**Journal of Horticultural Plants Nutrition**
Vol.4, No.1, Spring & Summer 2021
Research Paper

*DOI: 10.22070/HPN.2020.5128.1072*

# Morphological and phytochemical response of dill (*Anethum graveolens* L.) to natural zeolite under drought stress

***Somayeh Jalali*** [1] ***, Raheleh Khademian*** [2*] ***, Sayyed Mohsen Hossaini*** [3] ***, Behnam Sedaghati*** [4]

*1- Graduated of Master Science, Department of Genetic and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran*
*somayejalali87@yahoo.com*
*2- Corresponding author and Assistant Professor, Department of Genetic and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran*
*r.khademian@eng.ikiu.ac.ir*
*3- Assistant Professor, Department of Genetic and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran*
*hossaini_sm@ikiu.ac.ir*
*4- PhD in biotechnology, Department of Biotechnology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran*
*Behnam.sedaghati@yahoo.com*

Received Date: 2019/10/30 Accepted Date: 2020/11/25

## Abstract

**Introduction:** Water deficit is one of the major limiting factors that influences the cultivation and production of agricultural crops in the world. Drought stress severely impairs plants growth and development through alterations in the physiological, morphological, biochemical, and molecular attributes (Cheng et al., 2018). Most of the world's farms are located in arid and semi-arid regions. In addition, drought conditions can be exacerbated by climate change and water scarcity. Therefore, it is important to find a way for increasing the adaptation potential of crops to water shortage (Asghari et al., 2020). Zeolite can act as water moderators and play a key role in plant growth and development under drought condition. The aim of this research was to investigate the effect of zeolite application on morphological traits and secondary metabolite biosynthesis of dill (Anethum graveolens L.) under drought stress.

**Material and methods:** This study was conducted as a factorial experiment in a completely randomized block design with three replications in the greenhouse. The experimental factors included irrigation regimes in 3 levels (40 %, 80 % and 100 % of filed capacity (FC), application of zeolite in 2 levels (0.0 and 2.5 g/ kg of soil) and plant ecotype (Naeen and Zavereh). Seeds of dill were obtained from Pakan Bazr Company, Isfahan, Iran. The seeds were cultured in pot containing sandy loam soil. When plants were fully established, drought treatment was started and continued until harvest. Then, we measured some morphological and biochemical attributes of dill plant. The obtained data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) performed with SAS software. Duncan's multiple range test was used to distinguish the differences in treatments.

**Results and discussion:** The results showed that water deficit and zeolite application significantly affected morphological and biochemical properties of dill plant. Drought stress reduced plant height, leaf area, fresh ant dry weight of plant and 1000 grain weight but only amplified root length. Application of zeolite alleviated drought-related damages and promoted plant growth and development, which increased leaf area and the amount of grain per plant, and reduced root length and plant height. A similar effect of drought stress and zeolite treatment has reported in Dracocephalum moldavica (Gholizadeh et al., 2010). Our data demonstrated that mention attributes significantly influenced by the plant ecotype, and Naeen was more effective than Zavareh. The results illustrated that the severity of drought stress play a key role in the amount of phytochemical compounds of dill seeds. The highest amount of dill ether and alphaphellandrene was recorded under normal condition. While, the highest level of limonene was obtained in plants subjected to moderate drought stress. In addition, the severe water stress led to the highest accumulation of carvone and transdihydrocarvone in dill seeds. Zehtab Salmasi et al., (2016) reported that water shortage causes an increase in dill ether and limonene of dill plants.

**Conclusions:** Water deficit adversely affected normal growth and morphological properties of dill plants. The obtained results showed that dill plant could adapt to drought condition by raising its protective compounds and root length. Water stress significantly enhanced essential oil percentage of basil plant, leading to accumulation of dill ether, carvone, transdihydrocarvone and limonene in its seed. The exogenous usage of zeolite can successfully alleviate deleterious impacts of water shortage on dill plant by improving morphological characteristics and stimulating secondary metabolites production.

**Keywords:** Drought stress, Zeolite, Secondary metabolites, Dill.

**نشریه علمی تغذیه گیاهان باغی**
**دوره ۴، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۰، (ص ۴۶- ۳۱)**
**مقاله پژوهشی**

*DOI: 10.22070/HPN.2020.5128.1072*

# واکنش مورفولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه شوید (*Anethum graveolens* L.) به زئولیت طبیعی تحت تنش خشکی

**سمیه جلالی [۱]، راحله خادمیان [۲*]، سید محسن حسینی [۳]، بهنام صداقتی [۴]**

*۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه بین المللی امام خمینی ( ره)، قزوین، ایران*
*somayejalali87@yahoo.com*

*۲- نویسنده مسئول و استادیار گروه ژنتیک و به نژادی گیاهی، دانشگاه بین المللی امام خمینی ( ره)، قزوین، ایران*
*r.khademian@eng.ikiu.ac.ir*

*۳- استادیار گروه ژنتیک و به نژادی گیاهی، دانشگاه بین المللی امام خمینی ( ره)، قزوین، ایران*
*hossaini_sm@ikiu.ac.ir*

*۴- دانش آموخته دکتری بیوتکنولوژی ، دانشگاه بین المللی امام خمینی ( ره)، قزوین، ایران*
*Behnam.sedaghati@yahoo.com*

**تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۰۸** **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۰۵**

## چکیده

به منظور ارزیابی اثر سطوح تنش خشکی و تاثیر زئولیت طبیعی روی صفات مورفولوژیکی و فیتوشیمایی گیاه شوید آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل آبیاری در سه سطح (۴۰٪، ۸۰٪ و۱۰۰٪ ظرفیت زراعی)، زئولیت در دو سطح (صفر و ۲/۵ گرم در هر کیلوگرم خاک) و دو اکوتیپ (نائین و زواره) بود. نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی صفات ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن تر و خشک بوته و وزن هزار دانه نسبت به شاهد به ترتیب ۵۵، ۹، ۵۹، ۴۲ و ۳۶ درصد کاهش و طول ریشه ۷۳ درصد افزایش نشان دادند. با مصرف زئولیت سطح برگ گیاه ۸ درصد افزایش و طول ریشه و ارتفاع بوته به ترتیب ۲۱ و ۴۵ درصد کاهش داشتند. اثر اکوتیپ روی ارتفاع، وزن تر و خشک بوته و وزن هزاردانه معنی‌دار بود که در همه موارد اکوتیپ نایین برتر از اکوتیپ زواره بود. نتایج GC-MS نشان داد که، تحت تنش خشکی مقادیر لیمونن، کاروون و ترانس دی هیدروکاروون به ترتیب ۲۴/۵، ۲۰ و ۳۳ درصد افزایش یافت. همچنین، ترکیبات دیل اتر و آلفافلاندرن با مصرف زئولیت به ترتیب افزایش ۳۴ و ۲۹ درصدی را نشان دادند.

**کلمات کلیدی:** تحمل به خشکی، زئولیت، متابولیت ثانویه، شوید.

## مقدمه

شوید با نام علمی *Anethum graveolens* L. از خانواده جعفری یا چتریان (Apiaceae) گیاهی یکساله با مصارف غذایی و دارویی است. از مواد مؤثره آن در درمان معده، سرما خوردگی، سرفه، مشکلات ادراری، نفخ، تشنج و اسپاسم استفاده می‌شود. دانه‌های شوید به عنوان کاهنده چربی به خصوص تری‌گلیسرید خون، برای پیشگیری و درمان تصلّب شرایین و ناراحتی‌های صفراوی کاربرد دارند (Yazdanpanah, 2001). ترکیبات اصلی اسانس شوید فیلاندرن، دیل اتر، کاروون، لیمونن، دی هیدروکاروون و میریستیسین است (Farukh *et al.*, 2013).

تنش خشکی یکی از مهمترین عوامل بازدارنده محیطی برای تولید محصولات گیاهی است و تغییرات اقلیمی در دنیا به گونه‌ای است که در جهت افزایش شدت این تنش پیش می‌رود (Dai, 2012). اگرچه، بقای گیاه تحت تنش خشکی عامل حیاتی است اما حفظ بقا لزوما با حفظ عملکرد بالا در آن شرایط ارتباط مستقیم ندارد زیرا برای پیش بینی عملکرد نهایی، پاسخ هر یک از اجزای عملکرد گیاه نسبت به شرایط تنش باید در نظر گرفته شود (Jangdee *et al.*,2002; Pantuwan *et al.*, 2002). تنش خشکی علی رغم آنکه به عنوان یک عامل منفی تأثیرگذار بر عملکرد محصولات کشاورزی تلقی می‌شود اما در گیاهان دارویی این وضعیت تا اندازه‌ای متفاوت است. در این گیاهان، بسته شدن روزنه‌ها به دلیل کمبود آب و کاهش قابل توجه جذب دی اکسید کربن موجب کاهش مصرف $NADPH^+$ طی چرخه کالوین و انباشت مقادیر زیادی از این ماده در گیاه می‌گردد. در نتیجه، همه فرآیندهای متابولیکی به سمت سنتز ترکیباتی مانند ایزوپرنوئیدها، فنل‌ها یا آلکالوئیدها سوق داده می‌شود. این ترکیبات در شرایط عادی فراوانی اندکی در گیاهان دارویی دارند اما در وضعیت تنشی میزان تولید و کیفیت آنها افزایش خواهد یافت (Selmar and Kleinwächter 2013, b; Selmer, 2008; Kleinwächter and Selmar, 2015).

کاهش عملکرد برخی گیاهان دارویی مانند نعناع فلفلی، رزماری و مریم گلی در شرایط تنش خشکی گزارش گردید (Bettaieb *et al.*, 2005). بنابراین، مصرف آب در این گیاهان باید به گونه‌ای بهینه شود که هم گیاه با تنش کم آبی مواجه گردد تا مسیرهای بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه در آن فعال شود و هم شدت تنش ایجاد شده موجب کاهش عملکرد نشود.

