فصلنامه (علمی – پژوهشی)

زیست شناسی تکوینی

سال سیزدهم، شماره ۲، بهار ۱۴۰۰ ص. ۵۸-۴۷

مقاله پژوهشی

بررسي تأثير يک سويه از باکتری *Azosprillium* بر تغييرات اسانس گياه دارويی ريحان (*Ocimum basilicum* L.) تحت تأثير تنش خشکی

رضا دهقانی بیدگلی

گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه کاشان

*Email: dehghanir@kashanu.ac.ir

تاریخ دریافت: خرداد ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۴۰۰

چکیده

شناخت عوامل محیطی، نقش مهمی در موفقیت کشت گیاهان دارويي دارد در این میان باکتری‌های محرک رشد از طریق تأثيِر بر چرخه‌های بیوسنتز، باعث تغییر محصولات و فرآورده‌های گیاهی می‌شوند .به منظور بررسی رشد و تغیرات اسانس گیاه دارویی ریحان تحت تأثیر تنش خشکی، و همچنین به منظور بررسی کاهش اثرات تنش در همزیستی با یک سویه از باکتری *Azosprillium* تحقیقی در سال ۱۳۹۷ بر اساس یک آزمایش گلدانی در یک گلخانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوك‌هاي كامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارها شامل باکتری محرک رشد در دو سطح تلقیح و عدم تلقیح و تنش خشکی در پنج سطح شاهد (ظرفیت زراعی)، ۲۰ درصد ظرفیت زراعی، ۴۰ درصد ظرفیت زراعی، ۶۰ درصد ظرفیت زراعی و۸۰ درصد ظرفیت زراعی بودند. صفاتی از قبیل ارتفاع بوته، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی، و همچنین درصد اسانس و آنالیِز آن بوسیله دستگاه GC/MS و عملکرد اسانس اندازه‌گیري شدند. نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی میزان رشد و عملکرد در گیاه ریحان کاهش یافت. اما تلقیح گیاهان با باکتری محرک رشد باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه در شرایط تنش خشکی شد.. بیشترین میزان وزن تر و خشک اندام هوایی در گیاهان تلقیح شده با باکتری و تیمار آبیاری در حد ظرفیت زراعی، و کمترین میزان این صفات در گیاهان غیر تلقیح شده با باکتری و تیمار ۲۰درصد ظرفیت زراعی حاصل شد که این صفات، به ترتیب به میزان ۵۰ و ۷۰ درصد نسبت به گیاهان تلقیح شده با باکتری و آبیاری در حد ظرفیت زراعی کاهش یافت. همچنین بالاترین درصد اسانس ریحان در گیاهان تلقیح شده با باکتری و تیمار ۴۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد در مورد عملکرد در تیمار شاهد بیشترین عملکرد اسانس مشاهده گردید و تاثیری از باکتری مورد استفاده مشاهده نگردید. استفاده از باکتری‌های محرک رشد می تواند باعث بهبود تولیدات گیاهان دارویی در تنش‌هاي محیطی از جمله تنش خشکی شده و اثرات این تنش را تا حد زیادی ترمیم نماید.

کلیدواژه‌ها: تنش خشکی، اسانس، باکتری محرک رشد، ریحان، GC/MS .

مقدمه

برخلاف ديگر محصولات زراعي، كيفيت مواد تشكيل دهنده گياهان دارويي در مقايسه با كميت آن‌ها به مراتب مهم‌تر مي‌باشد. لذا جهت رسيدن به حداكثر كيفيت، علم و آگاهي از عوامل موثر بر رشد و نمو گياهان دارويي بسيار حائز اهميت است. شناخت عوامل محيطي، مهمي در موفقيت كشت گياهان دارويي دارد [۳و۲]. از جمله عوامل موثر بر رشد و نمو و توليد مواد موثر گياهان دارويي و معطر ميزان آب در دسترس گياه می باشد. كه كمبود آن بيشتر از ساير نهاده‌ها بر كاهش توليد اثر مي‌گذارد. با وجودي كه در مورد اثر تنش آبي برمحصولات زراعي تحقيقات وسيع و جامعي انجام گرفته اما رفتار گياهان دارويي در چنين شرايطي به خوبي مطالعه نشده است [۱۵و۴]. براي فهم و درک موجوديت و ادامه حيات گياهان دارويي در نواحي خشک و نيمه خشک كه بخش وسيعي از كشور ما را نيز در بر گرفته است تحقيقات گسترده بر روي گياهان با ارزش دارويي و اعمال تيمارهای مختلف نياز مي‌باشد [۲۱و۶]. اخيرا كاربرد باكتري آزوسپريليوم به دليل توان تثبيت ازت مولكولي به صورت همياری با گياهان و همچنين توليد هورمون‌هاي محرک رشد به عنوان يک كود بيولوژيک در كشاورزی مورد توجه قرار گرفته است. اين باكتري علاوه بر پتانسيل قابل توجهي كه براي بهبود رشد گياهان ميزبان از خود نشان داده است، به دلايل ديگري مانند طيف وسيع گياهان ميزبان، تنوع گونه‌ای و تعديل اثرات تنش‌های محيطي مورد توجه قرار گرفته است. آزوسپريليوم علاوه بر قابليت تثبيت نيتروژن با توليد مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ريشه و متعاقب آن افزايش سرعت جذب آب و عناصر غذايي گرديده و از اين طريق در افزايش عملكرد تاثيرگذار مي‌باشد [۶و۴]. گزارشات موفقي از كاربرد اين كود زيستي در مقابله با تنش كم‌آبي در گياهان موجود مي‌باشد [۱۱و۱۰]. همچنين از آن‌جا كه رويكرد جهاني در توليد گياهان دارويي به سمت بهبود كميت و كيفيت ماده موثره مي‌باشد، بنابراين به نظر مي‌رسد كه تغذيه سالم گياهان از طريق كاربرد كودهاي بيولوژيک داراي بيشترين تطابق با اهداف توليد گياهان دارويي باشد و منجر به بهبود عملكرد كمي و كيفي آنها شود.

از انواع كودهاي بيولوژيک كه امروزه كاربرد فراوانی در سيستم‌هاي كشاورزي پايدار به منظور دستيابی به افزايش كيفيت و پايداری عملكرد محصولات زراعی و باغی به ويژه در گياهان دارويی دارند، مي‌توان به باكتری محرک رشد اشاره كرد. باكتری‌های محرک رشد به عنوان يكی از مفيدترين ميكروارگانيسم‌هاي خاك، داراي رابطه همزيستی با ريشه اغلب گياهان هستند و از طريق جذب عناصر غذايی از جمله فسفر و عناصر كم مصرف، افزايش جذب آب، توليد هورمون‌های گياهی، افزايش مقاومت در برابر عوامل بيماري‌زا و كاهش اثرات منفی ناشی از تنش‌های محيطی از جمله تنش فلزات سنگين، سبب بهبود رشد و عملكرد كمی و كيفی گياهان به ويژه در گياهان دارويی می‌شوند [۹و۸].

يكی از مواردی كه می‌تواند باعث افزايش مقاومت گياهان در برابر تنش‌های گوناگون گردد باكتری محرک رشد می‌باشد. باكتری‌های محرک رشد تحمل گياهان را در محدوده وسيعی از استرس‌های محيطی از قبيل: خشكی، شوری و گرما افزايش داده‌اند. رشد و توليد روغن‌های ضروری گياهان دارويی می‌تواند تحت تأثير استفاده از مواد تنظيم‌كننده رشد گياهی قرار بگيرد [۲۲و۷].

