

## اثر سطوح مختلف رطوبتی، زئولیت طبیعی و کودهای زیستی (نیتروکسین و بیوفسفر) بر برخی صفات فیزیولوژیکی، عملکرد و میزان اسانس بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.)

خلیل کریمزاده اصل<sup>۱\*</sup>، فاطمه سفیدکن<sup>۲</sup>، ناصر معنون حسینی<sup>۳</sup> و سیدعلی پیغمبری<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج  
پست الکترونیک: khalil.karimzadeh@yahoo.com

۲- استاد، بخش تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

۳- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۱

تاریخ اصلاح نهایی: اردیبهشت ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۰

### چکیده

به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف رطوبتی خاک، زئولیت و کودهای بیولوژیک بر خصوصیات فیزیولوژیکی، عملکرد و اسانس گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.)، این تحقیق در سال ۱۳۸۹ و در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه تهران انجام شد. آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار اجرا گردید. عامل اصلی شامل سه سطح مختلف رطوبتی (آبیاری تا رساندن به ۹۰٪، ۶۰٪ و ۳۰٪ ظرفیت مزرعه) و عامل فرعی شامل دو سطح زئولیت (عدم مصرف زئولیت و مصرف ۲ گرم به ازای هر کیلوگرم خاک) و ۴ سطح کودهای زیستی (شاهد، نیتروکسین، بیوفسفر و ترکیب کودهای نیتروکسین و بیوفسفر) در نظر گرفته شد. بالاترین مقادیر صفات غلظت کلروفیل کل، کلروفیل a، کلروفیل b، محتوی نسبی آب برگ و عملکرد اسانس مربوط به تیمار ۹۰٪ ظرفیت مزرعه بود، ولی بیشترین مقادیر پرولین، قندهای محلول و درصد اسانس به تیمار ۳۰٪ ظرفیت مزرعه اختصاص یافته بود. بیشترین مقادیر صفات فیزیولوژیکی، درصد و عملکرد اسانس، از تیمار ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر حاصل گردید. اثرات متقابل سطوح رطوبتی در زئولیت در کودهای زیستی، تأثیر معنی‌داری بر روی غلظت کلروفیل کل، کلروفیل a، کلروفیل b، محتوی آب نسبی برگ، درصد و عملکرد اسانس داشت. بالاترین مقدار عملکرد اسانس مربوط به تیمار ۶۰٪ ظرفیت مزرعه در مصرف زئولیت در ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر و همچنین تیمار ۹۰٪ ظرفیت مزرعه در مصرف زئولیت در ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر بود. نتایج این تحقیق نشان داد که تنش خشکی ملایم (۶۰٪ ظرفیت مزرعه) با مصرف زئولیت و ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر، به منظور بدست آوردن بیشترین عملکرد اسانس در گیاه بادرشبو مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.)، زئولیت، کودهای زیستی، رطوبت خاک، اسانس.

## مقدمه

امروزه مطالعات زیادی بر روی گیاهان دارویی انجام شده است. این موضوع به دلیل تمایل بشر به استفاده از محصولات طبیعی و اجتناب از عوارض مواد دارویی شیمیایی می باشد (عزیزی، ۱۳۷۹).

بادرشی با نام علمی *Dracocephalum moldavica* گیاهی علفی، یکساله و از تیره نعناعیان بوده و تمامی پیکر گیاه حاوی اسانس می باشد. مقدار اسانس در قسمت های مختلف گیاه متفاوت می باشد، به طوری که گل و پیکر رویشی بادرشی (برگ ها و ساقه های جوان) بیشترین اسانس را داراست. ترکیب های اصلی اسانس بادرشی شامل ژرانیال، نرال، ژرانیل استات و ژرانیول است. این ترکیب ها مونوترپن های حلقوی اکسیژن دار هستند و ۹۰٪ اسانس را تشکیل می دهند. اسانس دارای خاصیت ضد میکروبی و باکتریایی بوده و التیام دهنده زخم و جراحات می باشد (نصرآبادی، ۱۳۸۴). از عصاره بادرشی برای رفع سردرد و سرماخوردگی، ضعف عمومی بدن و به عنوان مسکن در دردهای عصبی و اسپاسم های معدی و کلیوی و برای شستشوی دهان و در دندان دردها استفاده می شود، همچنین می توان از آن به عنوان ضماد در دردهای روماتیسمی استفاده کرد. این گیاه خاصیت ضدتوموری نیز دارد (Hussein et al., 2006). با توجه به اینکه اغلب مناطق تولیدی این گیاه در کشور مواجه با تنش های محیطی از جمله تنش خشکی هستند، بنابراین بررسی تأثیر سطوح مختلف رطوبتی خاک بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه و همچنین مطالعه تغییرات کمی و کیفی بادرشبو ضروری می باشد. از طرفی ارائه روشهای جدید، کاربردی و منطبق با طبیعت در کشت گیاهان دارویی ضروریست. زئولیت به عنوان اصلاح کننده طبیعی اراضی کشاورزی

مورد استفاده قرار می گیرد و استفاده از زئولیت یکی از راه های جلوگیری از کاهش رطوبت خاک و همچنین آبشویی عناصر غذایی در خاک ها (به ویژه خاک های شنی) بوده و با توجه به فراهمی و ارزان بودن منابع طبیعی زئولیت ها در کشور، باید مورد استفاده مناسبی قرار گیرند (کاظمیان، ۱۳۸۴).

گیاهان در شرایط تنش خشکی راهکارهایی برای مقابله با خشکی دارند که تجمع آسمولیت های پرولین از واکنش های شایع برای مقابله با خشکی می باشد (Trovato et al., 2008). تجمع پرولین و هیدرات های کربن محلول در تمام اندام های هوایی گیاه در طی تنش وجود دارد، با وجود این میزان آن در برگ ها بیش از دیگر اندام ها می باشد. سطح بالای پرولین گیاه را قادر می سازد که پتانسیل آبی پایین را حفظ کند، همچنین پرولین می تواند مسمومیت رادیکال های آزاد را رفع کند (Manivannan et al., 2008).

نقش و اهمیت تجمع قندها به این دلیل می باشد که این مواد سبب تنظیم فشار اسمزی و کاهش از دست دادن آب سلول و نگهداری تورژسانس می شوند (حکمت شعار، ۱۳۷۲). محققان دیگری گزارش کردند که تنش خشکی موجب افزایش تجمع پرولین در اندام های مختلف گیاه یونجه شده و میزان تجمع پرولین در برگ نسبت به سایر اندام های گیاه بیشتر می باشد. همچنین در شرایط تنش رطوبتی، هیدرولیز نشاسته تشدید شده و منجر به غلظت های غیرعادی بالایی از قندها می شود (آخوندی و همکاران، ۱۳۸۵).