کاهش عملکرد گیاه تحت همه انواع تنش‌های زنده و غیر زنده امری طبیعی است اما با استفاده از برخی مواد که با مکانیسم‌های فیزیکی، شیمیایی و یا فیزیولوژیکی به حفظ آب موجود در خاک و یا گیاه کمک می‌کنند، می‌توان از حداکثر پتانسیل عملکرد در شرایط تنش بهره برد. یکی از راه‌های نگهداری آب در خاک استفاده از سوپر جاذب‌هایی مانند زئولیت است که قادرند چندین برابر وزن خود آب جذب نموده و به صورت تدریجی در اختیار گیاه قرار دهند. زئولیت‌های طبیعی مولکول‌های سیلیکات آلومینیوم هیدراته هستند که دارای ساختاری مشابه موم زنبور عسل بوده و از طریق کانال‌ها و حفرات موجود در این ساختار می‌توانند کاتیون‌ها و آب زیادی را جذب کنند (Karapinar, 2009). استفاده از این مواد علاوه بر تأمین آب مورد نیاز گیاه در شرایط تنش، با آزاد کردن تدریجی آب در محیط اطراف ریشه موجب افزایش راندمان مصرف آب نیز خواهد شد. زئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت به عنوان یک کود معدنی عمل می‌کند زیرا منبع طبیعی از نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن و سایر عناصر معدنی است که وجود این مواد بویژه پتاسیم با افزایش تحرک آب در داخل گیاه که اصولا ازطریق هدایت روزنه‌ای و تعرق صورت می‌گیرد؛ موجب افزایش جذب دی اکسید کربن و در نهایت بالارفتن میزان فتوسنتز می‌گردد (Méndez Argüello *et al.*, 2018) و این امر در مواردی همچون شرایط تنش‌زا می‌تواند باعث جبران آسیب‌های حاصل از کاهش فتوسنتز گردد (De Smedt *et al.*, 2017). زئولیت می‌تواند به عنوان نوعی کود کشاورزی در افزایش تولید

محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد. خاصیت جذب انتخابی ورهاسازی کنترل شده مواد غذایی توسط زئولیت موجب می‌شود تا مواد و عناصر غذایی در خاک به صورت درازمدت در دسترس گیاه بوده و در نتیجه رشد گیاه تقویت گردد. البته، تاثیر زئولیت به بافت خاک بستگی دارد و هرچه میزان رس خاک کمتر باشد اثربخشی زئولیت در خاک بیشتر خواهد بود (Mohabbati et al., 2018). نقش زئولیت در افزایش درصد و عملکرد پروتئین گیاهی (Prizad and Mohammadzadeh, 2014) و نیز اثرات مثبت و معنی‌دار آن روی پارامترهای رشدی گیاهان مورد تیمار با این کود گزارش شده است (Gholizadeh *et al.*, 2010).

هدف از این تحقیق بررسی تاثیر سوپر جاذب زئولیت روی صفات مورفولوژیکی و همچنین درصد و ترکیبات اسانس دو اکوتیپ مختلف گیاه شوید تحت تنش خشکی می‌باشد.

## مواد و روشها

این تحقیق در سال ۱۳۹۴ برای بررسی اثر تنش خشکی روی صفات مورفولوژیکی و ترکیبات موثره گیاه داروئی شوید (*Anethum graveolens* L.) و نقش کود معدنی زئولیت در تعدیل اثرات مخرب این تنش، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه بین المللی امام خمینی اجرا شد. تیمارها شامل تنش آبی در سه سطح (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (شاهد)، ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی)، زئولیت در دو سطح (صفر و ۲/۵ گرم در هر کیلوگرم خاک) و دو نوع اکوتیپ شوید (زواره و نائین) بوده است. زئولیت مورد استفاده در این آزمایش از نوع زئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت[1] متعلق به معادن سمنان (شرکت افرند توسکا سمنان) بوده و ترکیبات آن شامل $SiO_2$ (٪۶۶)، $Al_2O_3$ (٪۱۱/۴)، $Fe_2O_3$ (٪۱/۶)، CaO (٪۱/۴۵)، MgO (٪۰/۹۷)، $Na_2O$ (٪۲/۶۷)، $K_2O$ (٪۱/۸۹) و $SO_3$ (٪۰/۳۳) است. بذور دو اکوتیپ شوید از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. تعیین ظرفیت زراعی خاک به روش حجمی وزنی صورت گرفت (Alizadeh Ahmadabadi *et al.*, 2015). کاشت بذرها در تاریخ ۲۰ اسفند ۱۳۹۴ در گلدان‌های ۱۰ کیلوگرمی انجام شد. در ابتدا تعداد ۱۰ بذر در هر گلدان کشت گردید و در نهایت پس از تنک شدن ۵ گیاه در هر گلدان حفظ شد. خاک گلدان شامل خاک مزرعه با بافت لومی- شنی بوده است. تنش خشکی پس از استقرار اولیه گیاه (مرحله ۵-۴ برگی) اعمال گردید. صفات مورفولوژیکی مورد اندازه‌گیری شامل طول ریشه، ارتفاع بوته، سطح برگ، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد چتر، تعداد چترک، تعداد بذر در چتر، وزن هزار دانه، وزن خشک و تر بوته به همراه صفاتی مانند درصد اسانس بذر و ترکیبات آن در پایان رشد گیاه (تقریبا ۱۰۵ روز بعد از رویش اولیه بذر) اندازه گیری شدند. در هر گلدان سه گیاه برای نمونه‌برداری مورد استفاده قرار گفت. برای اندازه‌گیری سطح برگ از هر گلدان سه گیاه و از هر گیاه سه برگ انتخاب شدند و میانگین مقادیر بدست آمده برای تیمار مربوط منظور گردید. تجزیه و تحلیل داده-ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون دانکن انجام شد.

### اسانس‌گیری

استخراج اسانس از نمونه خشک شده گیاه شوید به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر مدل جایمند[2] انجام شد. برای این منظور، ۳۰ گرم نمونه خشک شده گیاهی به همراه ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در داخل بالن دستگاه قرار داده شد. پس ازجدا کردن اسانس از آب و آبگیری کامل آن با سولفات سدیم در داخل ظرف شیشه‌ای سر بسته ریخته شد و درصد اسانس‌ها بر اساس وزن خشک محاسبه شد. جداسازی و شناسایی ترکیبات اسانس

1 . Clinoptilolite

2 . jaimeand

با استفاده از دستگاههای GC و GC/MS (دستگاه GC مدل M. Korea Youglin instrument, ACME 6000) در دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی زنجان انجام گرفت. شناسایی ترکیبات اسانس با کمک اطلاعات کتابخانه کامپیوتری این دستگاه انجام گرفت.

## نتایج و بحث

### طول ریشه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس کود زئولیت، تنش خشکی و اثر متقابل آن‌ها اثر معنی‌داری بر صفت طول ریشه در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۱). تاثیر تنش آبی و زئولیت در تعیین طول ریشه کاملا معکوس بوده به طوری‌که، تنش رطوبتی موجب افزایش و مصرف زئولیت باعث کاهش طول ریشه گردید. مقایسه میانگین تیمارها نشانگر این بود که بیشترین طول ریشه (۱۴/۳۲ سانتی‌متر) در تیمار حداکثر تنش و عدم مصرف زئولیت بدست آمد و با افزایش ۷۳ درصدی نسبت به شرایط آبیاری نرمال و استفاده از کودزئولیت، که کمترین مقدار طول ریشه (۸/۲۷ سانتی‌متر) را داشت، همراه بوده است (جدول۲). خصوصیات ریشه، مخصوصاً طول، تراکم و تعداد ریشه‌های ضخیم، به منظور رشد خوب اندام هوایی گیاه، اهمیت زیادی دارد. گیاهان معمولاً با تولید سیستم ریشه‌ای عمیق، به منظور افزایش جذب آب، از خشکی اجتناب می کنند (Martins et *al.*, 2003). زئولیت به دلیل افزایش دادن راندمان مصرف آب گیاه از رشد و توسعه بیشتر ریشه در شرایط تنش خشکی جلوگیری می‌کند و به این دلیل طول ریشه در تیمارهای زئولیت کمتر از تیمارهای فاقد زئولیت بوده است. نتایج این مطالعه با تحقیق انجام شده روی گیاه بادرشبی که گزارش گردید کمترین طول ریشه در تیمار حداکثر مصرف کود زئولیت و حداقل تنش آبی بدست آمد، مطابقت دارد (Gholizadeh *et al.*, 2010).

**جدول ۱- تجزیه واریانس صفات طول ریشه، سطح برگ در بوته، ارتفاع بوته، وزن تر و خشک بوته و وزن هزار دانه در گیاه شوید**

**Table 1. Analysis of variance for root length, leaf area per plant, plant height, fresh and dry weight and 1000 grain weight**

| Source of variance | df | Root length | Leaf area per plant | Plant height | Fresh weight | Dry weight | 1000 grain weight |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Replication | 2 | $1.247^{ns}$ | $39.083^{ns}$ | $204.471^{*}$ | $0.960^{ns}$ | $0.049^{ns}$ | $0.047^{ns}$ |
| Zeolite | 1 | $65.179^{**}$ | $178.028^{**}$ | $594.546^{**}$ | $9.120^{ns}$ | $0.103^{ns}$ | $0.027^{ns}$ |
| Drought stress | 2 | $45.001^{**}$ | $436.583^{**}$ | $1210.097^{**}$ | $64.152^{**}$ | $2.887^{**}$ | $0.770^{**}$ |
| Ecotype | 1 | $1.152^{ns}$ | $0.250^{ns}$ | $2331.280^{**}$ | $152.440^{**}$ | $2.315^{**}$ | $0.142^{**}$ |
| Stress × Zeolite | 2 | $7.039^{**}$ | $1.861^{ns}$ | $278.805^{*}$ | $14.070^{*}$ | $1.951^{**}$ | $0.043^{ns}$ |
| Ecotype × Zeolite | 1 | $0.889^{ns}$ | $0.250^{ns}$ | $790.547^{**}$ | $15.392^{*}$ | $5.055^{**}$ | $0.022^{ns}$ |
| Stress × Ecotype | 2 | $1.600^{ns}$ | $85.583^{ns}$ | $137.047^{ns}$ | $19.848^{**}$ | $0.916^{ns}$ | $0.0200^{ns}$ |
| Stress × Ecotype × Zeolite | 2 | $1.084^{ns}$ | $37.750^{ns}$ | $219.638^{*}$ | $11.592^{ns}$ | $0.439^{ns}$ | $0.003^{ns}$ |
| Error | 22 | 0.53 | 52.114 | 51.087 | 3.540 | 0.289 | 0.017 |
| CV% | - | 6.77 | 5.16 | 13.41 | 15.34 | 18.26 | 8.34 |