باكتری‌های جنس Azospirillum كه گرم منفی، هوازی و آزادزی در خاک هستند نيز قادرند ريشه‌های بسياری از محصولات مهم اقتصادی از جمله گندم، برنج و ذرت را كلونيزه كنند و موجب افزايش رشد اين قبيل محصولات شوند [۱۷].

Azospirillum ريزوباكتری محرک رشد گياه (PGPR) و دارای خواص مفيدی برای گياهان است كه از آن جمله می‌توان به تثبيت ازت، توليد ACC deaminase، هورمون‌های گياهی و ساير تنظيم كننده های رشد گياه مانند اكسين، سيتوكينين، جيبرلين، اسيدآبسيزيک و نيتريک اكسيد و قابليت كنترل بيمارگرهای گياهی اشاره كرد [۱۳و۱۹]. برخی از مكانيسم‌هايی كه توسط اين باكتری برای كاهش خسارت بيمارگرها به كار می‌رود، شامل رقابت محيطی و جايگزينی با بيمارگر، ممانعت از جوانه زنی بذور علف‌های هرز، افزايش عمومی مقاومت گياه به آلودگی‌های پاتوژن و امكان ممانعت از رشد قارچ‌ها با توليد مواد سمی ميكروبی

است. این باکتری یک باکتری آزادزی افزاینده رشد گیاه است که رشد و محصول تعداد زیادی از گونه‌های گیاهی را تحت تأثیر قرار داده و اثرات اکولوژیکی و اقتصادی زیادی دارد. گونه هاي معروف این جنس *A.amazonense*, *A.brasilense*, *A.doebereinerae*, *A.largimobile*, *A.halopraeferense*, *A.irakense* مي‌باشند. آزوسپیریلوم‌ها در سراسر جهان منتشر شده تعداد زيادي از آن در ریزوسفر خاك در ارتباط با ساقه، ریشه و برگ‌های گیاهان مختلف وجود دارند [۱۷].

ریحان با نام علمی (*Ocimum basilicum* L.) به طور گسترده ای در نواحي گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان پراکنده شده است. گیاهان این جنس یکساله و چندساله بوده و سهولت دگرگرده افشاني در جنس Ocimum باعث بوجود آمدن زیرگونه‌ها، واریته‌ها و فرم‌های متعددی در آن شده است و به همین دلیل تنوع بالایی در این جنس از نظر مورفولوژی و ترکیبهای شیمیایي فعال وجود دارد [۱۷]. اسانس ذخیره شده در کرک‌های سپری شکل موجود در سطح برگ و ساقه این گیاه حاوی مواد زیستي فعالي مانند اوژنول، اکالیپتول، متیلاوژنول، متیلکاویکول، ژرانیول، ژرانیال، لینالول و کارواکرول است که دارای خواص متعددی برای ارتقاء سلامت و جلوگیری از بیماری‌ها مي‌باشند.

ترکیب‌های مذکور در صنایع مختلف آرایشي-بهداشتي، غذایي و داروسازی مورد استفاده قرار مي‌گیرند. مطالعات مختلف انجام شده بر روی گیاه ریحان نشان داده است که با توجه به نوع رقم یا توده و همچنین محل کشت شرایط آب و هوایي ممکن است تغییراتي در عملکرد و ترکیب‌های اسانس ایجاد شود که در برخي موارد این تغییرات مثبت بوده و مي‌توان از آن‌ها استفاده های تجاری نمود. با توجه به موارد گفته شده این تحقیق در نظر دارد نقش کود زیستي آزوسپریلیوم را بر گیاه دارویي ریحان تحت تنش خشکي بررسي کند.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۷ بر اساس یک آزمایش گلدانی در یک گلخانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوك‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل باکتری *Azospirillum oryzae* NBT506 در دو سطح تلقیح و عدم تلقیح تنش تنش خشکی در پنج سطح شاهد(ظرفیت زراعی)، ۲۰ درصد ظرفیت زراعی، ۴۰ درصد ظرفیت زراعی، ۶۰ درصد ظرفیت زراعی و۸۰ درصد ظرفیت زراعی بودند.

کشت گیاه و اعمال تیمار

جهت اعمال تیمارها ابتدا، بذور گیاه ریحان از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری شد و در گلخانه در بستر ماسه کشت شدند. پس از سبز شدن بذور و بعد از گذشت سه هفته و در مرحله سه برگی تیمارهای آبیاری بر روی آنها اعمال گردید. همزمان با اعمال تمارهای آبیاری، عامل دوم شامل افزودن سویه باکتری محرک رشد در دو سطح شامل شاهد (صفر) و$^{-۱۰}$۱۰مولار بود که به خاک گلدان‌ها اضافه شد. با توجه به نتایج آنالیز خاک گلدان‌ها هیچ‌گونه کود دیگری به گلدان‌ها اضافه نگردید. در طول مدت آزمایش، گلدان‌ها در دمای گلخانه (۳۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد) با سقف پلاستیکی نگهداری شدند (شکل ۱).

شکل ۱- شیوه کشت گونه ریحان در طرح آزمایش

باکتری *A.oryzae* جدایه NBT506 از شرکت فناوری زیستی طبیعت‌گرا (Biorun) تهیه شد. جهت اعمال تیمار باکتری محرک رشد، مقدار 10^{-10} مولار در اطراف ریشه نشاها پخش و روي آن‌ها با خاك پوشانیده شد. در طول عملیات داشت، روزانه دما و نور گلخانه کنترل شد. آبیاري روزانه گلدان‌ها با آب مقطر به صورت وزنی صورت گرفت و رطوبت در حد ظرفیت زراعی براي گلدان‌ها اعمال همچنین در طول این دوره گیاهان از نظر آفات و بیماری‌های گیاهی کنترل شدند. پس از دوره‌ی ۲ ماهه کشت ریحان، اندام هوایی برداشت شدند و پس از انتقال به آزمایشگاه، صفاتی از قبیل ارتفاع بوته، ،تعداد برگ در بوته، سطح برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی، اندازه گیري شدند.

اسانس‌گیري به روش تقطیر با آب

بوته‌هاي تازه برداشت شده جهت تعیین میزان اسانس در سایه و در دماي اتاق خشک شدند. به مقدار ۱۰۰ گرم از گیاه ریحان توزین و خرد شد. گیاه خردشده داخل بالن ۱ لیتري ریخته آب مقطر اضافه گردید. پس از نصب دستگاه کلونجر بر روی بالن، دمای هیتر در ابتدا به گونه‌ای تنظیم گردید که آب درون بالن به نقطه جوش برسد. سپس درجه هیتر به اندازه‌ای پایین آمد که محتویات درون بالن به واسطه فشار بخار زیاد ایجادشده به درون سیستم کلونجر نفوذ پیدا کند. از لحظه شروع به جوش آمدن آب درون بالن، اسانس‌گیری به مدت ۳ تا ۴ ساعت ادامه داشت. سپس میزان اسانس به صورت حجمی وزنی، بر حسب میلی لیتر در گرم گیاه خشک ریحان محاسبه شد.