تحقیق دیگری بر روی میزان کلروفیل سه رقم ذرت انجام شده و گزارش شده که میزان کلروفیل a، b و کل در شرایط تنش خشکی به طور قابل توجهی در تمام ارقام

در تحقیق دیگری، بررسی تحمل به خشکی گونه‌های مختلف گیاه *Vigna radrata* L. نشان داد که تنش خشکی در تمام ژنوتیپ‌ها موجب کاهش محتوی آب نسبی برگ و افزایش پرولین گردید (Nadiu & Naraly, 2001). یکی از روشهای مؤثر بر افزایش عملکرد گیاهان ارتقاء قابلیت دسترسی به فسفر و نیتروژن در گیاهان است و در این راستا باکتریهای افزایش‌دهنده رشد گیاه یا اصطلاحاً PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) از مهمترین منابع کودهای زیستی می‌باشند (Sharma, 2002).

تأثیر تنش خشکی (سه سطح رطوبت زیاد، متوسط و کم) و کاربرد باکتری آزسپریلوم بر روی میزان پرولین گیاه ذرت نشان داده که غلظت پرولین در ریشه و برگ هر دو گیاهچه تلقیح شده و شاهد (بدون تلقیح) با کاهش آب قابل دسترسی گیاه افزایش می‌یابد، اما در شرایط رطوبتی کمتر گیاهچه تلقیح شده با باکتری آزسپریلوم به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای غلظت پرولین بالایی را نسبت به تیمار کنترل نشان می‌دهد (Casanovas et al., 2002). کاربرد کودهای بیولوژیک ازتوباکتر، آزوسپریلوم و باسیلیوس باعث افزایش رشد رویشی، افزایش وزن تر، وزن خشک و میزان اسانس در گیاه دارویی رازیانه گردید (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007). در آزمایشی باکتریهای *Bacillus* و *Pseudomonas putida* را در محیط کشت رشد داده و به‌وسیله پلی‌اتیلن گلیکول تنش اسمزی ایجاد کردند و مشاهده نمودند که باکتریهای فوق با افزایش تنش اسمزی، بالاترین میزان پرولین را نشان دادند. این محققان بیان کردند که افزایش تولید پرولین نشان‌دهنده مقاومت این باکتریها به تنش خشکی می‌باشد (Marulanda et al., 2009). در تحقیقی دیگر کاربرد

ذرت کاهش یافت. همچنین کمبود آب به‌طور قابل‌توجهی حجم پرولین را در برگهای ذرت افزایش داد (Efeoglu et al., 2009). همچنین، تنش خشکی به‌طور قابل‌توجهی حجم کلروفیل را در گیاه آفتابگردان کاهش داد (Manivannan et al., 2008).

زئولیت به‌دلیل داشتن تخلخل بالا و ساختار کریستالی می‌تواند تا بیش از ۶۰٪ وزنی خود آب را جذب کرده و بتدریج آن را در اختیار گیاه قرار دهد (Polat et al., 2004). استفاده از زئولیت‌های طبیعی به‌عنوان اصلاح‌کنندگان اراضی سبک باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد گیاهان مختلف از جمله گندم، ذرت، جو و سویا شد (Butorac et al., 2002). همچنین، زئولیت باعث افزایش اسانس در گیاه جینگو (*Ginko biloba*) می‌شود (Machado & Caldes, 2003).

نتایج تحقیقات عباس‌زاده و همکاران (۱۳۸۶) بر روی گیاه بادرنجبویه نشان داد که در شرایط بدون تنش میزان کلروفیل a و کلروفیل کل در بیشترین مقدار خود بود و با افزایش تنش از میزان کلروفیل a و کلروفیل کل کم شد. میزان کلروفیل b عکس حالت کلروفیل a را داشت و با افزایش تنش مقدار آن افزایش یافت. محققان با مطالعه نقش تلقیح باکتریهای سودوموناس در گیاه لوبیا نشان دادند که در شرایط تلقیح این باکتری نسبت به عدم تلقیح، غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل به‌ترتیب ۳۴٪، ۴۸٪ و ۳۹٪ افزایش یافت. همچنین با افزایش سنتز کلروفیل، میزان کلروز در برگ‌ها کاهش یافت (Sharma et al., 2003). محققان دیگری نشان دادند که تنش خشکی باعث کاهش ۳۴ درصدی محتوی آب برگ (RWC) و کاهش عملکرد گیاه بادرنجبویه گردید (Munne-Bosch & Alegre, 1999).

یک از این باکتریها ۱۰۸ سلول زنده از هر یک از جنس‌های باکتری در هر میلی‌لیتر نیتروکسین بود. بیوفسفر مجموعه‌ای از باکتریهای تسهیل‌کننده جذب فسفر از جنس سودوموناس و باسیلوس بوده و تراکم هر یک از این باکتریها ۱۰۸ سلول زنده از هر یک از جنس‌های باکتری در هر میلی‌لیتر بیوفسفر بود.

اعمال تیمارهای رطوبتی براساس روش وزنی بود. بدین منظور ابتدا گلدان‌های یکدست با وزن و شکل یکسان تهیه و با استفاده از ترازو به‌صورت هم وزن از خاک مزرعه پر شدند. سپس با افزودن آب، خاک هر گلدان را به درجه اشباع رسانده و پس از پوشاندن سطح گلدان‌ها به‌وسیله فویل آلومینیومی (جهت جلوگیری از تبخیر آب از سطح خاک گلدان) به مدت ۴۸ ساعت روی سطح مشبک قرار داده شد تا هر گلدان پس از زهکشی آب اضافی به ظرفیت مزرعه برسد. در این مرحله گلدان‌ها به‌سرعت وزن شده و خاک آنها در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و در مدت ۲۴ ساعت کاملاً خشک گردید. در ادامه پس از مشخص شدن درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه، میزان رطوبت موجود در خاک برای اعمال تیمارهای رطوبتی مختلف مشخص گردید. برای کنترل وزن خشک بوته‌ها، هر تیمار رطوبتی دارای گلدان‌های اضافی بود تا وزن خشک بوته‌ها به وزن خشک گلدان‌ها اضافه شده و مقدار صحیحی از آب در زمان اعمال تیمارهای رطوبتی به هر گلدان اختصاص یابد. خصوصیات خاک مورد استفاده به‌ترتیب زیر بود (جدول ۱).

Azotobacter و کمپوست روی گیاه دارویی رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) پیکر رویشی، کربوهیدرات‌های محلول، میزان نیتروژن، فسفر و درصد اسانس گیاه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Abdelaziz et al., 2007).

هدف از این تحقیق مطالعه و تعیین اثر کودهای زیستی (نیتروکسین و بیوفسفر) و ژئولیت در شرایط مختلف رطوبتی خاک بر خصوصیات فیزیولوژیکی، عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی بادرشبی بود.