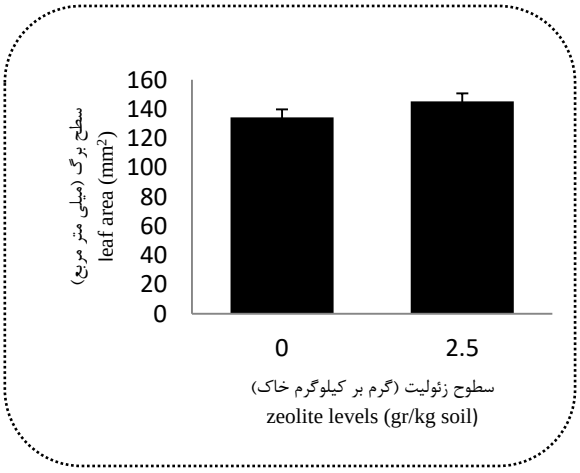
Ns، * و ** به ترتیب عدم معنی دار بودن و معنی دار بودن در سطح ۵٪ و ۱٪

ns, * and ** are non-significant and significant at the 0.05 and 0.01, respectively

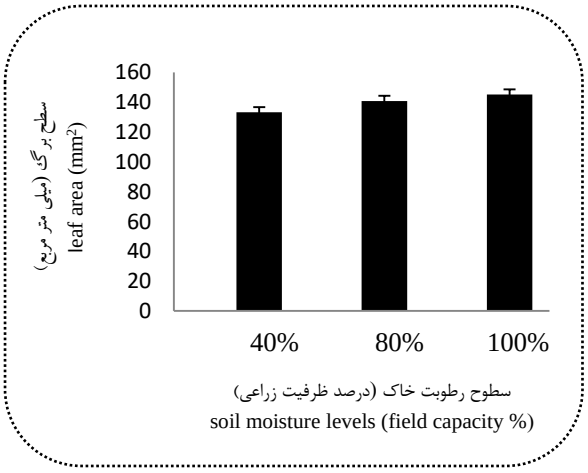
### سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد سطح برگ گیاه شوید تحت اثرات متقابل مصرف زئولیت و تنش خشکی قرار گرفته است (جدول ۱). با مصرف زئولیت سطح برگ افزایش معنی‌داری نسبت به شرایط عدم مصرف این کود نشان داد (شکل ۱). رنجبر و همکاران افزایش سطح برگ به دلیل مصرف کود زئولیت تحت شرایط تنش خشکی در گیاه توتون را گزارش نمودند (Ranjbar *et al.*, 2004).

تاثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر این صفت به گونه‌ای بوده است که با افزایش میزان تنش رطوبتی سطح برگ کاهش یافت (شکل ۲). یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش آماس و در نتیجه کاهش تقسیم و توسعه سلول به‌ویژه در ساقه و برگ‌ها است و به همین دلیل اولین اثر محسوس کم آبی روی گیاهان را می‌توان از اندازه کوچکتر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد (Salahvarzi *et al.*, 2008). نتایج این آزمایش نیز نشان داد که حداقل سطح برگ مربوط به تیمار حداکثر تنش رطوبتی (۴۰٪ ظرفیت زراعی) و ۹ درصد کمتر از میزان مربوط در تیمار شاهد بوده است. از طرف دیگر، استفاده از کود زئولیت با بهبود وضعیت آبی گیاه موجب افزایش ۸ درصدی سطح برگ نسبت به شرایط عدم استفاده از این کود گردید. کاهش سطح برگ تحت تیمار تنش رطوبتی و بهبود این صفت تحت تاثیر مصرف کود زئولیت در گیاه بادرشبی نیز گزارش شد (Gholizadeh, *et al.*, 2010).



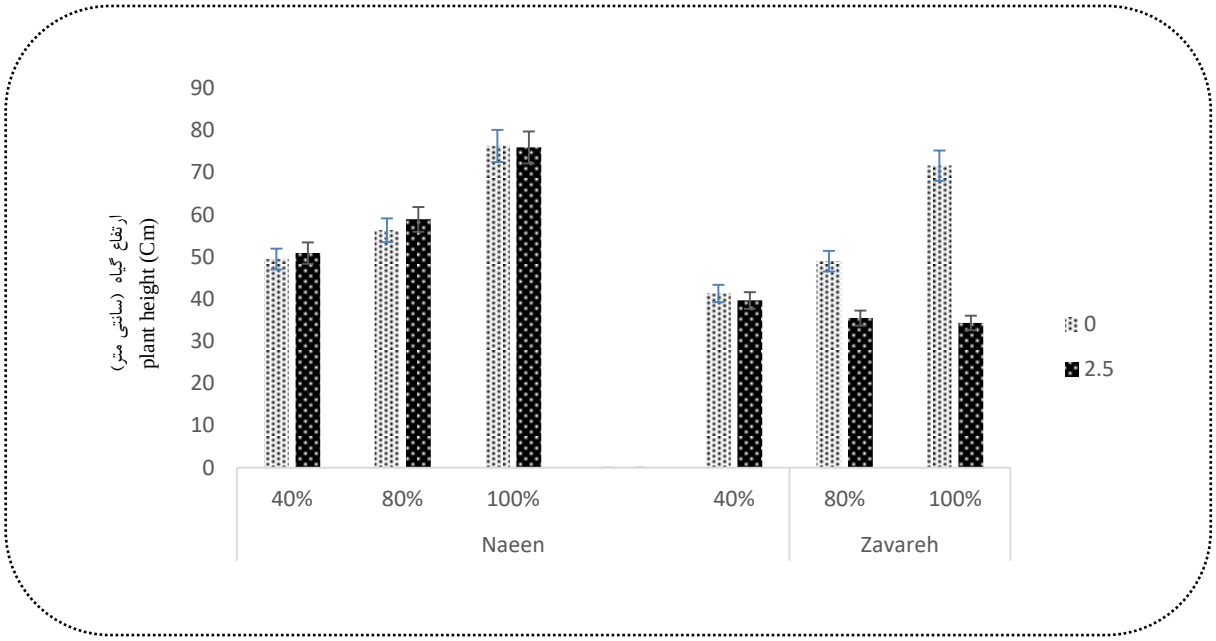

**شکل ۱. اثرسطوح زئولیت روی سطح برگ در گیاه شوید**
**Figure 1. Effect of zeolite levels on leaf area of dill**




**شکل۲. اثر سطوح رطوبت خاک روی سطح برگ در گیاه شوید**
**Figure 2. Effect of soil moisture levels on leaf area of dill**

**ارتفاع گیاه**

مطابق جدول تجزیه واریانس اثر تنش خشکی، کود زئولیت، اکوتیپ و اثر متقابل بین این عوامل روی ارتفاع گیاه معنی‌دار بود (جدول ۱). استفاده از زئولیت موجب کاهش ارتفاع گیاه در هر دو اکوتیپ نائین و زواره نسبت به عدم استفاده از این کود گردید. اثر تنش رطوبتی در اکوتیپ نائین در هر دو شرایط مصرف و عدم مصرف زئولیت و در اکوتیپ زواره در وضعیت عدم مصرف زئولیت موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع نسبت به شرایط آبیاری نرمال شده است (جدول۳). تاثیر این عوامل روی ارتفاع گیاه به نحوی بود که بیشترین ارتفاع گیاه (۷۶/۳۳ سانتی‌متر) در شرایط آبیاری نرمال و عدم مصرف زئولیت در اکوتیپ نائین و کمترین مقدار آن (۳۴/۳۳ سانتی‌متر) با کاهش ۵۵ درصدی تحت شرایط آبیاری نرمال و استفاده از کود زئولیت در اکوتیپ زواره مشاهده گردید. در اکوتیپ زواره، اگرچه مصرف زئولیت موجب افزایش جزئی ارتفاع گیاه در شرایط تنش شدید نسبت به شرایط آبیاری نرمال گردید اما میزان افزایش آن از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۳). کاهش ارتفاع گیاه با مصرف کود زئولیت احتمالا به دلیل افزایش سطح برگ و وارد شدن سریعتر گیاه به فاز زایشی برای اجتناب از خشکی بوده است. در تحقیقاتی که روی گیاه رزماری (Ziaee *et al.*, 2016) و گوجه فرنگی (De Smedt *et al.*, 2017) انجام شد، گزارش گردید که استفاده از کود سوپر جاذب زئولیت تاثیر معنی‌داری روی ارتفاع این گیاهان نداشت، اما در گیاه پنیرک افزایش ارتفاع گیاه تحت مصرف زئولیت گزارش شده است (Ahmadi azar *et al.*, 2015).



