نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴، ص. ۶۷-۵۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 29, No. 1, Spring 2015, P. 55-67
ISSN: 2008 - 4730

بررسی اثر ترکیبات ضدتعرق طبیعی بر برخی از صفات فیزیولوژیکی و بیولوژیکی گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum*) تحت شرایط تنش خشکی

روح اله عامری[۱*]- مجید عزیزی[۲]- علی تهرانی‌فر[۳]- وحید روشن سروستانی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۴/۰۳

چکیده

به منظور بررسی تاثیر تنش خشکی و کاربرد ترکیبات ضدتعرق بر گیاه دارویی ریحان، آزمایش فاکتوریلی شامل ۳ سطح آبیاری (شاهد- ۵۰۰، تنش متوسط- ۳۷۵ و تنش شدید- ۲۵۰ میلی‌لیتر آبیاری در ۲۴ ساعت) و ۳ ترکیب ضدتعرق کیتوزان، موسیلاژ اسفرزه و موسیلاژ بارهنگ هر کدام در ۳ سطح (۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد وزن خشک به حجم حلال) با ۳ تکرار و بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام پذیرفت. در این تحقیق صفاتی از قبیل، میزان فتوسنتز، تعرق روزنه‌ای، هدایت روزنه‌ای، دی‌اکسیدکربن اتاقک روزنه، محتوای کلروفیل و کاروتنوئید و دمای سطح برگ اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که اثر آبیاری و مواد ضدتعرق در صفات مورد اندازه‌گیری معنی‌دار بودند ($P\leq$۰/۰۱ و $P\leq$۰/۰۵). بیشترین میزان صفات مورد اندازه‌گیری در سطح اول آبیاری و سطوح متفاوتی از ترکیبات ضدتعرق مشاهده شد. کلیه ترکیبات ضدتعرق، میزان تعرق را بطور معنی‌داری کاهش دادند و این کاهش در غلظت‌های بالاتر بیشتر بود. به‌طوری‌که ترکیب کیتوزان در سطوح ۱/۵ و ۱ درصد نسبت به نمونه شاهد، میزان تعرق را تا دو برابر کاهش داد. در مورد فتوسنتز نیز تیمار ۰/۵ و ۱ درصد کیتوزان توانستند تا ۳۰ درصد میزان فتوسنتز را نسبت به شاهد افزایش دهند. هم‌چنین مشخص شد که با کاربرد ترکیبات ضدتعرق در شرایط آبیاری محدود میزان ماده خشک افزایش یافت. ترکیبات ضدتعرق درصد و عملکرد اسانس را نسبت به شاهد کاهش دادند. با توجه به نتایج به دست آمده در این آزمایش می‌توان بیان نمود که ترکیبات ضدتعرق با منشا طبیعی، ترکیباتی ایمن، ارزان و زیست تجزیه‌پذیر بوده و جایگزین مناسبی برای ترکیبات ضدتعرق شیمیایی متداول می‌باشند، اما تجاری نمودن این ترکیبات نیاز به آزمایشات تکمیلی دارد.

واژه‌های کلیدی: ریحان، ترکیبات ضدتعرق، تنش خشکی، کیتوزان، موسیلاژ اسفرزه، موسیلاژ بارهنگ، فتوسنتز

مقدمه

گیاه ریحان با نام علمی *Ocimum basilicum* از تیره Lamiaceae و بومی مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری آسیا، آفریقا و امریکای جنوبی می‌باشد. از دیرباز تاکنون ریحان به طور سنتی به عنوان گیاهی دارویی در درمان سردرد، سرفه، اسهال، یبوست، بیماری‌های انگلی و ناراحتی‌های کلیوی و همچنین به عنوان طعم‌دهنده و معطر کننده مواد غذایی استفاده می‌شود (۱۲ و ۳۳). این گیاه به عنوان منبعی از ترکیبات معطر و اسانس‌ها شناخته می‌شود که خاصیت ضدانگلی و دفع‌کنندگی حشرات را دارد (۹ و ۱۵). اسانس این گیاه به طور وسیعی در صنایع غذایی و هم‌چنین در صنعت عطرسازی و تهیه فرآورده‌های دهان و دندان کاربرد دارد (۴۵).

ایجاد یک تعادل در میزان آب مصرف شده توسط گیاه و میزان آب قرار گرفته در دسترس آن، یک هدف بسیار مهم در بخش کشاورزی محسوب می‌شود، به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که آب یک عامل محدودکننده برای رشد گیاهان می‌باشد. این موضوع زمانی که ما به گیاهان به عنوان یک هدردهنده آب نگاه نماییم اهمیت بیشتری پیدا می‌کند، زیرا طبق تحقیقات انجام شده مشخص شده است که فقط حدود ۵ درصد از آب مصرفی گیاهان، صرف رشد می‌شود و حدود ۹۵ درصد آن به وسیله جریان تعرق از دسترس گیاه خارج می‌شود (۴۱). با توجه به این، محققان همواره به دنبال روش‌هایی به منظور کاهش هدر رفت آب حاصل از تعرق اندام‌های هوایی گیاه و نیز افزایش بهره‌وری مصرف آب بوده‌اند. استفاده از مواد ضدتعرق یکی از روش‌های بسیار کارآمد در کاهش میزان هدر رفت آب از طریق جریان تعرق می‌باشد. برخی از مواد ضدتعرق با فعالیت‌های بیولوژیکی مشخصی، میزان تعرق صورت

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری و استادان علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*-نویسنده مسئول: (Email: R.ameri@stu.um.ac.ir
۴- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

گرفته گیاه را کاهش می‌دهند. هم‌چنین این مواد با افزایش مقاومت برگ در برابر از دست دادن آب اثرات مخرب تنش خشکی را در گیاه بهبود می‌بخشند (۳۵). بر پایه شیوه عمل ترکیبات ضدتعرق، آن‌ها را به سه گروه تقسیم می‌نمایند که گروه اول ترکیبات ضدتعرق پوشاننده (سطح برگ را کاملاًپوشانده و روزنه‌ها را مسدود نموده و مانع از خروج آب از سطح برگ می‌شوند)، گروه دوم ترکیبات ضدتعرق درخشنده (موجب افزایش درخشش و بازتابش نور خورشید و کاهش جذب انرژی گرمایی می‌شوند) و گروه سوم ترکیبات ضدتعرق مسدودکننده روزنه (با تحریک برخی ازفرآیندهای فیزیولوژیکی موجب بسته شدن روزنه‌ها می‌شوند) می‌باشند (۲۱).

کیتوزان یک ترکیب پلی‌ساکاریدی طبیعی می‌باشد که در پوشش خارجی سخت پوستان دریایی و حشرات وجود دارد (۳۷). این ماده بصورت تجاری از پوست میگو و خرچنگ دریایی استخراج می‌شود. از این‌رو منابع اولیه تولید این ماده به فراوانی وجود دارد (۷). این ماده به خاطر خواص پوشانندگی خود بافت‌ها را از آلودگی‌های ویروسی و باکتریایی محافظت می‌نماید (۱۷ و ۲۵). در تحقیقات اخیر مشخص شده است که ترکیب کیتوزان بر بیان بسیاری از ژن‌های دخیل در برخی از فعالیت‌های فیزیولوژیکی از قبیل مقاومت به عوامل و شرایط نامساعد محیطی بوده است (۱۰ و ۲۶). از دیگر مواد طبیعی که به سبب داشتن خواص پوشانندگی سطحی که یکی از خصوصیات ترکیبات ضدتعرق به شمار می‌آید و در این تحقیق مورد بررسی قرار میگرند، موسیلاژها می‌باشند. موسیلاژها در گروه فیبرهای پلی‌ساکاریدی قابل حل جای می‌گیرند که به طور عمده در بذرهای گیاهان تجمع می‌یابند.

هدف از این تحقیق بررسی اثرات ضدتعرقی کیتوزان و موسیلاژهای بارهنگ و اسفرزه بر خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکردی گیاه دارویی ریحان رقم کشکنی لوولو (*Ocimum basilicum* cv. Keshkeniluvelou) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی به همراه دو فاکتور میزان آبیاری روزانه و ترکیبات ضدتعرق در ۳ تکرار در تابستان ۱۳۹۰ و در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا گردید. فاکتور اول شامل ۳ سطح آبیاری: ۱) سطح اول آبیاری (شاهد- ۵۰۰ میلی‌لیتر در ۲۴ ساعت)، ۲) سطح دوم آبیاری (تنش متوسط- ۳۷۵ میلی‌لیتر در ۲۴ ساعت) و ۳) سطح سوم آبیاری (تنش سخت- ۲۵۰ میلی‌لیتر در ۲۴ ساعت) و فاکتور دوم شامل ترکیبات ضدتعرق کیتوزان (تولید شده در شرکت زیگما الدریچ و با وزن مولکولی متوسط)، موسیلاژ اسفرزه و بارهنگ هر کدام در ۳ سطح ۱/۵، ۱ و ۰/۵ درصد (گرم ماده خشک به حجم حلال) اعمال گردید.

این آزمایش در گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر، حاوی مخلوط یکنواخت خاک معمولی، ماسه و خاک برگ (۱:۱:۱)، انجام گرفت. در هر کدام از گلدان‌ها ۴ نشا هم‌اندازه (در مرحله ۶ برگی) گیاه ریحان، رقم کشکنی لوولو (*Ocimum basilicum* cv. Keshkeniluvelou) انتقال داده شد. ترکیبات ضد تعرق به وسیله افشانه دستی هر دو هفته یکبار با حجم پاشش یکسان (۲۰ میلی‌لیتر برای هر گلدان) بر تمامی سطوح برگ و ساقه گیاهان مورد محلول پاشی قرار گرفتند.