### مواد و روشها

این تحقیق در بهار و تابستان سال ۱۳۸۹ در گلخانه تحقیقاتی گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج) و به‌صورت آزمایش اسپلینت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار اجرا گردید. تیمار رطوبت خاک در سه سطح شامل: ۹۰٪ ظرفیت مزرعه (m1)، ۶۰٪ ظرفیت مزرعه (m2) و ۳۰٪ ظرفیت مزرعه (m3) و تیمار ژئولیت در دو سطح شامل: عدم مصرف ژئولیت (z1) و مصرف ۲ گرم به ازای هر کیلوگرم خاک (z2) و نهایتاً تیمار کودهای زیستی در ۴ سطح شامل: عدم استعمال کود (b1)، کود زیستی نیتروکسین (b2)، کود زیستی بیوفسفر (b3) و ترکیب کودهای نیتروکسین و بیوفسفر (b4) بودند. نیتروکسین مصرف شده مجموعه‌ای از باکتریهای تثبیت‌کننده ازت از جنس Azotobacter و Azospirillum بوده و تراکم هر

جدول ۱- خصوصیات خاک مورد استفاده

pH Se	EC ds/m	C %	K Mg/kg	P Mg/kg	N Mg/kg	Clay %	Silt %	Sand %	بافت خاک
۸/۱	۰/۹۵	۰/۷۶	۱۸۵	۱۴/۶	۰/۰۶	۲۱	۲۸	۵۱	شنی-لومی

$$RWC = \frac{Wf - Wd}{Wt - Wd} \times 100$$

Wf: وزن تر برگ

Wt: وزن بافت در حالت اشباع از آب

Wd: وزن خشک بافت گیاه

برآورد عملکرد اسانس و عملکرد سرشاخه‌های گلدار براساس ۵۰۰۰ بوته در هکتار انجام شد. به‌منظور اسانس‌گیری، نمونه‌ها در مرحله گلدهی کامل برداشت و در سایه خشک شده و بعد با روش تقطیر با آب (Water distillation) و توسط دستگاه کلونجر (Clevenger) اسانس‌گیری شدند. داده‌های حاصل از نمونه‌برداری‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفته و مقایسه میانگین‌های صفات به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

### نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد که تأثیر (اثرات ساده تیمارها) سطوح رطوبتی خاک ژئولیت و کودهای زیستی بر صفات محتوی آب نسبی برگ، غلظت کلروفیل کل، کلروفیل a، قندهای محلول، درصد اسانس و عملکرد اسانس در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار بود. اثر ژئولیت و کودهای زیستی بر مقدار پرولین در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار بود. اما اثر ژئولیت بر غلظت کلروفیل b معنی‌دار نبود. بالاترین مقادیر صفات غلظت کلروفیل کل، کلروفیل a، کلروفیل b، محتوی آب نسبی برگ و عملکرد اسانس در بین سطوح مختلف رطوبت خاک مربوط به تیمار ۹۰٪ ظرفیت مزرعه و بالاترین مقادیر صفات مقدار پرولین، قندهای محلول و درصد اسانس به تیمار ۳۰٪ ظرفیت مزرعه اختصاص یافته بود. بالاترین مقادیر تمام صفات اندازه‌گیری شده بجز میزان قندهای

پس از آزمون جوانه‌زنی بذرها، اعمال تیمار کودهای زیستی به‌صورت تلقیح با بذر قبل از کاشت انجام شد. مقدار مصرف ژئولیت ۲ گرم به ازای هر کیلوگرم خاک بوده و در هر گلدان با متوسط ۴ کیلوگرم خاک ۸ گرم ژئولیت بکار برده شد. ژئولیت مصرفی از نوع کلینوپتیلولایت بوده و قطر ذرات آن بین ۰/۱ تا ۱ میلی‌متر بود. کاشت در گلدان‌هایی به قطر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر انجام شد. ابتدا در هر گلدان ۱۰ بذر کاشته شد و پس از استقرار کامل گیاهچه و تنک کردن بوته‌های اضافی در نهایت هر گلدان دارای ۶ بوته بود. تیمار رطوبتی پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها با توزین روزانه گلدان‌ها و اضافه نمودن آب مصرفی محاسبه شده و متناسب با هر تیمار رطوبتی، برای هر گلدان اعمال گردید. به این ترتیب، آبیاری تا رسیدن به سطوح مختلف رطوبتی ۹۰٪، ۶۰٪ و ۳۰٪ ظرفیت مزرعه انجام شد.

اندازه‌گیری کلروفیل در مرحله گلدهی کامل و با استفاده از روش پاک‌نژاد (۱۳۸۴) با فرمول‌های زیر انجام گردید:

$$\text{chl a (mg/L)} = (12.25 * a663) - (2.79 * a647)$$

$$\text{chl b (mg/L)} = (21.5 * a647) - (5.1 * a663)$$

$$\text{Chl a + b (mg/L)} = (7.15 * a663) + (18.71 * a647)$$

در این فرمول Chl a و Chl b و Chl a+b به ترتیب محتوی کلروفیل a و b و مجموع a+b بر حسب میلی‌گرم بر لیتر و a میزان جذب توسط عصاره‌ها در طول موج‌های مربوطه می‌باشد.

اندازه‌گیری مقدار پرولین و قندهای محلول با روش Irigoyen و همکاران (۱۹۹۲) از برگ‌های انتهایی و تازه گیاه انجام شد. محتوی آب نسبی برگ در زمانی که بیشتر بوته‌ها در مرحله گلدهی کامل بودند، با استفاده از فرمول زیر (Levitt, 1980) اندازه‌گیری گردید:

مربوط به تیمار ۹۰٪ ظرفیت مزرعه در ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر و ۹۰٪ ظرفیت مزرعه در بیوفسفر بود که در یک کلاس آماری قرار داشتند. در مورد محتوی آب نسبی برگ بالاترین مقدار با ۹۱/۹٪ به تیمار ۹۰٪ ظرفیت مزرعه در نیتروکسین اختصاص داشت. اثر متقابل زئولیت و کودهای زیستی بر غلظت کلروفیل a، مقدار پرولین، قندهای محلول و محتوی آب نسبی غیرمعنی دار، ولی بر کلروفیل کل، کلروفیل b، درصد و عملکرد اسانس در سطح آماری ۱٪/ معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان کلروفیل کل مربوط به تیمار مصرف زئولیت در بیوفسفر و همچنین تیمار مصرف زئولیت در ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر با ۱/۵۶ میلی گرم در لیتر بود (جدول ۵). در مورد صفت کلروفیل b مصرف یا عدم مصرف زئولیت در شاهد (بدون مصرف کود) در یک کلاس آماری قرار داشته و پایین ترین مقدار کلروفیل b را داشتند. تمام تیمارهای باقیمانده در یک کلاس آماری قرار داشته و بالاترین مقدار کلروفیل b را به خود اختصاص دادند. بیشترین درصد و عملکرد اسانس به ترتیب با ۰/۲۲۲ میلی گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک و ۷/۸ کیلوگرم در هکتار، به تیمار مصرف زئولیت در ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر اختصاص داشت (جدول ۵). نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر متقابل سه گانه سطوح رطوبتی، زئولیت و کودهای زیستی بر مقدار پرولین و قندهای محلول، غیرمعنی دار، بر غلظت کلروفیل کل در سطح آماری ۵٪ و بر سایر صفات اندازه گیری شده در سطح آماری ۱٪ معنی دار بود. بیشترین عملکرد اسانس مربوط به تیمار ۹۰٪ ظرفیت مزرعه در مصرف زئولیت در ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر (۸/۶۱ کیلوگرم بر هکتار) بود که با تیمار ۶۰٪ ظرفیت مزرعه در ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر با مصرف و بدون مصرف زئولیت در یک کلاس آماری قرار داشتند (شکل ۱).

