



به‌زراعی کشاورزی

دوره ۱۹ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۶
صفحه‌های ۴۹۱-۴۷۵

اثر کودهای زیستی و اسیدسالیسیلیک بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی گیاه دارویی اکلیل کوهی تحت رژیم‌های کم‌آبی

حسین گرگینی‌شبانکاره^{۱*}، و سارا خراسانی‌نژاد^۲

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۲. استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۴/۱۴

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۳/۰۸

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک و کودهای زیستی بر ویژگی‌های رشدی، عملکرد اسانس و غلظت عناصر گیاه دارویی اکلیل کوهی (*Rosmarinus officinalis*) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به‌اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش در سه اسیدسالیسیلیک (صفر، پنج و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر)، دو سطح کود زیستی (نیتروکسین و بیوفسفر) و چهار سطح رژیم آبیاری (۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) لحاظ گردید. نتایج نشان داد که رژیم آبیاری سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، وزن خشک گیاه، تعداد شاخه جانبی، عناصر نیتروژن، فسفر و عملکرد اسانس گردید. تیمار اسیدسالیسیلیک نیز بر تمامی صفات مورد بررسی اثر معنی‌داری داشت و بیشترین مقدار تمامی صفات به‌جز فسفر گیاه از کاربرد نیتروکسین بدست آمد. کاربرد ۱۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدسالیسیلیک در شرایط رژیم آبیاری توانست اثرات منفی کم‌آبیاری را کاهش دهد و بیشترین میزان ارتفاع بوته، خشک گیاه، تعداد شاخه جانبی، نیتروژن و عملکرد اسانس از کاربرد نیتروکسین و آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد. بیشترین عملکرد اسانس و مقدار فسفر گیاه از کاربرد کود زیستی نیتروکسین در تیمار آبیاری با ۴۰ درصد ظرفیت زراعی و بیشترین میزان فسفر گیاه از کاربرد کود زیستی بیوفسفر در شرایط آبیاری کامل (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) حاصل شد. باتوجه‌به نتایج این پژوهش به‌نظر می‌رسد که استفاده از کودهای زیستی و اسیدسالیسیلیک در شرایط محدودیت رطوبت برای غلبه بر اثرات منفی تنش کم‌آبیاری می‌تواند مفید واقع شود.

کلیدواژه‌ها: تنش خشکی، تنظیم‌کننده رشد، شاخه جانبی، مورفولوژی، نیتروکسین.

۱. مقدمه

درصد اسانس افزایش یافت درحالی که با شدید شدن تنش (۵۵ درصد ظرفیت زراعی) علی‌رغم کاهش در درصد اسانس تولید شده، کیفیت اسانس افزایش یافت [۵]. همچنین با بررسی اثر تنش خشکی روی برخی خصوصیات مورفولوژیکی، کمیت و کیفیت اسانس نعنای فلفلی مشخص شد در سطوح اولیه تنش خشکی درصد اسانس افزایش یافت درحالی که با افزایش تنش (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) علی‌رغم کاهش در درصد اسانس تولیدشده، کیفیت اسانس افزایش یافت [۲۴].

شایان ذکر است که کودهای زیستی موجب افزایش مقاومت گیاهان نسبت به تنش شوری نیز می‌گردد [۳۱]، [۳۲]. محققان در بررسی اثر متقابل تنش خشکی و مصرف کودهای دامی بر خصوصیات کمی و کیفی زیره سبز (*Cuminum cyminum L.*) اعلام نمودند مصرف ۲۰ تن در هکتار کود دامی می‌تواند ضمن کاهش اثرات منفی تنش خشکی، باعث افزایش میزان ماده مؤثره و بهبود خصوصیات کیفی اسانس زیره گردیده و جایگزین آبیاری بیشتر در مرحله پر شده دانه شود [۲].

اثر تنش خشکی و مصرف انواع کودهای آلی و معدنی و بقایای آنها بر عملکرد و اجزای عملکرد بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla L.*) نشان داد که تنش خشکی در حد ۵۰ درصد ظرفیت زراعی عملکرد گل بابونه را نسبت به شاهد در هر دو سال کاهش داد اما با کاربرد کوه‌های آلی در شرایط تنش خشکی در سال اول و در تمام شرایط رطوبتی سال دوم عملکرد گل، اسانس و کامازولن مطلوبی ایجاد نمود [۱]. بررسی تأثیر قارچ میکوریزا، کود فسفات زیستی و دامی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز، نشان داد که تلقیح میکوریزا و کود فسفات سبب بهبود صفات کمی و کیفی گردید، همچنین نتایج نشان داد که در بین سه عامل، تلقیح با میکوریزا بیشترین تأثیر را بر همه صفات داشت [۳].

یکی از ارکان اساسی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی است [۳۱]. کودهای زیستی در برخی موارد به‌عنوان جایگزین و در اکثر موارد به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری تولید نظام‌های کشاورزی را تضمین کنند [۱۰، ۱۱]. کودهای زیستی متشکل از میکروارگانیسم‌های مفیدی هستند که هر یک به‌منظور خاصی مانند تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم، آهن و غیره تولید می‌شوند. اخیراً کاربرد این میکروارگانیسم‌ها به‌دلیل توان تثبیت ازت مولکولی به‌صورت همیاری با گیاهان و همچنین تولید هورمون‌های محرک رشد به‌عنوان یک کود بیولوژیک در کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است. این باکتری‌ها علاوه بر پتانسیل قابل توجهی که برای بهبود رشد گیاهان میزبان از خود نشان داده است، به دلایل دیگری مانند طیف وسیع گیاهان میزبان، تنوع گونه‌ای و تعدیل اثرات تنش‌های محیطی مورد توجه قرار گرفته است [۱۵، ۲۸].

گیاهان در طی دوران رشد خود با تنش‌های متعدد محیطی مواجه می‌شوند که هر یک از آنها می‌توانند با توجه به میزان حساسیت و مرحله رشدی گیاه اثرات متفاوتی بر رشد و عملکرد داشته باشند. کمبود آب از مهم‌ترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی، باغی و دارویی به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیاست [۲۴]. در مطالعه‌ای که روی بادرنجبویه (*Melissa officinalise*) انجام شد، مشاهده گردید که تنش کم‌آبی بر عملکرد اندام هوایی، عملکرد و بازده اسانس، ارتفاع، تعداد پنجه طول میانگره تأثیر می‌گذارد [۱۹]. همچنین اثر تنش خشکی روی برخی خصوصیات مورفولوژیکی، کمیت و کیفیت اسانس در اسطوخودوس نشان داد که در سطوح اولیه تنش خشکی

پژوهش حاضر، بررسی اثر کودهای زیستی و اسیدسالیسیلیک بر رشد، عملکرد اسانس و غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه دارویی اکلیل کوهی تحت رژیم‌های کم‌آبی در شرایط اقلیمی گرگان می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر کودهای زیستی و اسیدسالیسیلیک بر ویژگی‌های رشد، اسانس و غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه دارویی اکلیل کوهی تحت رژیم‌های کم‌آبی، آزمایشی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی، طول ۵۳ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۵۵ متری از سطح دریای آزاد اجراء شد. لازم به ذکر است در سال ۹۴ و ماه اول سال ۹۵، به ترتیب، متوسط دما ۱۷/۵ و ۱۹ درجه سانتی‌گراد، متوسط بارندگی ۴۵۰ و ۶۰۰ میلی‌متر و متوسط رطوبت نسبی ۷۹ و ۹۰ درصد می‌باشد.

در این تحقیق اثرات سه عامل رژیم آبیاری، کودهای زیستی و اسیدسالیسیلیک به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. رژیم‌های آبیاری (۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، تیمار اسیدسالیسیلیک (صفر یا عدم کاربرد، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) و کود زیستی (نیتروکسین، حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس *Azospirillum*، *Azotobacter*، *chorococum*، *lipoferoum* و حل‌کننده فسفات از جنس *Pseudomonas* sp. با 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر و بیوسففر، حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده فسفر از گونه‌های *Bacillus lentus* که با ترشح اسیدهای آلی و گونه‌ای از *Pseudomonas putida* با ترشح اسیدفسفاتاز سبب افزایش حلالیت فسفر نامحلول می‌شوند با 10^8 سلول زنده در هر گرم) بود.

