K1**: سولفات پتاسیم ۱ گرم بر لیتر، **K1.5**: سولفات پتاسیم ۱/۵ گرم بر لیتر، **K2**: سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر



شکل شماره ۱۲ ـ تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول بر میزان دی‌هیدروکارون اسانس شوید. Met0: آب مقطر، **Met20**: متانول ۲۰ درصد، **Met40**: متانول ۴۰ درصد، **K0**: آب مقطر، **K1**: سولفات پتاسیم ۱ گرم بر لیتر، **K1.5**: سولفات پتاسیم ۱/۵ گرم بر لیتر، **K2**: سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر



شکل شماره ۱۳ ـ تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول بر میزان پیپریتون اسانس شوید. Met0: آب مقطر، **Met20**: متانول ۲۰ درصد، **Met40**: متانول ۴۰ درصد، **K0**: آب مقطر، **K1**: سولفات پتاسیم ۱ گرم بر لیتر، **K1.5**: سولفات پتاسیم ۱/۵ گرم بر لیتر، **K2**: سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر

دیل‌اتر (Dill ether)

محلول‌پاشی سطوح مختلف سولفات تأثیر بسیار معنی‌داری (P≤ ۰/۰۱) بر میزان دیل‌اتر داشت. کاربرد متانول نیز بر میزان دیل‌اتر اثر معنی‌داری (P≤ ۰/۰۵) داشت. همچنین اثر متقابل سطوح مختلف متانول با سولفات پتاسیم نیز تأثیر بسیار معنی‌داری (P≤ ۰/۰۱) بر درصد دیل‌اتر اسانس شوید داشت (جدول شماره ۴). بیشترین میزان دیل‌اتر در تیمار شاهد (۵/۲۶ درصد) مشاهده شد که با محلول‌پاشی متانول ۲۰ و ۴۰ درصد در سطح سولفات پتاسیم ۱/۵ گرم بر لیتر (به ترتیب ۵/۰۳ و ۴/۹۳ درصد) تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل شماره ۱۴).

دیل‌آپویل (Dill apiole)

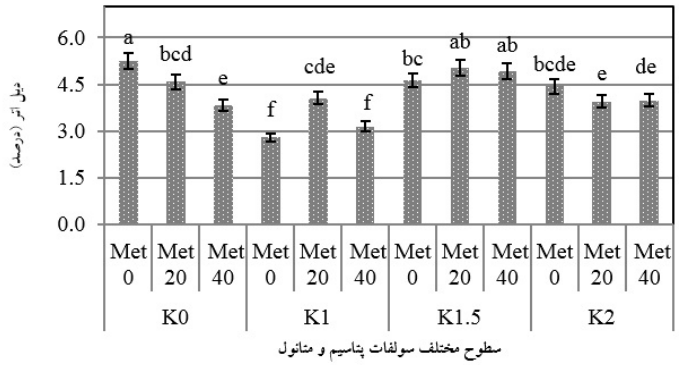
محلول‌پاشی سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول تأثیر بسیار معنی‌داری (P≤ ۰/۰۱) بر میزان دیل‌آپویل داشت. همچنین اثر متقابل سطوح مختلف متانول با سولفات پتاسیم نیز تأثیر بسیار معنی‌داری (P≤ ۰/۰۱) بر درصد دیل‌آپویل اسانس شوید داشت (جدول شماره ۴). کاربرد سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول میزان دیل‌آپویل را نسبت به تیمار شاهد کاهش داد به طوری که بیشترین میزان دیل‌آپویل در تیمار شاهد (۱۰/۱۹ درصد) به دست آمد. کمترین میزان دیل‌آپویل در تیمارهای محلول‌پاشی سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر با متانول ۲۰ درصد (۱/۱۰ درصد) مشاهده شد (شکل شماره ۱۵).