محلول در بین کودهای زیستی به تیمار نیتروکسین و بیوفسفر اختصاص داشت، با این تفاوت که برای صفت مقدار پرولین تیمارهای مختلف کود زیستی در یک کلاس قرار داشتند. مصرف زئولیت نسبت به عدم مصرف آن بیشترین مقدار اندازه گیری شده را برای تمام صفات داشت (به علت معنی دار شدن تقریباً تمام اثرات متقابل، از آوردن مقایسه میانگین اثرات ساده خودداری شد).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می دهد که اثر متقابل سطوح رطوبتی و زئولیت بر مقدار پرولین غیرمعنی دار، ولی بر سایر صفات در سطح آماری ۱٪ معنی دار بود. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد (جدول ۳) که بیشترین مقادیر غلظت کلروفیل کل، کلروفیل a و محتوی آب نسبی مربوط به تیمار ۹۰٪ ظرفیت مزرعه در تیمار مصرف زئولیت بود. بالاترین مقدار قندهای محلول با ۲/۹ میلی گرم در گرم ماده خشک و درصد اسانس با مقدار ۰/۲۶۳ میلی گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک مربوط به تیمار ۳۰٪ ظرفیت مزرعه در عدم مصرف زئولیت بود. بیشترین عملکرد اسانس مربوط به تیمار ۶۰٪ ظرفیت مزرعه در مصرف زئولیت (۷/۸ کیلوگرم بر هکتار) بود (جدول ۳). نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می دهد که اثر متقابل سطوح رطوبتی و کودهای زیستی بر تمام صفات اندازه گیری شده بادرشبو در سطح آماری ۱٪ معنی دار بود. مقایسه میانگین اثر متقابل این تیمارها نشان داد (جدول ۴) که بالاترین مقادیر غلظت کلروفیل کل، کلروفیل b و عملکرد اسانس مربوط به تیمار ۶۰٪ ظرفیت مزرعه در ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر بود. بالاترین مقدار پرولین با ۰/۲۸ میلی گرم در لیتر و درصد اسانس با مقدار ۰/۲۷۲ میلی گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک مربوط به تیمار ۳۰٪ ظرفیت مزرعه در ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر بود. بیشترین میزان کلروفیل a

رژیم‌های مختلف رطوبتی خاک، ژئولیت و کودهای زیستی بر برخی صفات فیزیولوژیکی، عملکرد و میزان اسانس بادرشبو

میانگین مربعات

عملکرد اسانس (kg/ha)	درصد اسانس (mg/100gr dm)	محتوی آب نسبی برگ (%)	قندهای محلول (mg/gr dw)	مقدار پرولین (mg/L fw)	غلظت کلروفیل (mg/L fw) <sup>b</sup>	غلظت کلروفیل (fw mg/L) <sup>a</sup>	کلروفیل کل (fw mg/L)	جه دی
۰/۰۶۶ *	۰/۰۰۰۰۴ *	۰/۹۴۴ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۱۴ ns	۰/۰۲۸ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۲۶ **	۳
۳۵/۷۱۱ **	۰/۰۶۰۴۳ **	۶۹۱۵/۰۱۰ **	۱۴/۵۶۰ **	۰/۳۷۰۲ **	۰/۱۹۷ **	۱/۶۳۹ **	۲/۵۷۱ **	۲
۰/۱۴۹	۰/۰۰۰۰۳	۱/۵۸۰	۰/۰۰۰۳۷	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	۰/۰۱۰	۶
۱/۳۹۲ **	۰/۰۰۱۲۷ **	۵۵۱/۰۴۲ **	۲/۱۰۰ **	۰/۰۰۵۵ *	۰/۰۰۴ ns	۰/۶۴۳ **	۰/۸۰۴ **	۱
۹/۰۶۹ **	۰/۰۰۱۳۴ **	۱۶/۰۲۸ **	۰/۱۰۴ **	۰/۰۰۰۶ ns	۱/۰۳۸ **	۱/۳۷۰ **	۴/۵۳۹ **	۳
۰/۷۳۰ **	۰/۰۰۱۳۱ **	۲۴۵/۶۹۸ **	۰/۹۲۶ **	۰/۰۰۳۲ *	۰/۰۸۱ **	۰/۱۰۳ **	۰/۳۳۲ **	۲
۱/۵۳۹ **	۰/۰۰۰۶۶ **	۳۰/۹۹۷ **	۰/۰۰۲ **	۰/۰۰۶۰ **	۰/۰۹۱ **	۰/۰۹۲ **	۰/۱۸۰ **	۶
۰/۰۷۹ *	۰/۰۰۰۱۹ **	۱/۶۸۱ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۴۲ *	۰/۰۰۶ ns	۰/۰۲۶ *	۳
۰/۳۲۲ **	۰/۰۰۰۲۰ **	۶/۷۱۲ *	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۴۰ **	۰/۰۷۷ **	۰/۰۱۵ *	۶
۰/۰۲۰	۰/۰۰۰۱	۲/۲۱۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۷	۶
۰/۱۴	۰/۰۰۳	۱/۴۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۰۸	

وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪ می‌باشد.

اثر متقابل رژیم‌های مختلف رطوبتی خاک و زئولیت بر برخی صفات فیزیولوژیکی، عملکرد و میزان اسانس بادرشبو

عملکرد اسانس (kg/ha)	درصد اسانس (mg/100gr dm)	محتوی آب نسبی برگ (%)	قندهای محلول (mg/gr dw)	غلظت کلروفیل (mg/L fw)b	غلظت کلروفیل (mg/L fw) a	کلروفیل کل (fw mg/L)
۶/۹۴ c	۰/۱۶۸ f	۸۹/۸۷ a	۱/۴۲۶ e	۱/۴۳۶ab	۱/۴۴۹b	۲/۸۸۵ a
۷/۳۹ b	۰/۱۷۵ e	۸۸/۹۴ a	۱/۴۳۷ e	۱/۳۵۴ c	۱/۵۳۹ a	۲/۹۱۱ a
۷/۴۲ b	۰/۲۱۱ c	۷۰/۵۶ b	۲/۴۴۳ c	۱/۴۸۳ a	۱/۳ d	۲/۷۸۳ b
۷/۸ a	۰/۱۹۳ d	۷۵/۷۵ b	۱/۷۸۲ d	۱/۴۸۷ a	۱/۴۰۶ c	۲/۸۹۳ a
۵/۶۴۹ d	۰/۲۶۳ a	۵۵/۰۰ c	۲/۹ a	۱/۲۶۹ d	۱/۹۰۴ f	۲/۱۷۳ c
۵/۵۴۳ e	۰/۲۵۲ b	۶۵/۱۲ d	۲/۶۶۲ b	۱/۳۸۸ bc	۱/۱۹۸ e	۲/۵۶۸ c

ر بین میانگین تیمارها در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون دانکن می‌باشند.