برای تهیه محلول کیتوزان، گرم ماده مورد نیاز آن را در محلول ۱ درصد اسید استیک حل نمودیم. برای استخراج موسیلاژ، بذر گیاهان مورد نظر را با نسبت ۱ به ۱۰ با آب مخلوط نموده و به مدت ۲۴ ساعت بر روی دستگاه لرزاننده قرار دادیم و سپس موسیلاژهای بذر را بوسیله پارچه ململ از بذور جدا نمودیم. به منظور تعیین میزان ماده خشک موسیلاژ، میزان ۱۰ میلی‌لیتر از هر محلول را وزن نموده و به آون ۷۰ درجه سانتی گراد منتقل و پس از ۲۴ ساعت با توزین دوباره موسیلاژهای خشک شده، میزان ماده خشک آن را محاسبه نمودیم. سپس با مشخص نمودن ماده خشک ترکیبات موسیلاژی، با اضافه نمودن آب مقطر و رقیق نمودن، آنرا به غلظت مورد نظر رساندیم.

صفات و شاخص‌های مورد اندازه گیری

شاخص‌های فیزیولوژیکی

میزان فتوسنتز با اندازه‌گیری میلی‌مول دی‌اکسیدکربن وارد شده به سطح مشخصی از برگ (زمانی که برگ در معرض نور قرار دارد)، میزان تعرق روزنه‌ای با اندازه‌گیری میلی‌مول مولکول آب خارج شده از سطح مشخصی از برگ و غلظت دی‌اکسیدکربن درون روزنه‌ای با اندازه‌گیری اختلاف میلی‌مول دی‌اکسیدکربن ورودی به خروجی از طریق روزنه‌ها در سطح مشخصی از برگ به وسیله سنجنده فتوسنتزی قابل حمل ADC مدل LCA-4 مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. همچنین میزان هدایت روزنه‌ای با محاسبه میلی‌مول بخار آب خارج شده از برگ در واحد سطح برگ و زمان بوسیله سنجنده هدایت روزنه‌ای مدل SC-1 انجام گرفت. در ضمن لازم به ذکر است که بررسی شاخص‌های فتوسنتزی قبل از ورود گیاه ریحان به مرحله گلدهی و در بازه زمانی ۱۲ تا ۱۳:۳۰ ظهر انجام گرفت. از هر گلدان آزمایشی هم به طور تصادفی ۳ نمونه برگی مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

دمای سطح برگ

اندازه گیری دمای سطح برگ به‌وسیله دماسنج مادون قرمز مدل TN568 انجام گرفت. اندازه‌گیری در شهریور ماه و در ۳ نوبت زمانی

۹ صبح، ۱۲ ظهر و ۱۶ بعدازظهر انجام گرفت.

شاخص‌های عملکردی

وزن تر و خشک

در اواخر شهریور ماه و در مرحله گلدهی کامل کلیه بوته‌ها در هر واحد آزمایشی برداشت و سپس برگ‌ها از ساقه‌ها جدا شدند. پس از اندازه‌گیری وزن تر نمونه‌ها آن‌ها را به اتاقک خشک‌کن با دمای معمول (۲۵ درجه سانتی‌گراد) انتقال داده و پس از یک هفته وزن خشک نمونه‌ها مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

درصد و عملکرد اسانس

به منظور تعیین درصد اسانس مخلوط یکنواختی از برگ و ساقه نمونه‌های مختلف هر کدام به میزان ۲۰ گرم توزین و سپس به روش تقطیر و با استفاده از دستگاه کلونجر عملیات استحصال اسانس انجام گرفت. عملکرد اسانس نیز با توجه به درصد اسانس نمونه مربوطه و ماده خشک تولیدی آن در واحد گلدان تعیین گردید.

تجزیه آماری

پس از اندازه گیری صفات مورد نظر، داده‌های به‌دست آمده بوسیله نرم افزار آماری JMP8 آنالیز و رسم نمودارها نیز با نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

تعرق روزنه‌ای

اندازه‌گیری میزان تعرق روزنه‌ای اختلاف بسیار معنی‌داری را بین سطوح مختلف آبیاری نشان داد ($P\leq ۰/۰۱$) (جدول ۱) به گونه‌ای که با کاهش سطح آبیاری و افزایش سطح تنش، یک روند کاهشی شدیدی را در میزان تعرق گیاهان مشاهده گردید. بیشترین میزان تعرق مربوط به سطح اول آبیاری (۹/۲۳ میلی‌مول/مترمربع در ثانیه) و کمترین میزان در سطح سوم آبیاری (۵/۸۴ میلی‌مول/مترمربع در ثانیه) اندازه‌گیری شد (جدول ۲). مقایسه میانگین تعرق انجام شده بین سطوح مختلف ترکیبات ضدتعرق حاکی از اختلاف بسیار معنی‌داری بود ($P\leq ۰/۰۱$) (جدول ۱). گیاهان تیمار شده با ترکیب کیتوزان در سطح ۱/۵ درصد با تعرقی در حدود ۵/۴۶ میلی‌مول/مترمربع در ثانیه و نمونه شاهد (بدون اسپری) با تعرقی در حدود ۹/۷۶ میلی‌مول/مترمربع در ثانیه به ترتیب کمترین و بیشترین میزان تعرق را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). با انجام مقایسات بین سطوح مختلف آبیاری و ترکیبات ضدتعرق مشخص شد که اثر متقابل معنی‌داری وجود دارد ($P\leq ۰/۰۱$) (جدول ۱). بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای (۵۴/۶۳ میلی‌مول/متر مربع در ثانیه) مربوط به غلظت ۰/۵ درصد موسیلاژ اسفرزه در سطح دوم آبیاری و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای (۱۷/۸۳ میلی‌مول/متر مربع در ثانیه) مربوط به غلظت ۰/۵ درصد موسیلاژ بارهنگ در سطح سوم آبیاری بود (شکل ۱).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری تعرق روزنه‌ای با نتایج بدست آمده توسط مفتاح و الحوماید (۳۶) مطابقت داشت. کاهش میزان تعرق توسط گیاه با افزایش سطح تنش و را به علت درگیر شدن روزنه‌ها در جلوگیری از اتلاف آب از بخش هوایی گیاه برمی‌شمارند (۲۸). اولین مکانیزم دفاعی گیاهان در برابر کاهش آب دردسترس خود جلوگیری از اتلاف آب است که به وسیله کاهش گشودگی و هدایت روزنه‌ای انجام می‌گیرد. به نوعی می‌توان گفت که بسته شدن روزنه‌ها اولین مکانیزم دفاعی گیاه در مقابل کمبود آب است (۵۱).

ترکیبات ضدتعرق معمولا با مکانیزم‌هایی از جمله تاثیر مستقیم بر کاهش جذب نور خورشید و در نتیجه کاهش دمای سطح برگ و همچنین تاثیر مستقیم بر میزان گشودگی روزنه‌ها، با دخالت در سنتز برخی از هورمون‌ها، میزان تعرق صورت گرفته از سطح برگ گیاهان را کاهش می‌دهند (۱۳). ترکیب کیتوزان تاثیر مستقیمی را بر بیانبرخی از ژن‌های دخیل در مسیر سنتز جازمونیک اسید می‌گذارد که این ترکیب فعالیت مشابهی با هورمون گیاهی آبسزیک اسید را ایفا می‌نماید. هورمون آبسزیک اسید نقش بسیار کلیدی را در تنظیم آب در گیاهان ایفا می‌نماید (۷). آبسزیک اسید موجب کاهش گشودگی در روزنه‌ها و کاهش میزان تعرق در گیاهان می‌شود. بدین سان، دستکاری در مسیر انتقال سیگنال آبسزیک اسید موجب کاهش آب مصرفی در گیاهان می‌گردد (۲۳). لی و همکاران (۳۱) و ایریتی و همکاران (۲۷) با انجام مطالعات بافتی بر روی گیاهان تیمار شده با ترکیب کیتوزان مشخص نمودند که این ترکیب با دخالت در مسیر سیگنال پراکسید هیدروژن[1] بر میزان گشودگی روزنه‌ها اثر می‌گذارد.

با توجه معنی‌دار شدن اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و ترکیبات ضدتعرق می توان نتیجه گرفت که کاربرد ترکیبات ضدتعرق کاملاً وابسته به وضعیت آبی گیاه می باشد. نکته قابل توجه در این مقایسات این است که میزان هدایت روزنه‌ای اندازه‌گیری شده در بین سطوح مختلف آبیاری بسیار متغیر بود و کاملا وابسته به نوع غلظت ترکیب ضدتعرق مورد استفاده بود. به طور میانگین ترکیبات موسیلاژی به کاربرده شده در این آزمایش میزان هدایت روزنه‌ای بیشتری را نسبت به ترکیب کیتوزان به کار برده شد داشتند. پاتیل و راجات (۳۹) در بررسی خود بر روی برخی از ترکیبات ضدتعرق به این نتیجه رسیدند که برخی از ترکیبات ضدتعرق بسته به نوع عملکردشان اثرات متفاوتی را نسبت به سایر ترکیبات ضدتعرق بر میزان هدایت روزنه‌ای برگ‌ها داشتند و وضعیت آبی گیاه نیز عامل بسیار مهمی

1- H_2O_2

است.

فتوسنتز

اثر سطوح مختلف آبیاری بر روی میزان فتوسنتز بسیار معنی‌دار بود (P≤۰/۰۱) (جدول ۱). بیشترین میزان فتوسنتز مربوط به سطح اول آبیاری (۲۴/۴۸ میلی‌مول/متر مربع در ثانیه) و کمترین میزان فتوسنتز مربوط به سطح سوم آبیاری (۱۷/۲۹ میلی‌مول/متر مربع در ثانیه) بود (جدول ۲). اندازه‌گیری میزان فتوسنتز بین ترکیبات ضدتعرق حاکی از وجود اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف این ترکیبات بود (P≤۰/۰۵) (جدول ۱). کمترین و بیشترین میزان فتوسنتز به ترتیب در تیمار کیتوزان در سطح ۰/۵ درصد (۲۶/۶۸ میلی‌مول/متر مربع در ثانیه) و تیمار شاهد (۱۷/۰۶ میلی‌مول/متر مربع در ثانیه) بدست آمد (جدول ۲). بین سطوح مختلف ترکیبات موسیلاژی اسفرزه و بارهنگ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، ولی اختلاف معنی‌داری را با تیمار شاهد نشان دادند. غلظت ترکیبات موسیلاژی بکار برده شده به جز غلظت ۱/۵ درصد موسیلاژ اسفرزه اختلاف معنی‌داری را در میزان فتوسنتز در مقایسه با نمونه شاهد داشتند. با انجام مقایسات میانگین و بررسی اثرات متقابل بین سطوح مختلف آبیاری و ترکیبات ضدتعرق، اختلافات معنی‌داری مشاهده شد (P≤۰/۰۱) (جدول ۱). بیشترین میزان فتوسنتز در ترکیب ضدتعرق کیتوزان (۱ درصد) و سطح دوم آبیاری (۳۳/۸۷ میلی‌مول/متر مربع در ثانیه) و کمترین میزان فتوسنتز در تیمار موسیلاژ اسفرزه (۰/۵ درصد) و سطح سوم آبیاری (۱۱/۵۳ میلی‌مول/متر مربع در ثانیه) مشاهده شد (شکل ۱).