شرایط دستگاهی کروماتوگرافی گازی- طیف سنجی جرمی

دستگاه گاز کروماتوگرافي استفاده شده از نوع Agilent 6890 با ستون به طول ۳۰ متر، قطر داخلي ۰/۲۵ میلي‌متر و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر از نوع BPX5 بود. برای شناسایی ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس، نمونه که توسط هگزان رقیق شده بود به مقدار ۱ میکرولیتر به دستگاه GC/MS تزریق شد. برنامه دمایي ستون به صورت ذیل تنظیم شد: دماي ابتدایي آون ۵۰ درجه سانتي‌گراد و توقف در این دما به مدت ۵ دقیقه، گرادیان حرارتي ۳ درجه سانتي‌گراد در هر دقیقه، افزایش دما تا ۲۴۰ درجه سانتي‌گراد و سپس با سرعت ۱۵ درجه در هر دقیقه، افزایش دما تا ۳۰۰ درجه سانتي‌گراد و ۳ دقیقه توقف در این دما و زمان پاسخ ۷۵ دقیقه بود. دماي اتاقك تزریق ۲۹۰ درجه سانتي‌گراد به صورت split ۱ به ۳۵ بود و از گاز هلیوم به عنوان گاز حامل با سرعت جریان (فلو) ۰/۵ میلي‌لیتر در دقیقه استفاده شد. طیف‌نگار جرمي مورد استفاده مدل Agilent 5973 با ولتاژ یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت، روش یونیزاسیون EI و دماي منبع یونیزاسیون ۲۲۰ درجه سانتي‌گراد بود. محدوده اسکن گراف‌ها از ۴۰ تا ۵۰۰ تنظیم شد. نرم‌افزار مورد استفاده chemstation بود. شناسایي دقیق‌تر ترکیبات با مقایسه عدد کواتس محاسبه شده پس از تزریق آلکان‌های نرمال و اعداد گزارش شده در منابع، انجام گردید [۱۰].

داده‌هاي حاصل از این تحقیق بر اساس طرح آماري مورد استفاده، با نرم افزار آماري SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵% انجام گرفت. رسم نمودارها و جداول و برخی از محاسبات نیز، با نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس صفات رشدي رزماري در جدول ۱ نشان داده شده است. اغلب صفات رشدی ریحان به طور معنی‌داری تحت تأثیر باکتری محرک رشد و آبیاری قرار گرفتند ($P\leq$۰/۰۱).

ارتفاع بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، ارتفاع بوته در گیاه ریحان به طور معنی داري تحت تأثیر باکتری محرک رشد، تیمارهای آبیاری و اثر متقابل بین آن‌ها قرار گرفت بیشترین ارتفاع بوته در گیاهان تلقیح شده با باکتری و تیمار شاهد آبیاری (آبیاری در حد ظرفیت زراعی) مشاهده شد که به طور معنی‌داري بیشتر از سایر تیمارها بود. ارتفاع بوته در گیاهان تلقیح شده با باکتری و تحت تیمار آبیاری ۲۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی معني‌دار نشد ولی به طور معنی‌داري

بیشتر از گیاهان تلقیح نشده با باکتری و تحت تیمار آبیاری ۲۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بود. همچنین کم‌ترین ارتفاع بوته در گیاهان تلقیح نشده با باکتری و تیمار آبیاری ۸۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد که ۴۰ درصد نسبت به گیاهان تلقیح شده با باکتری و تیمار شاهد آبیاری (ظرفیت زراعی) کاهش پیدا کرد (شکل ۲).

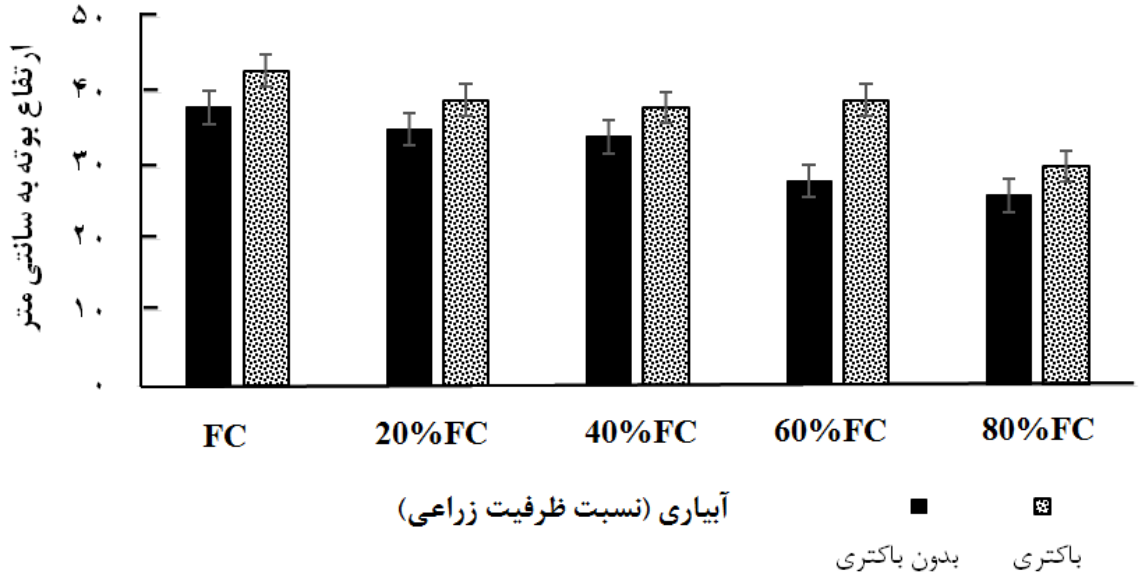
تعداد و سطح برگ

بر اساس نتایج تجزیه و اریانس (جدول ۲) تاثیر باکتری محرک رشد، تیمار آبیاری و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد برگ ریحان معنی‌دار شد ($P\leq ۰/۰۱$).

بیشترین تعداد برگ در گیاهان تلقیح شده با باکتری و تیمار شاهد آبیاری (ظرفیت زراعی) مشاهده شد که به طور معنی‌داري بیشتر از سایر تیمارها بود. تعداد برگ در گیاهان تلقیح شده با باکتری و تحت تیمار ۲۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی، به طور معنی‌داري بیشتر از تلقیح نشده با باکتری و تحت تیمار ۲۰ و ۴۰ درصد پساب بود. همچنین کمترین تعداد برگ در گیاهان تلقیح نشده با باکتری و تحت تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد که به میزان ۱۶۷۰ درصد نسبت به گیاهان تلقیح شده و تیمار شاهد آبیاری کاهش پیدا کرد (شکل ۳).

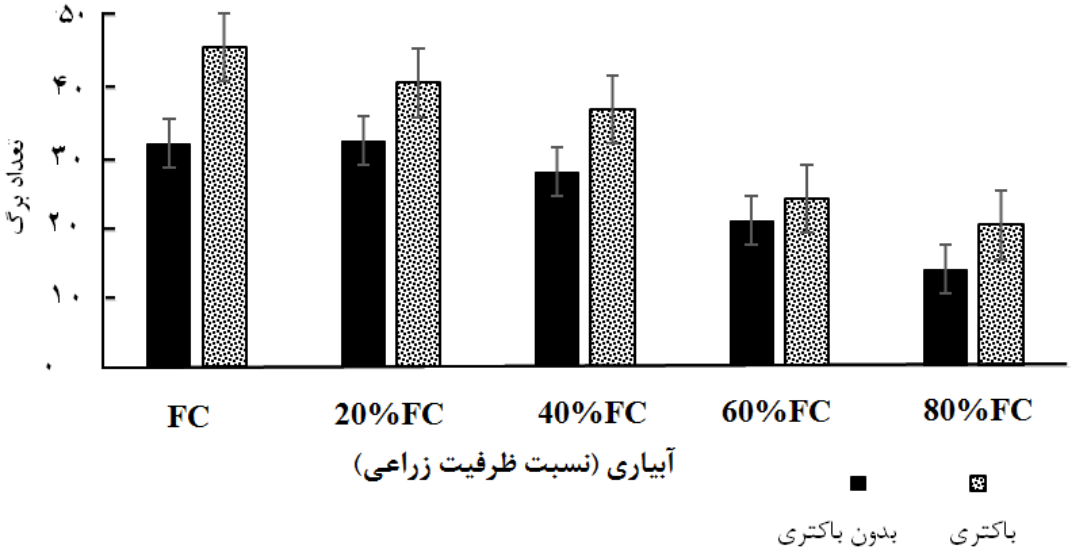
جدول۱- نتایج تجزیه واریانس برخی صفات ارزیابی شده در رزماري تحت تاثیر باکتری محرک رشد و آبیاری با پساب تصفیه شده