اثر سطوح مختلف رطوبتی، ژئولیت طبیعی ...

متقابل رژیم‌های مختلف رطوبتی خاک و کودهای زیستی بر برخی صفات فیزیولوژیکی، عملکرد و میزان اسانس بادربشو

عملکرد اسانس (kg/ha)	درصد اسانس (mg/100gr dm)	محتوی آب نسبی برگ (%)	قندهای محلول (mg/gr dw)	مقدار پرولین (mg/L fw)	غلظت کلروفیل (mg/L fw) b	غلظت کلروفیل (mg/L fw) a	کلروفیل کل (mg/L fw)
۵/۹۳ f	۰/۱۵۵ i	۸۹/۸۷ ab	۱/۵۱ f	۰/۰۸۴ cd	۱/۲۱ ef	۱/۱۸ de	۲/۴۳ e
۷/۱۱ de	۰/۱۶۸ h	۹۱/۹ a	۱/۴۳ g	۰/۰۳۸ d	۱/۴۱ cd	۱/۴۹ b	۲/۹۱ b
۷/۴۹ c	۰/۱۷۸ g	۸۹/۱۲ bc	۱/۴ gh	۰/۰۳۷ d	۱/۴۱ cd	۱/۶۸ a	۲/۸۲ bc
۸/۱۱ b	۰/۱۸۷ f	۸۶/۷۵ c	۱/۳۶ h	۰/۰۳۷ d	۱/۵۳ abcd	۱/۶۱ a	۳/۱۴ a
۷/۱۹ d	۰/۲۰۸ c	۷۲/۵ d	۲/۱۹ c	۰/۰۹۲ c	۱/۱ fg	۱/۱۶ de	۲/۲۶ f
۷/۷ c	۰/۲۰۱ d	۷۲/۵ d	۲/۱۲ d	۰/۱۰۲ c	۱/۵۴ abc	۱/۲۸ c	۲/۸۲ bc
۶/۹۴ e	۰/۱۹۳ e	۷۳/۱۲ d	۲/۱۱ d	۰/۱۰۳ c	۱/۶ ab	۱/۵ b	۳/۱۱ a
۸/۵۸ a	۰/۲۰۵ cd	۷۴/۵ d	۲/۰۲ e	۰/۱۰۵ c	۱/۶۸ a	۱/۴۵ a	۳/۱۴ a
۵/۳ g	۰/۲۵۲ b	۵۷/۵ g	۲/۸۷ a	۰/۲۰۹ b	۰/۹۵ g	۰/۵۵ f	۱/۵۱ g
۵/۵۸ i	۰/۲۵۵ b	۶۰/۱۲ ef	۲/۷۶ b	۰/۲۶۸ a	۱/۵۲ abcd	۱/۰۸ e	۲/۶ d
۵/۳۶ gh	۰/۲۵۲ b	۶۲/۶۲ e	۲/۷۶ b	۰/۲۶۵ a	۱/۴۷ bcd	۱/۲۵ cd	۲/۷۲ d
۶/۱۳ f	۰/۲۷۲ a	۶۰ fg	۲/۷۲ b	۰/۲۸ a	۱/۳۵ de	۱/۳۱ c	۲/۶۷ d

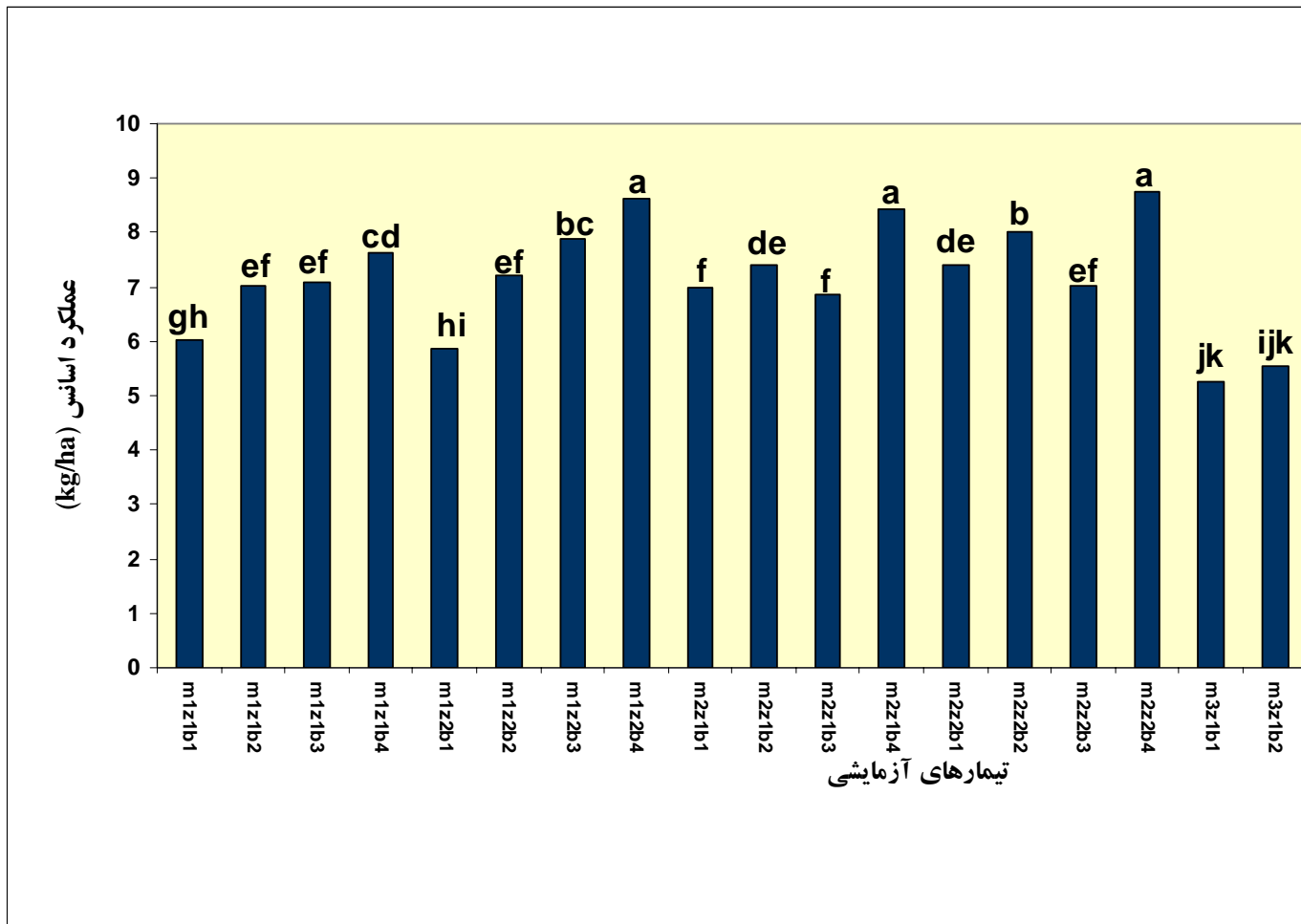
میانگین تیمارها در سطح احتمال ۰.۵٪ براساس آزمون دانکن می‌باشند.

