فصلنامه علمی-پژوهشی
جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای
سال دوازدهم، شماره ۳، تابستان ۱۴۰۱
صص: ۳۸۸-۳۷۱

بررسی تأثیر کاربرد اسید آسکوربیک و همزیستی قارچ مایکوریزا و باکتری آزوسپریلیوم بر گیاه داروی ریحان تحت تاثیر رژیم های مختلف آبیاری

محسن حمیدی
دانشجوی دکتری گروه کشاورزی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران
حمید رضا توحیدی مقدم[۱]
استاد یار گروه کشاورزی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران
محمد نصری
استادیار گروه کشاورزی، واحد ورامین- پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران
پورنگ کسرایی
استادیار گروه کشاورزی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران
تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۱۰/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۴

چکیده
با توجه به افزایش جمعیت و تقاضای روز افزون برای مواد غذایی، از کودهای شیمیایی به عنوان ابزاری برای میل به حداکثر تولید در واحد سطح، استفاده بی رویه شده که خسارت های جبران ناپذیری بر پیکره محیط زیست وارد کرده است. از طرف دیگر امروزه رویکرد جهانی به سمت کشاورزی ارگانیک است. یکی از راهکارهای افزایش مقاومت گیا نسبت به شرایط تنش زای محیطی بالا بردن سطح سوبستراهای آنزیم های آنتی اکسیدان و مواد آنتی اکسیدان درون سلولی مانند اسید آسکوربیک می باشد. این آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار و در دو سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در روستای قمصر واقع در شهرستان شهرری اجرا گردید. در این آزمایش تنش خشکی به عنوان عامل اصلی در سه سطح: ۴۰، ۷۰، ۱۰۰ میلی متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A و کود زیستی شامل باکتری محرک رشد (آزوسپریلیوم) و قارچ مایکوریزا در چهار سطح شامل: الف) عدم مصرف ب) بذر مال باکتری محرک رشد (آزوسپریلیوم) ج) مصرف قارچ مایکوریزا به صورت بذر مال د) کاربرد توام باکتری محرک رشد آزوسپریلیوم به همراه قارچ مایکوریزا به صورت بذر مال و اسید آسکوربیک در دو سطح محلول پاشی شامل الف) عدم کاربرد اسید آسکوربیک و ب) کاربرد اسید آسکوربیک (دو روز پس از اعمال تیمار آبیاری) به صورت فاکتوریل به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد.

کلیدواژگان: ***اسید آسکوربیک، قارچ مایکوریزا، باکتری آزوسپریلیوم.***

[۱]. (نویسنده مسئول): hamid_tohidi2008@yahoo.com

مقدمه

گیاه دارویی ریحان، گیاهی یک ساله و اسانس دار بوده که به وسیله بذر تکثیر شده و علاوه بر مصارف دارویی به عنوان سبزی هم مصرف می گردد. رشد رویشی و عملکرد بذر در گیاهان تحت تأثیر عوامل بسیاری قرار می گیرند که یکی از این عوامل نوع محیط کشت است. امروزه مواد بسیاری با منشأ آلی و معدنی در اختیار قرار دارند که می توانند به محیط های کشت اضافه گردند و این مواد با تحت تأثیر قرار دادن وضعیت pH خاک، میزان عناصر معدنی در دسترس گیاه، میزان نگهداری رطوبت در خاک، الگو و میزان رشد ریشه در محیط کشت و... نقش مهمی را در عملکرد ایفا می کنند (رحمتی و همکاران، ۱۳۸۷). در چند دهه اخیر، با توجه به افزایش جمعیت و تقاضای روز افزون برای مواد غذایی، از کودهای شیمیایی به عنوان ابزاری برای میل به حداکثر تولید در واحد سطح، استفاده بی رویه شده که خسارت های جبران ناپذیری بر پیکره محیط زیست وارد کرده است. از طرف دیگر امروزه رویکرد جهانی به سمت کشاورزی ارگانیک است. در این سیستم از کشاورزی که شاید برگرفته از کشاورزی سنتی باشد سعی بر این است تا از نهاده هایی که منشا شیمیایی دارند استفاده نشود. در این راستا کودهای بیولوژیک به مرور جای خود را بین نهاده های شیمیایی که به عنوان کود مصرف می شود باز می کند (عباس‌زاده، ۱۳۸٤). همچنین یکی از راهکارهای افزایش مقاومت گیا نسبت به شرایط تنش زای محیطی بالا بردن سطح سوبستراهای آنزیم های آنتی اکسیدان و مواد آنتی اکسیدان درون سلولی مانند اسید آسکوربیک می باشد. اسید آسکوربیک یک مولکول کوچک قابل حل در آب است که دارای خاصیت آنتی اکسیدانی بالایی بوده و به عنوان سوبسترای اولیه در مسیرهای چرخه ای، برای سمیت زدایی و خنثی کردن رادیکالهای سوپراکسید و اکسیژن منفرد نقش دارد. مصرف خارجی اسید آسکوربیک سبب افزایش مقاومت به تنش خشکی و کاهش اثر مضر تنش های اکسیداتیو می شود (دولت آبادیان و همکاران، ۱۳۸۸). از این رو این طرح با هدف بررسی اثر بارکتری محرک رشد آزوسپریلیوم و همزیستی قارچ مایکوریزا و تاثیر کاربرد اسید آسکوربیک بر میزان افزایش مقاومت به خشکی که از مباحث مورد مطالعه در کشاورزی پایدار می‌باشد، انجام پذیرفت. مبانی نظری پژوهش نقش آسکوربیک اسید در گیاهان اسید آسکوربیک یک مولکول کوچک قابل حل در آب است که دارای خاصیت آنتی اکسیدانی بالایی بوده و به عنوان سوبسترای اولیه در مسیرهای چرخه ای، برای سمیت زدایی و خنثی کردن رادیکال¬های سوپراکسید و اکسیژن منفرد نقش دارد. مصرف خارجی اسید آسکوربیک سبب افزایش مقاومت به تنش خشکی و کاهش اثر مضر تنشهای اکسیداتیو می شود. آسکوربیک اسید می¬تواند چرخه سلولی، تقسیم سلولی و طویل شدن سلولی را تعدیل کرده و بدین ترتیب در رشد و نمو گیاهی درگیر شود. مطالعات نشان داد که هر جا فعالیت میتوزی شدید وجود دارد، مقدار آسکوربات هم فراوان است. آسکوربات باعث پیشرفت مرحله به مرحله S در چرخه سلولی می¬شود و بدین ترتیب با دخالت درچرخه سلولی، باعث افزایش رشد سلول¬های گیاهی می¬شود(سایمون و همکاران¬، ۲۰۱۵). در آسیا ایران از نظر دارا بودن سطح خاک شور پنجمین کشور است قسمت بیشتر سطح کشور را به علت کمبود ذخایر آبی و نامساعد بودن شرایط آب و هوایی، اراضی شور در تشکیل می دهد بسیاری موارد منشأ شوری از آب آبیاری بوده و افزایش غلظت نمک ها رشد گیاهان را کند و در نهایت منجر به نابودی گیاهان می شود. با توجه به هزینه های سنگین اصلاح خاک های شور و محدودیت های منابع آب شیرین و یا کم شور ایجاد مقاومت نسبت به شرایط با کاربرد ترکیبات مناسب و نیز اطلاع از رفتار گونه های مختلف گیاهی و واکنش آنها به شوری امری ضروری می باشد(کالدرز و همکاران، ۲۰۱۷). شوری با تأثیر گذاشتن بر روی بیشتر فعالیتهای فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی، رشد و نمو گیاه را تحت تأثیر قرار می دهد. شوری با تاثیر بر شکل های شیمیایی عناصر غذایی در خاک، انتقال یا توزیع این عناصر درون گیاه و یا غیرفعال کردن تاثیرات فیزیولوژیکی عناصر غذایی مصرف شده منجر به افزایش ذاتی نیاز غذایی در گیاه میگردد(چن و همکاران، ۲۰۱۹) طبق نتایج بدست آمده در تحقیقی درگیاه ریحان