منابع تغییر	درجه آزادي	ارتفاع بوته	تعداد برگ در بوته	سطح برگ	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی
تکرار	۳	۲/۶۵۰	۱۸۰/۳۵	۳۶/۴۱۰	۰/۲۴۹	۰/۰۷۳۶
باکتری	۱	۲۵۰/۶۰**	۴۱۳۶۰/۰**	۱۳۱۵۰/۲**	۸۵/۵۳۰**	۲۲/۰۳۳**
آبیاری	۱	۲۱۵/۲۵**	۴۱۵۰۰/۰**	۱۵۷۷۰/۱**	۱۳۵/۳۳۰**	۲۸/۴۴۵**
باکتری* آبیاری	۴	۱۳/۲۲**	۷۵۰/۳۳**	۷۰/۱۲۱*	۲/۷۲۵**	۰/۶۴۰**
خطای آزمایش	۲۰	۰/۵۱۴	۱۲۵/۱۲۰	۲۰/۱۸۵	۰/۲۳۶	۰/۱۱۰**
ضریب تغییرات	-	۲/۳۳	۴/۱۲	۳/۶۳	۴/۳۲	۶/۳۵

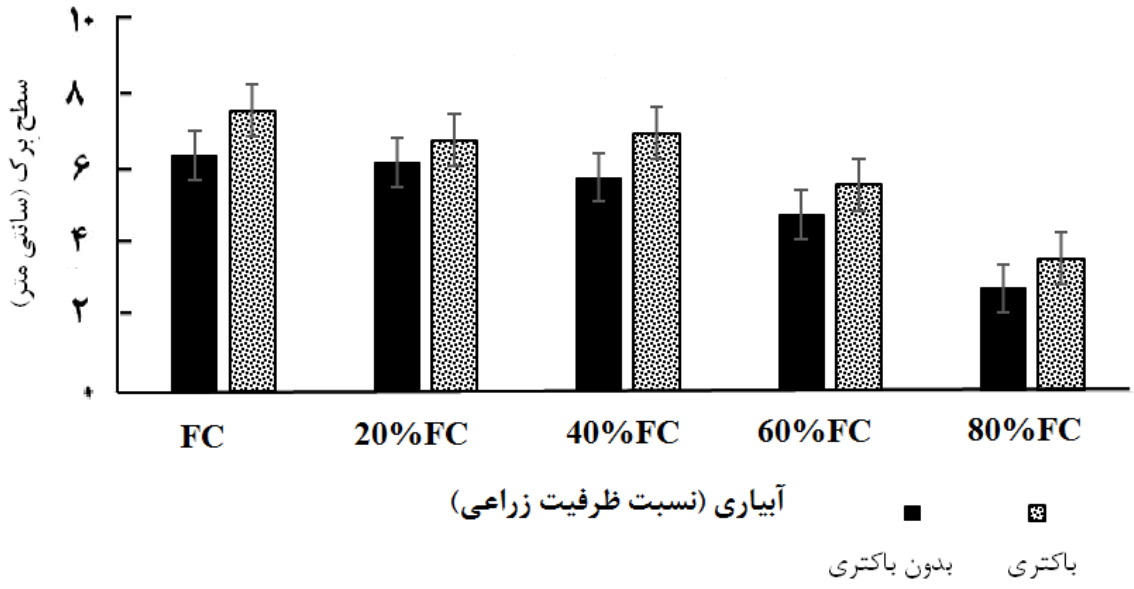


شکل ۲- میانگین ارتفاع بوته ریحان تحت تأثیر باکتری محرک رشد و تیمار آبیاری

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که سطح برگ ریحان به طور معنی‌داري تحت تاثیر باکتری محرک رشد و تیمار آبیاری ($P\leq ۰/۰۱$) و اثر متقابل آنها ($P>۰/۰۵$) قرار گرفت. بیشترین سطح برگ در گیاهان تلقیح شده با باکتری و تیمار شاهد آبیاری (ظرفیت زراعی) مشاهده شد که نسبت به سایر تیمارها به طور معنی‌داری بیشتر بود. کم‌ترین میزان سطح برگ در گیاهان تلقیح نشده با باکتری و تحت تیمار ۸۰ درصدظرفیت زراعی حاصل شد که به میزان ۸۰ درصد نسبت به گیاهان گیاهان تلقیح شده با باکتری و تیمار شاهد آبیاری (ظرفیت زراعی) کاهش یافت. هم چنین میزان سطح برگ در گیاهان گیاهان تلقیح شده با باکتری و تحت تیمار ۲۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی به طورمعنی‌داری بیشتر از گیاهان گیاهان تلقیح نشده با باکتری و تحت تیمار ۲۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی بود. (شکل ۴).



شکل ۳- میانگین تعداد برگ در بوته ریحان تحت باکتری محرک رشد و تیمار آبیاری



شکل شماره ۴- میانگین سطح برگ در بوته ریحان تحت باکتری محرک رشد و تیمار آبیاری

وزن تر و خشک اندام هوایی

همان طور که در جدول ۳ مشاهده می شود، وزن تر و وزن خشک اندام هوایی بوته‌ها به طور معنی‌داری تحت تاثیر باکتری محرک رشد، تیمار آبیاری و اثرات متقابل بین آنها قرار گرفت ($P\leq$۰/۰۱). گیاهان تلقیح شده با باکتری و تیمار شاهد آبیاری (ظرفیت زراعی) دارای بیشترین وزن تر اندام هوایی بودند که به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. وزن تر اندام هوایی درگیاهان تلقیح شده با باکتری و تحت همه تیمارهای آبیاری، به طور معنی‌داري بیشتر از گیاهان تلقیح نشده با باکتری در همان تیمار آبیاری بود. وزن تر اندام هوایی در گیاهان تلقیح شده با باکتری و تحت تیمار ۶۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان تلقیح نشده با باکتری و تحت تیمار ۶۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی بود.

کم‌ترین میزان وزن تر اندام هوایی در گیاهان تلقیح نشده با باکتری و و تحت تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد که به میزان ۷۰ درصد نسبت به تلقیح شده با باکتری و تیمار شاهد آبیاری (ظرفیت زراعی) کاهش پیدا کرد (جدول ۳). همان طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، تلقیح گیاهان با باکتری محرک رشد همراه با آبیاری در حد ظرفیت زراعی، بیشترین وزن خشک اندام هوایی را به دنبال داشت به طوریکه نسبت به گیاهان تلقیح نشده با باکتری در تلفیق با تیمار آبیاری ۸۰ درصد ظرفیت زراعی (کم ترین مقدار وزن خشک اندام هوایی) منجر به ۸۵ درصد افزایش در وزن خشک اندام هوایی رزماري شد. همچنین وزن خشک اندام هوایی رزماري در گیاهان تلقیح شده با باکتری و تحت تیمار ۶۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب ۴۰ و ۲۵ درصد نسبت گیاهان تلقیح نشده با باکتری و تحت تیمار ۶۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی افزایش یافت.