میانگین اثر متقابل زئولیت و کودهای زیستی بر برخی صفات فیزیولوژیکی، درصد و عملکرد اسانس بادرشبو

عملکرد اسانس (kg/ha)	درصد اسانس (%)	غلظت کلروفیل (mg/L fw)b	غلظت کلروفیل (mg/L fw) a	
۶/۰۹ f	۰/۲۱ bc	۱/۰۲۳ b	۰/۹۰۶ e	اهد
۶/۶۵ de	۰/۲۰۹ bc	۱/۵۱ a	۱/۲ c	کسین
۶/۵ e	۰/۲۱۴ b	۱/۴۹ a	۱/۳۹ b	فسفر
۷/۴۳ b	۰/۲۲۲ a	۱/۵۴ a	۱/۳۷ b	سین و بیوفسفر
۶/۱۹ f	۰/۱۹۹ d	۱/۱۵ b	۱/۰۲۴ d	د
۶/۹۵ c	۰/۲۰۵ c	۱/۴۷ a	۱/۳۷ b	سین
۶/۷ d	۰/۲ d	۱/۴۹ a	۱/۵۶ a	فر
۷/۸ a	۰/۲۲۲ a	۱/۵۱ a	۱/۵۶ a	ن و بیوفسفر

میانگین تیمارها در سطح احتمال ۰.۵٪ براساس آزمون دانکن می‌باشند.

اثر سطوح مختلف رطوبتی، ژنولیت طبیعی ...



۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح رطوبتی، ژنولیت و کودهای زیستی بر عملکرد اسانس

## بحث

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که تیمار ۳۰٪ و ۹۰٪ ظرفیت مزرعه به ترتیب پایین‌ترین مقادیر غلظت کلروفیل کل، کلروفیل a، کلروفیل b، محتوی آب نسبی برگ و عملکرد اسانس و بالاترین مقدار پرولین، قندهای محلول و درصد اسانس را در بین سطوح مختلف رطوبت خاک داشتند. تیمار ۳۰٪ ظرفیت مزرعه با تحمیل تنش رطوبتی شدید به بادرشبو، باعث تحریک واکنش‌های فیزیولوژیکی گیاه برای مقابله با تنش خشکی می‌گردد. محققان دیگری نیز گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش ۳۴ درصدی محتوی آب نسبی برگ (RWC) و کاهش عملکرد گیاه بادرنجبویه گردید (Munne-Bosch & Alegre, 1999). با کاهش محتوی آب نسبی برگ در گیاه غلظت اسانس افزایش یافته و در نهایت منجر به مقادیر بالاتر درصد اسانس در گیاه می‌گردد. نتایج مشابهی مبنی بر افزایش ماده مؤثره گیاه دارویی بابونه در شرایط تنش رطوبتی گزارش شده است (Repcak et al., 2001). در شرایط تنش رطوبتی، با کاهش محتوی آب نسبی، تجمع پرولین و هیدرات‌های کربن محلول در تمام اندام‌های هوایی گیاه افزایش می‌یابد. سطح بالای پرولین نیز گیاه را قادر می‌سازد که پتانسیل آبی پایین را حفظ کند. همچنین پرولین می‌تواند مسمومیت رادیکال‌های آزاد ناشی از تنش خشکی را رفع کند. افزایش پرولین در شرایط تنش رطوبتی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Nadiu & Naraly, 2001). از طرفی در شرایط تنش خشکی هیدرولیز نشاسته تشدید و منجر به غلظت‌های غیرعادی بالایی از قندها می‌باشد. اهمیت تجمع قندها به این دلیل است که این مواد سبب تنظیم فشار اسمزی و کاهش از دست دادن آب سلول و نگهداری تورژسانس

می‌شوند. بنابراین به نظر می‌رسد که تنش خشکی باعث افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن شده و رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون و تجزیه رنگیزه‌ها می‌گردد (Schutz & Fangmeir, 2001). کاهش میزان کلروفیل کل، کلروفیل a، کلروفیل b و عملکرد اسانس نیز با اعمال تیمار ۳۰٪ ظرفیت مزرعه در بادرشبو مشاهده گردید (Efeoglu et al., 2009). در ذرت (عباس‌زاده و همکاران، ۱۳۸۶) و در گیاه دارویی بادرنجبویه نتایج مشابهی در شرایط تنش رطوبتی گزارش شده است. تیمار ۹۰٪ ظرفیت مزرعه با فراهم نمودن بهترین شرایط رطوبتی، کمترین میزان صفات فیزیولوژیکی مرتبط با تنش رطوبتی را نشان داد و در این شرایط میزان کلروفیل کل، کلروفیل a و کلروفیل b افزایش یافت. کلروفیل از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی می‌باشد (Jiang & Huang, 2001). در شرایط نرمال رطوبتی با افزایش میزان کلروفیل، فتوسنتز با ظرفیت بالایی به تولید آسیمیلات‌ها ادامه می‌دهد که این عامل به عملکرد بیشتر اسانس منجر می‌گردد. بالاترین مقادیر تمام صفات اندازه‌گیری شده در بین کودهای زیستی به تیمار نیتروکسین و بیوفسفر اختصاص داشت. ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر به دلیل دارا بودن باکتریهای آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن (ازتوباکتر و آزوسپریلیوم) و باکتریهای تسهیل‌کننده جذب فسفر (سودوموناس و باسیلوس) ضمن بهبود خصوصیات بیولوژیکی خاک، قابلیت جذب عناصر نیتروژن و فسفر را ارتقاء داده و موجب افزایش درصد و عملکرد اسانس بادرشبو می‌گردد. این نتیجه با نتایج سایر محققان مطابقت دارد. آنها گزارش کردند که در شرایط مناسب رطوبتی خاک، کودهای زیستی به‌طور معنی‌داری عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی اسفرزه و رازیانه را افزایش داد

درصد اسانس شده و تنش خفیف رطوبتی را جبران می‌کند. این امر باعث می‌شود تیمار ۶۰٪ ظرفیت مزرعه در ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر با فراهم شدن شرایط مناسب تغذیه‌ای بادرشبو و شرایط قابل تحمل تنش خفیف رطوبتی بالاترین عملکرد اسانس را به خود اختصاص دهد.