افزایش مقاومت گیاهان از راه‌های مختلف شامل به‌نژادی و استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد عملی است. در مقایسه با روش‌های به‌نژادی که اغلب بلندمدت و هزینه‌بردار هستند، استفاده از مواد شیمیایی شامل اسیدسالیسیلیک (SA)، اسیدجاسمونیک و غیره آسان‌تر و ارزان‌تر است. اسیدسالیسیلیک یک ترکیب فنلی در گیاه است که به‌عنوان یک تنظیم‌کننده شبه‌هورمونی مورد توجه است و در مکانیسم‌های دفاعی بر علیه تنش‌های زیستی و محیطی نقش دارد. القای گلدهی، رشد و نمو، سنتز اتیلن، باز و بسته شدن روزنه‌ها و تنفس از نقش‌های مهم اسیدسالیسیلیک به‌شمار می‌آید [۱۵]. نتایج تحقیقات صورت گرفته روی گیاه سیاهدانه نشان داد که اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و تنش خشکی بر درصد اسانس معنی‌دار بود به طوری که کاربرد سطح دوم تنش خشکی (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) همراه با ۱۰ میکرومولار اسیدسالیسیلیک سبب افزایش ۱۵۰ درصدی مقدار اسانس شد [۴]. بررسی تأثیر کم‌آبیاری و اسیدسالیسیلیک بر اسانس گیاه رازیانه نشان داد که کاربرد اسیدسالیسیلیک در شرایط کم‌آبیاری موجب افزایش عملکرد اسانس می‌گردد [۹].

از آنجاکه رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار و به‌کارگیری روش‌های مدیریتی آن‌ها نظیر کاربرد کودهای زیستی به منظور ارتقاء عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی می‌باشد، به نظر می‌رسد که تغذیه سالم این گیاهان از طریق کاربرد کودهای زیستی دارای تطابق بیشتری با اهداف تولید گیاهان دارویی داشته باشد [۱۹]. بنابراین، باتوجه به این که خشکی و کم‌آبی در ایران همواره از مهم‌ترین مسائل و مشکلات کشاورزی است، از این پدیده طبیعی و غیرقابل تغییر راه فراری نیست و از طرفی، مصرف منابع انرژی، آب و مواد غذایی به‌طور روزافزونی در جامعه افزایش می‌یابد، لذا بایستی به چاره اندیشی پرداخت. بنابراین هدف از انجام

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

S.P	T.N.V (%)	K (ppm)	P (ppm)	N (ppm)	EC (ds/m)	pH	بافت خاک
۲۲/۰۷	۴۳	۲۲۴	۸/۵	۰/۱۴	۰/۲۹	۷/۲۵	سیلتی - رسی - لوم

شد. تیمار آبیاری با کمک دستگاه TDR پروب P3 انجام شد [۱۵]. به‌طور روزانه رطوبت هر کدام از کرت‌ها اندازه‌گیری و هنگامی که درصدحجمی رطوبت خاک به درصد مورد نظر می‌رسید، آبیاری در هر تیمار انجام می‌شد. براساس روش درصد حجمی رطوبت در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، ۲۸/۵ درصد و نقطه پژمردگی، ۱۲/۵ درصد بود. آبیاری برای شرایط نرمال (عادی) در ظرفیت‌زراعی (۲۸/۵ درصدحجمی) و برای شرایط تنش به‌ترتیب در ۸۰ درصد ظرفیت‌زراعی (۲۲/۸ درصدحجمی)، ۶۰ درصد ظرفیت‌زراعی (۱۷/۱ درصدحجمی)، ۴۰ درصد ظرفیت‌زراعی (۱۱/۴ درصدحجمی) صورت گرفت. پس از رسیدن رطوبت به ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت‌زراعی (۲۸/۵ درصدحجمی خاک) آبیاری با تانکر انجام شد [۱۵].

و جین غلف‌های هرز در سه نوبت با دست انجام گردید. در مرحله گلدهی کامل ارتفاع بوته و خشک بوته، تعداد شاخه جانبی و غلظت عناصر (N, K, P) روی ۱۰ بوته که به‌طور تصادفی از هر کرت، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای انتخاب شده و مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری وزن خشک بوته‌ها، از هر تکرار یک نمونه در دمای ۷۲ درجه‌سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت [۵]. برای اندازه‌گیری غلظت عناصر موجود در گیاه از دستگاه فلیم‌فتومتر استفاده شد. برای استخراج و اندازه‌گیری اساس، سرشاخه‌های گلدار بوته‌ها در مرحله گلدهی کامل برداشت‌شده و در دمای اتاق (حدود ۲۵ درجه‌سانتی‌گراد) و در سایه‌خشک گردیدند سپس از هر نمونه خشک شده ۱۰۰

کودهای بیولوژیک مورد استفاده، تولیدی شرکت فن آوری زیستی مهرآسیا (MABCO) که تحت‌لیسانس و نظارت مستقیم مؤسسه خاک و آب کشور می‌باشد، بودند. نیتروکسین و بیوفسفر به میزان دو لیتر در هکتار محلول‌پاشی شد. در طول اجرای آزمایش، هیچ نوع کود شیمیایی، غلف‌کش، آفت‌کش و یا قارچ‌کشی مصرف نشد. از قلمه‌های ریشه‌دار شده به‌عنوان نشا استفاده گردید. در اواخر پاییز از گیاهان چندساله اقدام به تهیه قلمه شد، سپس قلمه‌های تهیه شده به گلخانه انتقال داده شد. یک‌سوم طول قلمه‌ها در خاک قرار گرفت. پس از سه تا چهار هفته که قلمه‌ها، شروع به ریشه‌دار شدن کردند و سه ماه پس از تکمیل ریشه دهی آنها را در گلدان‌های نایلونی قرار داده و در بهار به مزرعه انتقال داده شد. به‌طوری‌که در هر کرت ۳×۳ متری که با آرایش جوی و پشته آماده شده بود، نشاها با فاصله ۳۰ سانتی‌متر بر روی ردیف و ۶۰ سانتی‌متر بین ردیف کشت شدند. جهت شناسایی خصوصیات کمی و کیفی خاک محل آزمایش، نمونه مرکبی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه شد. به‌طوری‌که نمونه‌ها با هم ترکیب و یک نمونه مرکب تهیه و به آزمایشگاه منتقل و تجزیه شیمیایی و فیزیکی انجام گرفت. نتایج حاصل از تجزیه خاک در جدول ۱ آورده شده است. اسیدسالیسیلیک در غلظت‌های مشخص با کودپاش دستی، محلول‌پاشی شد. براساس آزمایشات مقدماتی که به‌صورت پیش‌تست انجام شد، ۲۰ روز پس از استقرار گیاه محلول‌پاشی اول بر روی گیاه اعمال شد و محلول‌پاشی مرحله دوم به فاصله ۱۴ روز بعد از محلول‌پاشی اول انجام

وزن خشک گیاه از محلول‌پاشی ۱۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدسالیسیلیک حاصل شد (جدول ۳).

همچنین بیشترین میزان شاخص‌های رشدی مورد بررسی از کاربرد کودزیستی نیتروکسین مشاهده شد. کاربرد اسیدسالیسیلیک در شرایط رژیم آبیاری توانست میزان صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، وزن خشک گیاه را افزایش دهد. به طوری که بیشترین مقدار صفات مورد بررسی از کاربرد ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدسالیسیلیک در شرایط رژیم آبیاری بدست آمد. کاربرد توأم اسیدسالیسیلیک و کودهای زیستی به جز برای صفت ارتفاع بوته برای سایر صفات معنی‌دار بود (جدول ۱). بکارگیری کود زیستی نیتروکسین در شرایط رژیم آبیاری سبب افزایش شاخص‌های رشدی گیاه اکلیل‌کوهی گردید (جدول ۴). به طوری که بیشترین مقدار ارتفاع بوته (۳۲/۵۱ سانتی‌متر)، تعداد شاخه جانبی (۴۴/۵۲ عدد)، وزن خشک گیاه (۲۱/۲۲ گرم در گیاه) از کاربرد کود زیستی نیتروکسین در ترکیب تیماری با شرایط عدم رژیم آبیاری حاصل شد (جدول ۴).