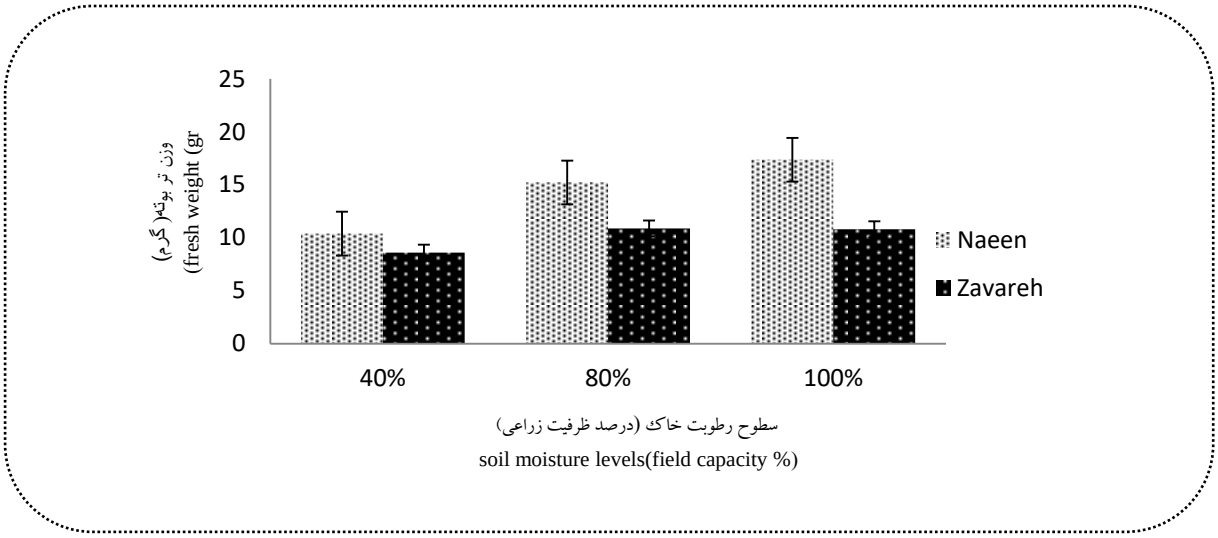

**شکل ۳. برهمکنش سطوح رطوبت خاک، اکوتیپ و زئولیت (گرم بر کیلوگرم خاک) بر ارتفاع گیاه شوید**
**Figure 3. Interaction of soil moisture levels, ecotype and zeolite (gr/kg soil) on plant height of dill**

**وزن تر بوته**

نتایج تجزیه واریانس نشان از وجود تفاوت‌های معنی‌دار در صفت وزن تر بوته تحت رژیم‌های مختلف آبیاری، بین دو اکوتیپ آزمایشی و نیز اثرات متقابل معنی‌دار بین این عوامل داشت (جدول ۱). در دو شرایط تنش ملایم و شدید آبی استفاده از زئولیت نسبت به عدم مصرف این کود موجب افزایش وزن تر بوته گردید در حالی‌که، در شرایط آبیاری نرمال وضعیت معکوسی مشاهده شد (جدول ۲). تاثیر مثبت و معنی‌دار زئولیت روی وزن تر بوته در شرایط تنش ملایم خشکی (۸۰٪ ظرفیت زراعی) بیش از دو وضعیت آبیاری نرمال و تنش شدید بوده است. افزایش شدت تنش رطوبتی موجب کاهش وزن تر بوته شد به طوریکه، بالاترین وزن تر بوته (۱۴/۶۶ گرم در بوته) متعلق به تیمار آبیاری نرمال و عدم استفاده از کود زئولیت بود و پائین‌ترین مقدار این صفت (۹/۱۹ گرم در بوته) با کاهش ۵۹ درصدی از تیمار حداکثر تنش آبی و عدم استفاده از کود زئولیت بدست آمد (جدول۲). مصرف این کود معدنی در وضعیت تنش ملایم آبی علاوه بر جبران خسارت حاصل از تنش خشکی موجب بهبود وزن تر گیاه تا حد شرایط نرمال آبیاری گردید (جدول ۲)، در حالیکه در دو شرایط دیگر آبی وضعیت اینگونه نبود. احتمالا زئولیت با افزایش انتقال آب در گیاه از طریق تقویت هدایت روزنه‌ای و تعرق موجب بهبود فتوسنتز (Méndez Argüello *et al.*, 2018) و در نتیجه افزایش بیوماس می‌گردد. با این حال تأثیر زئولیت به شدت وابسته به شرایط رطوبتی خاک می‌باشد، مشخص شده است که تحت وضعیت نرمال آبیاری، دریافت دی اکسید کربن اضافی از طریق گیاه به واسطه نقش زئولیت در افزایش هدایت روزنه‌ای نه تنها تاثیر زیادی در میزان فتوسنتز نخواهد داشت بلکه ممکن است تاثیر معکوس داشته باشد که دلیل آن گذشتن از حد اشباع دی اکسید کربن است (Schulze *et al.*, 2005). از سوی دیگر، تحت شرایط تنش شدید رطوبتی دسترسی بیشتر گیاه به دی اکسید کربن تامین شده از طریق زئولیت هرچند ممکن است فتوسنتز و به دنبال آن بیوماس را افزایش دهد اما این مقدار چندان کافی به نظر نمی‌رسد. این امر محتمل است که با مصرف زئولیت بیشتر بتوان به نتیجه مطلوبتری دست یافت.

در این تحقیق اثر اکوتیپ و کود زئولیت روی وزن تر بوته معنی‌دار بود و بین دو اکوتیپ آزمایشی، اکوتیپ نائین واکنش مثبت و معنی‌داری نسبت به مصرف زئولیت از نظر این صفت نشان داد به صورتی که، اکوتیپ نائین با وزن تر ۱۵/۴۸ گرم در بوته تحت شرایط مصرف زئولیت دارای حداکثر و اکوتیپ زواره با وزن تر ۱۰/۰۶ گرم در بوته در تیمار مشابه زئولیت دارای حداقل مقادیر این صفت بودند (جدول ۳). این نتایج نشانگر این است که واکنش دو اکوتیپ نسبت به استفاده از زئولیت کاملا متفاوت می‌باشد.

تاثیر رژیم‌های مختلف آبی روی دو اکوتیپ به نحوی بود که اکوتیپ نائین در سه تیمار ۱۰۰، ۸۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب دارای ۶۲، ۴۰ و۱۶ درصد وزن تر بالاتری نسبت به رقم زواره در تیمارهای مشابه بود. بیشترین و کمترین مقدار این صفت به ترتیب از تیمارهای نرمال آبیاری در اکوتیپ نائین و تیمار حداکثر تنش آبی در رقم زواره بدست آمد (شکل۴). این نتایج نشان می‌دهد که اکوتیپ نائین نسبت به اکوتیپ زواره از پتانسیل بالاتری برای برخورداری از اثرات مثبت زئولیت برخودار است. در بررسی اثر خشکی و زئولیت روی گیاه پنیرک گزارش گردید که حداکثر وزن تر اندام هوایی در شرایط آبیاری نرمال و حداکثر زئولیت مصرفی (۸ گرم بر کیلوگرم خاک) و حداقل وزن تر تحت تیمار بیشترین میزان تنش رطوبتی ( ۴۰٪ ظرفیت زراعی) اعمال شده و حداقل مصرف زئولیت ( ۲ گرم بر کیلوگرم خاک) بدست آمد ( Ahmadi azar *et al.*, 2015).

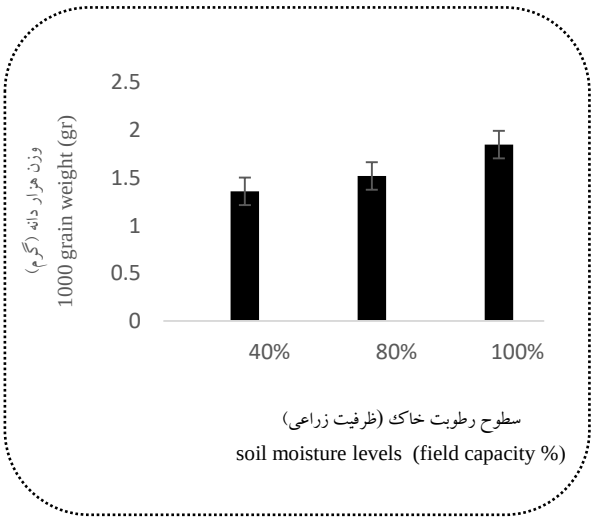



**شکل ۴. برهمکنش سطوح رطوبت خاک و اکوتیپ بر وزن تر بوته درگیاه شوید**
**Figure 4. Interaction of soil moisture levels and ecotype on fresh weight of dill**

### وزن خشک بوته

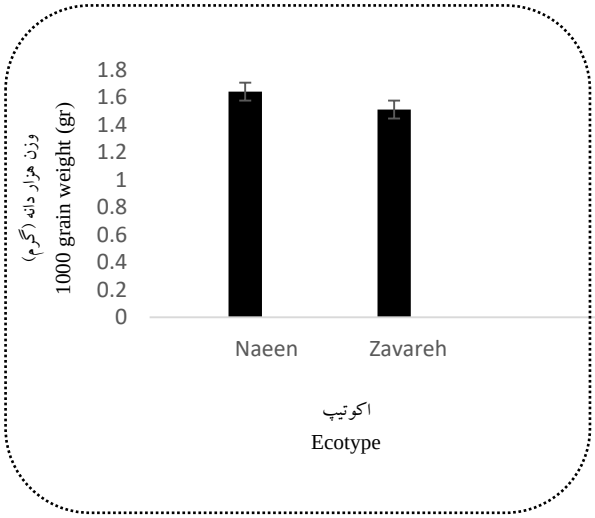
براساس نتایج تجزیه واریانس، تیمارهای مختلف رطوبتی، نوع اکوتیپ و اثر متقابل تنش در زئولیت، تنش در اکوتیپ و زئولیت در اکوتیپ اثر معنی‌داری روی وزن خشک بوته داشتند (جدول ۱). استفاده از زئولیت اثر معنی‌داری روی این صفت به ویژه در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش ملایم خشکی داشت به گونه‌ای که حداکثر وزن خشک بوته (۳/۵۰ گرم در بوته) تحت تنش ملایم خشکی و مصرف زئولیت بدست آمد و دارای افزایش ۴۲ درصدی نسبت به مقدار مربوط در تیمار تنش شدید خشکی و مصرف زئولیت بود (جدول ۲). دلیل احتمالی آن همانگونه که در مورد صفات طول ریشه و ارتفاع بوته بیان گردید این است که مصرف زئولیت موجب کاهش طول ریشه و ساقه شده و در شرایط تنش شدید آبی این کاهش

نسبت به آبیاری نرمال معنی‌دار بوده و در نهایت وزن خشک بوته کاهش یافت. در بررسی اثر زئولیت روی گیاه گوجه فرنگی گزارش شد که وزن خشک این گیاه با مصرف این کود تغییرات معنی‌داری نشان نداد اگرچه نسبت به حالت عدم مصرف آن وزن خشک بیشتری تولید گردید (De Smedt *et al.*, 2017). اثر نوع اکوتیپ بر وزن خشک بوته معنی‌دار بود به طوری که، اکوتیپ نائین (با وزن خشک ۳/۶۳ گرم در بوته) تحت شرایط مصرف زئولیت افزایش ۵۳ درصدی این صفت را نسبت به اکوتیپ زواره (با وزن خشک ۲/۳۷ گرم در بوته) تحت تیمار مشابه نشان داد (جدول۳). این نتیجه‌گیری نیز با نتایج مربوط به وزن تر بوته در این آزمایش مطابقت دارد. همچنین، این یافته‌ها با نتایج (Ahmadi azar *et al.*, 2015) روی گیاه پنیرک، (Ziaee *et al.*, 2016) روی گیاه رزماری و روی گیاه بادرشبی (Gholizadeh *et al.*, 2010) مشابه است.