مقایسه میانگین اثر متقابل زئولیت و کودهای زیستی نشان داد که بیشترین درصد و عملکرد اسانس، به تیمار مصرف زئولیت در ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر اختصاص داشت. کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر شرایط مناسب بیولوژیکی و تغذیه‌ای و زئولیت شرایط مناسب فیزیکی خاک را فراهم نموده و منجر به رشد بهتر و عملکرد اسانس بالاتر بادرشبی می‌گردند. نتایج مشابهی توسط Machado و Caldes (۲۰۰۳) مبنی بر افزایش اسانس در گیاه جینگو (*Ginko biloba*) تحت تأثیر زئولیت و همچنین افزایش عملکرد کمی و کیفی اسانس اسفرزه تحت تأثیر ازتوباکتر گزارش شده است (Jiang & Huang, 2001). مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح رطوبتی، زئولیت و کودهای زیستی نشان داد که بیشترین عملکرد اسانس مربوط به تیمار ۹۰٪ ظرفیت مزرعه در مصرف زئولیت در ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر و همچنین تیمارهای ۶۰٪ ظرفیت مزرعه در ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر با مصرف و بدون مصرف زئولیت در یک کلاس آماری قرار داشتند. نتایج نشان می‌دهد که تیمار ۹۰٪ ظرفیت مزرعه در مصرف زئولیت در ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر نسبت به سایر تیمارها بهترین شرایط تغذیه‌ای (با استفاده از کودهای زیستی) و مناسبترین شرایط رطوبتی را برای حصول به بیشترین عملکرد اسانس فراهم می‌نماید. تأثیر کودهای زیستی در شرایط مناسب رطوبتی بر ارتقاء رشد و عملکرد

(Jiang & Huang, 2001). در شرایط مناسب تغذیه‌ای (ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر) میزان کلروفیل و به تبع آن ظرفیت فتوسنتز ارتقاء یافته و منجر به عملکرد بالای گیاه بادرشبی گردید (Sharma et al., 2003). تحقیقات دیگری نشان داد که کاربرد کودهای بیولوژیک ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و باسیلیوس باعث افزایش رشد رویشی، افزایش وزن تر، وزن خشک و میزان اسانس در گیاه دارویی رازیانه گردید (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007). مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح رطوبتی و زئولیت نشان داد که بیشترین مقادیر غلظت کلروفیل کل، کلروفیل a و محتوی آب نسبی مربوط به تیمار ۹۰٪ ظرفیت مزرعه در تیمار مصرف زئولیت بود. از طرفی بالاترین مقدار قندهای محلول و درصد اسانس مربوط به تیمار ۳۰٪ ظرفیت مزرعه در عدم مصرف زئولیت بود. زئولیت به دلیل داشتن تخلخل بالا، رطوبت بالایی را جذب کرده و بتدریج در اختیار گیاه قرار می‌دهد که منجر به کاهش اثرات تنش رطوبتی می‌گردد. تیمار ۳۰٪ ظرفیت مزرعه در عدم مصرف زئولیت، به دلیل عدم وجود زئولیت و به تبع آن عدم تقلیل اثرات تنش رطوبتی، شدیدترین تنش خشکی را به گیاه بادرشبی تحمیل نموده و منجر به بالاترین مقدار قندهای محلول برای مقابله با خشکی و درصد اسانس به دلیل افزایش غلظت اسانس می‌گردد. مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح رطوبتی و کودهای زیستی نشان داد که بیشترین مقادیر غلظت کلروفیل کل، کلروفیل b و عملکرد اسانس مربوط به تیمار ۶۰٪ ظرفیت مزرعه در ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر بود. با توجه به مقادیر غلظت کلروفیل کل و b، به نظر می‌رسد که تیمار ۶۰٪ ظرفیت مزرعه تنش رطوبتی شدید و مختل‌کننده فتوسنتز را ایجاد نمی‌کند، ولی این شرایط سبب افزایش

- چندین گیاه توسط محققان گزارش شده است (Shaharoon et al., 2006). تیمارهای ۶۰٪ ظرفیت مزرعه در ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر با مصرف و بدون مصرف زئولیت نیز بالاترین عملکرد اسانس بادرشبو را حاصل نمودند. بنابراین به نظر می‌رسد که این تیمارها با دارا بودن شرایط مناسب تغذیه‌ای (برای حصول عملکرد گیاه) و شرایط ملایم تنش رطوبتی (برای حصول درصد اسانس مناسبتر)، بیشترین عملکرد اسانس را در گیاه بادرشبو حاصل می‌نمایند.
- نتیجه‌گیری کلی**
- با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک و محدودیت منابع آبی کشور، بکارگیری تیمار ۶۰٪ ظرفیت مزرعه با مصرف زئولیت و ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر، ضمن بهبود خصوصیات فیزیکی (با استفاده از زئولیت) و بیولوژیکی خاک (با استفاده از کودهای زیستی) باعث صرفه‌جویی در مصرف آب کشاورزی شده، و ضمن حفظ محیط زیست، منجر به حصول عملکرد کمی و کیفی مناسب در گیاه دارویی بادرشبو خواهد گردید.
- سپاسگزاری**
- از مسئولان و کارکنان محترم گلخانه تحقیقاتی گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج و بخش تحقیقات گیاهان دارویی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور قدردانی می‌گردد.
- منابع مورد استفاده**
- آخوندی، م.، صفرزاد، ع. و لاهوتی، م.، ۱۳۸۵. اثر تنش خشکی بر تغییرات عناصر در یونجه‌های یزدانی، نیکشهری و رنجر
- (Medicago sativa L.) علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۱۰(۱): ۱۷۴-۱۶۵
- پاک‌نژاد، ف.، ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی بر شاخصهای فیزیولوژیکی عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گندم. پایان‌نامه دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
- حکمت شعار، ح.، ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان در شرایط دشوار (ترجمه). انتشارات نیکنام، تبریز، ۲۵۱ صفحه.
- عباس‌زاده، ب.، شریفی عاشورآبادی، ا.، نادری حاجی باقرکندی، م. و مقدمی، ف.، ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی بر میزان پرولین، قندهای محلول، کلروفیل و آب نسبی (RWC) بادرنجبویه. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۳(۴): ۵۱۳-۵۰۴.
- عزیز، م.، ۱۳۷۹. بررسی تأثیر برخی از عوامل محیطی و فیزیولوژیکی بر رشد، عملکرد و میزان مواد مؤثره گل‌راعی. رساله دکتری رشته باغبانی، دانشگاه تربیت مدرس.
- کاظمیان، ح.، ۱۳۸۴. مقدمه‌ای بر زئولیت، کانیه‌های سحرآمیز. انتشارات بهشت، تهران، ۱۳۰ صفحه.
- نصرآبادی، ب.، ۱۳۸۴. اثر زمان‌های مختلف کاشت بر رشد، عملکرد، مقدار و اجزاء تشکیل دهنده اسانس گیاه بادرشبو. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- Abdelaziz, M.E., Pokluda, R. and Abdelwahab, M.M., 2007. Influence of compost, microorganisms and NPK fertilizer upon growth, chemical composition and essential oil production of *Rosmarinus officinalis* L. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 35: 86-90.
- Butorac, A., Filipan, T., Basic, F., Butorac, J., Mesic, M. and Kasic, I., 2002. Crop response to the application of special natural amendments based on zeolite tuff. Rostlinna Vyroba, 48(3): 118-124.
- Casanovas, E.M., Barassi, C.A. and Sueldo, R.J., 2002. Azospirillum inoculation mitigates water stress effects in maize grainlings. Cereal Research Communications, 30(3-4): 343-349.
- Efeoglu, B., Ekmekci, Y. and Cicek, N., 2009. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. South African Journal of Botany, 75: 34-42.
- Hussein, M.S., El-Shrbeny, S.E., Khalil, M.Y., Naguib, N.Y. and Aly, S.M., 2006. Growth characters and chemical constituents of *Dracocephalum moldavica* L. plants in relation to compost fertilizer and planting distance. Journal of Scientia Horticulture, 108(3): 322-331.