برهمکنش سه‌گانه اسیدسالیسیلیک، کود زیستی و رژیم‌های آبیاری به‌طور معنی‌داری موجب افزایش شاخص‌های رشدی گردید (جدول ۱). بیشترین میزان صفات مورد بررسی از کاربرد توأم ۱۰ میلی‌گرم اسیدسالیسیلیک همراه با کود زیستی نیتروکسین در شرایط رژیم آبیاری (۱۰۰ درصد ظرفیت‌زراعی) مشاهده شد (جدول ۷). به‌طورکلی، خصوصیات رشدی با افزایش شدت رژیم آبیاری کاهش یافتند. این اثر ممکن است کمبود آب حاکی باشد. چرا که تنش خشکی موجب کاهش مقدار آب، آماس، پتانسیل کل آب، پژمردگی، بسته‌شدن روزنه‌ها، کاهش در بزرگ شدن سلول‌ها و رشد رویشی می‌گردد. کمیت و کیفیت رشد رویشی گیاه بستگی به تقسیم سلولی، بزرگ شدن سلول‌ها و تمایز دارد و کلیه این حوادث متأثر از تنش خشکی می‌باشند [۲۶].

گرم آسیاب شده و به‌روش تقطیر با آب (۱۰۰ سی‌سی) آب و کمک دستگاه کلونجر اسانس‌گیری شدند [۲۵]. عملکرد اسانس نیز از حاصلزرب عملکرد خشک گیاه با درصد اسانس بدست آمد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج تحقیق با استفاده از نسخه ۹/۲ نرم‌افزار SAS (SAS Institute, 2013, Cary, NC) صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام و محاسبه گردید.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. رشد رویشی

شاخص‌های رشدی نظیر ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی و خشک بوته به‌طور معنی‌داری ($p \leq 0.01$) تحت تأثیر تیمارهای رژیم آبیاری، اسیدسالیسیلیک، کودهای زیستی و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفتند (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان ارتفاع بوته با میانگین ۳۰/۳۸ سانتی‌متر مربوط به سطح اول تیمار رژیم آبیاری (۱۰۰ درصد ظرفیت‌زراعی) و کمترین مقدار آن با میانگین ۲۱/۰۵ سانتی‌متر مربوط به سطح چهارم رژیم آبیاری (۲۵ درصد ظرفیت‌زراعی) بود (جدول ۵). کاربرد ۱۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدسالیسیلیک موجب افزایش معنی‌دار این صفت نسبت به شاهد گردید. البته کاربرد ۵ میلی‌گرم در لیتر اسیدسالیسیلیک نیز بهبود در این صفت را نسبت به شاهد به‌دنبال داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد در سطوح اول تا چهارم آبیاری به‌ترتیب تعداد شاخه جانبی برابر با ۳۴/۱۸، ۲۳/۸۵، ۲۱/۲۳ و ۱۸/۲۶ عدد شد که نشان‌دهنده کاهش تعداد شاخه جانبی با کاهش میزان آبیاری می‌باشد (جدول ۵). سطوح ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدسالیسیلیک به‌ترتیب موجب افزایش ۱/۳۳ و ۳/۴۰ درصدی این صفت نسبت به شاهد گردید (جدول ۳). با کاهش سطح آبیاری، وزن خشک بوته به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۵). بیشترین میزان

علت تیمار کود زیستی نیتروکسین بیشترین رشد رویشی را حاصل نموده است و پس از آن بیوسفور قرار داشته است. محققان تأثیر مثبت آزسپریلیوم را بر توسعه سیستم تارهای کشنده در گیاهان مختلف نسبت داده‌اند. کود زیستی نیتروکسین (آزوسپریلیوم) علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن با تولید مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ریشه و متعاقب آن افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی گردیده و از این طریق در افزایش عملکرد تأثیرگذار می‌باشد [۱۴]. همچنین در مطالعه انجام شده بر روی گیاه دارویی مریم‌گلی، آزسپریلیوم، سبب افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه شد [۲۷].

ارزیابی اثرات کود زیستی آزوسپریلیوم و تنظیم‌کننده رشد گیاهی اسیدسالیسیلیک بر ویژگی‌های رشد و نمو گیاه دارویی ریحان تحت تنش خشکی نشان داد که کاربرد اسیدسالیسیلیک (۰/۷۵ میلی‌مولار) و تلقیح آزوسپریلیوم سبب بهبود شاخص‌های رشد و نمو ریحان گردید [۱۴]. به‌نظر می‌رسد اسیدسالیسیلیک با تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در طی حیات گیاه در مواجهه با تنش‌های زنده و غیرزنده، سبب افزایش چشمگیر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه شود. اسیدسالیسیلیک بر فتوسنتز و رشد گیاه تحت شرایط تنش، اثر مثبت دارد و از طریق توسعه واکنش‌های ضدتنشی، سبب تسریع در بهبود رشد پس از رفع تنش می‌گردد [۳۱].

بررسی اثرات متقابل محلول پاشی اسیدسالیسیلیک و تیمارهای مختلف آبیاری بر برخی ویژگی‌های کمی، کیفی و تنظیم‌کننده‌های اسمزی ریحان نشان داد که با افزایش تنش خشکی ناشی از فاصله زیاد آبیاری از تعداد برگ و ساقه جانبی، وزن خشک اندام هوایی، محتوای رطوبت نسبی برگ، عملکرد اسانس و میزان کلروفیل برگ کاسته، ولی تنظیم‌کننده‌های اسمزی (پرولین و کربوهیدرات) و درصد اسانس نیز افزایش یافتند. در مقابل محلول‌پاشی

از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش فشار آماس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول به‌ویژه در ساقه و برگ‌ها است. کاهش تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها موجب کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز و اجزای رشد رویشی می‌گردد. با کاهش رشد و نمو سلول، اندازه اندام محدود می‌شود. به عبارت دیگر کاهش مواد فتوسنتزی تولیدی به علت کاهش سطح برگ و کاهش انتقال مواد آسمیلاتی به سمت اندام‌های زایشی در اثر تنش کمبود آب سبب کاهش عملکرد سرشاخه‌های گلدار می‌گردد. به‌همین دلیل اولین اثر محسوس کم‌آبی بر گیاهان را می‌توان از روی اندازه کوچک‌تر برگ‌ها و ارتفاع کمتر گیاهان تشخیص داد. ارتفاع بوته، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار مانند هر اندام رویشی یا زایشی دیگر شدیداً تحت تأثیر عناصر غذایی و آب قرار می‌گیرند [۲۱]. بررسی اثر تنش خشکی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، کمیت و کیفیت اسانس اسطوخودوس نشان داد که اعمال تنش سبب کاهش صفات رشدی گیاه شد درحالی‌که تنش تا ۸۵ درصد ظرفیت‌زراعی طول ریشه و درصد اسانس را افزایش داد [۵]. در بررسی دیگری روی گیاه گشنیز تحت تنش خشکی مشخص گردید که بیشترین عملکرد اندام رویشی (۵۳۷۱ کیلوگرم در هکتار) از تیمار بدون تنش بدست آمده است [۱۵].

با کاربرد کود زیستی نیتروکسین، اثرات منفی رژیم آبیاری کاهش یافت. کودهای زیستی با تأمین عناصر پرمصرف و کم‌مصرف مورد نیاز گیاه، بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، تولید هورمون‌های گیاهی بوسیله باکتری‌ها و تقویت جذب و انتقال مواد معدنی، موجب رشد و نمو بیشتر گیاه می‌شود [۱۱، ۲۲]. دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی، به‌خصوص نیتروژن از طریق تأثیر بر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها در افزایش اجزای رشد رویشی بسیار موثر می‌باشد. به‌همین

(۴۰ درصد ظرفیت زراعی) حاصل شد (جدول ۵). محلول پاشی با ۱۰ میلی گرم بر لیتر اسیدسالیسیلیک موجب افزایش ۱۵ درصدی این صفت نسبت به شاهد گردید (جدول ۴). بیشترین میزان فسفر گیاه (۰/۳۵ درصد) از کاربرد کود زیستی بیوفسفر مشاهده شد (جدول ۳). با افزایش رژیم آبیاری میزان نیتروژن گیاه به طور معنی داری کاهش یافت. تیمارهای ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی با میانگین های ۱۱/۶۹، ۹/۹۱ و ۸/۵۲، باعث کاهش به ترتیب ۱/۰۳، ۲/۸۲ و ۴/۲ درصدی در میزان نیتروژن گیاه نسبت به شاهد شد (جدول ۵). بیشترین میزان نیتروژن گیاه (۱۱/۲۴ درصد) از کاربرد کودزیستی نیتروکسین بدست آمد (جدول ۵). محلول پاشی با اسیدسالیسیلیک در شرایط رژیم آبیاری تأثیر به سزایی بر صفات فسفر و نیتروژن گیاه داشت.