جدول ۱- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی گیاه ریحان در سطوح مختلف آبیاری و ترکیبات ضدتعرق

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعرق روزنه‌ای	فتوسنتز	هدایت روزنه‌ای	دی‌اکسید کربن اطاقک روزنه‌ای
آبیاری	۲	۴۴۳/۳۱ **	۵۳۶/۴۰ *	۱۰۰۱/۷۸ **	۱۷۶/۹۴ **
ترکیبات ضدتعرق	۹	۴۱۷/۲۳ ns	۳۸۷۵/۵۴ **	۹۳۰/۴۹ *	۱۵۵/۸۵ **
آبیاری×ضدتعرق	۱۸	۱۱۲۵/۷۶ **	۳۱۱۳/۴۱ **	۱۷۲۹/۱۳ **	۴۰/۱۸ **
خطا	۶۰	۱۲۸۹/۵	۴۵۷۶/۰۰	۲۴۱۰/۹۶	۴۱/۷۱

* – وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، ** وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۲- اثر سطوح مختلف آبیاری و ترکیبات ضدتعرق بر میزان تعرق روزنه‌ای، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و دی‌اکسیدکربن اتاقک روزنه

صفات	تعرق روزنه‌ای (میلی‌مول/متر مربع در ثانیه)	فتوسنتز (میکرومول/متر مربع در ثانیه)	هدایت روزنه‌ای (میلی‌مول/متر مربع در ثانیه)	دی‌اکسیدکربن اتاقک روزنه (میلی‌مول/متر مربع در ثانیه)
آبیاری				
۵۰۰ میلی‌لیتر در ۲۴ ساعت	۹/۲۴a	۲۴/۴۸a	۳۳/۹۹ab	۱۵/۱۲a
۳۷۵ میلی‌لیتر در ۲۴ ساعت	۷/۹۸b	۲۴/۲۷a	۳۵/۹۲a	۱۶/۸۷a
۲۵۰ میلی‌لیتر در ۲۴ ساعت	۵/۸۴c	۱۷/۳۰b	۳۰/۰۵b	۱۱/۵۴b
ترکیبات ضدتعرق				
شاهد	۹/۷۷a	۱۷/۰۶ab	۳۰/۳۷ab	۱۹/۸۸a
کیتوزان ۱/۵٪	۵/۴۶e	۲۱/۴۴ab	۲۳/۵۹d	۱۲/۰۶b
کیتوزان ۱٪	۵/۷۸e	۲۶/۴۱a	۲۸/۶۴bc	۱۴/۶۹ab
کیتوزان ۰/۵٪	۶/۵۳de	۲۶/۶۸a	۲۶/۵۱cd	۱۶/۳۰ab
موسیلاژ اسفرزه ۱/۵٪	۷/۴cd	۱۶/۲۷b	۴۳/۱۲a	۱۳/۳۸ab
موسیلاژ اسفرزه ۱٪	۸/۲۴bc	۲۳/۳۸ab	۴۱/۹۲ab	۱۲/۸۸ab
موسیلاژ اسفرزه ۰/۵٪	۸/۷۹ab	۲۲/۷۴ab	۳۷/۸۱ab	۱۳/۳۵ab
موسیلاژ بارهنگ ۱/۵٪	۷/۹۳bc	۲۲/۵۳ab	۴۰/۴۹ab	۱۵/۰۰ab
موسیلاژ بارهنگ ۱٪	۸/۲۳bc	۲۲/۷۵ab	۳۰/۴۸ab	۱۲/۸۷ab
موسیلاژ بارهنگ ۰/۵٪	۸/۷۵ab	۲۰/۸۹ab	۳۰/۲۸ab	۱۴/۶۹ab

تنش ملایم رطوبتی اختلال کمتری در جذب دی‌اکسیدکربن داشت و بدین سبب این گیاهان نسبت به گیاهان قرار گرفته در تنش شدید میزان فتوسنتز بیشتری را داشتند. شواهد بسیار زیادی بر این نکته دلالت دارد که کاهش فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای و به طبع آن تعرق به طور مستقیم به سبب کاهش میزان آب در دسترس گیاه می‌باشد (۳۵). در مورد علت کاهش میزان فتوسنتز گیاه بر اثر کاهش میزان آب در دسترس آن در شرایط تنش محیطی سه فرضیه عنوان شده است. اولین فرضیه با توجه به تحقیقات انجام شده توسط لاولر و کورنیک (۳۰) مطرح شد. آنها گزارش نمودند که کاهش میزان آب در دسترس گیاه موجب کاهش میزان هدایت روزنه‌ای و به سبب آن کاهش میزان دی‌اکسیدکربن درون روزنه‌ای شده است. پس در نتیجه میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد و این بدین سبب است که: فتوسنتز= هدایت روزنه‌ای. دومین فرضیه مطرح شده در مورد کاهش فراهمی دی‌اکسیدکربن مورد نیاز برای آنزیم روبیسکو[1]- که به عنوان یک آنزیم کلیدی در مسیر فتوسنتزی محسوب میشود- به سبب کاهش فضای بین سلولی در برگ‌ها به سبب پلاسیده و چروکیده شدن برگ‌ها. سومین فرضیه توسط پاراکاش و راماچاندران (۴۲) مطرح شده است. آن‌ها یکی از عوامل اصلی دخیل در کاهش میزان فتوسنتز را کاهش محتوای کلروفیل گیاهان قرار گرفته در شرایط تنش خشکی سخت می‌دانند.

افزایش میزان فتوسنتز در ترکیبات موسیلاژی به کار برده شده را احتمالا می‌توان به افزایش ضخامت کوتیکولی سطح برگ و کاهش از دست دهی آب و افزایش میزان رطوبت نسبی برگ و شادابی برگ نسبت داد. غلظت ۱/۵ درصد کیتوزان به سبب اثرات نسبتا شدیدتر در کاهش هدایت روزنه‌ای میزان فتوسنتز کمتری را نسبت به غلظت‌های دیگر به کار برده شده به خود اختصاص داد. میزان فتوسنتز در گیاهان تیمارشده با کیتوزان در شرایط آبیاری کامل نسبت به گیاهان قرار گرفته در تنش، کمتر اندازه‌گیری شد. به نظر می‌رسد که این کاهش در میزان فتوسنتز علارقم قرارگیری گیاه در شرایط مطلوب به سبب تاثیر کیتوزان بر کاهش میزان تبادلات گازی گیاه باشد. روزنه‌ها به منظور انجام عملیات فتوسنتز دو عملیات را در کنار یکدیگر انجام می‌دهند که یکی دفع آب و دیگری جذب دی-اکسیدکربن است. جذب اولیه دی‌اکسیدکربن به دلیل گشودگی در روزنه‌ها همراه با خروج آب می‌باشد، پس هرچه خروج آب محدود شود (در سطوح بالای ترکیبات ضدتعرق) میزان جذب دی‌اکسیدکربن کاهش می‌یابد (۱۳). از آنجایی که روزنه‌ها به عنوان کانال‌های ورودی دی‌اکسیدکربن و خروجی آب عمل می‌کنند بسته شدن آن‌ها موجب اثر مستقیم برروی فتوسنتز گیاهان می‌شود. بر همین اساس با کاربرد ترکیبات ضدتعرقی که موجب بسته شدن روزنه‌ها می‌شوند به مراتب میزان فتوسنتز را نسبت به مواد ضدتعرقی انعکاس دهنده و پوشاننده تغییر می‌دهند (۳۹). مفتاح و الحومايد (۳۶)، پاراکاش و راماچاندران (۴۱)، گلن و همکاران (۲۲)، تورکسکی و همکاران (۴۹) به نتایج مشابهی در خصوص کاربرد ترکیبات ضدتعرق دست یافتند و همگی گزارش نمودند که با کاربرد ترکیبات ضدتعرق با هر مکانیزم عملی که داشته باشد، به سبب بهبود شرایط گیاهان قرار گرفته در تنش و افزایش هدایت روزنه‌ای، میزان فتوسنتز در گیاهان بهبود بخشیده می‌شود.

معنی‌دار شدن اثرات متقابل سطوح آبیاری و ترکیبات ضدتعرق گواهی بر وابستگی میزان فتوسنتز با شرایط محیطی و عوامل موثر برآن می باشد. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می نماییم، تیمار کیتوزان (در غلظت‌های بالا) تاثیر بیشتری را بر میزان فتوسنتز در سطوح دوم و سوم آبیاری نسبت به سطح اول آبیاری (شاهد) داشت. داونپرت و همکاران (۱۴) در تحقیق خود بر روی برخی از ترکیبات ضدتعرق به این مطلب اشاره نمودند که استفاده از ترکیبات ضدتعرق در شرایط آبیاری مطلوب موجب کاهش در فرآیند رشدی و فتوسنتزی گیاه می‌شود که به سبب اثر سوء این ترکیبات در فرآیند ورود و خروج گازها در گیاه می‌باشد (۱۴). در شرایط تنش آبی سخت (سطح سوم آبیاری) ترکیب ضدتعرق کیتوزان در سطح ۱ درصد بیشترین تاثیر را بر روی میزان فتوسنتز درگیاه گذاشت. در تنش متوسط (سطح دوم آبیاری) نیز بازهم ترکیب ضدتعرق کیتوزان در سطح ۱ درصد به همراه موسیلاژ بارهنگ در سطح ۱ درصد بیشترین تاثیر را بر فتوسنتز داشتند. در بین ترکیبات موسیلاژی به کاربرده شده در این آزمایش اختلاف و تغییرات بسیار زیادی را بین نوع و غلظت ترکیبات به کاربرده شده مشاهده نمودیم.