**شکل ۵. اثر سطوح رطوبت خاک روی وزن هزار دانه گیاه شوید**

**Figure 5. Effect of soil moisture levels on 1000-grain weight of dill**




**شکل ۶. اثر اکوتیپ روی وزن هزار دانه گیاه شوید**

**Figure6. Effect of ecotype on 1000-grain weight of dill**

### وزن هزاردانه

براساس جدول تجزیه واریانس، سطوح مختلف تنش آبی و نوع اکوتیپ روی وزن هزار دانه اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۱) . اثر تنش آبی روی این صفت بسیار معنی‌دار بود به گونه‌ای که سطوح مختلف آبیاری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان دادند و بیشترین و کمترین میزان وزن هزاردانه همانگونه که انتظار می‌رفت به ترتیب از تیمارهای آبیاری نرمال و حداکثر تنش رطوبتی (۴۰ ٪ ظرفیت زراعی) بدست آمد که اختلاف مقادیر آنها ۳۶ درصد بود (شکل ۵). تاثیر اکوتیپ روی این صفت نیز بسیار معنی‌دار بوده و وزن هزار دانه در اکوتیپ نائین (۱/۶۴ گرم) تفاوت معنی‌داری با مقدار مربوط در رقم زواره (۱/۵۱ گرم) نشان داد (شکل ۶). کاهش وزن هزار دانه گیاه شوید تحت شرایط تنش کم آبی توسط (Ghassemi-Golezani *et al.*, 2016) گزارش گردید. هر گونه اختلال در دسترسی به آب مورد نیاز گیاه در طول مدت پر شدن دانه موجب کاهش تعداد دانه‌های پر شده و به موجب آن، وزن دانه کاهش می‌یابد (Ghassemi-Golezani *et al.*, 2009). بنابراین، همانگونه که در نتایج این آزمایش نیز مشاهده گردید، بیشترین کاهش وزن هزاردانه متعلق به شرایط حداکثر تنش رطوبتی بود.

**جدول۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف تنش آبی و زئولیت روی صفات مورفولوژیکی**
**Table2. Interaction among different irrigation regimes and zeolite on morphological characteristics**

| Irrigation treatment | zeolite | Root length (cm) | Plant height (cm) | Fresh weight (gr) | Dry weight (gr) |
|---|---|---|---|---|---|
| 40% field capacity | Control | 14.32[a] | 45.42[c] | 9.19[c] | 2,77[b] |
| | Zeolite | 10.83[c] | 45,28[c] | 10.14[c] | 2.03[c] |
| 80% field capacity | Control | 12.90[b] | 52.67[bc] | 11.45[bc] | 2,64[bc] |
| | Zeolite | 9.24[d] | 47.25[bc] | 14.65[a] | 3.50[a] |
| 100% field capacity | Control | 9.19[d] | 74.00[a] | 14.65[a] | 3.26[ab] |
| | Zeolite | 8.27[e] | 55.17[b] | 13.52[ab] | 3.46[a] |

حروف مشابه به معنی عدم معنی دار بودن اختلاف بین تیمارها است.
Numbers followed by the same letter are not significantly different (P<0.01)

**جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل اکوتیپ و سطوح مختلف زئولیت روی صفات مورفولوژیکی**
**Table 3. Interaction among different zeolite levels and ecotype on morphological characteristics**

| Ecotype | Zeolite | Plant height (cm) | Fresh weight (gr) | Dry weight (gr) |
|---|---|---|---|---|
| Naeen | Control | 60.72[ab] | 13.17[b] | 2.77[bc] |
| | Zeolite | 61.97[a] | 15.48[a] | 3.63[a] |
| Zavareh | Control | 54.00[b] | 10.36[c] | 3.01[b] |
| | Zavareh | 36.50[c] | 10.06[c] | 2,37[c] |

حروف مشابه به معنی عدم معنی دار بودن اختلاف بین تیمارها است.
Numbers followed by the same letter are not significantly different (P<0.01)

## تجزیه اسانس

نتایج تجزیه واریانس غلظت کل اسانس و ترکیبات آن در دو اکوتیپ آزمایشی شوید نشان داد که میزان اسانس تحت اثر تیمار سوپر جاذب زئولیت، تنش خشکی و اثر متقابل این دو عامل بطور معنی‌داری تغییر یافت (جدول ۴). از میان ترکیبات مورد بررسی اسانس که شامل دیل اتر، کاروون، لیمونن، آلفافلاندرون و ترانس دی هیدروکاروون بوده است همگی تحت اثرات معنی‌دار تنش رطوبتی و زئولیت قرار گرفتند به جز لیمونن که تحت اثر زئولیت قرار نگرفت و اثر متقابل این دو تیمار نیز برای این ترکیبات به استثنای دیل اتر و کاروون معنی‌دار بوده است (جدول۴).

## غلظت اسانس

غلظت اسانس در اکوتیپ‌های آزمایشی شوید مطابق نتایج این مطالعه بین دو تیمار عدم مصرف و مصرف زئولیت تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۵). از سوی دیگر، اعمال تنش رطوبتی موجب افزایش تولید اسانس گردید به طوریکه با افزایش شدت تنش، میزان اسانس تولید شده دارای مقادیر بالاتری بود (جدول ۶). بررسی مقایسه میانگین درصد اسانس تحت اثرات متقابل تنش آبی و کود زئولیت نشان داد که بیشترین مقادیر اسانس تحت شرایط حداکثر تنش آبی (۴۰٪ ظرفیت زراعی) با تیمار عدم مصرف زئولیت و مصرف زئولیت بدست آمد که در مقایسه با حداقل مقدار اسانس تولید شده در تیمار شاهد آبیاری و تیمار مشابه زئولیت به ترتیب ۳ و ۱/۶ برابر افزایش تولید داشت (شکل ۷). اسانس گیاهان داروئی مجموعه‌ای ازمتابولیتهای ثانویه گیاهی است که اغلب بواسطه اثر القایی یک الیسیتور (زنده یا غیر زنده) افزایش تولید نشان می‌دهد و به طبع آن هر عاملی که اثر الیسیتور را تعدیل کند و رشد تولید این ترکیبات ثانویه شد و از

سوی دیگر، زئولیت با جبران اثرات تنش خشکی روی گیاه باعث کاهش تولید اسانس شد. همانگونه که در شکل ۷ مشاهده می‌گردد در دو وضعیت بدون تنش و تنش ملایم خشکی در صورت استفاده از کود زئولیت درصد اسانس بسیار کمتری نسبت به شرایط تنش شدید با تیمار زئولیت تولید شد. این بیانگر آن است که در حالت تنش شدید رطوبتی، میزان القای مسیرهای بیوسنتز ترکیبات ثانویه گیاه به واسطه اثر تنش به حدی بوده که کمتر تحت اثرات تعدیل کننده سوپر جاذب زئولیت قرار گرفته یا به عبارتی میتوان بیان کرد که احتمالا میزان زئولیت مصرفی برای تعدیل این اثر القائی کافی نبوده و موجب گردید که مقدار اسانس بسیار بیشتری نسبت به تیمارهای مشابه زئولیت و شرایط متفاوت رطوبتی بدست آید.

### دیل اتر[3]

ترکیب دیل اتر تحت اثر مثبت و معنی‌دار مصرف زئولیت قرار گرفته و نسبت به عدم مصرف زئولیت به میزان ۳۴ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵) و تحت رژیم‌های مختلف آبیاری تغییرات آن به گونه‌ای بود که حداکثر دیل اترتولیدی در شرایط نرمال آبیاری (۴/۴ درصد) و به میزان دو برابر شرایط تنش شدید رطوبتی(۲/۳ درصد) تولید گردید (جدول ۶).

### کاروون[4]

مصرف زئولیت نسبت به عدم مصرف این کود موجب کاهش ۹ درصدی کاروون در ترکیب اسانس گیاه شوید گردید (جدول۵). در شرایط اعمال تنش رطوبتی، میزان کاروون با افزایش مقدار تنش بهبود یافته و در حالت تنش شدید آبی (۴۰٪ ظرفیت زراعی) تفاوت معنی‌داری (۱/۲ برابر) نسبت به وضعیت عدم تنش داشته است. مقدار این ترکیب تحت تنش ملایم رطوبتی اختلاف معنی‌داری با شرایط نرمال آبیاری نشان نداد (جدول ۶).

### لیمونن[5]

بیشترین مقدار لیمونن تحت رژیم‌های مختلف رطوبتی در تنش ملایم (۸۰٪ ظرفیت زراعی) و به میزان ۲۵/۴ درصد بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با مقادیر بدست آمده در دو شرایط دیگر رطوبتی یعنی آبیاری کامل (۲۰/۴) و تنش شدید آبی (۲۱/۵) نشان داد (جدول ۶). اثرات متقابل زئولیت و تنش آبی نشان داد که بالاترین مقدار لیمونن در دو شرایط رطوبتی تنش ملایم و شدید بدست آمد به این صورت که، لیمونن تولید شده در وضعیت تنش ملایم آبی و عدم مصرف زئولیت مقدار تقریبا مشابهی با میزان لیمونن تولیدی در شرایط تنش شدید آبی و مصرف زئولیت نشان داد (شکل ۸).