درصد و عملکرد اسانس ریحان

همان گونه که نتایج تجزیه واریانس در جدول ۴ نشان داده شده است، با کتری محرک رشد و تیمارهای آبیاری تاثیر معنی‌داری بر درصد و عملکرد اسانس ریحان داشتند ($P\leq$۰/۰۱).

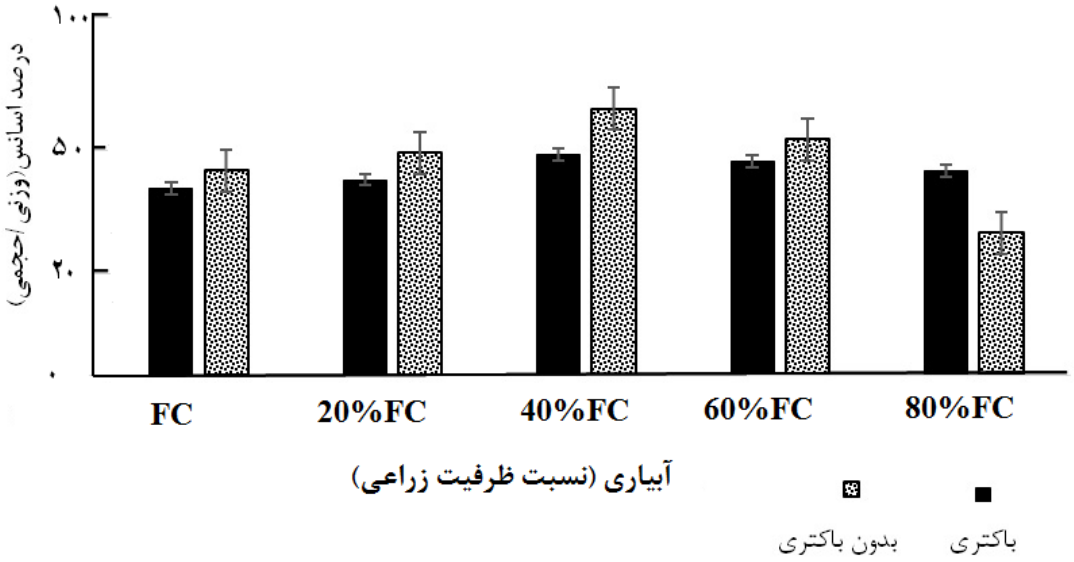
همان طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، بیشترین درصد اسانس ریحان در گیاهان تلقیح نشده با باکتری و تحت تیمار ۴۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد که به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی بر خلاف سایر تیمارهای آبیاری، گیاهان تلقیح شده با باکتری به طور معنی داري داراي درصد اسانس بیشتري نسبت به گیاهان تلقیح نشده با باکتری بودند. کمترین میزان اسانس نیز درگیاهان تلقیح نشده با باکتری تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد.

جدول ۳- میانگین صفات اندازه گیری شده در ریحان تحت تاثیر باکتری محرک رشد و آبیاری

باکتری محرک رشد	آبیاری	وزن تر اندام هوایی(gr)	وزن خشک اندام هوایی(gr)
عدم تلقیح با باکتری	FC	۱۵/۳۵ ^{c}	۶/۶۵ ^{c}
	۲۰	۱۳/۲۰ ^{d}	۵/۷۵ ^{d}
	۴۰	۱۲/۳۶ ^{e}	۵/۲۱ ^{e}
	۶۰	۷/۸۰ ^{g}	۳/۴۵ ^{g}
	۸۰	۴/۹۰ ^{i}	۲/۲۵ ^{h}
تلقیح با باکتری	FC	۲۰/۴۰ ^{a}	۸/۷۰ ^{b}
	۲۰	۱۸/۱۵ ^{b}	۸۰/۵۰ ^{c}
	۴۰	۱۵/۶۰ ^{c}	۶/۸۰ ^{f}
	۶۰	۹/۷۵ ^{f}	۴/۴۲ ^{g}
	۸۰	۷/۶۶ ^{h}	۳/۲۰ ^{c}

جدول ۴- میانگین درصد و عملکرد اسانس در ریحان تحت تاثیر باکتری محرک رشد و تیمار آبیاری

	میانگین مربعات		
منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد اسانس	عملکرد اسانس
تکرار	۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱
باکتری محرک رشد	۱	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۷۳**
آبیاری	۴	۰/۰۱۳۴**	۰/۰۰۱۱۰**
باکتری*آبیاری	۴	۰/۰۸۲۱**	۰/۰۰۰۰۲۰**
خطای آزمایش	۲۷	۰/۰۴۱۸**	۰/۰۰۰۰۱۲**
ضریب تغییرات(%)	-	۴/۳۶	۶/۰۳



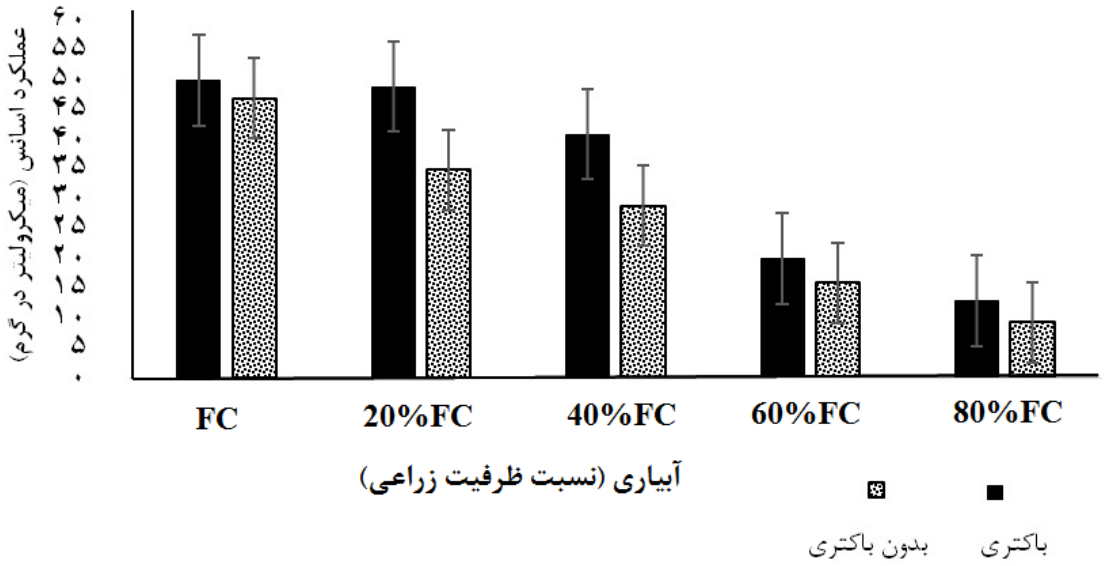
شکل ۵- درصد اسانس ریحان تحت تاثیر باکتری محرک رشد و تیمار آبیاری

بیشترین عملکرد اسانس به میزان ۵۰/۲ میکرولیتر در گرم ، در گیاهان تلقیح شده با باکتری و تیمار شاهد آبیاری (ظرفیت زراعی حاصل شد هرچند که با گیاهان تلقیح شده با باکتری تحت تیمار ۲۰ درصد ظرفیت زراعی اختلاف معنی‌داري نداشت. همچنین درصد اسانس در گیاهان تلقیح نشده با باکتری تحت تیمارهای ۲۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی اختلاف معنی داري نشان ندادند. کم ترین عملکرد اسانس در گیاه، به میزان ۵/۲ میکرولیتر در گرم، در گیاهان تلقیح نشده با باکتری در تلفیق با تیمار ۸۰ درصدظرفیت زراعی مشاهده شد که به میزان ۸۰ درصد نسبت به گیاهان تلقیح نشده با باکتری و تیمار شاهد آبیاری (ظرفیت زراعی) کاهش پیدا کرد (شکل ۶).