سبز آسیب غشایی و میزان قند محلول تحت تنش شوری افزایش یافت همچنین تنش شوری در گیاه نخود موجب کاهش محتوای نسبی آب برگ و افزایش نشت الکترولیت گردید (کوچی و همکاران، ۲۰۱۵) در گیاه کوشیا اعمال تنش شوری نیز منجر به کاهش شاخص پایداری غشاء، افزایش محتوای نسبی آب برگ، پرولین و پتانسیل اسمزی گردید (نوبالت، ۲۰۱٦) اعمال تنش شوری در گیاه دارویی مرزه سبب کاهش قند نامحلول اندام هوایی و ریشه، افزایش پرولین و قند محلول اندام هوایی و ریشه در جهت کاهش اثرات سوء تنش شد. (پازکاد، ۲۰۱۹) در گونه ای مریم گلی نیز میزان قند و پرولین در شرایط تنش شوری نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت (گو مالی، ۲۰۱۳) علاوه بر این با افزایش غلظت شوری در گیاه دارویی زوفا مقدار پرولین، کاروتنوئیدها و قندهای احیا افزایش و مقدار کلروفیل کل و کلروفیلهای a و b کاهش یافت. (جاناتان، ۲۰۱۸). همچنین تحقیقات نشان داد تنش شوری در دو رقم ریحان منجر به افزایش نشت الکترولیت، پرولین، کلروفیل a و کلروفیل کل گردید(تالبرز و همکاران، ۲۰۱۹). قارچ های مایکوریز آربوسکولار یکی از مهمترین ریز موجودات خاک هستند که می توانند با بیش از ۸۰ درصد از گونه های گیاهی رابطه همزیستی برقرار کنند. تنوع قارچ های مایکوریزا آربوسکولار همبستگی مثبت با تنوع گونه های گیاهی و پایداری آنها در اکوسیستم های گیاهی و کشاورزی دارد. شبکه هیفهای خارج ریش های این قارچها در اطراف ریشه ها، سطح جذب آب و عناصر را افزایش می دهد؛ بنابراین، قارچ های مایکوریز آربوسکولار رشد و توانایی گیاه برای مقابله با انواع تنشها (پاتوژنها، عدم تعادل عناصر غذایی، خشکی و فلزات سنگین) را تقویت می کند(بیرو و همکاران، ۲۰۱۸) اغلب پژوهشگران بر این باورند که با استفاده از کودهای زیستی و ریزجانداران خاکزی میتوان شرایط تغذیه ای بهتری را برای گیاه فراهم کر. همزیستی گیاه و ریزجانداران خاکزی مانند مایکوریزا، راهکاری مفید در جهت افزایش مواد آلی خاک، تقویت جوامع میکروبی، افزایش کارایی مصرف نهاده های کشاورزی به خصوص آب آبیاری و درنهایت بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان بهخصوص در محیط های تحت تنش شوری و خشکی محسوب میشود(آلگوارز و همکاران، ۲۰۱۸) علت سودمندی قارچ های مایکوریزا در این میباشد که تلقیح مایکوریزایی موجب تغییر متابولیسم گیاه میزبان شده و این تغییر در متابولیسم سبب تولید ترکیبات دفاعی در گیاه میشود و مقاومت گیاه به شرایط تنش را افزایش می دهد (هازمون، ۲۰۱۹). بهلولی و همکاران (۱٤۰۰) در پژوهشی به بررسی اثر هیو میک اسید، قارچ های مایکوریزا و بقایای روناس بر ویژگی های رشدی و جذب عنصرهای غذایی گل مغربی در تنش شوری پرداختند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بهطور کامل تصادفی با شش تیمار شامل شاهد (بدون کود)، ۵/۱ و ۳ گرم قارچ مایکوریزا در هر کیلوگرم خاک، ۱٦ و ۳۲ میلیگرم هیومیکاسید در لیتر آب آبیاری و ٪۲۵ حجمی گلدان بقایای گیاه روناس در سه سطح شوری خاک (٤،۷ و ۱۲ دسیزیمنس بر متر) با سه تکرار اجرا شد. بر اساس نتیجه ها، تیمار ۳۲ میلیگرم بر لیتر هیومیکاسید در شوری ٤ دسیزیمنس بر متر بیشترین شمار گل، طول دوره گلدهی و وزن خشک گل را در پی داشت. در شوری ۷ دسیزیمنس بر متر گیاهان تیمارشده با ۵/۱ گرم بر کیلوگرم قارچ مایکوریزا بیشترین شمار گل، طول دوره گلدهی و جذب سدیم، فسفر و پتاسیم را نشان دادند. در شوری ۱۲ دسیزیمنس بر متر گیاهان تیمارشده با بقایای روناس بیشترین شمار گل، وزن خشک گل، پروتئین کل، فعالیت آنزیم پراکسیداز و کمترین مقدار جذب سدیم را نشان دادند. استفاده از کودهای آلی و زیستی موجب انگیزش گل در گیاهان تیمار شده در شوری ۱۲ دسیزیمنس بر متر شد. به طور کلی، تیمارهای قارچ مایکوریزا و بقایای روناس در تمام سطح های شوری موجب بهبود رشد و عملکرد گیاه شدند. ایرجی مارشک و مقدم (۱۳۹۹) در پژوهشی به بررسی پاسخ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی جعفری مکزیکی به کاربرد قارچ های مایکوریزا در شرایط تنش شوری پرداختند. نتایج نشان داد اعمال تنش شوری منجر به کاهش محتوای نسبی آب و کلروفیل برگ شد. با افزایش سطح تنش میزان نشت الکترولیت، کربوهیدرات

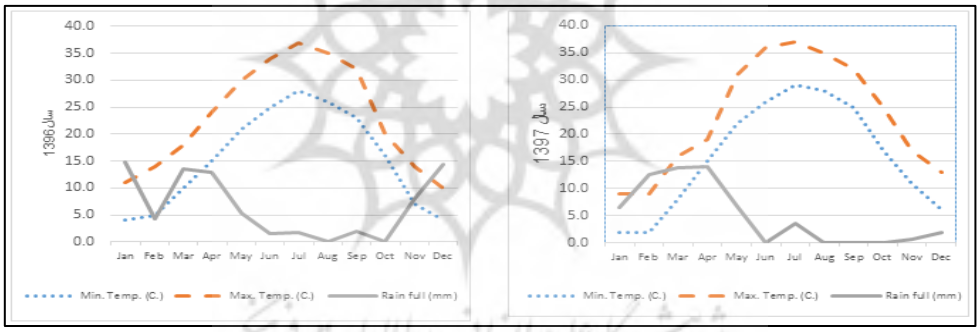
کل و پرولین برگ افزایش یافت. در مقابل استفاده از قارچ های مایکوریزا منجر به بهبود صفات اندازه گیری شده تحت شرایط تنش شوری گشت. طبق نتایج بدست آمده مقدار پرولین، کربوهیدرات کل و نشت الکترولیت با کاربرد قارچ مایکوریزا در شرایط تنش کاهش یافت که ناشی از تاثیر مثبت کاربرد این قارچ ها در متعادل کردن شرایط رشدی برای گیاه تحت تنش شوری بود. همچنین بیشترین مقدار محتوای نسبی آب برگ و کلروفیل a،b و کلروفیل کل در تیمار عدم اعمال تنش شوری و کاربرد قارچ مایکوریزا گونه اینترارادیکس مشاهده شد. با توجه به نتایج این تحقیق میتوان بیان کرد که اعمال تنش شوری در غلظت ۱۲۰ میلیمولار منجر به کاهش شدید صفات مورد بررسی شد. این در حالی است که کاربرد قارچهای مایکوریزا در این سطح نتوانست اثرات منفی تنش شوری را بهبود بخشد. طبق نتایج این تحقیق استفاده از قارچ مایکوریزا گونه اینترارادیکس نسبت به موسهآ تاثیر بیشتری در بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی جعفری مکزیکی در شرایط تنش شوری در غلظت پایین داشت.

مواد و روش ها

میانگین حداقل و حداکثر دما و متوسط بارش شهری

این منطقه دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک است و میانگین بارش سالانه آن در ۳۸ سال گذشته ۲۵۱ میلی متر بوده است، میانگین سالانه درجه حرارات هوا آن به ترتیب ۱٦.۵ درجه سانتیگراد، میانگین درجه حرارت خاک ۱۵.۵ سانتیگراد درجه و میزان تبخیر از سطح تشتک تبخیر سالانه ۲٦۰۷ میلیمتر می باشد (شکل ۱ و ۲). میانگین بارندگی و دمای ماهانه بر گرفته از ایستگاه هواشناسی در شکل ۱ و ۲ نشان داده شده است.

شکل ۱. نمودار تغییرات دمایی شهری در سال های ۱۳۹٦ و ۱۳۹۷



خصوصیات خاک محل اجرای طرح

پیش از انجام آزمایش مزرعه ای برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه برداری از خاک صورت گرفت. برای این منظور روی قطرهای اصلی زمین چهار نقطه مشخص گردید، سپس در هر نقطه یک نمونه از عمق ۰ – ۳۰ سانتیمتری خاک برداشته و نمونه های جمع آوری شده از چهار نقطه با هم مخلوط شدند و در نهایت یک نمونه خاک به آزمایشگاه جهت تجزیه ارسال گردید. نتایج حاصل از تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

بافت خاک	فسفر قابل استفاده (ppm)	پتاسیم قابل استفاده (mg/l)	رس (٪)	شن (٪)	رطوبت اشباع sp ٪(w/w)	هدایت الکتریکی عصاره اشباع ECe (ds/m)	اسیدیته گل اشباع pH	سیلت (٪)	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)
لومی– رسی	۸/۰۲	۲۲۸	۳٤	٤۰	٤۲/۵	٤/۵٤	۷/۵۱	۲٦	۰/۱۹٤	۰/۱۵

طرح آزمایشی مورد استفاده

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در روستای قمصر واقع در شهرستان شهرری به مدت دو سال زراعی انجام خواهد شد. آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. در این آزمایش: آبیاری به عنوان عامل اصلی در سه سطح شامل: تنش خشکی بر اساس ٤٠، ٧٠، ١٠٠ میلی متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A و کود زیستی شامل باکتری محرک رشد (آزوسپریلیوم) و قارچ مایکوریزا در چهار سطح شامل: الف) عدم مصرف ب) بذر مال باکتری محرک رشد (آزوسپریلیوم) ج) مصرف قارچ مایکوریزا به صورت بذر مال د) کاربرد توام باکتری محرک رشد آزوسپریلیوم به همراه قارچ مایکوریزا به صورت بذر مال و اسید آسکوربیک در دو سطح محلول پاشی شامل الف) عدم مصرف اسید آسکوربیک و ب) مصرف ۲ مولار اسید آسکوربیک به صورت فاکتوریل به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد.

نقشه طرح آزمایشی

پس از مشخص نمودن پشته ها، نقشهٔ آزمایش بر روی زمین پیاده شد. هر تکرار شامل ٢٤ کرت و هر کرت شامل ٤ ردیف به طول ۳ متر با فاصله ردیف ها ٤٠ سانتیمتر و فاصله بوته ۵ سانتیمتر درنظر گرفته شد. فاصلهٔ بین تکرارها نیز ۳ متر تعیین شد. از هرکرت آزمایش دو خط اول و آخر به عنوان حاشیه در نظر گرفته شده و از ۲ خط وسط برای اندازه گیری مرفولوژیک استفاده شد.