هدایت روزنه‌ای

میزان هدایت روزنه‌ای اندازه‌گیری شده بین سطوح مختلف آبیاری، اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($P\leq ۰/۰۵$) (جدول ۱). بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای در سطح دوم آبیاری (۳۵/۹۲ میلی‌مول/مترمربع در ثانیه) و کمترین میزان آن در سطح سوم آبیاری (۳۰/۰۵ میلی‌مول/متر مربع در ثانیه) مشاهده گردید. نکته حائز اهمیت در این اندازه‌گیری عدم مشاهده اختلاف معنی‌دار بین سطح اول و دوم آبیاری بود (جدول ۲). اثر تیمارهای ضدتعرق بر میزان هدایت روزنه‌ای بسیار معنی‌داری بود ($P\leq ۰/۰۱$) (جدول ۱). کمترین و بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای به ترتیب در تیمار کیتوزان در سطح ۱/۵ درصد (۲۳/۵۸ میلی‌مول/متر مربع در ثانیه) و تیمار موسیلاژ اسفرزه در سطح ۱/۵ درصد (۴۳/۱۲ میلی‌مول/متر مربع در ثانیه) بدست آمد (جدول ۲). با انجام مقایسات بین سطوح مختلف آبیاری و ترکیبات ضدتعرق مشخص شد که اثر متقابل بسیار معنی‌داری وجود

1- Rubisco enzyme

دارد (P≤۰/۰۱) (جدول ۱). بیشترین میزان هدایت روزنه‌ای (۵۴/۶۳ میلی‌مول/متر مربع در ثانیه) در غلظت ۰/۵ درصد موسیلاژ اسفرزه و سطح دوم آبیاری و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای (۱۷/۸۳ میلی‌مول/متر مربع در ثانیه) در غلظت ۰/۵ درصد موسیلاژ بارهنگ و سطح سوم آبیاری مشاهده شد (شکل ۱).

شواهد زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد کاهش در هدایت روزنه‌ای برگ در زمان کاهش پتانسیل آب، تا رسیدن به یک حد بحرانی از پتانسیل آب مشاهده نمی‌شود این بدین معناست که در تنش‌های متوسط خشکی میزان هدایت روزنه‌ای تغییرات چندانی را نسبت به تیمار شاهد آبیاری نشان نمی‌دهد (۴۸). کاهش میزان هدایت روزنه‌ای در سطح سوم آبیاری به سبب بروز مکانیزم‌های مقاومتی گیاه نسبت به بسته نگه داشتن روزنه‌ها در شرایط خشکی می‌باشد. باز شدن روزنه‌ها نتیجه افزایش پتانسیل فشاری سلول‌های محافظ روزنه نسبت به سلول‌های اطراف آن می‌باشد. این آماس عکس العمل‌های گیاه نسبت به محرک‌های محیطی است که بعضی مواقع این محرک، ورود یون‌های پتاسیم می‌باشد که بر تنظیم فشار اسمزی اثر می‌گذارد. نور، پایین بودن غلظت دی‌اکسیدکربن و اسید آبسزیک و آب کافی از جمله عواملی هستند که ورود یون پتاسیم را به داخل سلول‌های روزنه تحریک می‌نمایند. بنابراین تنش آب می‌تواند اندازه شکاف روزنه‌ها را کاهش داده و ممکن است این عمل را از طریق اسید آبسزیک انجام دهد (۲۰). شواچتمن و گودگر (۴۴) در تحقیق خود مشخص نمودند که با افزایش سطح خشکی در گیاهان، میزان اسید آبسزیک بیشتری در ریشه تولید شده که با انتقال به اندام هوایی، میزان هدایت روزنه‌ای در این گیاهان کاهش می‌یابد. تیمار کیتوزان نسبت به سایر ترکیبات موسیلاژی میزان هدایت روزنه‌ای را به نسبت بیشتری کاهش داد. بیتلی و همکاران (۷)، در تحقیق خود بر روی ترکیب کیتوزان به این نتیجه رسیدند که گیاهان برگی تیمار شده با ترکیب کیتوزان، میزان هدایت روزنه‌ای پایین‌تری را نسبت به نمونه‌های شاهد داشتند و از این طریق موجب افزایش بهره‌وری مصرف آب در گیاهان می‌شود. نکته بسیار حائز اهمیت در این آزمایش بیشتر بودن میزان هدایت روزنه‌ای ترکیبات موسیلاژی نسبت به کیتوزان و حتی نمونه‌شاهد بود. این مطلب تاکیدی بر روی متفاوت بودن مکانیزم اثر مقاومتی این ترکیبات در مقایسه با ترکیب کیتوزان است. میزان گشودگی روزنه‌ای به بسیاری از عوامل محیطی و فیزیولوژیکی پیرامون گیاه نظیر: دمای محیط، وضعیت آبی گیاه، شرایط جوی و میزان فتوسنتز و دی‌اکسیدکربن موجود در فضای زیرروزنه‌ای وابسته می‌باشد (۱۸).

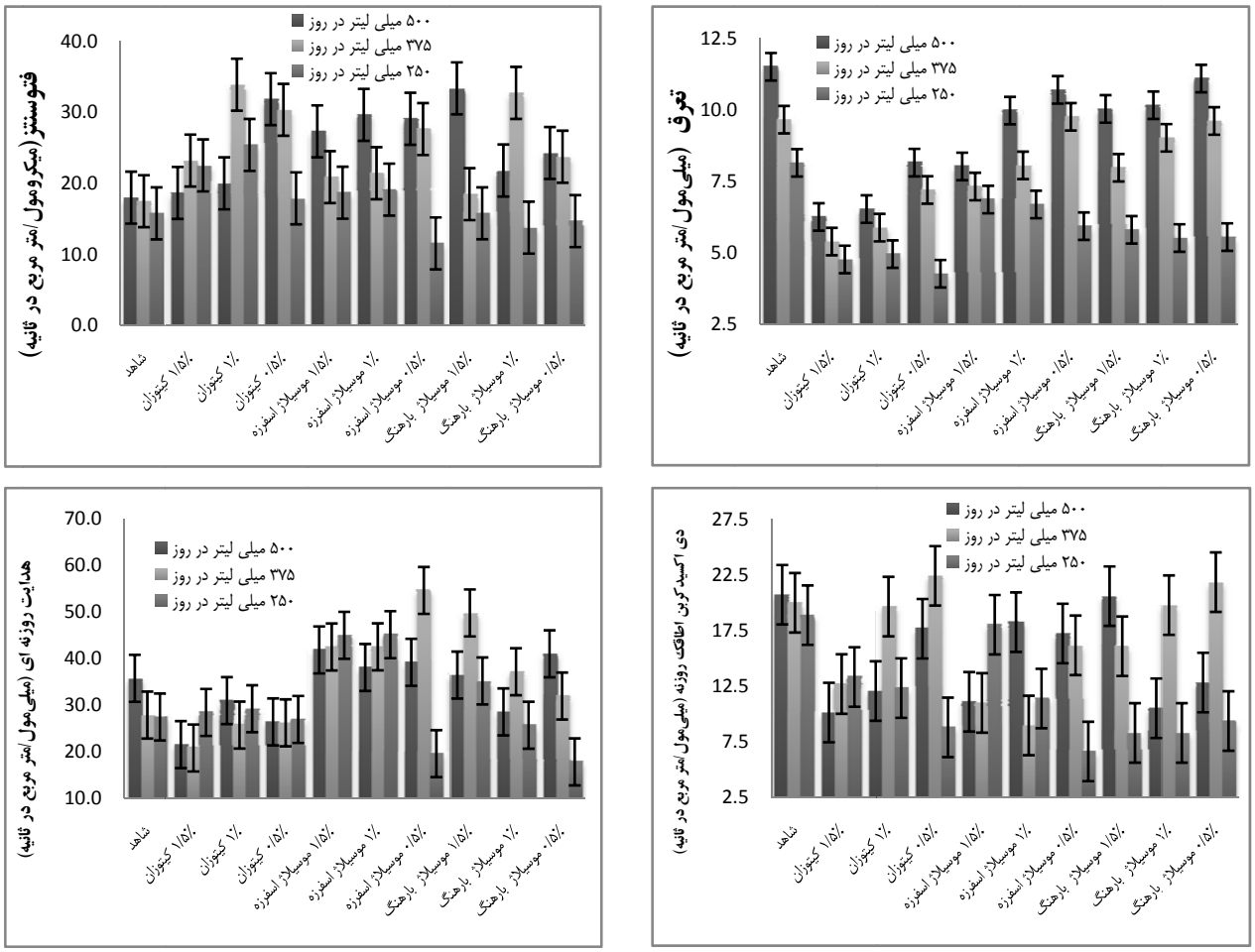
با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و ترکیبات ضدتعرق می توان نتیجه گرفت که کاربرد ترکیبات ضدتعرق کاملا وابسته به وضعیت آبی گیاه می باشد. نکته قابل توجه در این مقایسات این است که میزان هدایت روزنه‌ای اندازه گیری شده در بین سطوح مختلف آبیاری بسیار متغیر بود و کاملا وابسته به نوع غلظت ترکیب ضدتعرق مورد استفاده بود. به طور میانگین ترکیبات موسیلاژی به کاربرده شده در این آزمایش میزان هدایت روزنه‌ای بیشتری را نسبت به ترکیب کیتوزان به کار برده شد داشتند. پاتیل و راجات (۳۹) در بررسی خود بر روی برخی از ترکیبات ضدتعرق به این نتیجه رسیدند که برخی از ترکیبات ضدتعرق بسته به نوع عملکردشان اثرات متفاوتی را نسبت به سایر ترکیبات ضدتعرق بر میزان هدایت روزنه‌ای برگ‌ها داشتند و وضعیت آبی گیاه نیز عامل بسیار مهمی است.