میرسن (Myrcene)

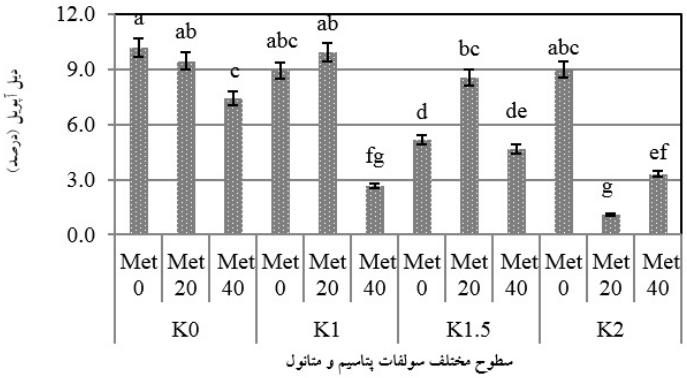
نتایج تجزیه واریانس نشان داد، محلول‌پاشی سطوح مختلف سولفات پتاسیم تأثیر معنی‌داری (P≤ ۰/۰۵) بر درصد میرسن اسانس شوید داشتند. محلول‌پاشی متانول اگرچه تأثیر معنی‌داری بر میزان میرسن نداشت اما اثر متقابل محلول‌پاشی سطوح مختلف آن با سولفات پتاسیم تأثیر بسیار معنی‌داری (P≤ ۰/۰۱) بر درصد میرسن داشت (جدول شماره ۴). بیشترین میزان میرسن در تیمار محلول‌پاشی سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر بدون محلول‌پاشی متانول (۰/۶۲ درصد) حاصل شد و کمترین میزان آن در تیمار شاهد (۰/۴ درصد) به دست آمد (شکل شماره ۱۶).

تیمول (Thymol)

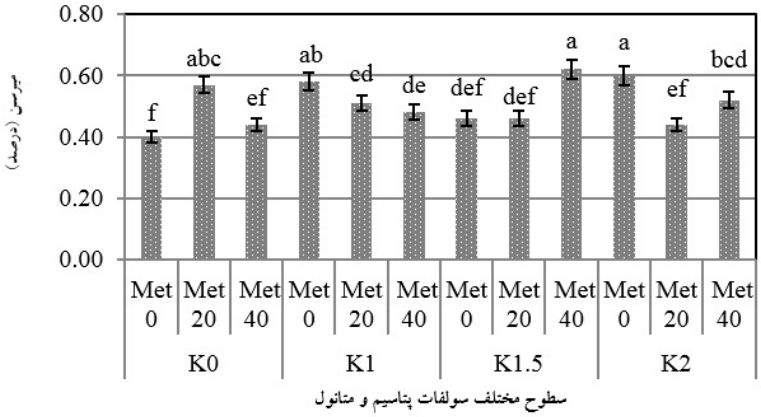
نتایج تجزیه واریانس نشان داد، محلول‌پاشی سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول تأثیر بسیار معنی‌داری (P≤ ۰/۰۱) بر درصد تیمول اسانس شوید داشتند. همچنین اثر متقابل محلول‌پاشی سطوح مختلف متانول با سولفات پتاسیم تأثیر بسیار معنی‌داری (P≤ ۰/۰۱) بر درصد تیمول داشت (جدول شماره ۴). بیشترین میزان تیمول در تیمار سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر بدون محلول‌پاشی متانول (۰/۵۶ درصد) مشاهده شد (شکل شماره ۱۷).