نقشه طرح

جدول ۲. نقشه طرح آزمایشی

40 mm								70 mm								100 mm							
B2		B4		B1		B3		B4		B3		B2		B1		B3		B4		B1		B2	
A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
70 mm								100 mm								40 mm							
B2		B3		B4		B1		B4		B3		B2		B1		B2		B3		B4		B1	
A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
100 mm								40 mm								70 mm							
B4		B3		B2		B1		B3		B4		B1		B2		B1		B2		B3		B4	
A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2

عملیات کاشت

پیش از کاشت نسبت به تهیه زمین (شخم، دیسک و لولر) اقدام شده و بر اساس نتایج آزمون خاک، مقدار کود فسفات آمونیوم مورد نیاز و بر اساس تیمار آزمایشی ۳۰ درصد مقدارکود اوره به زمین اضافه شد. مقدار ۳۵ درصد به صورت سرک در مرحله چهاربرگی بوته ها (ارتفاع ۳۵ تا ٤٠ سانتیمتری) و مقدار ۳۵ درصد مابقی پس از برداشت چین اول همزمان با آبیاری به زمین اضافه شد. عملیات کاشت به صورت دستی و به روش کپه‌ای (به عمق ۵ – ۳ سانتی متر) صورت گرفت و بلافاصله پس از کاشت آبیاری انجام گردید. آبیاری به صورت نشتی انجام و بذرها در عمق چهار تا پنج سانتیمتری کشت گردید تاریخ کاشت در سال اول ۲۰ خرداد ماه ١٣٩٦ و در سال دوم ۱۵ خرداد ماه ۱۳۹۷ انجام گردید.

بحث و نتیجه گیری

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) برای صفت ارتفاع بوته نشان داد که کلیه اثرات ساده و اثرات متقابل تنش خشکی در اسید آسکوربیک، اثر تنش خشکی در کود بیولوژیک معنی دار گردید وجود دارد. نتایج مقایسه میانگین تأثیر تنش خشکی بر ارتفاع بوته ریحان نشان داد که در بین تیمارهای مختلف، تنش خشکی ٤٠ میلی‌متر بیشترین ارتفاع را به خود اختصاص داد. ارتفاع بوته ریحان در این تیمار ٦٥.١٤ سانتی‌متر بود که در حدود ١٤ درصد از کمترین ارتفاع بوته ریحان که مربوط به تیمار تنش خشکی ١٠٠ میلی‌متر بود بیشتر بود (جدول ٤). نتایج مقایسه میانگین کاربرد کود های بیولوژیک به صورت ترکیب مایکوریزا + آزوسپریلیوم با ٦٩/٥٥ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع ریحان را به خود اختصاص داد که تفاوت ٣١ درصدی نسبت به پایین‌ترین ارتفاع بوته ریحان که مربوط به تیمار عدم مصرف کود های بیولوژیک با میانگین ٤٧/٩٤ سانتی‌متر بدست آمد (جدول ٤). نتایج مقایسه میانگین اسید آسکوربیک، کاربرد اسید آسکوربیک بیشترین ارتفاع ریحان با میانگین ٦٣/٠٥ سانتی‌متر را به خود اختصاص داد که تفاوت آماری معنی‌دار با تیمارهای دیگر داشت همچنین استفاده از اسید آسکوربیک باعث افزایش ٩ درصدی ارتفاع بوته نسبت به تیمار عدم مصرف اسید آسکوربیک گردید (جدول ٤)

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد بوته در واحد سطح، تعداد گل آذین در بوته، تعداد گل آذین در واحد سطح، تعداد دانه در هر گل آذین

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی در بوته	تعداد برگ در بوته	تعداد بوته در واحد سطح	تعداد گل آذین در بوته	تعداد گل آذین در واحد سطح	تعداد دانه در هر گل آذین
		میانگین مربعات						
سال	1	2217.46**	518.055**	1468.805**	367.361**	37.332**	468509.448**	75464.668**
تکرار (سال)	4	250.96	9.714	401.360	5.611	0.056	938.118	208.808
تنش خشکی	2	1041.47**	40.207**	1659.791**	4437.173**	84.498**	2185885.035**	6190.466**
تنش خشکی (سال)	2	0.775n.s	0.1195n.s	5.000n.s	0.965n.s	0.955**	14510.956**	130.392n.s
خطای اصلی	8	5.556n.s	0.173n.s	7.146n.s	6.246n.s	0.230*	2832.772**	72.001n.s
کود های بیولوژیک	3	3219.810**	112.472**	4646.883**	1223.944**	34.767**	716799.066**	11006.659**
کود های بیولوژیک (سال)	3	1.017n.s	0.112n.s	4.598n.s	9.453n.s	0.276*	5555.534**	140.539n.s
اسید آسکوربیک	1	1083.068**	32.328**	1338.950**	4.777n.s	0.006n.s	4234.43.s	10696.730**
اسید آسکوربیک (سال)	1	3.648n.s	0.644n.s	26.953n.s	103.361**	3.986**	2.062n.s	3913.545**
تنش خشکی * کود های بیولوژیک	6	27.014**	0.777*	32.210*	9.0347*	4.379**	2332.849 n.s	65.277n.s
تنش خشکی * کود های بیولوژیک (سال)	6	1.283n.s	0.142n.s	5.842n.s	3.030n.s	0.112n.s	2439.964*	128.701n.s
تنش خشکی * اسید آسکوربیک	2	19.508*	1.739**	71.804*	0.423n.s	0.866**	1648.333 n.s	993.430**
تنش خشکی * اسید آسکوربیک (سال)	2	0.848n.s	0.165n.s	6.970n.s	1.798n.s	2.262n.s	11667.458**	108.347n.s
کود های بیولوژیک * اسید آسکوربیک	3	56.780**	0.262 n.s	39.740*	4.537n.s	0.037n.s	1195.802n.s	44.645n.s
کود های بیولوژیک * اسید آسکوربیک (سال)	3	0.590n.s	0.245n.s	10.176n.s	6.824n.s	0.409**	5276.205**	33.941n.s
تنش خشکی * کود های بیولوژیک * اسید آسکوربیک	6	7.481n.s	0.3466n.s	14.391n.s	2.488n.s	0.184n.s	853.294n.s	147.218n.s
تنش خشکی * کود های بیولوژیک * اسید آسکوربیک (سال)	6	0.668n.s	0.077n.s	3.144n.s	0.400n.s	0.401**	2013.327n.s	92.611n.s
خطای کل	84	6.151	0.341	14.101	3.677	0.094	1019.945	88.491
ضریب تغییرات (درصد)		13.56	14.94	16.76	8.81	8.41	12.04	7.29

n.s غیر معنی دار،* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪ می باشند.

جدول ٤. مقایسه میانگین اثرات ساده تنش خشکی، کود بیولوژیک و اسید آسکوربیک بر صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد بوته در واحد سطح، تعداد گل آذین در بوته، تعداد دامه در هر گل آذین، تعداد گل آذین در واحد سطح

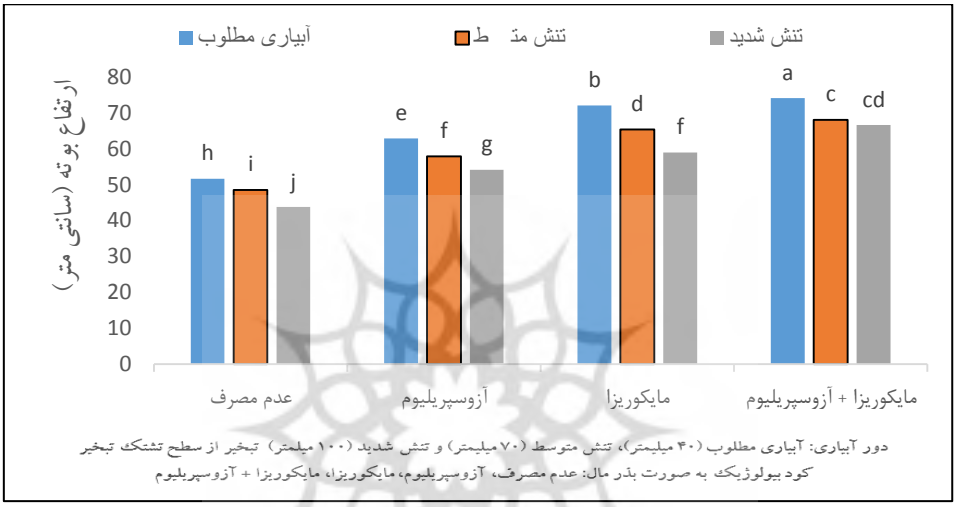
اثرات ساده		ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی در بوته	تعداد برگ در بوته	تعداد بوته در واحد سطح	تعداد گل آذین در بوته	تعداد گل آذین در واحد سطح	تعداد دانه در هر گل آذین
تنش خشکی	40 mm	65.14a	13.81a	79.79a	81.29a	13.54a	1110.51a	437.71a
	70 mm	59.93b	12.88b	73.83b	71.72b	11.33b	816.99b	417.79b
	100 mm	55.85c	11.98c	68.03c	62.06c	11.16b	695.42c	418.31b
کود های بیولوژیک	عدم مصرف	47.94d	10.59d	59.11d	63.55c	10.77c	688.23c	401.87c
	آزوسپریلیوم	58.33c	12.51c	71.43c	71.38b	11.68b	841.33b	419.94b
	مایکوریزا	65.41b	13.81b	79.83b	75.97a	12.85a	988.08a	439.73a
	مایکوریزا + آزوسپریلیوم	69.55a	14.65a	85.17a	75.86a	12.75a	979.56a	436.85a
اسید آسکوربیک	عدم مصرف	57.57b	12.42b	70.84b	71.30b	12.01a	868.88b	415.98b
	مصرف	63.05a	13.36a	76.94a	72.08a	12.02a	879.72a	433.22a

میانگین های دارای حرف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمالی ۵٪ دارای اختلاف معنی دار نمی باشد.

مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی در کود های بیولوژیک بر ارتفاع بوته

در خصوص اثر متقابل تنش خشکی و کود های بیولوژیک بیشترین میزان ارتفاع بوته از تیمار تنش خشکی ٤٠ میلیمتر تبخیر با میانگین ٧٤.٠٨ سانتی‌متر به دست آمد که در حدود ٤٠ درصد بیشتر از تیمار تنش خشکی ١٠٠ میلیمتر تبخیر و کود های بیولوژیک با میانگین ٤٣.٧٥ سانتی‌متر بود. کاربرد کود مایکوریزا و آزوسپریلیوم در شایط تنش شدید (١٠٠ میلیمتر تبخیر) با میانگین ٦٦.٥٨ سانتی متر نسبت به همین تیمار تنش خشکی تنش متوسط (٧٠ میلیمتر تبخیر) تنها اختلاف ٢ درصدی را نشان داد که بیان کننده تاثیر مثبت کود بیولوژیک در کاهش تنش و افزایش ارتفاع گیاه ریحان است (شکل ٢). همزیستی میکوریزا آربوسکولار می تواند توانایی اجتناب از خشکسالی گیاهان را بهبود بخشد در همین رابطه محققان بیان داشتندکه همزیستی مایکوریزا با ریشه گیاه گندم منجر به افزایش معنی دار ریشه، ساقه و وزن خشک گیاه گردید(کوبکوهی، ٢٠٠٨).

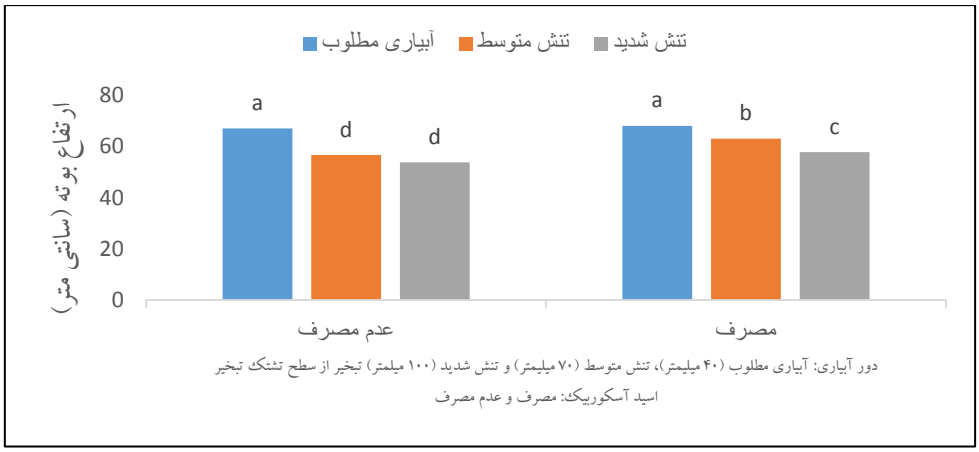
شکل ٢. اثر متقابل تنش خشکی در کود های بیولوژیک بر ارتفاع بوته



مقایسه میانگین تأثیر تنش خشکی بر اسید آسکوربیک بر ارتفاع بوته

اثر متقابل تنش خشکی در اسید آسکوربیک بیشترین ارتفاع بوته از تیمار تنش خشکی ٤٠ میلیمتر تبخیر و مصرف اسید آسکوربیک با میانگین ٦٨.١٢ سانتی‌متر بدست آمد که در حدود ٢٠ درصد بیشتر از تیمار تنش خشکی ١٠٠ میلیمتر تبخیر و عدم مصرف اسید آسکوربیک بود. سایر نتایج این تیمار بیانگر آن بود که کاربرد اسید آسکوربیک در کلیه سطوح آبیاری منجر به افزایش ارتفاع بوته ریحان گردید اما بر اساس نتایج تیمار عدم مصرف اسید آسکوربیک و تنش خشکی ٤٠ میلیمتر تبخیر با شرایط مصرف اسید آسکوربیک در یک گروه آماری قرار داشتند که به نظر می رشد استفاده از اسید آسکوربیک در شرایط آب آبیاری مطلوب تاثیر چندانی بر اتفاع بوته ریحان نداشته است (شکل ٣). همچنین در آزمایشی (اصغری و همکاران، ١٣٩٥) بیان داشتند که محلول پاشی اسید آسکوربیک موجب افزایش ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، کلروفیل کل، محتوای آب نسبی برگ و کاهش پرولین و فعالیت آنزیم های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز شد و بیشترین تاثیر مثبت در تیمار ١٢٠ میلی گرم در لیتر اسید آسکوربیک مشاهده شد. اصغری و همکاران (١٣٩٥) نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش ارتفاع بوته، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، کلروفیل کل، محتوای آب نسبی برگ و افزایش پرولین و فعالیت آنزیم های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز شد، به طوری که تحت شرایط تنش شدید خشکی، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه و عملکرد دانه به ترتیب ٤٣.٠٣، ٢٣.١١ و ٤٩ درصد کاهش پیدا کرد. در مقابل، محلول پاشی اسید آسکوربیک موجب افزایش ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، کلروفیل کل، محتوای آب نسبی برگ و کاهش پرولین و فعالیت آنزیم های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز شد و بیشترین تاثیر مثبت در تیمار ١٢٠ میلی گرم در لیتر اسید آسکوربیک مشاهده شد.

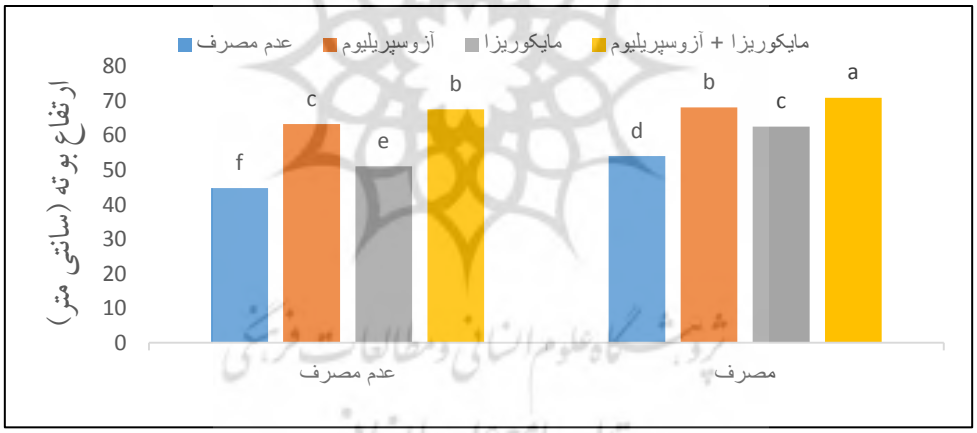
شکل ٣. اثر متقابل تنش خشکی بر اسید آسکوربیک بر ارتفاع بوته



مقایسه میانگین اثر متقابل اسید آسکوربیک بر کود های بیولوژیک بر ارتفاع بوته

در خصوص اثر متقابل کود های بیولوژیک و اسید آسکوربیک بیشترین میزان ارتفاع بوته از تیمار مصرف اسید آسکوربیک با میانگین ۷۰.۹٤ سانتی‌متر به دست آمد که در حدود ۳٦ درصد بیشتر از تیمار عدم مصرف با میانگین ٤٤.۷۸ بود. از طرف دیگر می توان اشاره کرد با کاربرد اسید آسکوربیک و کود بیولوژیک مایکوریزا + آزوسپیریلیوم افزایش ارتفاع بوته در حدود ۵ درصد افزایش یافت ولی در صورت استفاده از اسید آسکوربیک در تیمار کود مایکوریزا منجر به افزایش ۱۸ درصد ارتفاع بوته نسبت به تیمار مایکوریزا و عدم مصرف اسید آسکوربیک بدست آمد (شکل ٤).

شکل ٤. اثر متقابل اسید آسکوربیک بر کود های بیولوژیک بر ارتفاع بوته



تعداد شاخه فرعی در بوته

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) در رابطه تعداد شاخه فرعی در بوته بیان داشت که اثر ساده تنش خشکی، کود بیولوژیک، اسید آسکوربیک و اثرات متقابل تنش خشکی در کود بیولوژیک و اثر متقابل تنش خشکی در اسید آسکوربیک برای این صفت معنی دار گردید. ولی سایر اثرات متقابل معنی دار نبودند. در خصوص اثر ساده تنش خشکی بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته از تیمار تنش خشکی ٤۰ میلیمتر تبخیر با میانگین ۱۳.۰۵ شاخه به دست آمد که در حدود ۱۱ درصد بیشتر از تیمار تنش خشکی ۱۰۰ میلیمتر تبخیر بود (جدول ۳). در خصوص اثر ساده کود های بیولوژیک بیشترین شاخه فرعی در بوته از تیمار مصرف مایکوریزا + آزوسپریلیوم با میانگین ۱٤.٦۵ شاخه به دست آمد که در حدود ۲۷ درصد بیشتر از تیمار عدم مصرف با میانگین ۱۰.۵۹ بود (جدول ٤). در خصوص اثر ساده اسید آسکوربیک بیشترین شاخه فرعی در بوته از تیمار مصرف اسید آسکوربیک با میانگین ۱۳.۳٦ شاخه به دست آمد که در حدود ۷ درصد بیشتر از تیمار عدم مصرف اسید آسکوربیک با میانگین ۱۲.٤۲ شاخه بود (جدول ٤).