دی‌اکسیدکربن اتاقک روزنه‌ای

اندازه‌گیری اختلاف غلظت دی‌اکسیدکربن در اتاقک روزنه‌ای و فضای بیرون نشان داد که سطح اول آبیاری (۱۵/۱۱ میلی‌مول/مترمربع در ثانیه) و سطح دوم آبیاری (۱۶/۸۷ میلی‌مول/مترمربع در ثانیه) اختلاف معنی‌داری را نسبت به سطح سوم آبیاری (۱۱/۵۳ میلی‌مول/مترمربع در ثانیه) داشت (P≤۰/۰۱) (جدول ۱و۲). مقایسه انجام گرفته بین ترکیبات ضدتعرق حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین این ترکیبات بود. این در حالی است که اثر متقابل تیمار سطح آبیاری و ترکیبات ضدتعرق در سطح بسیار بالایی معنی‌داری بود (P≤۰/۰۱) (جدول ۱). بیشترین اختلاف غلظت دی‌اکسیدکربن اتاقک روزنه‌ای مربوط به ترکیب کیتوزان (۰/۵ درصد) و سطح دوم آبیاری (۲۲/۴۳ میلی‌مول/مترمربع در ثانیه) و کمترین میزان در موسیلاژ اسفرزه (۰/۵ درصد) و سطح سوم آبیاری (۶/۶۳ میلی‌مول/مترمربع در ثانیه) بود (شکل ۱).

غلظت دی‌اکسیدکربن و فتوسنتز در فضای روزنه‌ای به طور مستقیم وابسته به میزان گشودگی و میزان تعرق صورت گرفته از روزنه‌ها می‌باشد. این دو عامل به طور کاملاً مستقیم به وسیله غلظت آبسزیک اسید در بافت مورد نظر کنترل می‌شود (۴۴). با افزایش سطح تنش خشکی در گیاهان میزان آبسزیک اسید سنتز شده به منظور کاهش از دست دهی و افزایش مصرف بهینه آب افزایش می‌یابد. بدین سبب میزان تبادلات روزنه‌ای کاهش یافته و موجب تقلیل غلظت دی‌اکسیدکربن در اتاقک روزنه‌ای می‌گردد (۴۰).

معنی دار شدن اثر متقابل غلظت دی اکسید کربن اتاقک روزنه‌ای بین سطوح مختلف آبیاری و ترکیبات ضدتعرق و همچنین معنی‌دار نبودن آن بین سطوح مختلف ترکیبات ضدتعرق حاکی از اثر معنی‌دار ترکیبات ضدتعرق بدون توجه به نوع و غلظت آن بین سطوح آبیاری در میزان دی اکسیدکربن اتاقک روزنه‌ای می‌باشد. ترکیبات ضدتعرق باعث کاهش تعرق و هدایت روزنه‌ای در گیاهان بکاربرده شده می‌گردند و در این بین ترکیباتی موفق‌تر می باشند که بهترین وضعیت را از نظر میزان دی اکسیدکربن اتاقک روزنه‌ای برای گیاه ایجاد بنمایند.



شکل ۱- اثر متقابل تیمارهای آبیاری و ترکیبات ضدتعرق بر میزان فتوسنتز، تعرق روزنه‌ای، هدایت روزنه‌ای و اختلاف غلظت دی‌اکسیدکربن اتاقک روزنه‌ای گیاه ریحان. بارهای عمودی نشان دهنده خطای استاندارد می‌باشند.

به نظر می رسد این ترکیبات در سطح متوسط آبیاری نسبت به سطح پایین آبیاری بسیار موثرتر و کارآمدتر در کاهش تعرق و کاهش اثرات زیان بار ناشی از کاهش دی اکسیدکربن اتاقک روزنه‌ای عمل می‌نمایند و در این بین ترکیب کیتوزان در غلظت ۰/۵ درصد بسیار کارآمدتر بوده.

دمای سطح برگ

با اندازه‌گیری دمای سطح برگ در طول روز مشخص شد که اختلاف معنی‌داری بین دمای سطح برگ اندازه‌گیری شده در ساعت ۹ صبح (دمای محیط ۳۰/۵ درجه سانتی‌گراد) در سطوح مختلف آبیاری وجود داشت (شکل ۲). بیشترین و کمترین میزان دمای سطح برگ به ترتیب مربوط به سطح سوم آبیاری (تیمار تنشی سخت) با دمای ۳۷/۸ درجه سانتی‌گراد و سطح اول آبیاری (تیمار شاهد) با دمای ۳۳ درجه سانتی‌گراد بود. دمای سطح برگ اندازه‌گیری شده در ساعت ۱۲ ظهر (دمای محیط ۳۶ درجه سانتی‌گراد) اختلاف معنی‌داری را بین سطوح مختلف آبیاری نشان داد، که بیشترین دما مربوط به سطح دوم آبیاری (تیمار تنشی متوسط) با دمای ۳۷/۷ درجه سانتی‌گراد و تیمار شاهد با دمای ۳۶/۲ درجه سانتی‌گراد بود. هم‌چنین این اختلاف میانگین دما سطح برگ، بین سطوح مختلف آبیاری در ساعت ۱۶ بعدازظهر نیز مشاهده شد که بیشترین دما مربوط به سطح سوم آبیاری با دمای ۴۱/۴ درجه سانتی‌گراد و سطح اول آبیاری با دمای ۳۵/۸ درجه سانتی‌گراد بود. مقایسه میانگین دمای سطح برگ گیاهان تیمار شده با مواد ضدتعرق در ساعت ۹ صبح اختلاف معنی‌داری را بین تیمارها نشان نداد. با گذشت زمان و افزایش دمای محیط، در ساعت ۱۲ ظهر اختلاف نسبتا معنی‌داری بین این تیمارهای ضدتعرق مشاهده شد که در بین این تیمارها، تیمار ۱ درصد کیتوزان

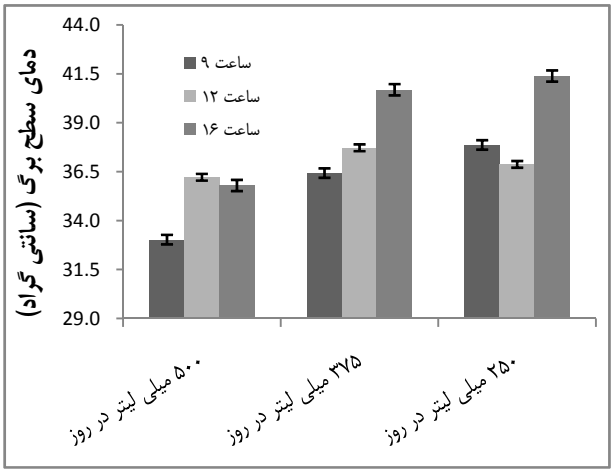
بیشترین اختلاف را با تیمار شاهد نشان داد و در پایین ترین سطح دمایی قرار گرفت. دمای اندازه‌گیری شده در ساعت ۱۶ نیز بین سطوح ترکیبات ضدتعرق اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

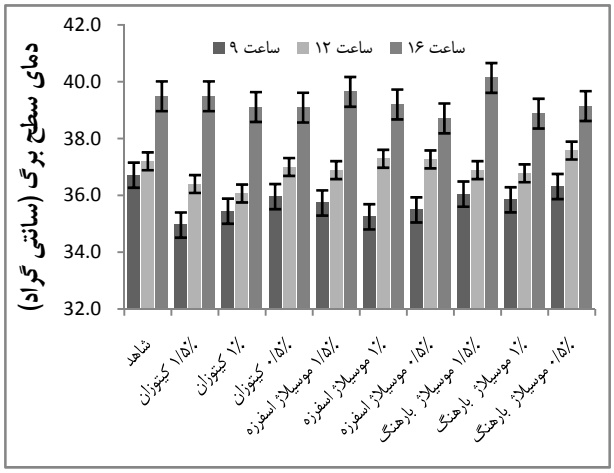
مشاهده شد که با کاهش سطح آبیاری در گیاهان، میزان دمای سطح برگ اندازه‌گیری شده افزایش یافت. در تحقیقات انجام شده برروی عوامل موثر در تغییرات دمای سطح برگ مشخص شده است که بین دمای سطح برگ و تعرق صورت گرفته از سطح برگ ارتباط مستقیم وجود دارد. هر چه میزان تبادلات گازی صورت گرفته از سطح برگ افزایش یابد، میزان دمای سطح برگ کاهش بیشتری پیدا می‌کند (۳۴). همچنین به این دلیل تغییرات دمای سطح برگ به طور نسبتا شدیدی وابسته به وضعیت آبی گیاه و میزان گشودگی روزنه‌ها می‌باشد، قرارگیری گیاه در شرایط تنش رطوبتی، دمای سطح برگ را به سبب کاهش گشودگی روزنه‌ای و کاهش میزان تبادلات گازی افزایش می‌دهد (۶). نکته جالبی که در مورد دمای سطح برگ سطوح مختلف ترکیبات ضدتعرق مشاهده شد، پایین بودن دمای سطح برگ برخی از تیمارها نسبت به تیمار شاهد بود. احتمالا این اختلاف دمایی را می‌توان به افزایش میزان آب نسبی برگ و کاهش جذب انرژی نورانی خورشید به سبب افزایش بازتابش آن نسبت داد (۳۵). لودویگ و همکاران (۳۲) در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که با کاربرد ترکیبات ضدتعرق، میزان دمای سطح برگ نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش می‌یابد. ترکیبات ضدتعرق با ایجاد هماهنگی بین میزان گشودگی روزنه‌ای و میزان تبادلات گازی (۳۲) خصوصاً در سطوح مختلف آبیاری (۳۶) بر میزان دمای سطح برگ تاثیر می‌گذارند.