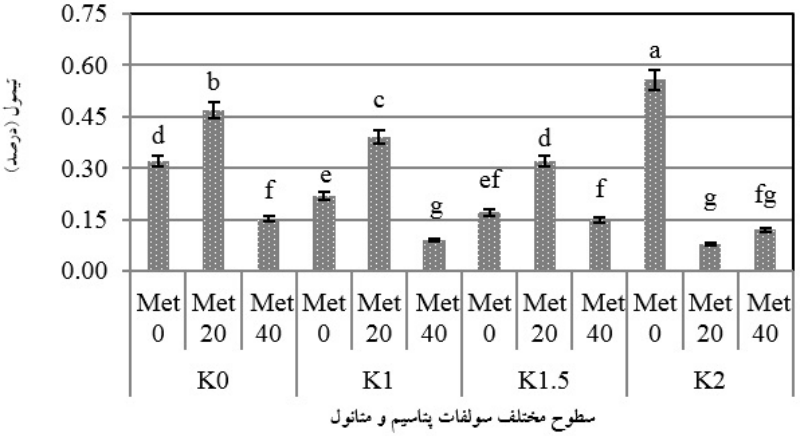
شکل شماره ۱۴ ـ تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول بر میزان دیل‌اتر اسانس شوید. Met0: آب مقطر، **Met20**: متانول ۲۰ درصد، **Met40**: متانول ۴۰ درصد، **K0**: آب مقطر، **K1**: سولفات پتاسیم ۱ گرم بر لیتر، **K1.5**: سولفات پتاسیم ۱/۵ گرم بر لیتر، **K2**: سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر



شکل شماره ۱۵ـ تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول بر میزان دیل‌آپویل اسانس شوید. Met0: آب مقطر، **Met20**: متانول ۲۰ درصد، **Met40**: متانول ۴۰ درصد، **K0**: آب مقطر، **K1**: سولفات پتاسیم ۱ گرم بر لیتر، **K1.5**: سولفات پتاسیم ۱/۵ گرم بر لیتر، **K2**: سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر



شکل شماره ۱۶ ـ تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول بر میزان میرسن اسانس شوید. Met0: آب مقطر، **Met20**: متانول ۲۰ درصد، **Met40**: متانول ۴۰ درصد، **K0**: آب مقطر، **K1**: سولفات پتاسیم ۱ گرم بر لیتر، **K1.5**: سولفات پتاسیم ۱/۵ گرم بر لیتر، **K2**: سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر



شکل شماره ۱۷ ــ تأثیر سطوح مختلف سولفات پتاسیم و متانول بر میزان تیمول اسانس شوید. Met0: آب مقطر، **Met20**: متانول ۲۰ درصد، **Met40**: متانول ۴۰ درصد، **K0**: آب مقطر، **K1**: سولفات پتاسیم ۱ گرم بر لیتر، **K1.5**: سولفات پتاسیم ۱/۵ گرم بر لیتر، **K2**: سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر

بحث

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد کاربرد متانول بر ارتفاع بوته، وزن تر ساقه و وزن هزار دانه تأثیر معنی‌داری نداشت در حالی که وزن خشک برگ، وزن تر گل‌آذین و وزن خشک ساقه را افزایش داد به طوری که بیشترین میزان این صفات با محلول‌پاشی متانول ۴۰ درصد حاصل شد. این نتایج با یافته‌های سایر محققین مطابقت دارد [۱۱-۵].

اثر متانول بر رشد گیاهان سه کربنه ناشی از کاهش تنفس نوری آنها می‌باشد. زیرا در شرایط مزرعه، زمانی که دمای هوا، شدت نور و در نتیجه تنفس نوری زیاد بود، محلول‌پاشی متانول، رشد گیاهان را افزایش داد [۱۲، ۹]. بنابراین مهم‌ترین نقش پیشنهاد شده برای عمل متانول در گیاهان سه کربنه، بازداشتن تنفس نوری است که این امر احتمالاً ناشی از افزایش غلظت CO_2 داخل برگ‌ها می‌باشد. زیرا افزایش غلظت CO_2 در داخل برگ‌ها باعث می‌شود که ریبولوز ۱ و ۵ بیز فسفات به جای ترکیب شدن با O_2، با CO_2 واکنش دهد و عمل کربوکسیلاسیون اتفاق افتد. از این رو افزایش بیوماس گیاهان سه کربنه تیمار شده با متانول ناشی از استفاده آنها از متانول به عنوان یک منبع مستقیم کربنی برای بیوسنتز سرین و نیز کاهش هدررفتن کربن از طریق تنفس نوری می‌باشد [۱۰، ۹].