اسیدسالیسیلیک سبب افزایش کلیه صفات مذکور گردید و توانست آسیب ناشی از تنش خشکی را تا حدی جبران نماید [۳۳، ۷]. همچنین گزارش شده است که اسیدسالیسیلیک تعادل هورمونی را در گیاه تغییر و بیشتر باعث افزایش اکسین و سیتوکینین در شرایط غیرتنش می گردد. همچنین این ماده تحت شرایط تنش ها، باعث افزایش اکسین، ABA و مانع از کاهش سیتوکینین می گردد [۳۰].

۳.۲. عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۲ نشان می دهد که تیمار رژیم آبیاری، اسیدسالیسیلیک، کودهای زیستی و اثر متقابل آن ها تأثیر معنی داری بر میزان فسفر گیاه داشت (جدول ۲). بیشترین میزان فسفر گیاه با میانگین ۰/۵۰ درصد از تیمار رژیم آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین آن با میانگین ۰/۲۲ درصد از سطح چهارم تیمار رژیم آبیاری

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات کودهای زیستی بر شاخص های رشدی، اسانس و عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم اکلید کوهی

کود زیستی (C)	ارتفاع گیاه (cm)	تعداد شاخه جانبی	وزن خشک گیاه (g/plant)	نیتروژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	درصد اسانس (%)	عملکرد اسانس (kg/ha)
نیتروکسین C1	۲۷/۹۸ ^a	۲۹/۵۳ ^a	۱۴/۶۸ ^a	۱۱/۲۴ ^a	۰/۲۹ ^b	۳/۳۱ ^a	۰/۷۶ ^a	۱۰/۹۸ ^a
بیوفسفر C2	۲۲/۷۲ ^b	۱۹/۲۳ ^b	۸/۵۱ ^b	۱۰/۱۸ ^b	۰/۳۵ ^a	۱/۴۵ ^b	۰/۴۵ ^b	۳/۸۳ ^b

هرستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات ساده رژیم آبیاری بر شاخص های رشدی، اسانس و عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم اکلید کوهی

خشکی (B)	ارتفاع گیاه (cm)	تعداد شاخه جانبی	وزن خشک گیاه (g/plant)	نیتروژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	درصد اسانس (%)	عملکرد اسانس (kg/ha)
۱۰۰٪ ظرفیت زراعی B1	۳۰/۳۸ ^a	۳۴/۱۸ ^a	۱۶/۵۰ ^a	۱۲/۷۲ ^a	۰/۵۰ ^a	۱/۵۹ ^d	۰/۵۳ ^d	۹/۴۵ ^a
۸۰٪ ظرفیت زراعی B2	۲۵/۷۶ ^b	۲۳/۸۵ ^b	۱۱/۹۷ ^b	۱۱/۶۹ ^b	۰/۳۳ ^b	۱/۹۶ ^c	۰/۵۷ ^c	۷/۳۷ ^b
۶۰٪ ظرفیت زراعی B3	۲۴/۲۱ ^c	۲۱/۲۳ ^c	۱۰/۲۴ ^c	۹/۹۱ ^c	۰/۲۴ ^c	۲/۴۶ ^b	۰/۶۲ ^b	۶/۹۴ ^c
۴۰٪ ظرفیت زراعی B4	۲۱/۰۵ ^d	۱۸/۲۶ ^d	۷/۶۶ ^d	۸/۵۲ ^d	۰/۲۲ ^d	۳/۵۳ ^a	۰/۷۱ ^a	۵/۸۶ ^d

در هرستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد.

خشک و نیمه‌خشک، باعث رهاسازی پتاسیم از لایه‌های رسی و افزایش غلظت یون پتاسیم در خاک می‌شود که این پدیده جذب پتاسیم را بیشتر می‌کند [۳۴].

بیشترین میزان جذب و غلظت نیتروژن در تیمار نیتروکسین، نشان‌دهنده تلقیح و فعالیت بهتر از توباکتر و آزسپریلیوم با ریشه‌های گیاه دانست. حضور باکتری‌های موجود در کود زیستی نیتروکسین در کنار سایر میکروارگانیسم‌ها نیز، جذب نسبتاً بالایی از نیتروژن را به دنبال دارد. همچنین بیان شده است که موجودات تثبیت‌کننده نیتروژن، نیتروژن قابل دسترس را در ریزوسفر خاک افزایش داده و به دنبال آن باعث افزایش غلظت نیتروژن در گیاه گردیدند [۱۷، ۲۹]. مشخص گردید به دنبال تلقیح با تثبیت‌کننده‌های نیتروژن، افزایش درصد برخی از عناصر پرمصرف ناشی از افزایش سطح جذبی ریشه به‌ازای هر واحد از حجم خاک، افزایش جذب آب و فعالیت فتوسنتزی بیان شد، که مستقیماً روی فرآیندهای فیزیولوژیکی و مصرف کربوهیدرات‌ها مؤثر است، اما علت افزایش میزان فسفر با مصرف کودهای زیستی را می‌توان به اثرات تقویت‌کننده و مثبت میکروارگانیسم‌های موجود در آنها بر یکدیگر ربط داد که با رهاسازی کند و مداوم فسفر از منابع آلی و معدنی موجود در خاک موجب تأمین فسفر مورد نیاز گیاه و بهبود رشد گیاه می‌شود [۱۸، ۲۰].

طی تحقیقی روی رازیانه نشان داده شد که بیشترین درصد فسفر در تیمار ترکیبی از توباکتر، آزسپریلیوم و باسیلوس حاصل گردید، که این امر می‌تواند ناشی از تأثیر همه ریزموجودات باشد و بیان شد که باکتری‌های حل‌کننده فسفات با تولید اسید آلی باعث تبدیل فسفات تثبیت‌شده به فسفات قابل دسترس گردید و علاوه بر این افزایش رشد ریشه‌ها جذب فسفر افزایش یافت [۲۷]. همچنین دلیل افزایش جذب پتاسیم در کاربرد تیمار کودی بیولوژیک، می‌تواند ناشی از رشد و گسترش سریع و زیاد

از کاربرد کودهای زیستی همراه با اسیدسالیسیلیک در شرایط رژیم آبیاری برای صفت نیتروژن گیاه اثر معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان فسفر (۰/۷۷ درصد) از اثر متقابل سه‌گانه کاربرد کودهای زیستی بیوفسفر و محلول‌پاشی با ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدسالیسیلیک در شرایط عدم رژیم آبیاری مشاهده شد (جدول ۷).

پتاسیم گیاه تحت‌تأثیر رژیم آبیاری، اسیدسالیسیلیک، کودهای زیستی و اثرات متقابل (P<۰/۰۱) آنها قرار گرفت (جدول ۲). همان‌گونه که در جدول ۵ نشان داده می‌شود با افزایش رژیم آبیاری بر میزان پتاسیم گیاه افزوده شد. در شرایط سطح چهارم رژیم آبیاری (۴۰ درصد ظرفیت‌زراعی) با وجود کاربرد ۵ میلی‌گرم بر لیتر اسیدسالیسیلیک کاهش ۰/۳ درصدی نسبت به شرایط عدم رژیم آبیاری مشاهده شد اما کاربرد سطح بالاتر اسیدسالیسیلیک (۱۰ میلی‌گرم بر لیتر) موجب افزایش ۰/۳ درصدی این صفت نسبت به شاهد گردید (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد هم‌زمان ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر اسیدسالیسیلیک همراه با کود زیستی نیتروکسین در شرایط رژیم آبیاری (۴۰ درصد ظرفیت‌زراعی) موجب افزایش ۴/۸۶ درصدی این صفت نسبت به شاهد شد (جدول ۷).

با اعمال رژیم آبیاری، تجمع عنصر تک‌ظرفیتی پتاسیم افزایش یافت که تجمع این عنصر برای کاهش پتانسیل اسمزی ریشه و ورود بیشتر آب به ریشه در شرایط تنش آب جهت تنظیم فشار اسمزی است. علت افزایش در جذب پتاسیم در شرایط تنش خشکی را مکانیسم جذب فعال این یون گزارش شده که گیاه، جهت افزایش مقاومت به خشکی خود، برخلاف پدیده انتشار، با صرف انرژی غلظت پتاسیم را در ریشه و اندام‌های بالا می‌برد [۸]. دلیل دیگر این‌که، تر و خشک شدن متوالی و طولانی مناطق

۰/۲۵ درصدی میزان اسانس نسبت به کاربرد کود مذکور در شرایط عدم رژیم آبیاری (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) شد (جدول ۸). مقایسه میانگین اثرات متقابل محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در شرایط رژیم‌های آبیاری نشان داد که بیشترین میزان اسانس از عدم محلول پاشی در شرایط سطح سوم رژیم آبیاری (۶۰ درصد ظرفیت زراعی) بدست آمد (جدول ۶). همچنین در شرایط اثرات متقابل سه گانه تیمار کودی، اسیدسالیسیلیک و رژیم آبیاری، بیشترین میزان اسانس از کاربرد توأم ۱۰ میلی گرم در لیتر اسیدسالیسیلیک و کود زیستی نیتروکسین همراه با آبیاری در ۴۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (جدول ۹).