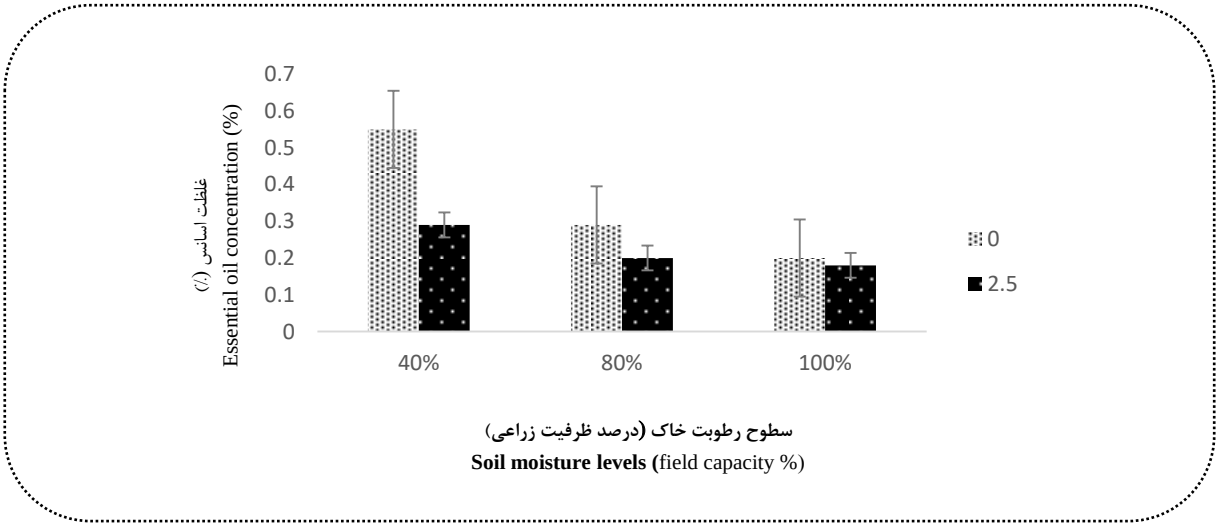
بعبارتی میتوان گفت در این دو تیمار ترکیبی، عوامل زئولیت و تنش برای بدست آوردن مقادیر مشابه لیمونن قابل جایگزینی با یکدیگر بودند. از نتایج اینگونه استنباط می‌شود که برای افزایش تولید لیمونن وجود یک محرک اولیه ضعیف مانند یک تنش ملایم ضروری است تا مسیر بیوسنتز این ماده فعال گردد اما در صورتی که مقدار القای این محرک همانند شرایط تنش شدید آبی افزایش یابد نتیجه معکوس خواهد بود مانند وضعیتی که در تنش شدید رطوبتی و عدم مصرف زئولیت در شکل ۸ مشاهده می‌گردد. لذا، پس از تحریک اولیه مسیر بیوسنتزی این ماده باید به نحوی این تنش یا محرک تعدیل شود که در این مطالعه می‌توان گفت مصرف زئولیت این نقش مهم و اساسی را ایفا کرده و نتیجه مطلوب بدست آمد.

### آلفا فلاندرون[6]

ترکیب آلفافلاندرون تحت اثرات معنی‌دار مصرف کود زئولیت، تنش خشکی و اثرات متقابل این دو عامل قرار گرفته است (جدول۴). در تیمار مصرف زئولیت (۱۳/۲) نسبت به عدم مصرف آن (۱۰/۲) میزان این ترکیب افزایش یافت (جدول ۵). تفاوت مقادیر آلفافلاندرون در سطوح

3 . Dill ether
4 . Carvone
5 . Limonene
6 . Alphaphelandrene

مختلف آبیاری معنی‌دار بوده و بالاترین و پائین‌ترین میزان این ماده به ترتیب مربوط به تیمار شاهد آبیاری و تنش شدید رطوبتی (۴۰٪ ظرفیت زراعی) بود (جدول ۶). ارزیابی اثرات متقابل این عوامل نشان داد که بیشترین مقدار آلفافلاندرون بدست آمده متعلق به تیمار شاهد آبیاری و مصرف زئولیت بوده که افزایش ۲/۲۶ برابری نسبت به حداقل میزان تولید شده این ترکیب در تیمار آبیاری نرمال و عدم مصرف زئولیت داشت (شکل ۹).




**شکل ۷. برهمکنش سطوح رطوبت خاک و زئولیت (گرم بر کیلوگرم خاک) بر درصد اسانس گیاه شوید**
**Figure 7. Interaction of soil moisture levels and zeolite (gr/kg soil) on essential oil percent of dill**

**جدول ۴- تجزیه واریانس غلظت اسانس و ترکیبات آن در گیاه شوید**
**Table 4. Analysis of variance for essential oil concentration and compounds**

| Source of variance | df | Essential Oil percent | Dill ether | Carvone | Limonene | alphaphellandrene | transdihydrocarvone |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Replication | 2 | $0.000^{**}$ | $0.000^{**}$ | $0.047^{**}$ | $0.009^{**}$ | $0.004^{**}$ | $0.001^{**}$ |
| Zeolite | 1 | $0.000^{**}$ | $0.001^{**}$ | $0.027^{**}$ | $0.002^{ns}$ | $0.009^{**}$ | $0.002^{**}$ |
| Drought stress | 2 | $0.000^{**}$ | $0.001^{**}$ | $0.034^{*}$ | $0.008^{**}$ | $0.007^{**}$ | $0.001^{**}$ |
| Ecotype | 1 | $0.000^{ns}$ | $0.000^{ns}$ | $0.003^{ns}$ | $0.000^{ns}$ | $0.000^{ns}$ | $0.000^{ns}$ |
| Stress × Zeolite | 2 | $0.000^{**}$ | $0.000^{ns}$ | $0.003^{ns}$ | $0.029^{**}$ | $0.014^{**}$ | $0.003^{**}$ |
| Ecotype × Zeolite | 1 | $0.000^{ns}$ | $0.000^{ns}$ | $0.000^{ns}$ | $0.000^{ns}$ | $0.000^{ns}$ | $0.000^{**}$ |
| Stress × Ecotype | 2 | $0.000^{ns}$ | $0.000^{ns}$ | $0.000^{ns}$ | $0.001^{ns}$ | $0.000^{ns}$ | $0.002^{**}$ |
| Stress × Ecotype × Zeolite | 2 | $0.000^{ns}$ | $0.000^{ns}$ | $0.000^{ns}$ | $0.000^{ns}$ | $0.000^{ns}$ | $0.000^{ns}$ |
| Error | 22 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.001 | 0.000 | 0.000 |
| CV% | - | 13.164 | 11.767 | 11.002 | 10.562 | 10.36 | 10.15 |

ns، * و **، به ترتیب عدم معنی‌دار بودن، معنی دار بودن در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد
ns, * and ** are non-significant and significant at the 0.05 and 0.01, respectively

جدول ۵- مقایسه میانگین میزان و ترکیبات اسانس تحت تیمار سوپر جاذب زئولیت

**Table 5. Comparisons of difference in means of essential oil percent and compounds under zeolite treatment**

| zeolite | Essential oil (%) | Dill ether (%) | Carvone (%) | alphaphellandrene (%) | Transdihydrocarvone ( %) |
|---|---|---|---|---|---|
| Control | 0.35[a] | 2.9[b] | 53.1[a] | 10.2[b] | 8.3[a] |
| Zeolite | 0.22[b] | 3.9[a] | 48[b] | 13.2[a] | 6.1[b] |

حروف مشابه به معنی عدم معنی دار بودن اختلاف بین تیمارها است.

Numbers followed by the same letter are not significantly different (P<0.01)

جدول ۶- مقایسه میانگین میزان و ترکیبات اسانس تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

**Table 6. Comparisons of difference in means of essential oil percent and compounds under irrigation regimes**

| Irrigation treatment | Essential oil (%) | Dillether (%) | Carvon (%) | Limonene (%) | Alphaphellandrene ( %) | transdihydrocarvone (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 40% field capacity | 0.42a | 2.30[c] | 56.70[a] | 21.50[b] | 11.10[b] | 8.70[a] |
| 80% field capacity | 0.24[b] | 3.50[b] | 49.70[b] | 25.40[a] | 9.60[c] | 7.60[b] |
| 100% field capacity | 0.19[c] | 4.40[a] | 46.3[b] | 20.40[b] | 14.30[a] | 6.70[c] |

حروف مشابه به معنی عدم معنی دار بودن اختلاف بین تیمارها است.

Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.01)

## ترانس دی هیدروکاروون[۷]

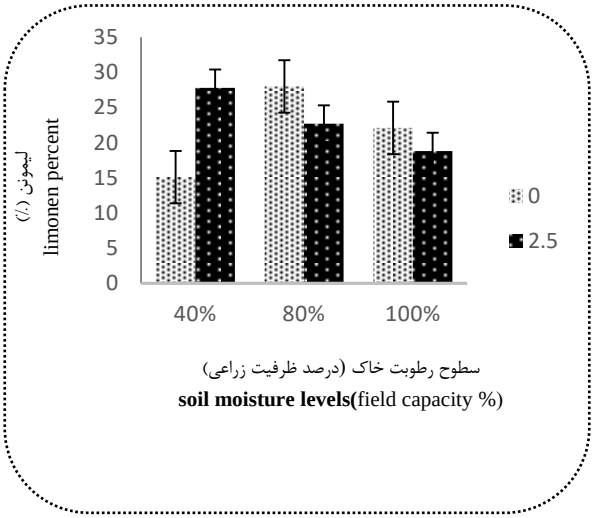
سطوح مختلف آبیاری، تیمار کودی زئولیت و اثرات متقابل تنش رطوبتی در زئولیت، اکوتیپ در زئولیت و تنش رطوبتی در زئولیت همگی اثرات معنی‌داری روی میزان تولید ترکیب ترانس دی هیدروکاروون داشتند (جدول ۴). استفاده از کود زئولیت موجب کاهش میزان ترانس دی هیدروکاروون نسبت به شرایط عدم استفاده از این کود گردید (جدول۵). تغییرات میزان ترانس دی هیدروکاروون تحت رژیم‌های مختلف آبیاری به این صورت بود که با افزایش شدت تنش مقدار این ماده روند صعودی با اختلاف معنی‌دار نسبت به سطوح قبلی و بعدی خود نشان داد (جدول ۶). بیشترین مقدار تولید شده این ترکیب (۸/۸۷) در تیمار آبیاری ۴۰٪ ظرفیت زراعی رشد ۱/۳ برابری نسبت به کمترین میزان این ماده (۷/۶) در تیمار آبیاری نرمال نشان داد (جدول ۶).