اثر متقابل تنش خشکی در کود های بیولوژیک بر تعداد شاخه فرعی در بوته

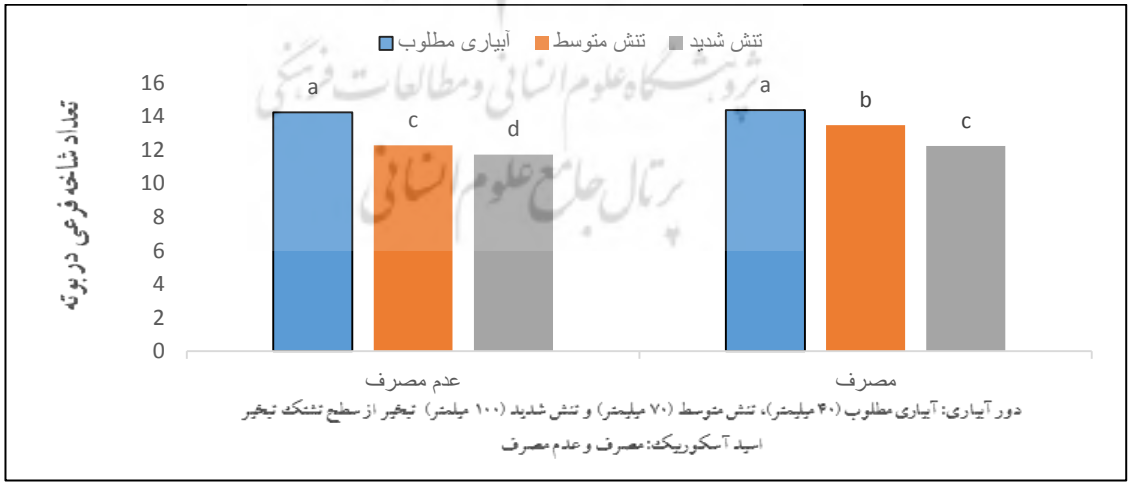
در خصوص اثر متقابل تنش خشکی و کود های بیولوژیک بیشترین میزان تعداد شاخه فرعی در بوته از تیمار تنش خشکی ٤٠ میلیمتر تبخیر و کاربرد کود مایکوریزا و آزوسپریلیوم و تیمار کاربرد مایکوریزا هر دو در یک گروه آماری قرار داشتند و به ترتیب با میانگین ۱۵.۵۱ شاخه و ۱۵.۰۹ شاخه به دست آمد و این مقادیر در حدود ۳۷ درصد بیشتر از تیمار تنش خشکی ۱۰۰ میلیمتر تبخیر و عدم مصرف کود های بیولوژیک بود. سایر نتایج به دست آمده نشان داد که کاربرد کود مایکوریزا و آزوسپریلیوم در شرایط تنش متوسط (۷۰ میلیمتر تبخیر) تعداد شاخه فرعی با میانگین ١٤.٥١ شاخه بدست که نسبت به تیمار آبیاری مطلوب تنها ٦ درصد اختلاف داشت، اما در همین تیمار آبیاری (۷۰ میلیمتر تبخیر) عدم مصرف کود بیولوژیک تیمار های نسبت به تیمار آبیاری مطلوب و کاربرد مایکو + آزو در حدود ۳۰ درصد اختلاف عملکرد را نشان داد. همین روند تغییرات نیز در تیمار تنش شدید (۱۰۰ میلیمتر تبخیر) و مصرف مایکوریزا + آزوسپریلیوم نسبت به عدم مصرف کود بیولوژیک قابل مشاهده بود (شکل ۵). در خصوص اثر ساده کود های بیولوژیک بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته از تیمار مصرف کود های بیولوژیک با میانگین ١٤.٦٥ شاخه به دست آمد که در حدود ۲۷ درصد بیشتر از تیمار عدم مصرف با میانگین ۱۰.۵۹ شاخه بود (جدول ٤). در خصوص اثر ساده اسید آسکوربیک بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته از تیمار مصرف اسید آسکوربیک با میانگین ۱۳.۳٦ شاخه به دست آمد که در حدود ۷ درصد بیشتر از تیمار عدم مصرف اسید آسکوربیک با میانگین ۱۲.٤۲ شاخه بود (جدول ٤). افزایش تعداد شاخه جانبی ریحان در اثر تلقیح با کود های بیولوژیک (ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس) توسط داودی فر (۱۳۹۰) گزارش شد. بنظر می رسد به واسطه نقش مثبت کود های بیولوژیک در تولید و تنظیم هورمون های محرک رشد، با کاربرد این رایزو کود های بیولوژیک ها سطح و عمق ریشه افزایش یافته و جذب آب وعناصر غذایی افزایش می یابد که سبب بهبود رشد و افزایش فتوسنتز می شود (محمد ورزی، ۱۳۸۹). با افزایش میزان فتوسنتز و مواد غذایی جذب شده توسط گیاه و بروز پتانسیل حداکثری تولید بیوماس گیاه شاهد بیشتر شدن تعداد شاخه های جتنبی نیز هستیم. با افزایش تعداد شاخه های جانبی، شاهد افزایش تعداد گل آذین در بوته نیز هستیم که این بدین معنی است که بین صفت تعداد شاخه جانبی و تعداد گل آذین رابطه معنی دار مثبتی وجود دارد. به نظر می‌رسد که برتری تیمارهای حاوی کود دامی و باکتری¬های محرک رشد نسبت به شاهد می‌تواند حاصل بهبود شرایط خاک و دستیابی به عناصر غذایی که در نهایت به افزایش وزن خشک و گلدهی می‌انجامد، باشد. در همین ارتباط قابل ذکر است که تحقیقات بر روی گیاه رازیانه (Abdou et al., 2009) و شوید (Shafei and Khalid, 2005) نشان دهنده این امر هستند. کاهش تعداد شاخه فرعی در شرایط تنش خشکی در زمان پر شدن دانه در بوته یکی از دلایل اصلی کاهش عملکرد دانه کلزا می‌باشد (Nielsen, 2010). کاهش تعداد شاخه های فرعی بر اثر کمبود آب توسط پژوهش گران دیگر نیز گزارش شده است (Cox, 2008). افزایش ارتفاع بوته، تعداد پنجه و سنبله، سطح برگ پرچم، طول سنبله، عملکرد دانه و کاه در هر بوته و افزایش تعداد روزنه با استفاده از ٤۰۰ میلی لیتر اسید آسکوربیک افزایش می یابد (Amin et al., 2008). محلول پاشی اسید آسکوربیک بر گیاهان باقلا سبز باعث افزایش تعداد شاخه ها، برگ ها و برگ در واحد سطح، وزن گیاه تازه و خشک شاخه ها و همچنین مقادیر کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید در مقایسه با گیاهان درمان نشده پس از ۷۵ روز از کاشت شد (El Bassiouny et al., 2005).

شکل ۵. اثر متقابل تنش خشکی بر کود های بیولوژیک بر شاخه فرعی در بوته

اثر متقابل تنش خشکی در اسید آسکوربیک بر تعداد شاخه فرعی در بوته

در خصوص اثر متقابل تنش خشکی در اسید آسکوربیک بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته از تیمار تنش خشکی ٤٠ میلیمتر تبخیر و مصرف اسید آسکوربیک با میانگین ١٤.٣٧ شاخه به دست آمد که در حدود ١٨ درصد بیشتر از تیمار تنش خشکی ١٠٠ میلیمتر تبخیر و عدم مصرف اسید آسکوربیک بود. شاخه فرعی در بوته در تیمار عدم مصرف اسید آسکوربیک و آبیاری مطلوب با تیمار مصرف اسید در آبیاری مطلوب در یک گروه آماری قرار داشت. کاربرد اسید آسکوربیک منجر به افزایش شاخه فرعی در بوته ریحان گردید در همین رابطه در شرایط تنش متوسط و عدم مصرف اسید آسکوربیک تعداد شاخه فرعی با میانگین ١٢.٢٨ درصد به دست آمد این میزان با تیمار آبیاری مطلوب و مصرف اسید آسکوربیک در حدود ١٤ درصد اختلاف عملکرد داشت ولی در همین تیمار آبیاری و با مصرف اسید آسکوربیک اختلاف عملکرد با تیمار آبیاری مطلوب و مصرف اسید آسکوربیک به ٦ درصد کاهش پیدا کرد که این نشان دهنده سود مندی اسید آسکوربیک در شرایط تنش رطوبتی نسبت به شرایط آبیاری مطلوب را نشان می دهد (جدول ٤).