رژیم آبیاری، محلول پاشی اسیدسالیسیلیک و کاربرد کودهای زیستی تأثیر معنی داری ($p < 0/01$) بر عملکرد اسانس داشت (جدول ۲). عملکرد اسانس در شرایط عدم تنش ۹/۴۵ کیلوگرم در هکتار بود که در سطح چهارم رژیم آبیاری و افزایش شدت رژیم به ۵/۸۶ کیلوگرم در هکتار رسید. به این ترتیب رژیم آبیاری موجب کاهش ۳/۵۹ درصدی عملکرد اسانس شد (جدول ۵). عملکرد اسانس در تیمار ترکیبی ۱۰ میلی گرم در لیتر اسیدسالیسیلیک و آبیاری در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی با میانگین ۱۳/۷۸ کیلوگرم در هکتار، ۱۰/۲۴ درصد نسبت به کاربرد ۱۰ میلی لیتر محلول پاشی اسیدسالیسیلیک و آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بیشتر بود (جدول ۶). کاربرد کود زیستی نیتروکسین به طور جداگانه و استفاده توأم با رژیم آبیاری و اسیدسالیسیلیک موجب افزایش این صفت گردید (جدول ۴ و ۹). همچنین نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل به کارگیری توأم کودهای زیستی و اسیدسالیسیلیک در شرایط رژیم‌های آبیاری نشان داد که کاربرد سوم اسیدسالیسیلیک (۱۰ میلی گرم در لیتر) به همراه کود زیستی نیتروکسین در شرایط عدم رژیم آبیاری (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بیشترین میزان عملکرد اسانس را به دنبال داشت (جدول ۹).

ریشه باشد و این امر مؤید این نکته است که عکس العمل خوب گیاه نسبت به پتاسیم فقط زمانی مشاهده می شود که مقدار کافی نیتروژن و فسفر قابل جذب، در خاک وجود داشته باشد [۱۰، ۲۳]. تلقیح گیاه اکلیل کوهی با میکروارگانسیم‌ها به ویژه میکروارگانسیم‌های تثبیت کننده نیتروژن باعث افزایش جذب پتاسیم و افزایش غلظت این عنصر در گیاه شد که می توان علت آن را به اثرات مفید این میکروارگانسیم‌ها (ازتوباکتر و آزوسپریلیوم) در افزایش فتوسنتز، رشد گیاه، افزایش تراکم، طول ریشه موئین و جذب سطحی ریشه گیاه مرتبط دانست. باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن بر عمل ATP_{ase} و پمپ الکتروژنیک در غشاء سلول‌های ریشه اثر گذاشته و با ازدیاد تراوش از ریشه، نیروی محرکه لازم برای جذب سایر یون‌ها را برای گیاه فراهم می نماید. همچنین این باکتری‌ها با فعالیت پکتینولیتیک خود تیغه میانی سلول‌های اپیدرم پوست ریشه را نرم کرده و با ایجاد یک حالت اسفنجی در بافت ریشه، جذب املاح را تسهیل نماید.

۳.۳. اسانس و عملکرد اسانس

نتایج نشان داد که اسانس به طور معنی داری ($p < 0/01$) تحت تأثیر تیمارهای اسیدسالیسیلیک، کودهای زیستی، رژیم آبیاری و اثرات متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین درصد اسانس (۰/۷۱ درصد) مربوط به سطح چهارم رژیم آبیاری و کمترین میزان آن (۰/۵۳ درصد) نیز مربوط به سطح اول رژیم آبیاری (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بود (جدول ۵). کاربرد جداگانه اسیدسالیسیلیک (۱۰ میلی گرم بر لیتر) و کودزیستی نیتروکسین موجب افزایش این صفت نسبت به شاهد گردید (جدول ۳ و ۴). کاربرد کود زیستی نیتروکسین در شرایط سطح چهارم رژیم آبیاری (۴۰ درصد ظرفیت زراعی) موجب افزایش

اثر کودهای زیستی و اسیدسالیسیلیک بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی گیاه دارویی اکلیل کوهی تحت رژیم‌های کم آبی

جدول ۶. مقایسه میانگین اثرات متقابل رژیم آبیاری و اسیدسالیسیلیک بر شاخص‌های رشدی، اسانس و عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم اکلیل کوهی

عملکرد اسانس (kg/ha)	درصد اسانس (%)	پتاسیم (%)	فسفر (%)	نیتروژن (%)	وزن خشک (g/plant)	ارتفاع گیاه (cm)		رژیم آبیاری B × اسیدسالیسیلیک A
						تعداد شاخه	جانبی	
۶/۹۷bc	۰/۵۹a-c	۱/۶۱a-c	۰/۲۷b	۱۰/۱۳ab	۱۱/۸۶a-c	۲۵/۳۵ab	۲۶/۲۲a-c	۱۰۰٪ نظریت زراعی A1 × شاهد B1
۶/۴۱bc	۰/۵۵a-c	۲/۳۵a-c	۰/۲۷b	۱۰/۳۰ab	۱۰/۸۸a-c	۲۴/۰۴ab	۲۵/۰۸a-c	۸۰٪ نظریت زراعی A1 × شاهد B2
۱۳/۷۸a	۰/۱۳c	۴/۱۰a	۰/۳۵b	۱۲/۰۳ab	۳۵/۱۶a	۳۱/۰۰a	۲۹/۴۱ab	۶۰٪ نظریت زراعی A1 × شاهد B3
۲/۲۰c	۰/۴۶bc	۱/۶۶a-c	۰/۲۲b	۴/۴۵c	۴/۳۳c	۱۲/۴۹b	۱۴/۸۱e	۴۰٪ نظریت زراعی A1 × شاهد B4
۷/۴۱a-c	۰/۶۱a-c	۱/۷۹a-c	۰/۳۴b	۱۰/۸۱ab	۱۲/۳۸a-c	۲۶/۱۵ab	۲۶/۸۱a-c	۱۰۰٪ نظریت زراعی ۵ میلی گرم در لیتر A2 × ۵ میلی گرم در لیتر B1
۸/۲۶a-c	۰/۶۲a-c	۲/۸۹ab	۰/۲۹b	۱۱/۹۸ab	۱۳/۰۴a-c	۲۶/۹۵ab	۲۶/۶۱a-c	۸۰٪ نظریت زراعی ۵ میلی گرم در لیتر A2 × ۱۰ میلی گرم در لیتر B2
۱۱/۰۴ab	۰/۷۵ab	۳/۶۹ab	۰/۳۲b	۱۱/۵۹ab	۱۴/۰۳ab	۲۷/۵۰ab	۲۶/۹۸a-c	۶۰٪ نظریت زراعی ۵ میلی گرم در لیتر A2 × ۵ میلی گرم در لیتر B3
۱۱/۰۴ab	۰/۵۴bc	۱/۹۶a-c	۰/۲۲b	۸/۹۲b	۶/۴۹bc	۱۳/۸۴b	۱۷/۶۲de	۴۰٪ نظریت زراعی ۵ میلی گرم در لیتر A2 × ۱۰ میلی گرم در لیتر B4
۳/۵۴c	۰/۴۱c	۱/۰۰c	۰/۸۷a	۱۳/۲۰a	۱۲/۵۲abc	۲۷/۱۶ab	۳۰/۰۶a	۱۰۰٪ نظریت زراعی ۱۰ میلی گرم در لیتر A3 × B1
۴/۴۵bc	۰/۴۸bc	۱/۱۸bc	۰/۴۲b	۱۲/۴۸b	۹/۱۶a-c	۲۲/۴۹ab	۲۳/۸۴b-d	۸۰٪ نظریت زراعی ۱۰ میلی گرم در لیتر A3 × B2
۴/۱۹bc	۰/۵۱bc	۱/۶۷a-c	۰/۳۰b	۱۰/۴۷ab	۸/۱۲a-c	۱۸/۵۰ab	۲۲/۸۴b-d	۶۰٪ نظریت زراعی ۱۰ میلی گرم در لیتر A3 × B3
۳/۸۵c	۰/۵۶a-c	۲/۲۰a-c	۰/۳۰b	۹/۱۸b	۷/۰۵bc	۱۴/۶۷ab	۲۰/۳۳c-e	۴۰٪ نظریت زراعی ۱۰ میلی گرم در لیتر A3 × B4

در هر ستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد.