درصد ترکیبات اسانس ریحان: نتیجه آنالیز ترکیبات شیمیایی اسانس گیاه دارویي ریحان در جدول شماره ۵ نشان داده شده است. methyl chavicol، linalool، geraniol و geranial اصلي ترین ترکیبات اسانس ریحان را تشکیل داده‌اند.

بحث

نتایج بررسی صفات رشدي و عملکرد ریحان در سطوح مختلف آبیاری و تلقیح باکتری نشان داد که با افزایش سطوح خشکی، صفات رشدي و عملکرد ریحان کاهش یافت و افزایش درصد خشکی تأثیر منفی بر این صفات داشت. علاوه بر این تغییرات خصوصیات مرفولوژی و فیزیولوژی



شکل ۶- عملکرد اسانس ریحان تحت تاثیر باکتری محرک رشد و تیمار آبیاری

جدول۵- آنالیز ترکیبات اسانس گیاه دارویی ریحان تحت تاثیر تیمارهای تنش خشکی در حالت تلقیح و عدم تلقیح باکتری محرک رشد

ردیف	نام ترکیب	ضریب کواتس محاسبه شده	درصد ترکیب در اسانس								
			شاهد	عدم تلقیح با باکتری				تلقیح با باکتری			
				تیمار تنش خشکی (% ظرفیت زراعی)				تیمار تنش خشکی (% ظرفیت زراعی)			
			FC	۲۰	۴۰	۶۰	۸۰	۲۰	۴۰	۶۰	۸۰
۱	α-pinene	۹۴۳	۳/۲۵	۳/۶۰	۳/۶۸	۳/۷۳	۳/۷۸	۳/۸۲	۳/۸۶	۳/۹۲	۴/۰۱
۲	camphene	۹۴۶	۱۰/۴۲	۱۰/۴۸	۱۰/۵۳	۱۰/۶۰	۱۰/۶۳	۱۰/۶۶	۱۰/۶۹	۱۰/۷۴	۱۰/۸۱
۳	β-pinene	۹۴۸	۲/۴۰	۲/۴۴	۲/۴۸	۲/۷۳	۲/۷۹	۲/۸۴	۲/۸۹	۲/۹۲	۳/۰۳
۴	myrcene	۹۵۲	۰/۷۹	۰/۹۲	۰/۹۴	۱/۲۰	۱/۴۳	۱/۶۰	۱/۸۰	۱/۷۶	۲/۱۹
۵	limonene	۹۵۴	۴/۲۸	۴/۶۲	۴/۶۹	۴/۷۳	۴/۷۸	۴/۸۳	۴/۸۹	۵/۱۲	۵/۲۵
۶	1,8-cineole	۹۶۳	۴/۳۶	۴/۶۲	۴/۶۹	۴/۷۳	۴/۸۲	۴/۸۳	۴/۹۰	۵/۱۲	۵/۳۹
۷	E-β-ocimene	**۹۷۲**	۱/۲۸	۱/۶۶	۱/۶۸	۱/۷۶	۱/۸۲	۱/۸۹	۱/۹۳	۱/۹۸	۲/۲۳
۸	terpinolene	۹۷۵	۰/۳۳	۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۵۶	۰/۶۸	۰/۹۲	۰/۹۸	۱/۱۰	۱/۴۶
۹	**linalool**	۹۸۷	۷/۵۶	۷/۶۳	۷/۷۳	۷/۸۱	۷/۹۲	۷/۹۶	۸/۰۲	۸/۱۲	۸/۲۳
۱۰	camphor	۹۹۳	۰/۸۹	۰/۹۳	۰/۹۶	۱/۲۲	۱/۵۴	۱/۶۳	۱/۸۶	۱/۹۰	۲/۲۰
۱۱	borneol	۱۱۰۰	۲/۵۶	۲/۶۹	۲/۷۸	۲/۸۷	۲/۹۶	۳/۰۳	۳/۱۲	۳/۲۳	۳/۷۹
۱۲	terpinen-4-ol	۱۱۲۰	۰/۵۱	۰/۵۰	۰/۵۹	۰/۶۹	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۸۱	۰/۸۳	۱/۱۱
۱۳	**methyl chavicol**	۱۱۳۵	۱۱/۳۵	۱۱/۸۶	۱۱/۹۵	۱۱/۹۸	۱۲/۰۰	۱۲/۳۵	۱۲/۵۲	۱۲/۶۳	۱۲/۸۹
۱۴	**geraniol**	۱۱۵۰	۵/۴۵	۵/۶۲	۵/۶۹	۵/۷۵	۵/۷۸	۵/۸۳	۵/۸۹	۵/۹۶	۵/۱۲
۱۵	**geranial**	۱۱۹۰	۴/۳۲	۴/۵۲	۴/۷۵	۴/۷۵	۴/۹۰	۵/۰۸۹	۵/۰۹۰	۵/۱۲	۵/۶۹
۱۶	bornyl acetate	۱۲۱۰	۰/۰۹	۰/۰۹۸	۰/۱۳۰	۰/۱۴۵	۰/۱۶۵	۰/۱۸۶	۰/۱۹۱	۱/۰۲۰	۱/۰۴۶
۱۷	eugenol	۱۲۵۳	۱/۳۷	۱/۵۶	۱/۶۰	۱/۷۵	۱/۸۴	۱/۹۳	۱/۹۶	۱/۹۸	۲/۱۴
۱۸	geranyl acetate	۱۲۸۶	۴/۳۲	۴/۵۲	۴/۷۰	۴/۷۳	۴/۹۸	۵/۰۸۹	۵/۰۹۰	۵/۱۲	۵/۳۰
۱۹	methyl eugenol	۱۳۲۰	۰/۵۶	۰/۶۰	۰/۶۹	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۹۰	۰/۹۴	۰/۹۸	۱/۲۰
۲۰	E-caryophyllene	۱۳۷۰	۰/۳۶	۰/۶۲	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۹۰	۰/۹۱	۱/۰۳	۱/۴۲

ردیف	نام ترکیب	ضریب کواتس محاسبه شده	درصد ترکیب در اسانس								
			شاهد	عدم تلقیح با باکتری				تلقیح با باکتری			
				تیمار تنش خشکی (% ظرفیت زراعی)				تیمار تنش خشکی (% ظرفیت زراعی)			
			FC	۲۰	۴۰	۶۰	۸۰	۲۰	۴۰	۶۰	۸۰
۲۱	E-α-bergamotene	۱۴۱۰	۰/۷۱	۰/۶۰	۰/۶۹	۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۹۴	۱/۲۳
۲۲	E-β-farnesene	۱۴۶۰	۰/۴۹	۰/۶۶	۰/۶۹	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۹۶	۱/۷۶
۲۳	α-humulene	۱۴۸۰	۰/۷۳	۰/۶۳	۰/۷۱	۰/۸۲	۰/۸۵	۰/۹۱	۰/۹۵	۰/۹۷	۱/۲۶
۲۴	Germacrene D	۱۵۴۵	۰/۰۹	۰/۰۹۳	۰/۰۹۶	۰/۰۹۹	۰/۱۳	۰/۱۸	۰/۲۱	۱/۲۴	۱/۶۳
۲۵	bicyclogermacre ne	۱۵۸۰	۲/۲۸	۳/۶۲	۳/۶۷	۳/۷۰	۳/۷۷	۳/۸۰	۳/۷۹	۴/۱۰	۴/۱۵
۲۶	δ-cadinene	۱۶۱۰	۰/۲۶	۰/۶۰	۰/۷۱	۰/۷۲	۰/۷۶	۰/۸۸	۰/۸۹	۱/۰۲	۱/۳۶
۲۷	cis-calamenene		۰/۷۱	۰/۷۳	۰/۷۹	۰/۸۰	۰/۸۳	۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۹۶	۱/۷۵
۲۸	trans-αbisabolene	۱۶۲۵	۰/۳۳	۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۵۶	۰/۶۸	۰/۹۲	۰/۹۸	۱/۱۰	۱/۴۶
۲۹	caryophyllene oxide	۱۱۶۳۰	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/۴۶	۰/۵۲	۰/۷۶	۰/۹۶	۰/۹۸	۱/۱۰	۱/۸۹
۳۰	cubenol	۱۶۴۵	۱/۳۸	۱/۵۲	۱/۸۹	۱/۸۲	۱/۹۶	۲/۳۸	۲/۵۹	۲/۹۰	۳/۱۲
۳۱	α-cadinol	۱۶۵۸	۰/۰۴	۰/۰۷۳	۰/۰۷۷	۰/۰۸۶	۰/۱۲	۰/۱۷	۰/۲۴	۱/۲۳	۱/۶۵