محلول‌پاشی سطوح مختلف سولفات پتاسیم، وزن خشک برگ، وزن تر گل‌آذین و وزن تر اندام هوایی را افزایش داد در حالی که فقط بر وزن تر اندام هوایی تأثیر معنی‌داری داشت و موجب افزایش آن شد. بیشترین میزان این صفات در تیمار محلول‌پاشی سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر مشاهده شد. همچنین محلول‌پاشی پتاسیم ارتفاع بوته را افزایش داد در حالی که وزن هزار دانه را کاهش داد. این نتایج با سایر گزارش‌ها در مورد بهبود ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاهان تحت تأثیر کاربرد پتاسیم مطابقت دارد [۱۶-۱۳].

کاربرد متانول، بر درصد اسانس گیاه شوید بی‌تأثیر بود در حالی که سایر مطالعات در گیاهان دیگر مانند گیاه دارویی اسطوخودوس و بادرشبی نشان دادند که محلول‌پاشی متانول موجب افزایش درصد اسانس شد و بیشترین میزان اسانس هم با محلول‌پاشی متانول ۲۰ درصد حاصل شد [۱۸، ۱۷].

محلول‌پاشی متانول، میزان آلفاپینن را افزایش داد به طوری که بیشترین میزان آن در تیمار محلول‌پاشی متانول ۴۰ درصد حاصل شد. غلظت پایین متانول (۲۰ درصد) میزان تیمول، آلفا- فلاندرن، میرسن و پاراسیمنن را افزایش داد اما افزایش غلظت متانول به ۴۰ درصد، میزان آنها را کاهش داد.

محلول‌پاشی سطوح مختلف الکل‌ها، موجب افزایش درصد و عملکرد اسانس، درصد و عملکرد کارواکرول و تیمول در گیاه آویشن باغی شد [۱۹]. محلول‌پاشی سطوح مختلف متانول بر گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.) نیز موجب افزایش درصد اسانس شد. بیشترین میزان اسانس، با

محلول‌پاشی متانول ۳۰ درصد حاصل شد [۲۰].

محلول‌پاشی همزمان متانول و سولفات پتاسیم، وزن تر و خشک ساقه، وزن تر و خشک برگ، وزن خشک گل‌آذین و وزن خشک اندام هوایی را افزایش داد و در اغلب صفات، بیشترین میزان آنها در تیمار محلول‌پاشی متانول ۴۰ درصد و سولفات پتاسیم ۲ گرم بر لیتر مشاهده شد.

متانول به سبب فراهم نمودن دی اکسید کربن و کاهش تنفس نوری، موجب افزایش فتوسنتز خالص در گیاه می‌شود و بدین‌ترتیب میزان فراوانی از کربوهیدرات‌های محلول در گیاه مهیا می‌شود که این امر در بهبود ویژگی‌های رشدی و عملکردی گیاه شوید مؤثر خواهد بود. از طرفی، محلول‌پاشی سولفات پتاسیم همراه با متانول، به جهت فراهم کردن عنصر سولفور و پتاسیم برای گیاه، به بهبود هر چه بیشتر ویژگی‌های رشدی و فیتوشیمیایی گیاه شوید کمک کرده است.

نتیجه‌گیری کلی

خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه شوید تحت تأثیر محلول‌پاشی متانول و سولفات پتاسیم تغییر یافت به طوری‌که بالاترین میزان وزن خشک برگ، ساقه و وزن تر گل‌آذین و نیز بیشترین میزان آلفاپینن اسانس با کاربرد متانول ۴۰ درصد ایجاد شد. همچنین استفاده از سولفات پتاسیم به میزان ۲ گرم بر لیتر بیشترین ارتفاع بوته، وزن خشک برگ، وزن تر گل‌آذین و اندام‌هوایی را ایجاد نمود. بدین‌ترتیب، افزایش ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه شوید تحت تأثیر محلول‌پاشی متانول و سولفات پتاسیم با کاهش تنفس نوری، افزایش فتوسنتز خالص، تولید بیشتر کربوهیدرات‌ها و بهبود انتقال آنها سایر اندام‌های گیاه و همچنین افزایش فعالیت آنزیم‌های مؤثر در بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه قابل توجیه است.