به زراعی کشاورزی

دوره ۱۹ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۶

جدول ۷. مقایسه میانگین اثرات متقابل اسیدسالیسیک و کودهای زیستی بر شاخص های رشدی، اسانس و عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم اکتیل کوهی

عملکرد اسانس (kg/ha)	درصد اسانس (%)	پتاسیم (%)	فسفر (%)	نیتروژن (%)	وزن خشک (g/plant)	ارتفاع گیاه (cm)		اسیدسالیسیک A x کودهای زیستی C
						تعداد شاخه	جانبی	
۸/۵۷b	۰/۷۰b	۲/۰۸b	۰/۲۲b	۹/۶۷bc	۱۲/۴۸bc	۲۷/۵۲ab	۲۶/۱۱۸-c	نیتروکسین CI x شاهد AI
۲/۹۶c	۰/۴۰c	۱/۲۴b	۰/۲۷b	۸/۲۸c	۷/۴۲d	۱۷/۸۰c	۲۱/۰۹d	بیوفسفر C2 x شاهد AI
۱۰/۲۲b	۰/۸۱b	۳/۴۹a	۰/۲۸b	۱۱/۹۹a	۱۴/۸۵ab	۲۹/۶۱a	۲۸/۲۵ab	نیتروکسین ۵xCI میلی گرم در لیترا A2
۲/۰۹c	۰/۴۷c	۱/۶۱b	۰/۳۴ab	۱۰/۹۲ab	۸/۸۸cd	۱۹/۱۹c	۲۲/۸۳cd	بیوفسفر ۵xCI میلی گرم در لیترا A2
۱۴/۵۵a	۰/۸۷a	۴/۳۶a	۰/۳۵ab	۱۲/۰۷a	۱۶/۷۰a	۳۱/۴۴a	۲۹/۵۹a	نیتروکسین ۱۰xCI میلی گرم در لیترا A3
۲/۴۴c	۰/۴۹c	۱/۵۱b	۰/۲۵a	۱۱/۳۳ab	۹/۲۲cd	۲۰/۷۰bc	۲۴/۲۳b-d	بیوفسفر ۱۰xCI میلی گرم در لیترا A3

در هر ستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد.

جدول ۸. مقایسه میانگین اثرات متقابل رژیم آبیاری و کودهای زیستی بر شاخص های رشدی، اسانس و عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم اکتیل کوهی

عملکرد اسانس (kg/ha)	درصد اسانس (%)	پتاسیم (%)	فسفر (%)	نیتروژن (%)	گیاه خشک (g/plant)	ارتفاع گیاه (cm)		رژیم آبیاری B x کودهای زیستی C
						تعداد شاخه	جانبی	
۱۴/۲۱a	۰/۶۶c	۲/۲۳bcd	۰/۴۴b	۱۳/۰۱a	۲۱/۲۲a	۴۴/۵۲a	۳۲/۵۱a	نیتروکسین CI ۱۰۰x / نظریه زراعی B1
۴/۶۸c	۰/۳۹e	۰/۹۵e	۰/۵۵a	۱۲/۴۴ab	۱۱/۸۷c	۳۳/۸۴c	۲۸/۲۶b	بیوفسفر C2 ۱۰۰x / نظریه زراعی B1
۱۰/۸۳b	۰/۷۱bc	۲/۶۶bc	۰/۳۱cd	۱۱/۸۰ab	۱۵/۰۰b	۲۶/۶۴b	۲۷/۸۹b	نیتروکسین CI ۸۰x / نظریه زراعی B2
۳/۹۱c	۰/۴۳de	۱/۲۶de	۰/۳۴bc	۱۱/۵۷ab	۸/۹۵de	۲۱/۰۷d	۲۳/۶۳cd	بیوفسفر C2 ۸۰x / نظریه زراعی B2
۱۰/۳۹b	۰/۸۷b	۳/۲۵b	۰/۳۲de	۱۰/۶۴bc	۱۳/۲۶bc	۲۴/۱۱c	۲۶/۹۹b	نیتروکسین CI ۶۰x / نظریه زراعی B3
۳/۵۰c	۰/۴۷de	۱/۶۶c-e	۰/۲۷c-e	۹/۱۸cd	۷/۲۲ef	۱۸/۳۵e	۲۱/۴۳d	بیوفسفر C2 ۶۰x / نظریه زراعی B3
۸/۴۹b	۰/۹۱a	۵/۰۹a	۰/۱۸e	۹/۵۳cd	۹/۳۲d	۲۲/۸۶cd	۲۴/۴۵c	نیتروکسین CI ۴۰x / نظریه زراعی B3
۳/۳۳c	۰/۵۲d	۱/۹۴c-e	۰/۲۶c-e	۷/۵۲d	۶/۰۹f	۱۳/۶۶f	۱۷/۵۵e	بیوفسفر C2 ۴۰x / نظریه زراعی B3

در هر ستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد. N: نیتروکسین، B: بیوفسفر.

اثر کودهای زیستی و اسیدسالیسیلیک بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی گیاه دارویی اکلیل کوهی تحت رژیم‌های کم آبی

جدول ۹. مقایسه میانگین اثرات متقابل رژیم آبیاری، اسیدسالیسیلیک و کودهای زیستی بر شاخص‌های رشدی، اسانس و عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم اکلای کوهی

عملکرد اسانس (kg/ha)	درصد اسانس (%)	پتاسیم (%)	فسفر (%)	نیتروژن (%)	وزن خشک گیاه (g/plant)	تعداد شاخه جانبی	ارتفاع گیاه (cm)	رژیم آبیاری × اسیدسالیسیلیک × A
۱۰/۸۲c	۰/۶۱z	۱/۵۶j	۰/۳۵e	۱۲/۸۱a-c	۱۷/۷۷c	۴۲/۸۲c	۲۹/۳۲c	A1×B1×C1
۳/۹۶kl	۰/۳۷s	۰/۸۲l	۰/۳۲e	۱۱/۶۲d-f	۱۰/۷۰h	۲۱/۵۶k	۲۶/۰۶gh	A1×B1×C2
۸/۴۳f	۰/۶۷h	۱/۸۵h-j	۰/۴۴j	۱۰/۸۷gh	۱۲/۴۸f	۲۲/۵۶gh	۲۶/۵۸g	A1×B2×C1
۳/۴۴m	۰/۳۹۲	۱/۸۰k	۰/۲۸h	۱۰/۵۰h	۸/۷۲ij	۱۹/۳۵m	۳۲/۴۰jk	A1×B2×C2
۷/۹۵g	۰/۶۹g	۲/۰۰gh	۰/۹۱lm	۹/۰۱i	۱۱/۴۳g	۲۳/۷۷hi	۲۵/۷۸h	A1×B3×C1
۲/۲۵n	۰/۴۰qr	۱/۵۱j	۰/۲۴j	۶/۵۴j	۵/۵۵m	۱۷/۸۲o	۲۰/۰۹m	A1×B3×C2
۶/۹۷h	۰/۸۲d	۲/۰۳e	۰/۱۶n	۶/۰۱j	۸/۲۵i-k	۲۰/۵۰l	۲۲/۷۴k	A1×B4×C1
۲/۲۰n	۰/۴۶o	۱/۶۶ij	۰/۲۴j	۴/۴۵k	۴/۷۳n	۱۲/۴۹۲	۱۴/۸۱o	A1×B4×C2
۱۴/۵۲b	۰/۶۴i	۱/۷۰ij	۰/۴۴c	۱۳/۰۰ab	۲۲/۵۲b	۳۳/۷۲b	۳۰/۴۵b	A2×B1×C1
۴/۹۰i	۰/۴۰q	۱/۸۵k	۰/۵۲b	۱۲/۵۰a-c	۱۲/۱۰f	۲۲/۸۲ij	۲۸/۶۷cd	A2×B1×C2
۹/۵۵d	۰/۶۵i	۲/۶۰f	۰/۲۸h	۱۲/۳۵b-d	۱۲/۷۵d	۲۶/۹۵e	۲۸/۷۸dc	A2×B2×C1
۳/۸۶k-m	۰/۴۳p	۱/۵۰j	۰/۳۲f	۱۱/۸۶d-f	۸/۹۸i	۲۱/۳۹k	۳۳/۶۵j	A2×B2×C2
۹/۰۷e	۰/۶۷h	۳/۸۱c	۰/۲۰jk	۱۱/۵۵e-g	۱۳/۴۸e	۲۴/۳۳fg	۲۷/۷۴ef	A2×B3×C1
۴/۰۷jk	۰/۵۱m	۱/۸۲g-i	۰/۲۶i	۱۰/۵۴h	۷/۹۸k	۱۸/۷۲mn	۲۱/۳۹l	A2×B3×C2
۷/۶۹g	۰/۸۹c	۵/۸۴b	۰/۱۸m	۱۱/۰۵f-h	۸/۵۹i-k	۲۲/۵۶gh	۲۶/۰۶gh	A2×B4×C1
۳/۵۴ml	۰/۵۴l	۱/۹۶g-i	۰/۲۴j	۸/۹۲i	۶/۴۹l	۱۳/۸۲q	۱۷/۶۲n	A2×B4×C2
۱۷/۱۸a	۰/۸۳f	۲/۴۵d	۰/۵۲b	۱۳/۲۱a	۳۳/۳۷a	۴۷/۰۱a	۳۷/۷۵a	A31×B1×C1
۵/۲۰i	۰/۴۱q	۱/۰۰kl	۰/۷۷a	۱۳/۲۰a	۱۲/۵۲f	۲۷/۱۶e	۳۰/۰۶b	A3×B1×C2
۱۴/۴۸b	۰/۸۱e	۲/۶۵cd	۰/۴۰d	۱۲/۱۹c-e	۱۷/۷۷c	۲۹/۴۰d	۲۸/۳۲de	A3×B2×C1
۲/۴۵j	۰/۴۸n	۱/۸۸k	۰/۴۳c	۱۲/۴۸a-c	۹/۱۶i	۲۲/۴۹j	۳۳/۸۲j	A3×B2×C2
۱۴/۸۵b	۰/۹۵b	۳/۹۵c	۰/۲۶i	۱۱/۳۶fg	۱۴/۸۲d	۲۴/۸۲f	۲۷/۴۷f	A3×B3×C1
۴/۱۹jk	۰/۵۱m	۱/۶۷ij	۰/۳۰g	۱۰/۴۷h	۸/۱۳k	۱۸/۵۰n	۲۲/۸۲k	A3×B3×C2
۱۰/۸۲c	۰/۹۹a	۶/۲۲a	۰/۲۱k	۱۱/۵۲e-g	۱۰/۸۷gh	۲۴/۵۴f	۲۴/۸۲i	A3×B4×C1
۳/۹۵kl	۰/۵۶k	۲/۲۰g	۰/۳۰g	۱۰/۴۷h	۷/۰۵l	۱۲/۶۷p	۲۰/۳۳m	A3×B4×C2