مطابق نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح تنش و زئولیت، حداکثر ترانس دی هیدروکاروون تولیدی تحت تیمار ۴۰٪ ظرفیت زراعی و عدم مصرف زئولیت بدست آمد و نکته قابل اهمیت اینکه، کمترین مقدار این ترکیب نیز تحت شرایط آبیاری مشابه و مصرف زئولیت بدست آمد (شکل ۱۰). از نتایج اینگونه استنباط می‌گردد که این میزان تنش رطوبتی برای تولید مقادیر بالای ترانس دی هیدروکارون بسیار مناسب بوده اما در صورت استفاده از تعدیل کننده‌ای مانند زئولیت میزان تولید این ماده تحت تاثیر قرار گرفته و کاهش خواهد یافت.

بررسی اثرات متقابل مصرف زئولیت و نوع اکوتیپ نشان داد که اکوتیپ نائین در هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد زئولیت واکنش تقریبا مشابهی از نظر تولید ترانس دی هیدروکاروون داشت اما اکوتیپ زواره در شرایط استفاده از زئولیت بیشترین مقدار این ترکیب را تولید نمود که اختلاف معنی‌داری با تیمار عدم استفاده از زئولیت داشته است (شکل ۱۱).

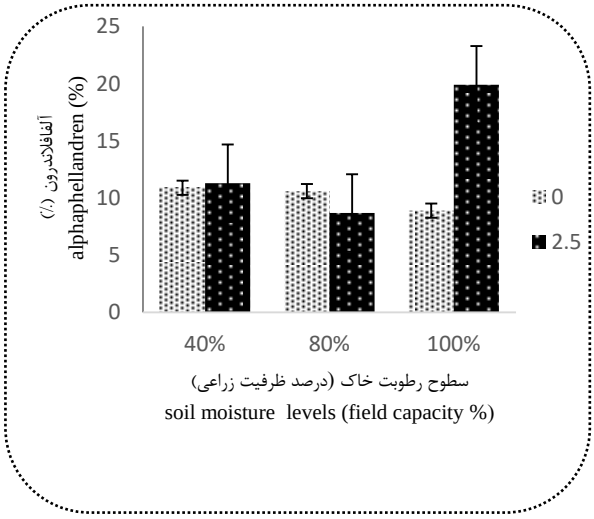
مطابق ارزیابی نتایج اثرات متقابل اکوتیپ و رژیم‌های مختلف آبیاری، در شرایط آبیاری نرمال رقم زواره و در دو شرایط تنش رطوبتی ملایم و شدید رقم نائین بهترین پاسخ را از نظر تولید ترانس دی هیدروکاروون نشان دادند (شکل ۱۲).

7 . Transdihydrocarvone




**شکل۸-برهمکنش سطوح رطوبت خاک و زئولیت (گرم بر کیلوگرم خاک) روی میزان لیمونن در گیاه شوید**

**Figure8. Interaction of soil moisture levels and zeolite (gr/kg soil) on limonene content of dill**




**شکل ۹-برهمکنش سطوح رطوبت خاک و زئولیت روی میزان آلفافلاندرون در گیاه شوید**

**Figure9. Interaction of soil moisture levels and zeolite on alphaphellandrene content of dill**

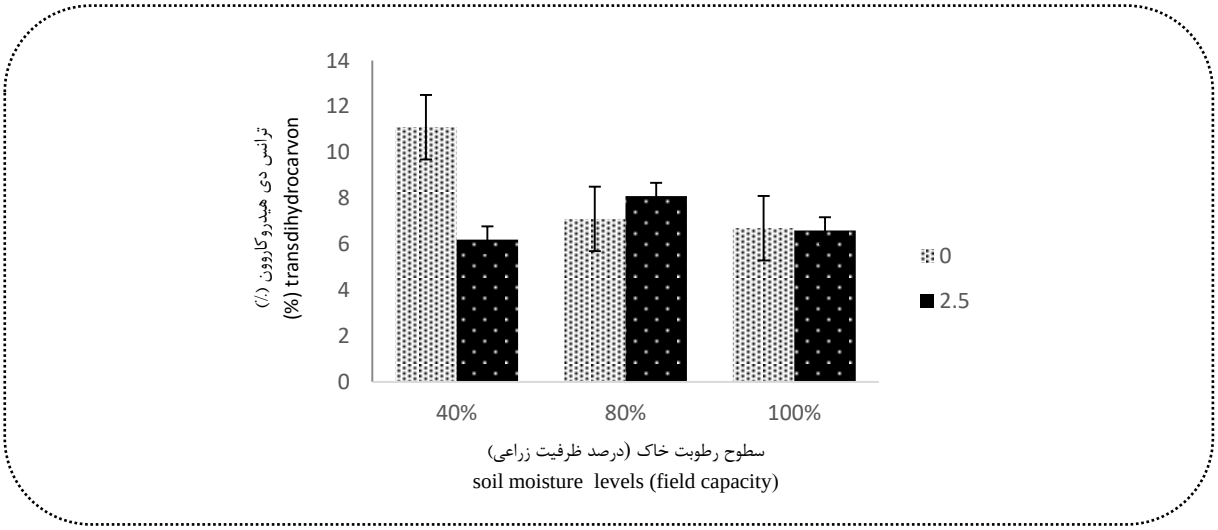
اسانس هر گیاه دارای چند ترکیب اصلی و غالب است که نسبت به سایر ترکیبات آن درصد بیشتری را به خود اختصاص داده و تعیین کننده خواص کلی آن اسانس هستند. ترکیبات اصلی اسانس شوید شامل لیمونن، آلفافلاندرون و کاروون به ترتیب به میزان تقریبی (۳۴ ٪، ۳۶ ٪ و ۵۸ ٪) است (Croteau *et al.*, 2000). رشد و نمو گیاهان و همچنین سنتز و تجمع متابولیتهای ثانویه در آنها به میزان زیادی تحت تأثیر عوامل زنده و غیر زنده محیطی قرار می‌گیرد. متابولیتهای ثانویه نقش مهمی در سازگار نمودن گیاه با تغییرات محیطی مانند انواع تنش‌ها دارند (Yang *et al.*, 2018). تنش رطوبتی موجب محدودیت تغذیه‌ای و رشدی گیاه می‌گردد و هر گونه عامل کمبود، رشد گیاه را بیش از فتوسنتز محدود کرده و بدینوسیله تولید متابولیت‌های ثانویه افزایش می‌یابد (Herms and Mattson, 1992).

در این مطالعه دو ترکیب کاروون و ترانس دی هیدروکاروون با مصرف زئولیت کاهش یافته اما در شرایط تنش رطوبتی افزایش تولید داشتند. در حالیکه، ترکیبات دیل اتر و الفافلاندرون دارای روندی کاملا معکوس بودند. به عبارت دیگر، میزان تولید این دو ترکیب با کاربرد زئولیت افزایش و تحت شرایط تنش آبی کاهش یافت. مقدار لیمونن نیز در شرایط تنش به ویژه تنش ملایم افزایش یافت. در بررسی اثر تنش خشکی روی اسانس گیاه شوید گزارش گردید که مقدار ترکیب آلفلافلاندرون تحت تنش خشکی تغییرات منظمی نداشته اما مقدار دیل اتر افزایش یافت (Dah Ahmadi Amiri *et al.*, 2012). افزایش تولید دیل اتر و لیمونن در شوید تحت شرایط تنش رطوبتی توسط (Zehtab Salmasi *et al.*, 2016) نیز گزارش گردید.

## نتیجه‌گیری

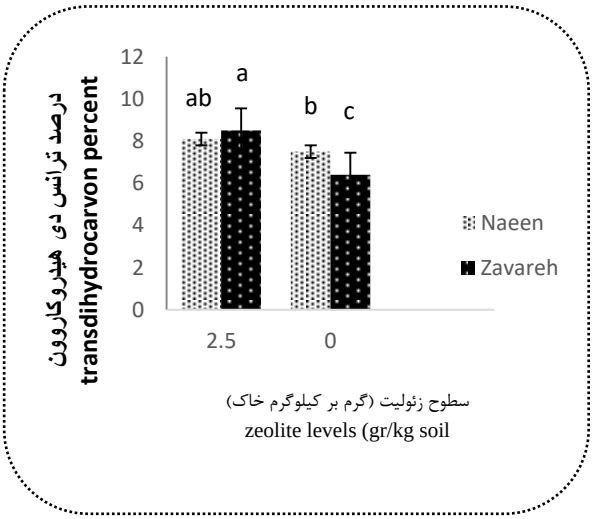
تنش خشکی روی اکثر صفات مورد مطالعه گیاه شوید مانند طول ریشه، سطح برگ، ارتفاع بوته، وزن تر و خشک بوته، تعداد چتر و وزن هزاردانه اثر معنی‌داری داشت. تاثیر تنش روی این صفات به نحوی بود که با افزایش شدت تنش مقادیر این صفات، به استثنای طول ریشه که با شدت یافتن تنش طویل تر شد، روند کاهشی نشان داد. از سوی دیگر، درصد اسانس و ترکیبات کاروون، ترانس دی

هیدروکاروون و لیمونن اختلاف معنی‌داری تحت شرایط تنش رطوبتی نسبت به شرایط نرمال آبیاری نشان دادند. مصرف زئولیت در شرایط نرمال آبیاری تاثیر معنی‌داری روی بسیاری از صفات مورد آزمایش نداشت اما در حالت تنش آبی موجب بهبود اثرات این تنش گردید. میزان ترکیبات دیل اتر و آلفافلاندرون در اسانس شوید با مصرف زئولیت افزایش یافت. مقادیر ترکیب لیمونن در تیمار همزمان زئولیت و تنش رطوبتی بیش از تیمار زئولیت در شرایط آبیاری نرمال بود. بنابراین می‌توان با بهینه سازی شرایط تنش، از آن برای القای بیوسنتز ترکیبات مختلف اسانس شوید استفاده نمود و از سوی دیگر، برای جبران آسیب‌های حاصل از تنش در ایجاد کاهش عملکرد از کودهایی مانند زئولیت به منظور تعادل تغذیه‌ای و آبی در گیاه بهره جست.