وزن تر و خشک برگ و ساقه

وزن تر اندام‌های هوایی (برگ و ساقه و کل) گیاهان مورد آزمایش به شدت تحت تاثیر آبیاری قرارگرفت (P≤۰/۰۱). وزن خشک برگ و ساقه نیز همین اختلاف را نشان داد و بین سطوح مختلف آبیاری اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (P≤۰/۰۱) (جدول-۳). بیشترین میزان وزن تر برگ و ساقه و کل مربوط به سطح اول آبیاری (به ترتیب ۴۶/۶۳، ۳۵/۳۵ و ۹۰/۲۲ گرم) و کمترین میزان وزن تر برگ و ساقه و کل مربوط به سطح سوم آبیاری (به ترتیب ۲۶/۰۸، ۱۱/۹۳ و ۴۷/۲۵ گرم) بود. هم‌چنین بیشترین وزن خشک برگ و ساقه و کل مربوط به سطح اول آبیاری (به ترتیب ۶/۷۴، ۷/۳۸ و ۱۴/۲۷ گرم) و کمترین میزان آن مربوط به سطح سوم آبیاری (به ترتیب ۴/۰۳، ۳/۶۷ و ۷/۸۷ گرم) بود (جدول ۴). با مقایسه میانگین وزن تر برگ و ساقه و کل بین ترکیبات ضدتعرق مورد استفاده، اختلاف معنی‌داری (به ترتیب P≤۰/۰۱، P≤۰/۰۵ و P≤۰/۰۵) مشاهده شد (جدول ۳). اثر ترکیبات ضدتعرق بر وزن خشک ساقه و کل معنی‌دار نبود ولی اثر آن بر وزن خشک برگ معنی‌دار بود (P≤۰/۰۱) (جدول ۳). بیشترین میزان وزن تر برگ، ساقه و کل اندازه گیری شده به ترتیب مربوط به غلظت ۱ درصد کیتوزان (۳۷/۲۸ گرم)، شاهد (بدون اسپری) (۲۴/۵۹ گرم) و غلظت ۱ درصد کیتوزان (۶۹/۶۹ گرم) بود. کمترین میزان وزن تر برگ، ساقه و کل نیز به ترتیب در تیمار غلظت ۰/۵ درصد موسیلاژ بارهنگ (۲۹/۱۲ گرم)؛ غلظت ۱/۵ درصدموسیلاژ بارهنگ (۱۷/۹۹ گرم) و غلظت ۰/۵ درصد موسیلاژ بارهنگ (۵۷/۱۰ گرم) مشاهده شد. بیشترین و کمترین وزن خشک برگ نیز به ترتیب در غلظت ۱ درصد کیتوزان (۵/۶ گرم) و ۰/۵ درصد موسیلاژ بارهنگ (۴/۱۲ گرم) مشاهده شد (جدول ۴).

با کاهش سطح آبیاری و افزایش سطح تنش یک روند نزولی در تولید ماده خشک برگ و ساقه مشاهده شد. این نتایج با نتایج به دست آمده توسط کاظمی سعید (۴)، سینگ و همکاران (۴۶)، لباسچی و شریفی عاشورآبادی (۵) و امیدبیگی و محمودی سورستانی (۱) مطابقت داشت.





شکل ۲- روند تغییرات دمای سطح برگ گیاه ریحان در ساعات مختلف روز در سطوح مختلف آبیاری و ترکیبات ضدتعرق. بارهای عمودی نشان دهنده خطای استاندارد می‌باشند.

تنش خشکی یکی از مهمترین عوامل محیطی تنظیم‌کننده رشد و توسعه گیاه و محدودکننده تولید آن می‌باشد (۲۴). خشکی به شدت میزان تولید ماده خشک را با کاهش در میزان فتوسنتز و تبادلات گازی براثر کاهش گشودگی روزنه‌ای تقلیل می‌دهد. یکی از اولین نشانه‌های بروز تنش محیطی در گیاه کاهش گشودگی و بسته شدن روزنه‌ها می‌باشد که به شدت میزان فتوسنتز را به سبب کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن از طریق روزنه‌ها کاهش می‌دهد (۱۱ و ۱۹). اردکانی و همکاران (۱) کاهش وزن خشک گیاه در شرایط تنش خشکی را نتیجه نهایی کاهش فتوسنتز می‌دانند. آن‌ها کاهش سطح فتوسنتز کننده، کاهش تولید کلروفیل، افزایش انرژی مصرفی گیاه جهت جذب آب و بالابردن غلظت شیره‌سلولی و تغییر در مسیرهای تنفسی و فعال شدن مسیرپنتوزفسفات را در این افزایش دخیل می‌دانند.

ترکیبات ضدتعرق مورد استفاده در این آزمایش اثرات بسیار متفاوتی را نسبت به تیمار شاهد به نمایش گذاشتند. سطوح ۰/۵ و ۱ درصد کیتوزان میزان وزن خشک و تر نمونه‌های تیمار شده را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند این درحالی بود که تیمار ۱/۵ درصد کیتوزان میزان وزن و خشک و ترگیاهان را نسبت به تیمار شاهد کاهش داد. ترکیب موسیلاژ بارهنگ نیز در کلیه غلظت‌ها وزن تر و خشک کل گیاه را نسبت به تیمار شاهد کاهش داد و این درحالی بود که فقط غلظت ۱/۵ درصد موسیلاژ اسفرزه میزان وزن تر و خشک را نسبت به تیمار شاهد کاهش داد.

جدول ۳- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس وزن تر و خشک برگ، ساقه و کل در سطوح مختلف آبیاری و ترکیبات ضدتعرق.

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر (گرم)			وزن خشک (گرم)		
		برگ	ساقه	کل	برگ	ساقه	کل
آبیاری	۲	۷۸۳۷/۸۴ **	۹۱۱۰/۸۶ **	۳۲۰۲۸/۶ **	۱۴۱/۳۱ **	۲۱۶/۹۸ **	۷۰۵/۳۶ **
ترکیبات ضدتعرق	۹	۵۴۴/۸۷ **	۴۵۷/۶۸ *	۱۳۵۶/۲ *	۱۴/۶۴ **	۳۶/۹۱ ns	۴۶/۳۹ ns
آبیاری×ضدتعرق	۱۸	۴۱۵/۴۸ ns	۲۷۳/۳۱ ns	۹۵۱/۱۵ ns	۱۰/۴۲ ns	۱۷/۲۹ ns	۲۳/۷۶ ns
خطا	۶۰	۱۲۴۲/۸۷	۱۳۴۹/۱۷	۳۸۱۴/۲۶	۳۲/۳۲	۱۳۹/۱۷	۱۶۵/۸۶

* وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار

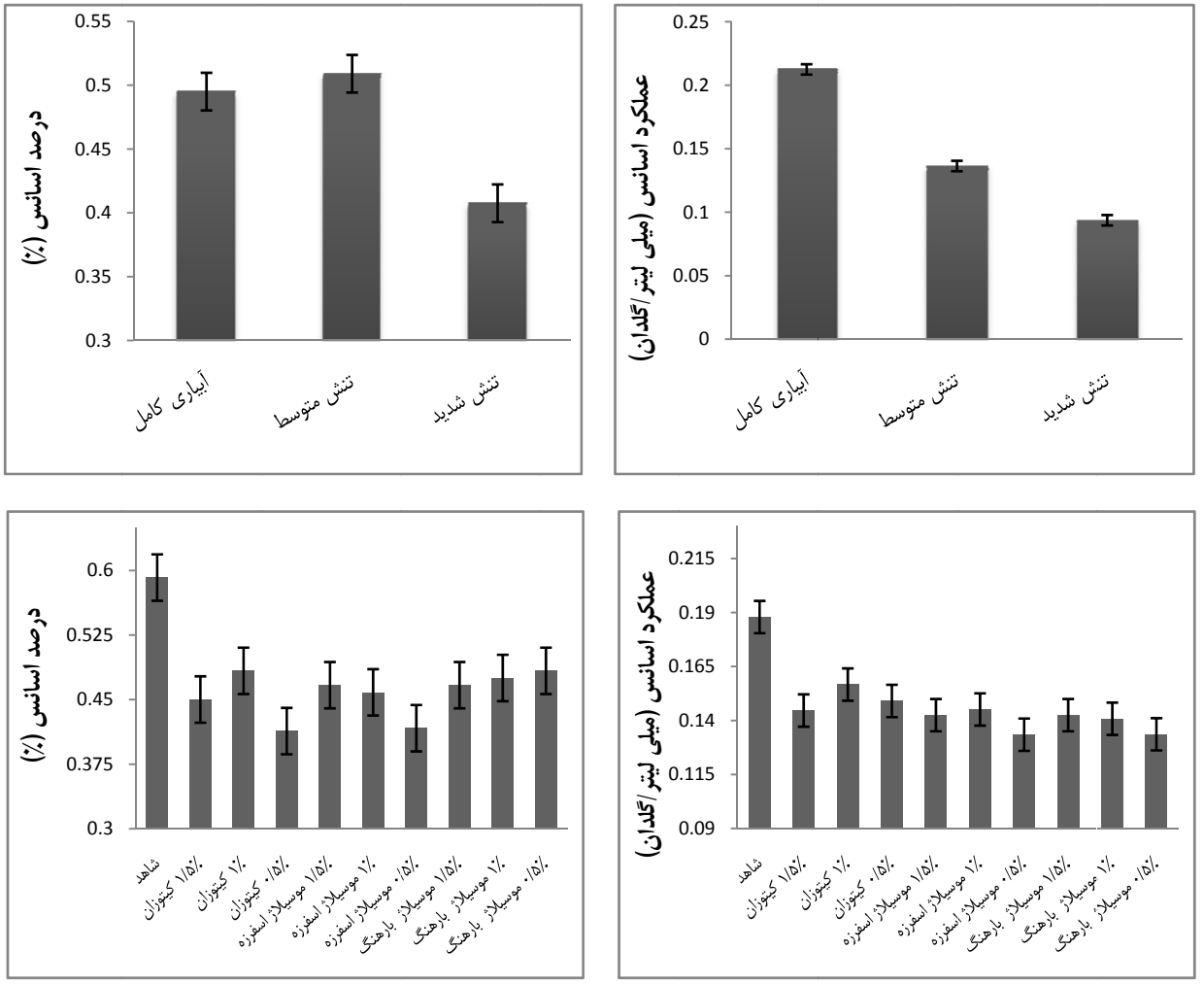
جدول ٤- اثر سطوح مختلف آبیاری و ترکیبات ضدتعرق بر وزن تر و خشک برگ، ساقه و کل گیاه ریحان.