در هر ستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد. اسیدسالیسیلیک (A1, A2, A3)، رژیم آبیاری (B1, B2, B3, B4)، کود زیستی (B)، بیوفسفر، N؛ نیتروکسین.

دی‌اکسیدکربن و گلوکز به‌عنوان پیش‌ماده مناسب در سنتز اسانس و به‌ویژه مونوترپن‌ها مطرح هستند، فتوسنتز و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی ارتباط مستقیمی با تولید اسانس دارد [۱۶]. کودزیستی مخلوط نیتروکسین، بیوفسفر و فسفات‌ها بارور ۲ از طریق کمک به جذب نیتروژن، فسفر و گوگرد و نقشی که این عناصر در تولید کلروفیل و تأمین آنزیم‌های مورد نیاز گیاه دارند باعث افزایش میزان بافت‌های فتوسنتزی و نهایتاً افزایش اسانس شده‌اند [۶]. همچنین محققان افزایش مقدار اسانس در گیاه اکلیل کوهی در اثر تلقیح با ازتوباکتر و باسیلوس را ناشی از افزایش تعداد غده‌های ترش‌چی و بیوسنتز مونوترپن‌ها بیان کردند [۱۶]. در بررسی اثر کودهای زیستی در شرایط رژیم آبیاری، بیشترین میزان اسانس از کاربرد کود زیستی نیتروکسین در شرایط آبیاری در ۶۰ درصد ظرفیت‌زراعی بدست آمد [۱۲].

باتوجه به این مطلب که حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیبات اسانس‌ها ضروری می‌باشد، انتظار می‌رود که مصرف کودهای زیستی موجب افزایش اسانس گیاه اکلیل کوهی گردیده باشد. باتوجه به اثر متقابل بین تیمارها، اختلاف درصد اسانس را می‌توان به تأثیر مثبت کود نیتروکسین در بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاهان در شرایط تنش در نظر گرفت. محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک در سطوح مختلف نیز سبب افزایش درصد و عملکرد اسانس شد. احتمالاً افزایش درصد و عملکرد اسانس با افزایش غلظت‌های اسیدسالیسیلیک به دلیل تأثیر آن بر اندام رشدی باشد که از این طریق سبب افزایش غدد ترشح‌کننده اسانس می‌گردد [۷].

نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج به‌دست آمده در مطالعه حاضر می‌توان اظهار داشت که در راستای کاهش مصرف کودهای

با افزایش شدت رژیم آبیاری از میزان عملکرد اسانس کاسته شد. این کاهش را می‌توان چنین توجیه کرد که بیشتر بوته‌های تحت رژیم آبیاری از رشد خوبی برخوردار نبوده و به دلیل رشد کمتر، وزن هوایی کاهش یافته بود. کاهش عملکرد اسانس در نتیجه کاهش رطوبت خاک ناشی از افزایش رژیم آبیاری ممکن است به دلیل اثرات زیان‌آور کمبود آب بر رشد و عملکرد رویشی گیاه باشد [۷].

نتایج این تحقیق نشان داد که برای دسترسی به درصد بالای اسانس در اکلیل کوهی که سبب افزایش کیفی محصول می‌شود، اعمال تنش رطوبتی می‌تواند مناسب باشد. تصور بر این است که در شرایط وقوع تنش خشکی و کم‌آبی، میزان تولید مواد مؤثره به دلیل جلوگیری از اکسیداسیون درون سلولی افزایش می‌یابد و از طرف دیگر با کاهش سطح اندام رویشی در اثر تنش خشکی، تعداد غده‌های مترشح‌ه اسانس افزایش می‌یابد، در نتیجه میزان اسانس افزایش خواهد یافت [۲۰]. هر کمبودی که رشد را بیش از فتوسنتز محدود کند، تولید متابولیت‌های ثانویه را افزایش می‌دهد [۱۲]. در تحقیق صورت‌گرفته بر روی گیاه دارویی بادرنبویه (*Melissa officinalis* L.) در شرایط تنش خشکی مشخص شد میزان اسانس با افزایش سطح تنش روند صعودی دارد به طوری که بیشترین میزان اسانس از تیمار آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت‌زراعی بدست آمد [۱۳].

بیشترین درصد اسانس از گیاهان تحت‌کشت کودزیستی نیتروکسین و آبیاری ۴۰ درصد ظرفیت‌زراعی و کمترین آن از گیاهان تیمار آبی شاهد و عدم مصرف کودزیستی به‌دست آمد (جدول ۴). همچنین با نظر به افزایش میزان اسانس در اثر مصرف تیمارهای مختلف کودی، می‌توان گفت از آنجاکه اسانس‌ها، ترکیبات ترپنوئیدی بوده و بیوسنتز واحدهای سازنده آنها (ایزوپرنوئیدها)، نیازمند ATP و NADPH هستند. همچنین تحقیقات نشان داده است به دلیل این‌که