شکل ٦. اثر متقابل تنش خشکی و اسید آسکوربیک بر تعداد شاخه فرعی در بوته



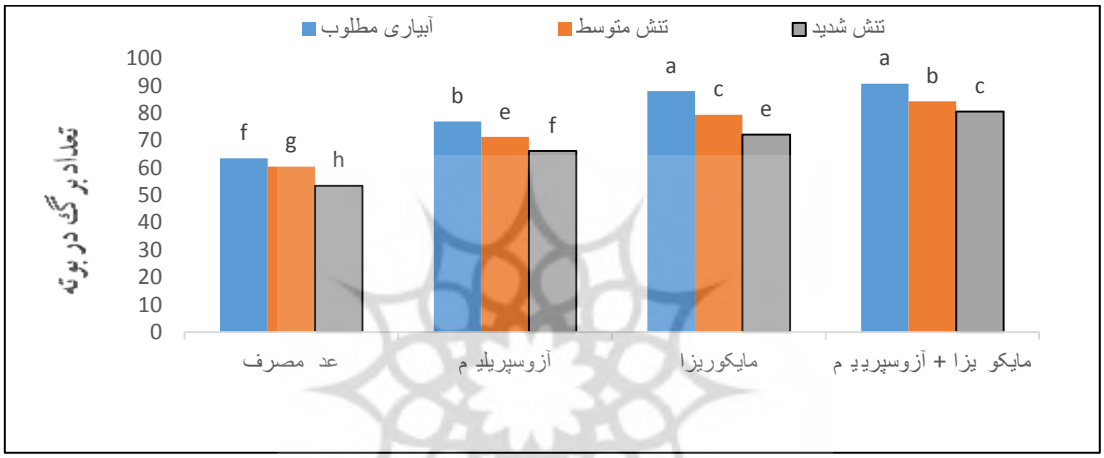
تعداد برگ در بوته

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) در رابطه تعداد برگ در بوته بیان داشت که اثر ساده تنش خشکی، کود بیولوژیک، اسید آسکوربیک و اثرات متقابل تنش خشکی در کود بیولوژیک و اثر متقابل تنش خشکی در اسید آسکوربیک برای این صفت معنی دار گردید. ولی سایر اثرات متقابل معنی دار نبودند. در خصوص اثر ساده تنش خشکی بیشترین میزان تعداد برگ در بوته از تیمار تنش خشکی ٤٠ میلیمتر تبخیر با میانگین ۷۹.۷۹ برگ به دست آمد که در حدود ۱۵ درصد بیشتر از تیمار تنش خشکی ۱۰۰ میلیمتر تبخیر بود (جدول ٤). در خصوص اثر ساده کود های بیولوژیک بیشترین میزان تعداد برگ در بوته از تیمار مصرف کود های بیولوژیک با میانگین ۷٦.۹٤ عدد برگ به دست آمد که در حدود ۷ درصد بیشتر از تیمار عدم مصرف با میانگین ۷۰.۸٤ بود (جدول ٤). در خصوص اثر ساده کود های بیولوژیک بیشترین میزان تعداد برگ در بوته از تیمار مصرف کود های بیولوژیک با میانگین ۸۵.۱۷ عدد برگ به دست آمد که در حدود ۳۰ درصد بیشتر از تیمار عدم مصرف با میانگین ۵۹.۱۱ عدد برگ بود (جدول ٤). در خصوص اثر ساده اسید آسکوربیک بیشترین میزان تعداد برگ در بوته از تیمار مصرف اسید آسکوربیک با میانگین ۷٦.۹٤ عدد برگ به دست آمد که در حدود ۷ درصد بیشتر از تیمار عدم مصرف اسید آسکوربیک با میانگین ۷۰.۸٤ عدد برگ بود (جدول ٤). بنظر می رسد به واسطه نقش مثبت کود های بیولوژیک در تولید و تنظیم هورمون های محرک رشد، با کاربرد این رایزو کود های بیولوژیک ها سطح و عمق ریشه افزایش یافته و جذب آب وعناصر غذایی افزایش می یابد که سبب بهبود رشد و افزایش فتوسنتز می شود (محمد ورزی، ۱۳۸۹). خسروی و همکارن، (۱۳۸۱) طی یک آزمایش گلخانه ای نشان دادند که تلقیح ریحان با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم اثر معنی داری بر روی توسعه سیستم ریشه و افزایش جذب مواد غذایی و بالطبع افزایش تعداد برگ داشت. همچنین صفت تعداد برگ با شاخص سطح برگ بطور معنی داری وابسطه است، بدین صورت که با افزایش میزان بیوماس گیاهی و افزایش تعداد برگ، شاخص سطح برگ نیز افزایش می یابد. احتمالا اثرات افزایش تعداد برگ از طریق افزایش میزان جذب نور و افزایش میزان کلروفیل و فتوسنتز ناشی از افزایش کود نیتروژن و مصرف کود های بیولوژیک های محرک رشد، تاثیر معنی دار و مثبتی روی اکثر صفات رشدی گیاه نظیر عملکرد ماده خشک و تر، عملکرد اسانس، میزان کلروفیل (کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل a+b)، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، افزایش بیو ماس گیاهی و تعداد شاخه های جانبی دارد. همچنین افزایش تعداد برگ اثر معنی دار و منفی ای با درصد اسانس دارد. کاهش سطح و تعداد برگ تحت تاثیر تنش خشکی توسط (Hasanpour et al., 2012) گزارش شده است. نتایج تقیقات دیگر نشان داد که افزایش غلظت اسید آسکوربیک بتدریج تمام پارامترهای رشد (ارتفاع بوته، تعداد شاخه ها، تعداد برگ ها، قطر ساقه، طول ریشه و همچنین وزن های تازه و خشک تمام ارگانهای گیاهی) و همچنین میزان درصد کل کربوهیدرات، نیتروژن، فسفر و پتاسیم را تحت تاثیر قرار داد (Mazher et al., 2011). همچنین در آزمایشی گزارش شد که اسید آسکوربیک موجب افزایش رشد از طریق افزایش سطح برگ پرچم می گردد (Dolatabadian et al., 2009). صفات رویشی گیاه از قبیل طول شاخه فرعی، طول سنبله و صفات مربوط به ریشه با افزایش میزان تنش شوری کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان دادند و کاربرد اسید هیومیک در هر دو سطح و اسید آسکوربیک (عمدتا سطح ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) سبب بهبود این صفات نسبت به شاهد گردید (مقدم و همکاران، ۱۳۹۵).

اثر متقابل تنش خشکی در کود های بیولوژیک بر تعداد برگ در بوته

در خصوص اثر متقابل تنش خشکی و کود های بیولوژیک بر تعداد برگ در بوته علاوه بر اینکه تیمار های کاربرد مایکوریزا + آزوسپریلیوم و کاربرد مجزای مایکوریزا در شرایط تنش خشکی مطلوب در یک گروه آماری قرار داشتند بیشترین تعداد برگ در بوته از تیمار تنش خشکی ۴۰ میلیمتر تبخیر و کاربرد توام کود مایکوریزا و آزوسپریلیوم و مایکوریزا مجزا به ترتیب با میانگین های ۹۰.۷۳ و ۸۸.۰۵ عدد برگ به دست آمد که در حدود ۴۱ درصد بیشتر از تیمار تنش خشکی ۱۰۰ میلیمتر تبخیر و عدم مصرف کود های بیولوژیک بود. همچنین این روند تغییرات نشان دهنده اهمیت و کاربرد کود های بیولوژیک بخصوص در شرایط تنش های رطوبتی است بطوری که در تیمار تنش شدید رطوبتی و و کاربرد کود مایکوریزا + آزوسپریلیوم نسبت یه عدم مصرف آن در حدود ۳۳ درصد براورد گردید؛ و از طرف دیگر می توان به این نکته اشاره کردبا کاربرد کود بیولوژیک مایکوریزا + آزوسپریلیوم اختلاف تعداد برگ در بوته ریحان از ۴۱ درصد به ۱۱ درصد کاهش یافت. شکل (۷).

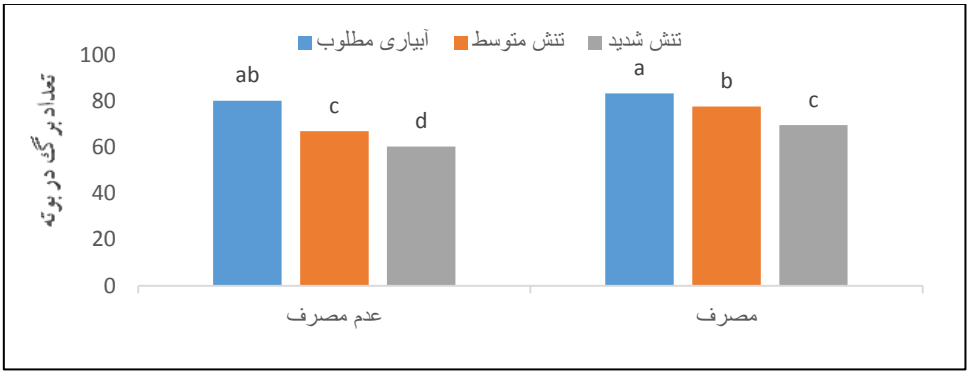
شکل ۷. اثر متقابل تنش خشکی بر کود های بیولوژیک بر تعداد برگ در بوته



اثر متقابل تنش خشکی بر اسید آسکوربیک بر تعداد برگ در بوته

در خصوص اثر متقابل تنش خشکی در اسید آسکوربیک بیشترین تعداد برگ در بوته از تیمار تنش خشکی ۴۰ میلیمتر تبخیر و مصرف اسید آسکوربیک با میانگین ۸۳.۴۱ برگ به دست آمد که در حدود ۲۷ درصد بیشتر از تیمار تنش خشکی ۱۰۰ میلیمتر تبخیر و عدم مصرف اسید آسکوربیک بود. دیگر تغییرات موجود در این تیمار بدین گونه بود که عدم مصرف اسید آسکوربیک در تیمار تنش متوسط با میانگین ٦٦.۹۵ عدد برگ در حدود ۱۹ درصد با تیمار آبیاری مطلوب و مصرف اسید آسکوربیک اختلاف داشت ولی در همین تیمار آبیاری و با کاربرد اسید آسکوربیک این اختلاف به ٦ درصد کاهش پیدا کرد. همچنین به این نکته می توان اشاره کرد که با کابرد اسید آسکوربیک در تیمار تنش متوسط رطوبتی صفت تعداد برگ در بوته با تیمار آبیاری مطلوب و عدم مصرف اسید آسکوربیک در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۸).

شکل ۸. اثر متقابل تنش خشکی بر اسید آسکوربیک بر تعداد برگ در بوته



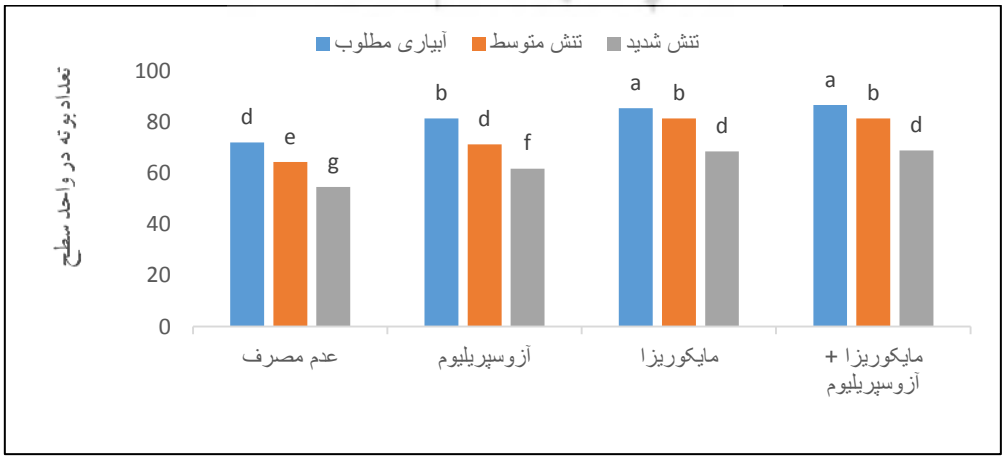
تعداد بوته در واحد سطح

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) در رابطه تعداد بوته در واحد سطح بیان داشت که اثر ساده تنش خشکی، کود بیولوژیک، اسید آسکوربیک و اثرات متقابل تنش خشکی در کود بیولوژیک برای این صفت معنی دار گردید. ولی سایر اثرات متقابل معنی دار نبودند. در خصوص اثر ساده تنش خشکی بیشترین تعداد بوته در واحد سطح از تیمار تنش خشکی ٤٠ میلیمتر تبخیر با میانگین ۸۱.۲۹ بوته در واحد سطح به دست آمد که در حدود ۲۳ درصد بیشتر از تیمار تنش خشکی ۱۰۰ میلیمتر تبخیر بود (جدول ٤). کاربرد کود های بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری بر تعداد بوته در واحد سطح داشت و در بین تیمارهای مختلف، کاربرد کود های بیولوژیک به صورت ترکیب مایکوریزا + آزوسپریلیوم با ۷۵.۸٦ و کاربرد مایکوریزا با میانگین ۷۵.۹۷ عدد بیشترین تعداد بوته در واحد سطح ریحان را به خود اختصاص داد که تفاوت آماری معنی‌دار با تیمارهای دیگر داشت همچنین بر اساس نتایج مقایسه میانگین پایین‌ترین تعداد بوته در واحد سطح ریحان مربوط به تیمار عدم مصرف کود های بیولوژیک با میانگین ٦۳.۵۵ عدد بدست آمد (جدول ٤).