با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک و محدودیت منابع آبی کشور، بکارگیری تیمار ۶۰٪ ظرفیت مزرعه با مصرف زئولیت و ترکیب نیتروکسین و بیوفسفر، ضمن بهبود خصوصیات فیزیکی (با استفاده از زئولیت) و بیولوژیکی خاک (با استفاده از کودهای زیستی) باعث صرفه‌جویی در مصرف آب کشاورزی شده، و ضمن حفظ محیط زیست، منجر به حصول عملکرد کمی و کیفی مناسب در گیاه دارویی بادرشبو خواهد گردید.

- L. plants. *Journal of Plant Physiology*, 154(5-6): 759-766.
- Nadiu, T. and Naraly, A., 2001. Screening of drought tolerance in green gram (*Vigna radiata* L. Wilczek) genotypes under receding soil moisture. *Indian Journal of Plant Physiology*, 6(2): 197-201.
  - Polat, E., Karaca, M., Demir, H. and Naci Onus, A.N., 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 12: 183-189.
  - Repcak, M., Imrich, J. and Franekova, M., 2001. Umbelliferone, a stress metabolite of *Chamomilla recutita* L. Rauschert. *Journal of Plant Physiology*. 158: 1085-1087.
  - Schutz, M. and Fangmeir, A., 2001. Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO<sub>2</sub> and water limitation. *Environmental Pollution*, 114(2): 187-194.
  - Sharma, A., Johri, B.N., Sharma, A.K. and Glick, B.R., 2003. Plant growth promoting bacterium *Pseudomonas* sp. Strain GRP3 influences iron acquisition in mungbean. *Soil Biology and Biochemistry*, 35: 887-894.
  - Sharma, A.K., 2002. *Biofertilizers for Sustainable Agriculture*. Agro-Bios, India, 300p.
  - Shaharouna, B., Arshad, M., Zahir, Z.A. and Khalid, A., 2006. Performance of *Pseudomonas* spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 2971-2975.
  - Trovato, M., Mattioli, R. and Costantino, P., 2008. Multiple roles of proline in plant stress tolerance and development. *Rendiconti Lincei*, 19(4): 325-346.
  - Irigoyen, J.J., Einerich, D.W. and Sanchez-Díaz, M., 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in modulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum*, 84(1): 55-60.
  - Jiang, Y. and Huang, B., 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. *Crop Science*, 41(2): 436-442.
  - Levitt, J., 1980. *Response of Plants to Environmental Stresses: Water, Radiation, Salt and Other Stresses*. Academic press, New York, 607p.
  - Machado, L.L. and Caldes, E.D., 2003. Influence of Zeolite on Cadmium Absorption in Medicinal Herbs in Brazil. *College of Health Science Publication, Brazil*, 138p.
  - Mahfouz, S.A. and Sharaf-Eldin, M.A., 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *International Agrophysics*, 21(4): 361-366.
  - Manivannan, P., Jaleel, C.A., Zhao, C.X., Somasundaram, R., Azooz, M.M. and Panneerselvam, R., 2008. Variations in growth and pigment composition of sunflower varieties under early season drought stress. *Global Journal of Molecular Sciences*, 3(2): 50-56.
  - Marulanda, A., Barea, J.M. and Azcon, R., 2009. Stimulation of plant growth and drought tolerance by native microorganisms (AM fungi and bacteria) from dry environments: mechanisms related to bacterial effectiveness. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(2): 115-124.
  - Munne-Bosch, S. and Alegre, L., 1999. Role of dew on the recovery of water stressed *Melissa officinalis*

## The effect of different levels of soil moisture, zeolite and biofertilizers on physiological characteristics, yield and essential oil of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.)

Kh. Karimzadeh<sup>1\*</sup>, F. Sefidkon<sup>2</sup>, N. Majnoon Hosseini<sup>3</sup> and S.A. Peighambari<sup>3</sup>

1\*- Corresponding author, Ph.D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, Karaj, Iran, E-mail: khalil.karimzadeh@yahoo.com

2- Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran

3- Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, Karaj, Iran

Received: February 2012

Revised: May 2012

Accepted: May 2012

### Abstract

To study the effect of different levels of soil moisture, zeolite and biofertilizers on physiological characteristics, yield and essential oil of medicinal plant *Dracocephalum moldavica* L., this research was performed in 2010 at Tehran university research greenhouse. For this purpose, a factorial split-plot experiment in RCBD with 4 replications was used. In this study the main plots included different soil moisture levels (90%, 60% and 30 % FC) and subplots consisted of two levels of zeolite (zero, 8gr 4kg<sup>-1</sup> soil) along with four levels of biofertilizers (without biofertilizer, nitroxin, biphosphorous, nitroxin+biphosphorous). Results showed that the highest amount of total, a and b chlorophylls, relative water content and yield of essential oil were obtained through %90 FC, but the highest amount of solution carbohydrates, proline and percentage of essential oil were obtained through %30 FC. The maximum amount of studied physiological traits as essential oil percentage and essential oil yield were obtained from application of nitroxin+biphosphorous. Interaction effects of soil moisture, zeolite and biofertilizers showed significant differences among different treatments on amount of a, b and total chlorophyll, relative water content, percentage and yield of essential oil. The maximum amount of oil yields were obtained from zeolite application and combination of nitroxin+biphosphorous and 60% FC and treatment of no consumption of zeolite and combination of nitroxin+biphosphorous with 90% FC. It could be concluded that moderate drought stress (60% FC) with application of zeolite and combination of nitroxin+biphosphorous is beneficial for Dragonhead essential oil yield.

**Key words:** *Dracocephalum moldavica* L., Zeolite, biofertilizer, soil moisture, essential oil.