منابع

1. Mirakhori M, Paknejad F, Moradi F, Nasri M and Pazooki A. The effect of methanol foliar application on yield and component yield of *Glycine max* L. *Agroecology J*. 2010; 2 (2): 236-244.

2. Ehyaee HR, Parsa M, Kafi M and Nasiri Mahalati M. The effect of methanol foliar application and irrigation intervals on yield and component yield of two cultivars of *Cicer arietinum* L. *Iranian Journal of Pulses Res*. 2010; 1 (2): 37-48.

3. Safarzadeh Vishkaei MT. The effect of methanol on growth and yield of *Arachis hypogaea*. PhD thesis of Agronomy. Islamic Azad University of Tehran: Sciences and Researches Unit, 2007.

4. Salardini A. Soil fertility. Tehran University Publications. 2005, 434 pages.

5. Li Y, Gupta G, Joshi JM and Siyumbano AK. Effect of methanol on soybean photosynthesis and chlorophyll. *J. Plant Nutr*. 1995; 18: 1875-1880.

6. Zbiec I, Karczmarczyk S and Podsiadlo C. Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation. *Elect. J. Polish Agric. Univ. Agron*. 2003; 6: 1-7.

7. Ramirez I, Dorta F, Espinoza V, Jimenez E, Mercado A and Pena-Cortes H. Effects of foliar and root applications of methanol on the growth of Arabidopsis, tobacco and tomato plants. *Plant Growth Regulation* 2006; 25: 30 - 44.

8. Madhaiyan M, Sa T and Kim JJ. Pink pigmented facultative methylotrophic bacteria (PPFMs): Introduction to current concepts. *Korean J. Soil Sci. Fert*. 2004; 37 (4): 266-287.

9. Fall R and Benson AA. Leaf methanol- the simplest natural product from plants. *Trends in Plant Science* 1996; 1: 296-301.

10. McGiffen ME and Manthey JA. The role of methanol in promoting plant growth: a current evaluation. *HortScience* 1996; 31 (7): 1092-1096.

11. Khosrawi MT, Mehrafarin A, Naghdibadi HA, Hajiaghaei R and Khosrawi A. The effect of

methanol and ethanol application on yield of medicinal plant *Echinacea purpurea* L. in Karaj. *Journal of Herbal Drugs* 2011; 2 (2): 121-128.

12. Nonomura AM and Benson AA. The path of carbon in photosynthesis: Improved crop yields with methanol. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, *Agricultural Sciences* 1992; 89 (20): 9794 - 9798.

13. Akbarian MM, Heidari Sharifabad H, Noormohammadi G, and Darvish Kojouri F. The effect of potassium, zinc and iron foliar application on the production of saffron (*Crocus sativa*). *Annals of Biological Res*. 2012; 3 (12): 5651-5658.

14. EL-Abady MI, Seadh SE, EL-Ward A, Ibrahim A and EL-Emam AAM. Irrigation withholding and potassium foliar application effects on wheat yield and quality. *Int. J. Sustain. Crop Prod*. 2009; 4 (4): 33-39.

15. Eshghi S, Safizadeh MR, Jamali B and Sarseifi M. Influence of Foliar Application of Volk Oil, Dormex, Gibberellic Acid and Potassium Nitrate on Vegetative Growth and Reproductive Characteristics of Strawberry cv. 'Merak'. *J. Biol. Environ. Sci.* 2012; 6 (16): 35-38.