صفات	وزن تر (گرم)			وزن خشک (گرم)		
	برگ	ساقه	کل	برگ	ساقه	کل
آبیاری						
۵۰۰ میلی‌لیتر در ۲۴ ساعت	۴۶/۶۳a	۳۵/۳۵a	۸۱/۹۷a	۶/۷۴a	۷/۳۸a	۱۴/۲۷a
۳۷۵ میلی‌لیتر در ۲۴ ساعت	۲۷/۶۷b	۱۶/۹۹b	۴۴/۶۶b	۴/۱۳b	۴/۸۱b	۸/۹۵b
۲۵۰ میلی‌لیتر در ۲۴ ساعت	۲۶/۰۸b	۱۱/۹۳c	۳۸/۰۱c	۴/۰۳b	۳/۶۷c	۷/۸۷c
ترکیبات ضدتعرق						
شاهد	۳۱/۲۹cd	۲۴/۵۹a	۵۵/۸۸ab	۵/۰۳ab	۶/۱۰ab	۱۰/۵۵ab
کیتوزان ۱/۵٪	۳۰/۵۹de	۲۱/۴۲ab	۵۲/۰۲bc	۴/۴۵bc	۵/۹۴abc	۱۰/۳۸ab
کیتوزان ۱٪	۳۷/۲۸a	۲۳/۳۹a	۶۰/۶۷a	۵/۶۰a	۵/۳۶ab	۱۰/۷۲ab
کیتوزان ۰/۵٪	۳۵/۲۹ab	۲۳/۹۶a	۵۹/۲۵ab	۴/۹۲ab	۶/۳۳a	۱۱/۷۱a
موسیلاژ اسفرزه ۱/۵٪	۳۳/۲۱ab	۲۱/۰۶ab	۵۴/۲۶bc	۵/۰۳ab	۵/۵۳ab	۱۰/۶۷ab
موسیلاژ اسفرزه ۱٪	۴۳/۶۸ab	۲۳/۲۸a	۵۷/۹۶ab	۵/۰۲ab	۵/۱۲ab	۱۰/۲۸ab
موسیلاژ اسفرزه ۰/۵٪	۳۶/۳۳ab	۲۱/۱۸ab	۵۷/۵۱ab	۵/۳۹a	۴/۸۱bc	۱۰/۶۹ab
موسیلاژ بارهنگ ۱/۵٪	۳۴/۱۳ab	۱۷/۹۹b	۵۲/۱۲bc	۵/۱۷a	۴/۴۵d	۱۲/۲۲ab
موسیلاژ بارهنگ ۱٪	۳۲/۶۷bc	۱۸/۶۶b	۵۱/۳۳bc	۴/۹۳ab	۴/۶۱cd	۱۰/۵۴bc
موسیلاژ بارهنگ ۰/۵٪	۲۹/۱۲e	۱۸/۶۹b	۴۷/۸۱c	۴/۱۲c	۴/۶۲cd	۸/۸۶c

نکته بسیار حائز اهمیت در این اندازه‌گیری‌ها وجود اختلاف معنی‌دار وزن ترکل گیاهان و عدم وجود اختلاف معنی‌دار وزن خشک کل در سطوح مختلف این ترکیبات بود. این نکته دلالت بر این مطلب دارد که ترکیبات ضدتعرق بر گنجایش و وضعیت آبی گیاه تاثیر می‌گذارند. تیمار کیتوزان در غلظت‌های ۰/۵ و ۱ درصد میزان وزن تر گیاه را نسبت به نمونه شاهد افزایش داد ولی در تیمار ۱/۵ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. این افزایش وزن تر را می‌توان به کاهش میزان تعرق صورت گرفته از سطح گیاه نسبت داد. بیتلی و همکاران (۷) در تحقیقی بر روی گیاه فلفل با کاربرد ترکیبات کیتوزان در غلظت‌های ۱ درصد و بالاتر اختلاف معنی‌داری در وزن خشک و تر گیاه فلفل مشاهده نکردند ولی در غلظت‌های پایین‌تر از ۱ درصد اختلاف معنی‌داری را مشاهده نمودند. داونپورت و همکاران (۱۴) در تحقیقی برروی ترکیبات ضد تعرق به این مطلب اشاره نمودند که برخی از ترکیبات ضدتعرق به سبب جلوگیری از خروج آب از بافت‌ها و بدین سبب جلوگیری از فعالیت برخی از عوامل تخریب کنندگی فتوسنتز، میزان تولید ماده را نسبت به شرایط شاهد افزایش می‌دهند.

درصد اسانس و عملکرد اسانس

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود درصد و عملکرد اسانس به شدت تحت تاثیر سطح آبیاری قرار گرفت. بیشترین درصد اسانس در سطح دوم آبیاری (۰/۵۱ درصد) و کمترین میزان آن در سطح سوم آبیاری (۰/۴۱ درصد) مشاهده شد. هم‌چنین بیشترین میزان عملکرد اسانس در سطوح مختلف آبیاری نیز مربوط به سطح اول آبیاری با ۰/۲۱ میلی‌لیتر و کمترین میزان نیز در سطح سوم آبیاری با ۰/۹۳میلی‌لیتر مشاهده شد. اندازه‌گیری اختلاف میانگین درصد و عملکرد اسانس بین سطوح مختلف ترکیبات ضدتعرق اختلاف معنی‌داری را نشان داد (به ترتیب $P\leq ۰/۰۵$ و $P\leq ۰/۰۱$).



شکل ۳- روند تغییرات درصد و عملکرد اسانس گیاه ریحان در سطوح مختلف آبیاری و ترکیبات ضدتعرق. بارهای عمودی نشان دهنده خطای استاندارد می‌باشند.

از نظر درصد اسانس بیشترین میزان در تیمار شاهد مشاهد شد (۰/۶ درصد) و این در حالی بود که بین سطوح مختلف ترکیبات ضدتعرق اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. همانطور که مشاهده می‌شود (جدول ۲) ترکیبات ضدتعرق میزان اسانس تولیدی را در گیاه ریحان نسبت به نمونه شاهد کاهش دادند. هم‌چنین بیشترین عملکرد اسانس نیز در تیمار شاهد (۰/۱۹ میلی‌لیتر در گلدان) و کمترین میزان در غلظت ۰/۵ درصد موسیلاژ اسفرزه (۰/۱۳ میلی‌لیتر در گلدان) مشاهده شد.

همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش سطح تنش تا سطح متوسط (سطح دوم آبیاری) درصد اسانس در پیکره رویشی گیاه نسبت به تیمار شاهد آبیاری افزایش یافت ولی با افزایش سطح تنش این میزان کاهش یافت. افزایش درصد اسانس با افزایش سطح تنش آبی توسط یاسن و همکاران (۵۰)، امیدبیگی و همکاران (۲)، خالید (۲۹) و اکران و همکاران (۱۶) گزارش شد. میزان اسانس تولیدی در گیاه به عوامل مختلفی وابسته است که به‌طور پیوسته به وسیله عوامل محیطی تحت تاثیر قرار می‌گیرد (۲۹). چارلز و سیمون (۸) گزارش نمودند که در دو گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) و نعناع (*Mentha piperita*) بالا بودن تراکم غده‌های مترشحه اسانس در اثر کاهش سطح برگ ناشی از تنش، باعثتجمع بیشتر اسانس می‌شود. در این آزمایش نیز شاید به‌توان درصد بالای اسانس را در تیمار تنش متوسط (سطح دوم آبیاری) به کاهش سطح برگ و متعاقب آن افزایش آن افزایش تراکم غده‌های ترشح کننده اسانس مربوط دانست. از آنجایی‌که گیاه ریحان بیشترین میزان اسانس خود را در مرحله گلدهی کامل دارا می‌باشد (۳۸) می‌توان کاهش میزان اسانس در سطوح بالای تنش را به رشد ضعیف رویشی و کاهش گل‌دهی گیاهان نسبت داد. کاهش عملکرد اسانس با افزایش سطح تنش خشکی را نیز می‌توان با کاهش رشد رویشی و عملکرد ماده خشک ماده خشک مربوط دانست. اثرات نامناسب تنش آبی کاهش عملکرد اسانس و یا به عبارتی اثرات مساعد رطوبتی بالای خاک در افزایش عملکرد اسانس توسط رفّت و صالح (۴۳) در آویشن (*Thymus vulgaris*)، و سولیناس و دیانا (۴۷) در رزماری (*Rosmarinus officinalis*) گزارش شده است. در بین ترکیبات ضدتعرق بیشترین عملکرد اسانس مربوط به غلظت ۱ درصد کیتوزان (۱۵۰ میلی‌لیتر) بود. این اختلاف در عملکرد اسانس را می‌توان به افزایش عملکرد ماده خشک تولیدی در این غلظت نسبت به سایر غلظت‌ها و ترکیبات ضدتعرق دانست.

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق مشاهده شد که ترکیبات ضدتعرق منجر به تغییرات معنی‌داری در کلیه صفات مورد بررسی نسبت به نمونه شاهد شدند که این حاکی از اثربخشی این ترکیبات طبیعی می‌باشد. با توجه به ماهیت طبیعی و داشتن مزایایی از جمله ایمن و ارزان بودن به سبب فراوان بودن منابع اولیه آن، و زیست تجزیه پذیر بودن این ترکیبات در مقایسه با ترکیبات ضدتعرق شیمیایی متداول که به منظور کاهش سطح تعرقی و افزایش مقاومت به خشکی گیاه استفاده می‌شوند می‌توانند جایگزین مناسبی برای این ترکیبات شیمیایی باشند. اما تجاری نمودن این ترکیبات برای مصرف گسترده خصوصا در مورد ترکیبات موسیلاژی، نیاز به آزمایشات تکمیلی در این خصوص دارد.

منابع

۱- اردکانی م.ر.، عباس زاده ب.، شریفی عاشورآبادی ا.، لباسچی م.ح. و پاک نژاد ف. ۱۳۸۶. بررسی اثر کمبود آب بر کمیت و کیفیت گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.). فصلنامه گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد۲۳(۲):۲۵۱-۲۶۱.