در اثر اعمال تنش خشکی مشاهده شد [۱۰]. کاهش رشد گیاه ممکن است به دلیل تغییر در فعالیت‌های فتوسنتزی در نتیجه تنش خشکی باشد که ممکن است فتوسنتز را تضعیف کرده و در نهایت رشد گیاه را کاهش دهد. همچنین تأثیر مستقیم تنش خشکی ممکن است منجر به کاهش ارتفاع بوته و سایر صفات رشدي در گیاهان تحت تأثیر شود [۱۲و۱۴].

پالیوال و همکاران (۱۹۹۸) بیان کردند که کاهش رشد گیاهان در معرض تنش خشکی به دلیل تغییرات فتوسنتز و تنفس است. همان طور که بیان شد در این پژوهش با افزایش درصد تنش خشکی برخی شاخص‌های رشدي و عملکرد گیاه ریحان، نظیر زیست توده، ارتفاع بوته، سطح برگ و دیگر صفات رشدي به طور معنی داري کاهش یافت اما تلقیح گیاهان مورد بررسی با باکتری محرک رشد در شرایط تنش خشکی، منجر به افزایش این صفات در مقایسه با شاهد بدون تلقیح باکتری شد [۱۵].

افزایش وزن خشک اندام هوایی و دیگر صفات رشدي، با جذب مناسب آب به تبع آن رشد بخش‌های دیگر گیاه و گسترش سیستم ریشه‌اي گیاه مرتبط است. بیشتر محققان بر این عقیده‌اند که باکتری محرک رشد با ایجاد تغییرات هورمونی و فعال‌سازي مریستم ریشه باعث تحریک ریشه‌زایی می‌شود [۱۶و۱۷]. درصد اسانس ریحان در گیاهان تلقیح شده با باکتری کمتر از گیاهان تلقیح نشده با باکتری بود (شکل ۷) اما عملکرد اسانس در گیاهان تلقیح شده با باکتری به میزان قابل توجهی بیشتر از گیاهان تلقیح نشده با باکتری حاصل شد (شکل ۸). به دلیل عملکرد بالاتر پیکر رویشی، گیاهان تلقیح شده با باکتری عملکرد اسانس بیشتري از گیاهان تلقیح نشده با باکتری داشتند. اثرات مثبت باکتری محرک رشد بر رشد گیاهان حاوي اسانس مانند ریحان (*Ocimum basilicum*) توسط سوامی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش شده است. نتایج تحقیقات سوامی و همکاران نشان داد که سویه‌های باکتری محرک رشد می توانند اثرات متفاوتی را در گیاهان یکسان القا کنند و عملکرد اسانس می‌تواند بر اساس سویه های باکتری محرک رشد متفاوت باشد [۱۸].

مقدم پور و همکاران (۲۰۱۷) اثر باکتری محرک رشد را بر تولید اسانس دو گیاه مرزنجوش (*Origanum* sp.) و نعناع (*Mentha* sp.) بررسی کردند. نتایج حاصل نشان داد که گیاهان تلقیح شده با باکتری میزان اسانس بالاتري نسبت به گیاهان تلقیح نشده با باکتری داشتند. علاوه بر این ترکیبات اسانس در گیاهان تلقیح شده با باکتری نسبت به تلقیح نشده با باکتری متفاوت بود. در نهایت نتایج حاصل از

این تحقیق نشان داد که عملکرد اسانس ریحان در گیاهان م تلقیح شده با باکتری افزایش یافت. همزیستی باکتری محرک رشد با گیاهان دارویی نه تنها رشد آن‌ها را بهبود می‌بخشد، بلکه تولید ترکیبات دارویی را نیز افزایش می دهد. بنابراین نیاز امروز تولیدکنندگان گیاهان دارویی تحقیق درباره بهبود کیفیت و کمیت داروهاي تولید شده از گیاهان دارویی، در زمان نسبتا کوتاه با هزینه پایین توسط باکتری است. [۱۲و۲۲].

Szebeni & Galambosi (۲۰۱۷) مطالعه‌ای را به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر درصد و کیفیت اسانس گیاه بانونه رومی به انجام رساندند. نتایج تحقیق آنها نشان داد کیفیت اسانس بهبود یافته است اما درصد آن کاهش یافته است [۹].

نتایج یک تحقیق نشان داده که استفاده از تنش خشکی مدیریت شده سبب افزایش معنی‌دار در رشد گیاه دارویی مرزنجوش شده است [۱۳و۱۶] .

Oxenham و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که با کاربرد مواد محرک، رشد گیاه به‌طور معني‌داري افزایش یافت و با کاربرد میزان ناچیزی از این مواد در حد میکروگرم، محتواي روغن ضروري به‌طور معني‌داري افزایش یافت [۱۴]. در تحقیق دیگر Da Fonseca و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند که میزان روغن‌هاي ضروري رزماري با کاربرد تحریک‌کننده‌های رشد گیاهی افزایش معني‌داری یافت [۷و۲۱].

تحقیق حاضر با هدف بررسی تاثیر باکتری محرک رشد بر رشد وعملکرد کمی در گیاه دارویی ریحان در شرایط تنش آبی شده انجام شد .نتایج حاصل نشان داد که با افزایش تنش خشکی میزان رشد و عملکرد در ریحان کاهش یافت اما تلقیح گیاهان با باکتری محرک رشد باعث افزایش تحمل این گیاه در شرایط تنش آبی شد و رشد و عملکرد را در چنین شرایطی بهبود بخشید. باکتری محرک رشد علاوه بر افزایش میزان رشد و زیست توده گیاه، باعث افزایش عملکرد نهایی (ماده موثره عملکرد اسانس) ریحان شد که از اهداف اصلی در تولید گیاهان دارویی است. استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید خاك مانند باکتری محرک رشد می‌تواند نقش بسیار مهمی در تحریک رشد گیاه در شرایط تنش‌های محیطی از جمله تنش آبی داشته باشد. پایداري در تولید گیاهان دارویی و بهره گیري از سیستم‌های کشاورزی پایدار تا حد زیادي به استفاده مجدد از نهاده های طبیعی در سیستم تولید و متعاقباً افزایش کارایی نهاده‌ها بستگی دارد. بنابراین شناسایی راهبرد عملی و موثر در افزایش بازده گیاهان دارویی و بهره‌گیری از میکروارگانیسم‌ها مانند باکتری‌های محرک در بهبود کمیت مواد موثره گیاهان دارویی می‌تواند راهکاری نوین در این زمینه باشد.