16. Sharafzadeh S, Esmaeili M and Mohammadi AH. Interaction Effects of Nitrogen, Phosphorus and Potassium on Growth, Essential Oil and Total Phenolic Content of Sweet Basil. *Advances in Environmental Biology* 2011; 5 (6): 1285-1289.

17. Mousavi J and Bazrgar AB. Effect of foliar application of methanol and ethanol on yield components and essential oil content of dragonhead (*Dracocephalum Moldavica* L.). *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences* 2014; 4 (14): 381 - 386.

18. Bagheri HR, Ladan Moghadam AR, and Afshari H. Effects of Methanol Sprays on Essential Oil and Phenol Yields and Vegetative Characteristics of Lavender. *International Journal of Agriculture Innovations and Res*. 2014; 3 (1): ISSN (Online) 2319-1473.

19. Sajedi Moghadam S, Mehrafarin A, Naghdi Badi H, Pazoki A and Qavami N. The evaluation of phytochemical yield of Thyme (*Thymus vulgaris* L.) under foliar application of hydroalcohols. *J. Medicinal Plants* 2012; 11 (44): 130-139.

20. Mehrabi S, Mehrafarin A and Naghdi Badi H. Clarifying the role of methanol and amino acids application on savory (*Satureja hortensis* L.). *Annals of Biological Res*. 2013; 4 (4): 190-195.

Phytochemical and Morphophysiological Responses of Dill (*Anethum graveolens* L.) to Foliar Application of Potassium Sulfate and Methanol Biostimulant

Mehrafarin A (Ph.D.)[1], Naghdi Badi H (Ph.D.)[1], Mirzai Motlagh M (M.Sc.)[2], Salehi M (Ph.D.)[3]*, Ghiasi Yekta M (M.Sc.)[1]

1- Medicinal Plants Research Center, Institute of Medicinal Plants, ACECR, Karaj, Iran
2- Department of Horticulture, Islamic Azad University, Karaj branch, Karaj, Iran
3- Nahavand University, Medicinal Plants Department, Nahavand, Iran
*Corresponding author: Nahavand University, Medicinal Plants Department, Nahavand, Postal Code: 65931-3-9565Iran
Tel: +98-81-33493008, Fax: +98-81-33493004
Email: mhtb.salehi@gmail.com

Abstract

Background: The application of methanol biostimulant and potassium sulfate with reducing of photorespiration and transpiration in C3 plants, increasing the absorption of water and food, and biosynthesis of amino acids can have a direct or indirect effect on the growth and metabolic index of plants.

Objective: This study was directed to investigate the effect of methanol and potassium sulfate foliar application on morpho-physiological and phytochemical changes in dill.

Methods: This study was conducted as a factorial experiment based on randomized complete block design at institute of medicinal plants. Experimental treatments included foliar application of methanol at 3 levels (0, 20, 40 v/v%) and potassium sulfate at 4 levels (0, 1, 1.5, 2 $g.L^{-1}$).

Results: Methanol application increased the leaf and stem dry weight, and inflorescence fresh weight. Foliar application of different levels of potassium sulfate also increased the plant height, leaf dry weight, and inflorescence and shoot fresh weight. The use of methanol was not effective on the amount of essential oil in the dill. But, increased the amount of *α*-pienene. Low concentration of methanol increased the content of thymol, myrcene, *α*-phellandrene, and *p*-cymenen. So, increasing the concentration of methanol reduced their amount.

Conclusion: Phytochemical and morphophysiological traits of dill were increased with application of methanol and potassium sulfate. As, the highest amount of leaf and stem dry weight, inflorescence fresh weight, and *α*-pienene was obtained with 40% methanol application. Also, the use of 2 $g.L^{-1}$ of potassium sulfate produced the highest amount of plant height, leaf dry weight, inflorescence and shoot fresh weight.

Keywords: *Anethum graveolens* L., Essential oil, Foliar application, Methanol, Potassium sulfate