۲- امیدبیگی ر. ۱۳۷۹. رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد ۳. انتشارات به نشر. مشهد.

۳- امیدبیگی ر. و محمودی سورستانی م. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر برخی صفات مرفولوژی، میزان و عملکرد اسانس گیاه گل مکزیکی *Agastache foeniculum* [Pursh] Kuntze. مجله علوم باغبانی ایران، ۴۱(۲):۱۵۳-۱۶۱.

۴- کاظمی سعید ف. ۱۳۸۱. بررسی اثر تنش خشکی و کود نیتروژن بر رشد، مواد معدنی و اسانس *Cuminum cyminum*. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.

۵- لباسچی م. و شریفی عاشورآبادی ا. ۱۳۸۱. شاخص‌های رشد برخی گونه‌های گیاهان دارویی در شرایط مختلف تنش خشکی، فصلنامه پژوهشی تحقیقات دارویی و معطر ایران، ۲۰(۳):۲۶۱-۲۴۹.

6- Bajons P., Klinger G. and Schlosser V. 2005. Determination of stomatal conductance by means of infrared thermography. Journal of Infrared Physics & Technology, 46:429-439.

7- Bittelli M., Flury M., Campbell G.S., and Nichols E.J. 2000. Reduction of transpiration through foliar application of chitosan. Jornal of Agricultural and Forest Meteorology, 107:167-175.

8- Charles D.J., and Simon J.E. 1990. Effects of osmotic stress on the essential oil content and composition of

peppermint. Journal of Phytochemistry. 29:2837-2840.
9- Chavan S.R., and Nikam S.T. 1982. Mosquito larvicidal activity of *Ocimum basilicum* Linn. Indian Journal of Medical Research, 75:220-222.
10- Chen H.P. and Xu L.L. 2005. Isolation and characterization of a novel chitosan–binding protein from non-heading chinese cabbage leaves. Journal of Integrative Plant Biology, 47(4):452-456.
11- Cornic G. 2000. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture-not by affecting ATP synthesis. Trends in Plant Science, 5(5):187-188.
12- Darrah H.H. 1998. The cultivated Basil. Buckeye Printing Co. United States.
13- Davenport D.C. 1967. Effects of chemical antitranspirants on transpiration and growth of grass. Journal of Experimental Botany, 18:332-347.
14- Davenport D.C., Hagan R.M., and Martin P.E. 1969. Antitranspirant . . . Uses and effects on plant life. California Agriculture, 23(5):14-16.
15- Deshpande R.S., and Tipnis H.P. 1997. Insecticidal activity of *Ocimum basilicum* L. Pesticides, 11(5):11-12.
16- Ekren S., Sonmez C., Ozcakal E., Kurtta Y.S.K., Bayram E. and Gurgulu H. 2012. The effect of different irrigation water levels on yield and quality characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). Agricalture Water Management, 109:155-161.
17- Faoro, F., Sant S., Iriti M., Maffi D., and Appiano A. 2001. Chitosan-elicited resistanceto plant viruses: a histochemical and cytochemical study. In: Muzzarelli, R.R.A. (Ed.), Chitin Enzymology. ATEC, Italy.
18- Farquhar G.D. and Sharkey T.D. 1982. Stomatal Conductance and Photosynthesis. Annual Review of Plant Physiology, 33:317-345.
19- Flexas J., Escalona J.M., Evain S., Gulias, J., Moya I., Osmond C.B., and Medrano H. 2002. Steady-state chlorophyll fluorescence (Fs) measurements as a tool to follow variations of net CO2 assimilation and stomatal conductance during water-stress in C3 plants. Journal of Physiologia Plantarum,114(2):231-240.
20- Gardner B.R., Pearce R.B. and Mitchel R.L. 1985. Physiology of crop plants. Iowa State University Press, United States.
21- Gawish R. 1992. Effect of antitranspirants application on snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under different irrigation regimes. Minufiya Journal of Agriculture Research, 17:1309-1325.
22- Glenn D.M., Erez A., Puterka G.J., and Gundrum P. 2003. Particle films affect carbon assimilation and yield in "Empire" apple. Journal of the American Society for Horticultural Science, 128(3):356-362.
23- Grill E. and Ziegler H. 1998. A plants dilemma. Science, 282:252-253.
24- Guerfel M., Beis A., Zotos T., Boujnah D., Zarrouk M., and Patakas A. 2009. Differences in abscisic acid concentration in roots and leaves of two young Olive (*Olea europaea* L.) cultivars in response to water deficit. ACTA Phisiology of Plant, 31:825-831.
25- Iriti M., Sironi M., Gomarasca S., Casazza A.P., Soave C. and Faoro F. 2006. Cell death mediated antiviral activity of chitosan. Journal of plant physiology and biochemistry, 44:893-900.
26- Iriti M. and Faoro F. 2007. Review of innate and specific immunity in plants and animals. Mycopathologia, 164:57-64.
27- Iriti M., Picchi V., Rossonia M., Gomarasca S. Ludwig, N., Gargano M., and Faoro F. 2009. Chitosan antitranspirant activity is due to abscisic acid-dependentstomatal closure. Journal of Environmental and Experimental Botany, 66: 493-500.
28- Jones H.G. 1997. Stomatal control of photosynthesis and transpiration. Journal of Experimental Botany, 49:387-398.
29- Khalid K.A. 2006. Influence of water stress on growth, essential oil and chemical composition of herbs (*Ocimum* sp.). International Agrophysiology, 20(4):289-296.
30- Lawlor D.W., and Cornic G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficit in higher plants. Plant, Cell & Environment, 25(2):275-294.
31- Lee S., Choi H., Suh S., Doo I.S., Oh K.Y., Choi E.J., Taylor S.A.T., Low P.S. and Lee Y. 1999. Oligogalacturonic acid and chitosan reduce stomatal aperture byinducingthe evolution of reaction oxygen species from guard cells of tomato and *Commelina communis*. Journal of Plant Physiology, 121:147-152.
32- Ludwig N., Cabrini R., Faoro F., Gargano M., Gomarasca S., Iriti M., Picchi V., and Soave C. 2010. Reduction of evaporative flux in bean leaves due to chitosan treatment assessed by infrared thermography. Journal of Infrared Physics & Technology, 53:65-70.
33- Mehta C.R., and Mehta T.P. 1943. Chemical examination of *Ocimum canum* Sims. Current Science, 12:300-301.
34- Milazzo M., Ludwig N. and Redaelli V.2002. Evaluation of evaporation flux inbuilding materials by infrared thermography, p. 150-155. In: 6th International Conference on Quantitative Infrared Thermography. 2002. Quantitative InfraRed Thermography Conference, Dubrovnik, Croatia.
35- Moftah A.E. 1997. The response of soybean plants, grown under different water regimes, to antitranspirant applications. Annual Journal of Agriculture Science, 35:263-292.
36- Moftah A.E. and Alhumaid A.I. 2005. Effect of antitranspirants on water relations and photosynthetic rate of cultivated tropical plant (*Polianthes tuberose* L.). Polish Journal of Ecology, 53(2):165-175.

37- Muzzarelli R.A.A. 1977. Chitin. Pergamon Press, Oxford. England.
38- Omidbaigi R., Hassani A. and Sefidkon F. 2003. Essential oil content and composition of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) at different irrigation regimes. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 6(2):104-108.
39- Patil B.B. and Rajat D. 1976. Influence of antitranspirants on rapeseed (*Brassica campestris*) plants under water-stressed and nonstressed conditions. Journal of Plant Physiology, 57:941-943.
40- Pospisilova J., Vagner M., Malbeck J., Travnickova A. and Batkova P. 2005. Interactions between abscisic acid and cytokinins during water stress and subsequent rehydration. Biologia Plantarum, 49:533-540.
41- Prakash M. and Ramachandran K. 2000. Effects of chemical ameliorants in brinjal (*Solanumme longena* L.) under moisture stress conditions. Journal of Agronomy and Crop Science, 185:237-239.
42- Prakash M., and Ramachandran K. 2000. Effects of moisture stress and antitranspirants on leaf chlorophyll. Journal of Agronomy and Crop Science, 184:153-156.
43- Reffat A.M., and Saleh M.M. 1997. The combined effect of irrigation intervals and foliar nutrition on sweet basil plants. Bulletin of Faculty of Agriculture University of Cairo, 48:515-527.
44- Schachtman D.P., and Goodger G.Q.D. 2008. Chemical root to shoot signalling underdrought. Trends Plant Science, 13:281-287.
45- Simon J.E., Quinn J. and Murray R.G. 1990. Basil: a source of essential oils. In: Janick, J. and Simon, J.E. (Eds.). Advanced in new crops. p. 484-489. Timber press, Portland.
46- Singh S., Singh A., Singh V., Singh M., and Singh K. 2000. Studies on the frequency and time of irrigation application on herb and oil yield of palmarosa (*Cymbopogon martini* Stapf var. motia). Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences, 22:491-493.
47- Solinas V., and Deiana S. 1996. Effect of water and nutritional conditions onthe *Rosmarinus officinalis* L. phenolic fraction and essential oil yields. Rivista Italian Eppos, 19:189-198.
48- Teare I.D., and Peet M.M. 1983. Crop-water relations. Wiley, New York.
49- Tworkoski T.J., Glenn D.M., and Puterka G.J. 2002. Response of bean to application of hydrophobic mineral particles. Canadian Journal of Plant Science 82:217–219.
50- Yassen M., Ram P., Anju Y. and Singh K. 2003. Response of Indian basil (*Ocimum basilicum* L.) to irrigation and nitrogen schedule in Central Uttar Pradesh. Annual Journal of Plant Physiology, 17(2):177-181.
51- Yordanov I., Tsonev T., Velikova V., Georgieva K., Ivanov P., Tsenov N. and Petrova T. 2001. Changes in CO_2 assililation, transpiration and stomatal resistance of different wheat cultivars under field conditions. Bulgarian Journal of Plant Physiology, 27(3-4):20-33.