اثر متقابل تنش خشکی در کود های بیولوژیک بر تعداد بوته در واحد سطح

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی در کود های بیولوژیک بر تعداد بوته در واحد سطح ریحان نشان داد که در بین تیمارهای مختلف، تنش خشکی ٤٠ میلیمتر و مصرف کود های بیولوژیک به صورت ترکیب مایکوریزا + آزوسپریلیوم بیشترین تعداد بوته در واحد سطح را به خود اختصاص داد، تعداد بوته در واحد سطح در این تیمار ۸٦.۵۸ و کاربرد کود مایکوریزا با میانگین ۸۵.۳۳ عدد بود که این میزان از در حدود ۳۷ درصد بیشتر ز تیمار تنش خشکی ۱۰۰ میلیمتر و عدم مصرف کود های بیولوژیک با میانگین ٥٤.٥۱ بوته در واحد سطح بود. علاوه بر موارد اشاره شده کاربرد کود بیولوژیک در تیمار های تنش رطوبتی متوسط و شدید منجر به افزایش تعداد بوته در واحد سطح گردید به نحوی در شرایط عدم مصرف کود بیولوژیک در تیمار تنش متوسط تعداد بوته درو احد سط با میانگین ٦٤.۲٥ بوته به دست آمد که اختلاف ۲٦ درصدی با تیمار آبیاری مطلوب و مصرف مایکوریزا + آزوسپریلیوم داشت ولی کاربرد کود های مایکوریزا + آزوسپریلیوم با میانگین ۸۱.۲٥ بوته در واحد سطح تنها اختلاف ٦ درصدی با تیمار آبیاری مطلوب و کاربرد مایکوریزا + آزوسپریلیوم داشت، این روند تغییرات در تیمار تنش شدید رطوبتی نیز قابل رویت بود. در این تیمار کاربرد مایکوریزا + آزوسپریلیوم و کاربرد مجزا مایکوریزا در یک گروه آماری قرار داشتند و در این بین در صورت کاربرد مایکوریزا + آزوسپریلیوم اختلاف تعداد بوته در واحد سطح با میانگین به ۲۰ درصد کاهش یافت ولی در صورت عدم مصرف کود بیولوژیک این اختلاف در حدود ٤٠ درصد براورد گردید. شکل (۹).

شکل ۹. اثر متقابل تنش خشکی در کود های بیولوژیک بر تعداد بوته در واحد سطح



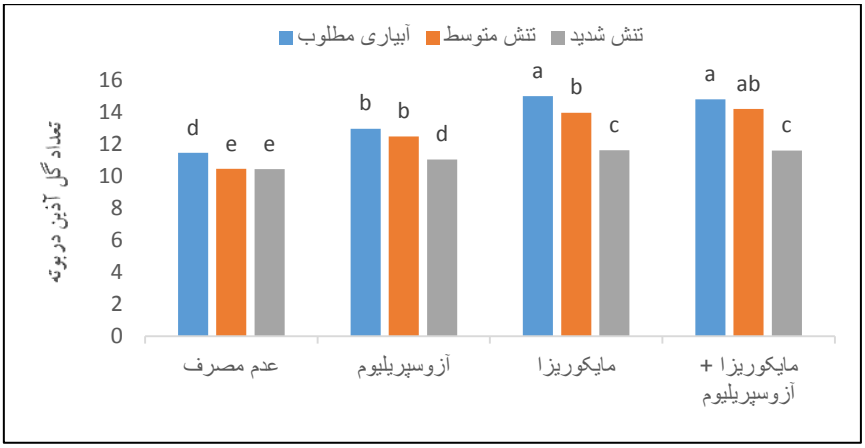
تعداد گل آذین در بوته

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) در رابطه تعداد گل آذین در بوته بیان داشت که اثر ساده تنش خشکی، کود بیولوژیک، اسید آسکوربیک و اثرات متقابل تنش خشکی در کود بیولوژیک و اثر متقابل تنش خشکی در اسید آسکوربیک برای این صفت معنی دار گردید. ولی سایر اثرات متقابل معنی دار نبودند. در خصوص اثر ساده تنش خشکی بیشترین تعداد گل آذین در بوته از تیمار تنش خشکی ٤٠ میلیمتر تبخیر با میانگین ۱۳.۵۷ گل آذین در بوته به دست آمد که در حدود ۱۱.۱٦ درصد بیشتر از تیمار تنش خشکی ۱۰۰ میلیمتر تبخیر بود (جدول ٤) و در بین تیمارهای مختلف، کاربرد کود های بیولوژیک به صورت ترکیب مایکوریزا + آزوسپریلیوم با ۱۲.۷۵ و کاربرد مایکوریزا با میانگین ۱۲.۸۵ عدد بیشترین تعداد گل آذین در بوته ریحان را به خود اختصاص داد که تفاوت آماری معنی‌دار با تیمارهای دیگر داشت همچنین بر اساس نتایج مقایسه میانگین پایین‌ترین تعداد گل آذین در بوته ریحان مربوط به تیمار عدم مصرف کود های بیولوژیک با میانگین ۱۰.۷۷ عدد بدست آمد (جدول ٤). بنظر می رسد به واسطه نقش مثبت کود های بیولوژیک در تولید و تنظیم هورمون های محرک رشد، با کاربرد این رایزو کود های بیولوژیک ها سطح و عمق ریشه افزایش یافته و جذب آب وعناصر غذایی افزایش می یابد که سبب بهبود رشد و افزایش فتوسنتز می شود (محمد ورزی، ۱۳۸۹). با افزایش میزان فتوسنتز و مواد غذایی جذب شده توسط گیاه و بروز پتانسیل حداکثری تولید بیوماس گیاه شاهد بیشتر شدن تعداد شاخه های جانبی نیز هستیم. با افزایش تعداد شاخه های جانبی، شاهد افزایش تعداد گل آذین در بوته نیز هستیم که این بدین معنی است که بین صفت تعداد شااخه جانبی و تعداد گل آذین رابطه معنی دار مثبتی وجود دارد.

اثر متقابل تنش خشکی در کود های بیولوژیک بر تعداد گل آذین در بوته

در خصوص اثر متقابل تنش خشکی و کود های بیولوژیک بیشترین تعداد گل آذین در بوته از تیمار تنش خشکی ٤٠ میلیمتر تبخیر و کاربرد کود مایکوریزا با میانگین ۱٤.۹۹ و کاربرد کود مایکوریزا و آزوسپریلیوم با میانگین ۱٤.٤۷ گل آذین در بوته به دست آمد که علاوه بر اینکه در یک گروه آماری قرار داشتند در حدود ۳٤ درصد بیشتر از تیمار تنش خشکی ۱۰۰ میلیمتر تبخیر و عدم مصرف کود های بیولوژیک بود. سایر نتایج این تیمار نشان دهنده آن بود که بهره گیری از کود های بیولوژیک در شرایط تنش رطوبتی کاربرد بیشتری داشته است بنحوی که در تیمار تنش متوسط روطوبتی و عدم کاربرد کود بیولوژیک بیشترین تعداد گل آذین با میانگین ۱۰.٤٤ گل آذین به دست آمد که نسبت تیمار آبیاری مطلوب و کاربرد مایکوریزا در حدود ۳۰ درصد اختلاف عملکرد را نشان می داد ولی در همین تیمار رطوبتی و کاربرد کود مایکوریزا + آزوسپریلیوم این اختلاف به ۵ درصد کاهش یافت. این نتایج نشان دهنده سود مندی بهره گیری از کود های بیولوژیک بخصوص در شرایط تنش رطوبتی می باشد (شکل ۱۰).

شکل ۱۰. اثر متقابل تنش خشکی بر کود های بیولوژیک بر تعداد گل آذین در بوته



تعداد گل آذین در واحد سطح

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) در رابطه با تعداد گل آذین در واحد سطح بیان داشت که اثر ساده تنش خشکی، کود بیولوژیک، اسید آسکوربیک برای این صفت معنی دار گردید. ولی سایر اثرات ساده و متقابل برای این صفت معنی دار نگردید. نتایج مقایسه میانگین تأثیر تنش خشکی بر تعداد گل آذین در واحد سطح ریحان نشان داد که در بین تیمارهای مختلف، تنش خشکی ٤٠ میلی‌متر بیشترین تعداد گل آذین در واحد سطح را به خود اختصاص داد. تعداد گل آذین در واحد سطح ریحان در این تیمار ۱۱۱۰.٥٦ عدد بود. پایین‌ترین تعداد گل آذین در واحد سطح ریحان نیز با ٦٩٥.٤٢ عدد مربوط به تیمار تنش خشکی ۱۰۰ میلی‌متر بود که نسبت به سایر تیمارهای تنش خشکی تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ٤). در خصوص اثر ساده کود های بیولوژیک بیشترین تعداد گل آذین در واحد سطح از تیمار مصرف مایکوریزا + آزوسپریلیوم با میانگین ۹۷۹.٥٦ گل آذین در واحد سطح به دست آمد که در حدود ۳۰ درصد بیشتر از تیمار عدم مصرف با میانگین ٦٨٨.٢٣ گل آذین در واحد سطح بود (جدول ٤).