منابع

[1] Aisha A H., Rizk FA., Shaheen A.M., Abdel-Mouty, M.M. 2007, Onion plant growth, bulb yield and its physical and chemical properties as affected by organic and natural fertilization. Agriculture and Biological Science, 3(5): 380-388.

[2] Adams RP. 2004. Identification of essential oil components by gas chromatography/ quadrupole mass spectrometry. Allured Publishing Corporation. Carol Stream.

[3] Arzani, H., Ahmadi, A., Azarnivand, H. and Jafari, A. A. 2006. Determination and Comparison of Forage Quality of Five Rangeland Species in Different Stages of Phenological Growth, Iranian Journal of Agicuturer Sciences, 37(2): 311-303.

[4] Bautista-Banos, S., Garcia-Dominguez, E., Barrera-Necha, LL., Reyes-Chilpa, R. and Wilson, CL. 2003 Seasonal evaluation of the postharvest fungicidal activity of powders and extracts of huamuchil (*Pithecellobiom dulce*): action against *botrytis cinerea*, *penicillium digitatum* and *Rhizopus stolonifer* of strawberry fruit. Journal of Postharvest Biology and Technology, 29: 81 - 92.

[5] Benavides, M. P., Gallego, S. M. and Tomaro, M. L. 2005. Cadmium Toxicity in plants. Brazilian Journal of Plant Physiology, 17(1): 21-34.

[6] Brain, K. R. and Turner. TD. 1975. The Practical Evaluation of Phytopharmaceuticals. Bristol:Wright-Scientechnica, 1975: 10-30.

[7] Da Fonseca, A. F., Jose´ Melfi, A., Monteiro, F.A., Montes, C. R., de Almeida, V. V. and Herpin U. 2007. Treated sewage effluent as a source of water and nitrogen for Tifton 85 bermudagrass. Journal of Agricuture and Water Management, 87: 328-336.

[8] Dris, R., Niskanen, R., Jain, S. M. 2001. Crop management and postharvest handling of

horticultural products. Journal of Plant Physiology, 19: 53–60.

[9] Galambosi, B. and Szebeni, Z. 2017. Chemical analysis of Hungarian basil varieties in Finland. Journal of Kertgazdasag, 7(5): 44-53.

[10] Karagiannidis, N., Thomidis, T., Lazari, D., Panou-Filotheou, E. and Karagiannidou, C. 2011. Effect of three Greek arbuscular mycorrhizal fungi in improving the growth, nutrient concentration, and production of essential oils of oregano and mint plants. Journal of Science Horticulture,129(2): 329-334.

[11] Karedianni, R., Panou-Filotheou, E. and Karagiannidou, C. 2011. Effect of three mycorrhizal fungi in improving the growth of essential oils of *Mentha Sativa*. Journal of Science Horticulture;109(3): 313-320.

[12] Moghimipour, Z., Mahmoodi Sourestani, M., Alemzadeh Ansari, N. and Ramezani Z.2017. The effect of foliar application of zinc on essential oil content and composition of holy basil (*Ocimum sanctum)* at first and second harvests. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 20(2): 449-458.

[13] Mozafarian, V. A. 1998. Culture of Plants Name of Iran. Contemporary Culture, 435 p. (In Persian).

[14] Oxenham, SK., Svoboda, KP. and Walters, DR. 2005. Antifungal activity of the essential eil of Basil (*Ocimum Basilicum*). Journal of Phytopathology, 153: 174 - 80.

[15] Paliwal, K. K., Karunaichamy, T. and Anonthavalli, M. 1998. Effect of Sewage Water Irrigation on Growth Performance, Biomass and Nutrient Accumulation,in Hardwickia binata under nursery conditions. Journal of Bioresource Technology, 66: 105-111.

[16] Seidler-Lozykowska, K. and Król, D. 2018. The content of essential oil in ten sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars and its composition. Journal of Herba Polonica, 54(3): 7-12.

[17] Singh, G., Marimuthu, P.S., Heluanim C. and Catalan, C. 2005. Chemical constituents and antimicrobial and antioxidant potential of essential oil and acetone extract of *Nigella sativa* seeds. Journal of Science of Food and Agriculture, 85: 2297 - 306.

[18] Swamy, K., Ram, N. and Rao, S. 2008. Influence of 28-homobrassinolid on Growth, Photosynthesis Metabolite and Essential oil of Geranium. *American Journal of Plant Physi*ology, 3(4): 173-179.

[19] Tabrizi, L. 2007. Ecological characteristics of Khorasan Thyme (*Thymus transcaspicus* Klokov) in natural habitats and evaluation of possibility for domestication under low input cropping systems. Ph. D.: Agroecology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran; 2007. P. 225. [In Persian].

[20] Tarraf, S. and Ibrahim, M. E. 1999. Physiological response of rosemary, *Rosmarinus officinalis* L. plant to brassinosteroid and uniconazole. Medicinal and Aromatic Plants Research Journal, 7(4): 230 p.

[21] Wisniewski, M., Wilson, C., Ghaouth, AEL., and Droby, S. 2001. Non-chemical approaches to postharvest disease control. *Journal of Acta Horticulture*, 40(7): 120-132.

[22] Youdim, KA., Deans, S. G. and Finlayson, H. J. 2002. The antioxidant properties of Thyme (*Thymus zigis* L.) essential oil: an inhibitor of lipid per oxidation and a free radical scavenger. Journal of Essential Oil Research, 14: 210-225.

Journal of Developmental Biology
Vol. 13, No. 2, Spring 2021

Study of the effect one strain of Azospirillum spp on the changes of essential oil of *Ocimum basilicum* L. affected by drought stress

Dehghani Bidgoli R.

Department of Rangeland and Watershed Management, College of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan

Email: dehghanir@kashanu.ac.ir

Received: June.2021 Accepted: August 2021

Abstract

Recognition of environmental factors has an important role in the success of medicinal plants cultivation. Growth-promoting bacteria, through their effects on biosynthesis cycles, cause changes in plant products. In order to investigate the growth and yield of *Ocimum basilicum* L. in coexistence with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) under drought stress, a research was conducted in 2017 based on a pot experiment in a greenhouse of the faculty of Natural Resources, University of Kashan. This research was performed on factorial based randomized complete block design with four repetitions. Treatments included PGPR in two levels of inoculation and non-inoculation and and drought stress in five levels of control (field capacity), 20% FC, 40% FC, 60% FC and 80% FC. Characteristics such as plant height, , number of leaves, leaf area fresh and dry weight of the shoot, as well as essential oil percentage and and analyzed by GC/MS yield were measured. The results showed with increasing the drought stress the growth and yield in basis decreased. But inoculation of plants with PGPR increased the growth under drought stress conditions and improved the plant performance in such conditions. The highest fresh and dry weight of shoot was in inoculated plants and irrigation control (FC) treatment and the least amount of these traits were obtained in non-inoculated plants and 20% FC treatment, these traits were reduced by 50% and 70%, respectively, compared to plants inoculated with bacteria and FC irrigation. Also, the highest percentage of basil essential oil was obtained in bacteria inoculated plants and 40% FC treatment. The highest yield of essential oil was observed in the control treatment and the effect of the bacteria was not observed. The use of growth-promoting rhizobacteria (PGPR) can improve the production of medicinal plants in environmental stresses such as drought stress and greatly repair the effects of this stress.

Keywords: Drought stress, Essential oil, PGPR, Basil, GC/MS.