- شیمیایی و نیل به اهداف کشاورزی پایدار می‌توان بخش زیادی از نیاز عناصر غذایی گیاه اکلیل کوهی را با کاربرد کودهای زیستی تامین نمود. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش رژیم آبیاری باعث کاهش صفات رشدی، عملکرد اسانس و غلظت عناصر نیتروژن و فسفر گردید، ولی میزان پتاسیم گیاه و درصد اسانس افزایش یافت. با این حال تیمارهای کودی و اسیدسالیسیلیک از گیاهان در برابر رژیم کم آبی محافظت کرد و باعث کاهش خسارت‌های ناشی از آن شد. نقش حفاظتی و تعدیل‌کنندگی کاربرد کود زیستی و اسیدسالیسیلیک بر تنش کم آبی را می‌توان به تأثیر مثبت آنها در بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاهان در زمان وقوع تنش، نسبت داد. همچنین می‌توان در صورت انجام مطالعات تکمیلی برای افزایش عملکرد گیاه اکلیل کوهی در شرایط آب و هوایی مشابه و در مواجهه با تنش‌های ملایم کم آبی کاربرد کودهای زیستی نظیر نیتروکسین و محلول‌پاشی با اسیدسالیسیلیک را پیشنهاد کرد.
- منابع**
- احمدیان، قنبری، سیاه‌سرب (۱۳۹۰) اثر تنش خشکی و مصرف انواع کودهای آلی و معدنی و بقایای آنها بر عملکرد و اجزای عملکرد بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla L.*). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۳(۳): ۳۸۳-۳۹۵.
 - احمدیان، قنبری، گلوی، سیاه‌سرب، آرزومجوا (۱۳۸۹) اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و کود دامی بر میزان عناصر، درصد اسانس و ترکیبات شیمیایی آن در زیره سبز. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علف‌های هرز. ۴(۱۶): ۸۳-۹۴.
 - بستامی، مجیدیان، محسن‌آبادی، غ‌بخشی (۱۳۹۳)
 - تأثیر تیمارهای کودی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز. به‌زراعی کشاورزی. ۱۷(۱): ۹۳-۱۰۷.
 - جامی‌ن، موسوی‌نیک، س‌م و تقی‌زاده (۱۳۹۴) اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی با اسیدسالیسیلیک بر عملکرد کمی و کیفی سیاهدانه در شرایط آب و هوایی کرمان. به‌زراعی کشاورزی. ۱۷(۳): ۸۴۰-۸۲۷.
 - خراسانی‌نژاد، سلطانلو، رمضانپور، س‌س، هادیان، ج و آتشی (۱۳۹۴) اثر تنش خشکی روی برخی خصوصیات مورفولوژیکی، کمیت و کیفیت اسانس در اسطوخودوس. به‌زراعی کشاورزی. ۱۷(۴): ۹۷۹-۹۸۸.
 - درزی، م‌ت، قلاوند، رجالی، ف و سفیدکن، ف. (۱۳۸۵) بررسی کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare Mill.*) تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۲(۴): ۲۹۲-۲۷۶.
 - رمرودی، م و خمراع (۱۳۹۲) اثرات متقابل محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک و تیمارهای مختلف آبیاری بر برخی ویژگی‌های کمی، کیفی و تنظیم‌کننده‌های اسمزی ریحان. نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهان. ۱(۱).
 - ساک‌نژاد، ط و بخشنده، ع‌م (۱۳۸۸) اثر رژیم‌های آبیاری بر روند انتقال و انباشت عناصر غذایی در ریشه ذرت. فصلنامه علمی تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱(۱): ۱-۱۲.
 - سالارپورغرباف و فرحبخش (۱۳۹۴) تأثیر کم‌آبیاری و اسیدسالیسیلیک بر اسانس و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاه رازیانه. به‌زراعی کشاورزی. ۱۷(۳): ۷۱۳-۷۲۷.

۱۰. شاهویبی س ص (۱۳۸۵) سرشت و خصوصیات خاک‌ها. انتشارات دانشگاه کردستان. ۹۰۰ ص.
۱۱. ضرابی م، اله‌دادی ا، اکبری غ ع، ایران‌نژاد ح و اکبری غ ع (۱۳۸۹) کاهش اثرات ناشی از تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای با استفاده از ترکیب کودهای زیستی و فسفر. به‌زراعی کشاورزی. ۱۲(۲): ۳۷-۵۰.
۱۲. گرگینی شبانکاره، ح، اصغری پور، م. ر. فاخری، ب. ۱۳۹۴. اثر کودهای زیستی بر شاخص‌های رشد و اسانس بادرشبو (*Dracoocephalum moldivica L.*) تحت تنش خشکی. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی. ۷(۲۳): ۱۸۵-۱۹۴.
۱۳. گرگینی شبانکاره ح و فاخری ب (۱۳۹۴) تأثیر سطوح مختلف تنش‌های شوری و خشکی بر شاخص‌های رشدی و اسانس بادرنجبویه (*Melissa officinalis L.*). مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۶(۴): ۶۸۶-۶۷۳.
۱۴. محمدی بابازیدی ه فلکناز م حیدری پ همتی م س و فرخیان ش (۱۳۹۲) تأثیر باکتری آزوسپریلیوم و سالیسیلیک‌اسید بر صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی ریحان تحت تنش کم‌آبی. مجله تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی- مولکولی. ۳(۱۲): ۳۱-۳۶.
۱۵. نورزاد س، احمدیان ا، مقدم م و دانشفر ا (۱۳۹۳) اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس گیاه دارویی گشنیز تحت تأثیر انواع کودهای آلی و شیمیایی. به‌زراعی کشاورزی. ۱۶(۲): ۳۰۲-۲۹۸.
۱۶. نیاکان م، خاوری‌نژاد ر و رضایی م ب (۱۳۸۳) اثر نسبت‌های مختلف سه کود N، P و K بر صفات رویشی نعناع. تحقیقات گیاه دارویی و معطر ایران، ۲۰: ۱۴۸-۱۳۱.
17. Abbaszade B (2004) Impact of different levels and methods of nitrogen fertilizer application on the amount of lemon balm essential oil. MSc thesis, Islamic Azad University, Karaj Branch. pp. 60-35.
18. Abdelaziz M, Pokluda R and Abdelwahab 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.
19. Ardekani M, Abbaszade B, Sharif Ashur Abadi S, Lebaschi MH and Paknejad F (2005) The effects of water deficit on quantity and quality of *Melissa officinalis*. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research.* 23(2): 261-251.
20. Babaei B (2011) Effect of cystocele on quantitative and qualitative characteristics of *Ocimum basilicum L.* under drought stress. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, the University of Zabol, Iran. (In Persian)
21. Erkossa T, Stahr K and Tabor G (2002) Integration of Organic and Inorganic Fertilizers: Effect on Vegetable Productivity. Ethiopian Agricultural research Organization, Debre Zeit Agricultural Research Centre, Ethiopia 82: 247-256.
22. Fatma AG, Lobna AM and Osman NM (2008) Effect of compost and biofertilizers on growth yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. *International Journal of Agriculture and Biology.* 10(4): 381-387.
23. Han HS, Supanjani D and Lee KD (2006) Effect of coin coculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant, Soil and Environment.* 52: 130-136.

24. Hassani A andomidbeigi R (2001) Effects of water stress on some morphological characteristics, physiological and metabolic characteristics, physiological and metabolic Ocimum basilicum. Journal of Agricultural Science. 12(3): 59-47.
25. Khorasaninejad S, Mousavi A, Soltanloo H, Hemmati Kh and Khalighi A (2011) The effect of drought stress on growth parameters, essential oil yield and constituent of Peppermint (*Mentha piperita* L.). Journal of Medicinal Plants Research. 5(22): 5360-5365.
26. Kusaka M, Lalusin AG and Fujimura T (2005) The maintenance of growth and turgor in pearl millet (*Pennisetum glaucum* L. Leeke) cultivars with different root structures and osmoregulation under drought stress. Plant Science. 168: 1-14.
27. Mahfouz SA and Sharaf-Eldin MA (2007) Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* mill.). International Agrophysics. 21: 361-366.
28. Nagananda GS, Das A, Bhattacharya S and Kalpana T (2010) In vitro studies on the effects of biofertilizers (*Azotobacter* and *Rhizobium*) on seed germination and development of *Trigonella foenum-graecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. International Journal of Botany. 6: 394-403.
29. Rawia A, Eid S, Abo-sedera A and Attia M (2006) Influence of nitrogen fixing bacteria incorporation with organic and/or inorganic nitrogen fertilizers on growth, flower yield and chemical composition of *Celosia argentea*. World Journal of Agricultural Sciences. 2: 450-458.
30. Shakirova FM and Bezrukova MV (2003) Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. Biology Bulletin. 24: 109-112.
31. Sharma AK (2002) Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India 407p.
32. Shibli RA, Kushad M, Yousef GG and Lila MA (2007) Physiological and biochemical responses of tomato micro shoots to induced salinity stress with associated ethylene accumulation. Plant Growth Regulation. 51: 159-169.
33. Shubhra K, Dayal J, Goswami CL and Munjal R (2004) Effects of water-deficit on oil of *Calendula* aerial parts. Biologia Plantarum. 48 (3): 445-448.
34. Wu SC, Cao ZH, Li ZG, Cheung KC and Wong MH (2005) Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma. 125:155-166.