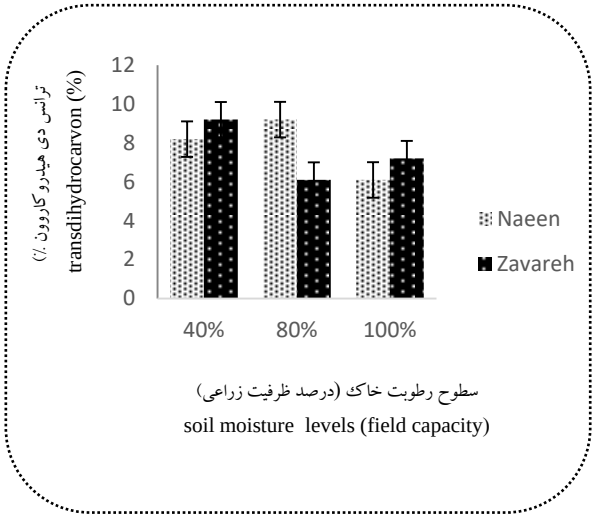

**شکل ۱۰. برهمکنش سطوح رطوبت خاک و زئولیت (گرم بر کیلوگرم خاک) روی میزان ترانس دی هیدروکاروون در گیاه شوید**

**Figure 10. Interaction of soil moisture levels and zeolite (gr/kg soil) on transdihydrocarvone content in Dill**




**شکل ۱۱. برهمکنش اکوتیپ و زئولیت روی میزان ترانس ترانس دی هیدروکاروون در گیاه شوید**

**Figure 11. Interaction of ecotype and zeolite on transdihydrocarvone content of dill**




**شکل ۱۲ . برهمکنش اکوتیپ و سطوح زطوبت خاک روی میزان ترانس دی هیدروکاروون در گیاه شوید**

**Figure12. Interaction t of ecotype and soil moisture levels on Treansdihydrocarvone content of dill**

## منابع

Ahmadi Azar, F., T. Hasanloo, A. Imani, and V. Feiziasl. 2015. Water stress and mineral zeolite application on growth and some physiological characteristics of Mallow (Malva sylvestris). Journal of plant research (Iranian journal of biology ). 28 (3): 459- 474.

Alizade ahmad abadi, A., s. khorasaninejad, and K. Hemmati. 2015. The Effect of limited irrigation stress and humic acid on the some morphological and root phytochemical characteristics of purple coneflower. 19 (1): 1-14.

Asghari, B., R. Khademian, and B. Sedaghati, B. 2020Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) confer drought resistance and stimulate biosynthesis of secondary metabolites in pennyroyal (*Mentha pulegium* L.) under water shortage condition. Scientia Horticulturae, 263: 109132.

Bettaieb, L., M. El Eflah, and M. Lauriere. 2005. Relationships between some hordein components and quality properties in two Tunisian barley varieties as influenced by nitrogen fertilisation. *Czech Journal of Genetic Plant Breeding* 41 (1): 11–16.

Cheng, L., M. Han, L.Yang, M. Y. Li, Z. Sun, and T. Zhang. 2018. Changes in the physiological characteristics and baicalin biosynthesis metabolism of Scutellaria baicalensis Georgi under drought stress. Industrial Crops and Products, 122: 473-482.

Croteau, R., T. M. Kutchan, and N. G. Leweis. 2000. Natural products. In: Natural products (secondary metabolites). Eds. Buchnan B, Gruissem W, Jones R. *American society of plant physiologists* 1250- 1318.

Dai, A., 2012. Increasing drought under global warming in observations and models. *National Climate Change* 3: 52–8.

Dah Ahmadi Amiri, S. R., P. Rezvani moghaddam, and H. R. Ehyaei. 2012. Effet of drought stress on some morphological charactristics and yield of three medicinal plants *(Anethum grveolens),(Coriandrum sativum)* and *(foeniculum vulgare)* under greenhouse condition. Iranian journal of field crops research. 10 (1): 116- 124.

De Smedt, C., K. Steppe, and P, Spanoghe. 2017. Beneficial effects of zeolites on plant photosynthesis. *Advanced Materials Science* 2(1): 1-11.

Farukh S. S., Wink M, Isomiddin S. G, Salomiddin J. I, Hanjing Z, and William N. S. Composition and Bioactivity of the Essential Oil of *Anethum graveolens* L. 2013. from Tajikistan. International Journal of Medicinal Aromatic Plants. 3(2: 125-130).

Ghassemi-Golezani, K., M,Taifeh-Noori, S. H. Oustan, M. Moghaddam. 2009. Response of soybean cultivars to salinity stress. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 7: 401- 404.

Ghassemi-Golezani, K., L. Rezaeipour, and S. Alizadeh-Salteh. 2016. Effects of water stress on seed yield and essential oil content of dill genotypes. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 9(1): 420-425.

Gholizadeh, A., M. S. M. Amin, A. R. Anuar, and M. M. Saberioon. 2010. Water Stress and Natural Zeolite Impacts on Phisiomorphological Characteristics of Moldavian Balm (Dracocephalum moldavica L.). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 4(10): 5184-5190.

Herms, D.A., and W. J. Mattson.1992. The dilemma of plants: to grow or defend. *Quarterly Review of Biology* 67 (3), 283–335.

Jongdee, B., S. Fukai, and M. Cooper. 2002. Leaf water potential and osmotic adjustment as physiological traits to improve drought tolerance in rice. *Field Crops Research* 76(2–3): 153–63.

Karapinar, N. 2009. Application of Natural Zeolite for Phosphorus and Ammonium Removal from Aqueous Solutions. *Journal of Hazardous Materials* 170, 1186-1191.

Kleinwächter, M., and D. Selmar. 2015. New insights explain that drought stress enhances the quality of spice and medicinal plants: potential applications. Agronomy Sustain. Dev 35:121–131.

Martins, L. M. V., G. R. Xavier, F. W. Rangel, J. R. A. Ribeiro, M. C. P. Neves, and L. B. Morgado. 2003. Contribution of biological nitrogen fixation to cowpea: a strategy for improving grain yield in the semi-arid region of Brazil. *Biology Fertilization Soil* 38: 333–339.

Méndez Argüello B., I. Vera Reyes, A. Cárdenas Flores, G. De los Santos Villarreal, L. Ibarra Jiménez y, and R.H. Lira Saldivar. 2018. Water holding capacity of substrates containing zeolite and its effect on growth, biomass production and chlorophyll content of *Solanum lycopersicum* Mill. Nova Scientia. 10 (2): 45–60.

Mohabbati, A. A, M. H. Najafi Mood, A. Shahidi, and A. Khashei Siuki. 2018. Interaction of water stress and zeolite application on greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* L.) yield. Journal of Sciences and Technology of Greenhouse Culture. 9 (2): 55- 65.

Pantuwan, G., S. Fukai, and M. Cooper. 2002. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to drought under rainfed lowland: 3. Plant factors contributing to drought resistance. *Field Crops Research* 73(2–3): 181–200.

Pirzad, A., and S. Mohammadzade. 2014. The effects of drought stress and zeolites on the protein and mineral nutrients of Lathyrus sativus. *International Journal of Biosciences* 4(7): 241- 248.

Ranjbar, M., M. Esfahani, M. Kavousi, and M.R. Yazdani. 2004. Effects of irrigation and natural zeolite application yield and quality of tobacco (.Nicotiana tabaccum var. Coker 347), *Agricultural Sciences* 1 (2): 71-84.

Salahvarzi, Y., A. Tehranifar, and A. Gazanchian. 2008. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology .Physiomorphological changes under drought stress and rewatering in endemic and exotic turfgrasses. 9 (3): 193- 204.

Schulze, E. D., E. Beck, and K. M. Hohenstein .2005. Plant Ecology, Springer, Berlin, Germany.

Selmar D. 2008. Potential of salt and drought stress to increase pharmaceutical significant secondary compounds in plants. *Landbauforsch Völk* 58:139–144.

Selmar, D., and M. Kleinwächter. 2013. Influencing the product quality by deliberately applying drought stress during the cultivation of medicinal plants. *Industrial Crop Products* 42:558–566.

Yang, L., K. S. Wen, X. Ruan, Y. X. Zhao, F. Wei, and Qwang. 2018. Response of plant secondary metabolites to environmental factors. *Molecules* 23 (762: 1–26.

Yazdanpnah, K., 2001. Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences.The effect of dill extract on the levels of low-density lipoproteins, triglycerides and high-density lipoproteins in patients with hyperlipidemia. 5 (19): 1-3.

Zehtab Salmasi, S., M. Madadi Bonab, and K. Ghassemi-Golezani. 2016. Changes in Essential Oil Composition of Dill (Anethum graveolens L.) Grains in Response to Water Limitation and Nitrogen Fertilizer. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 19(2): 374-378.

Ziaee, A., M. Moghaddam, and Kashefi, B. 2016. Effect of super absorbent polymers on morphological chacteristics of *officinalis Rosmarinus* under drought stress. Journal of Sciences and Technology of Greenhouse Culture. 7 (26): 99- 110.