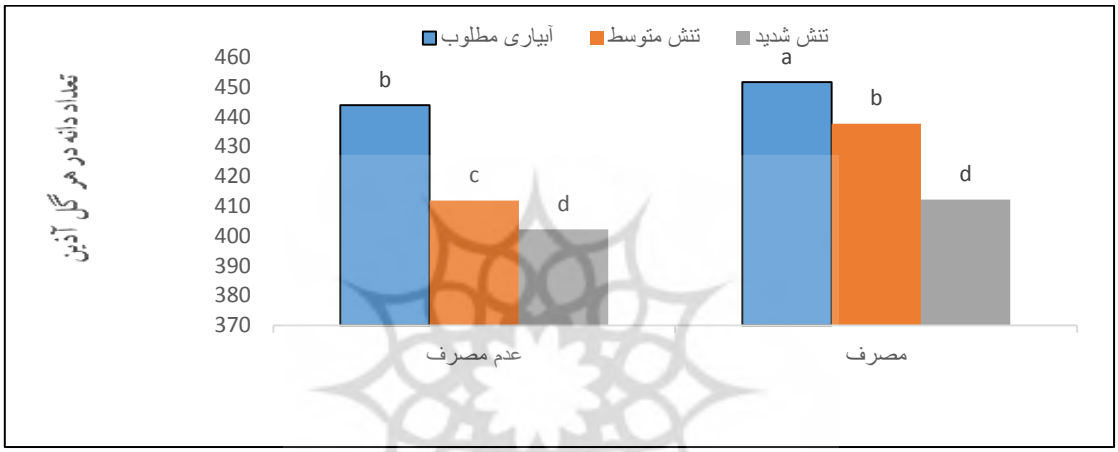
تعداد دانه در گل آذین

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) در رابطه تعداد برگ در بوته بیان داشت که اثر ساده تنش خشکی، کود بیولوژیک، اسید آسکوربیک و اثر متقابل تنش خشکی در اسید آسکوربیک برای این صفت معنی دار گردید. ولی سایر اثرات متقابل معنی دار نبودند. بر اساس آزمون دانکن مقایسه میانگین تأثیر تنش خشکی بر تعداد دانه در گل آذین ریحان نشان داد که در بین تیمارهای مختلف، تنش خشکی ٤٠ میلی‌متر بیشترین تعداد دانه در گل آذین را به خود اختصاص داد. تعداد دانه در گل آذین ریحان در این تیمار ٤٣٧.٧١ عدد بود و پایین‌ترین تعداد دانه در گل آذین ریحان نیز با ٤١٨.٣١ عدد مربوط به تیمار تنش خشکی ۱۰۰ میلی‌متر بود که نسبت به سایر تیمارهای تنش خشکی تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ٤). در خصوص اثر ساده کود های بیولوژیک بیشترین تعداد دانه در گل آذین از تیمار مصرف مایکوریزا + آزوسپریلیوم با میانگین ٤٣٩.٧٣ دانه به دست آمد که در حدود ۹ درصد بیشتر از تیمار عدم مصرف با میانگین ٤٠١.٠١ دانه بود (جدول ٤). اثر ساده اسید آسکوربیک بیان کر آن بود که کاربرد اسید آسکوربیک بیشترین تعداد دانه در گل آذین ریحان با میانگین ٤٣٣.٢٢ عدد را به خود اختصاص داد که تفاوت آماری معنی‌دار با تیمارهای دیگر داشت همچنین بر اساس نتایج مقایسه میانگین پایین‌ترین تعداد دانه در گل آذین ریحان مربوط به تیمار عدم مصرف اسید آسکوربیک با میانگین ٤١٥.٩٨ عدد بدست آمد (جدول ٤). بررسی ۲۰ توده شنبلیله ایرانی تحت شرایط تنش آبی و عدم تنش نشان داد که صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و بیومس خشک در شرایط تنش آبی نسبت به عدم تنش به شدت کاهش یافتند (صادق زاده، ۲۰۱۰). کلانتر احمدی و همکاران (۱۳۹٥) بیان داشتند که محلول پاشی ۳۰۰ میلی گرم در لیتر اسید آسکوربیک باعث بهبود عملکرد دانه در تیمار رطوبتی مطلوب و قطع آبیاری در مرحله خورجین دهی گردید. نتایج سایر محققین بیان داشت که که کلونیزاسیون قارچی مایکوریزا بر رشد، رنگدانه ها و محتوای فسفر، کیفیت گل تاثیر مثبتی بر گیاه میزبان دارد و به همین دلیل استرس های ناشی از آب را با نگهداری رطوبت در اطراف دیشه گیاه کاهش می دهد (آسرار، ۲۰۱۱).

اثر متقابل تنش خشکی بر اسید آسکوربیک بر تعداد دانه در گل آذین

در خصوص اثر متقابل تنش خشکی در اسید آسکوربیک بیشترین تعداد دانه در گل آذین از تیمار تنش خشکی ٤٠ میلیمتر تبخیر و مصرف اسید آسکوربیک با میانگین ٤٥١.٥٨ دانه به دست آمد که در حدود ١٠ درصد بیشتر از تیمار تنش خشکی ١٠٠ میلیمتر تبخیر و عدم مصرف اسید آسکوربیک بود. سایر نتایج این تیمار نشان دهنده آن بوده که با استفاده از اسید آسکوربیک در شرایط تنش متوسط رطوبتی تعداد دانه در گل آذین با میانگین ٤٣٧.٦٨ دانه با تیمار آبیاری مطلوب و عدم مصرف اسید آسکوربیک با میانگین ٤٤٣.٨٤ دانه در یک گروه آماری قرار گرفتند. با توجه به اختلاف حدودا ٢ درصدی تعداد دانه در گل آذین در شرایط آبیاری مطلوب و مصرف اسید آسکوربیک با تیمار عدم مصرف اسید آسکوربیک و همچنین با توجه به تغییرات در شرایط تنش متوسط رطوبتی که تعداد دانه در گل آذین درحدود ٥ درصد بیشتر از تیمار عدم مصرف اسید آسکوربیک براورد شد، می توان به تاثیر گذاری بیشتر اسید اسید آسکوریک نسبت در شرایط تنش رطوبتی اشاره نمود (شکل ١١).

شکل ١١. اثر متقابل تنش خشکی بر اسید آسکوربیک بر تعداد دانه در گل آذین



در خصوص اسید آسکوربیک به عنوان یک آنتی اکسیدان می تواند به این نکته اشاره کرد که بهره گیری از این ماده در شرایط تنش خشکی تاثیر گذاری بیشتری بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه ریحان نشان داد بگونه ای که درصد اسانس گیاه تحت تاثیر تنش شدید خشکی و مصرف اسید آسکوربیک با میانگین ٠.٤٢ درصد به دست آمد که نسبت به تیمار عدم مصرف اسید آسکوربیک ١٢ درصد بیشتر بود؛ بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده از این آزمایش می توان عنوان کرد که بهره گیری از کود های بیولوژیک و اسید آسکوربیک بر گیاه ریحان می توانند نقش جایگزینی آنزیم های گیاهی را بازی کرده و متعاقب آن باعث کاهش خسارت بیومارکرهای تخریب و افزایش هورمون های محرک رشد درون گیاه گردند و در نهایت منجر بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه ریحان در شرایط مختلف رطوبتی گردند.

و در آخر با توجه به ویژگی های ذکر شده پیشنهاداتی نظیر:

١. انجام این آزمایش در سایر مناطق با آب و هوای متفاوت انجام گیرد.
٢. بررسی کارایی مصرف کود های بیولوژیک در سطوح مختلف تنش خشکی
٣. بررسی زمان های مختلف استفاده از اسید آسکوربیک در شرایط تنش خشکی
٤. بررسی مقادیر مختلف استفاده از اسید آسکوربیک در شرایط تنش خشکی
٥. بررسی سایر سویه های باکتری های محرک رشد و قارچ های مایکوریزا در شرایط تنش خشکی
٦. همچنین با توجه به اینکه در این آزمایش تنها از یک رقم گیاه ریحان استفاده شده بود توصیه می گردد که در آینده ارقام دیگر نیز جهت ارزیابی واکنش های آنها به عوامل مورد آزمون مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

ایرجی مارشک، مرتضی، مقدم، محمد(۱۳۹۹). پاسخ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی جعفری مکزیکی به کاربرد قارچ های مایکوریزا در شرایط تنش شوری، نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال پانزدهم، شماره ٦٠، صص ۷۹-۹٤.

بهلولی، مائده، دهستانی اردکانی، مریم، شیرمردی، مصطفی، رزمجو، جمشید (١٤٠٠)، اثر هیو میک اسید، قارچ های مایکوریزا و بقایای روناس بر ویژگی های رشدی و جذب عنصرهای غذایی گل مغربی در تنش شوری، مجله علوم و فنون باغبانی ایران، جلد ۲، شماره ۲، صص ۲۲۱-۲۳٤.

کاوه، محمد، اسماعیلی، محمد علی، پیر دشتی، همت اله، اردکانی، محمد رضا، (۱۳۹۹). پیامد بایوچار و باکتری آزوسپریلیوم لیپوفروم بر عملکرد و شاخص های بهره وری آب در برنج رقم طارم هاشمی در دو رژیم آبیاری غرقابی و تناوبی، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۳٤، شماره ۵، صص ۱۰۰۳-۱۰۱۸.

رحمتی، م. م، عبادی. م، عزیزی. (۱۳۸۷). اثر چند محیط کشت بر فاکتور های رشد، عملکرد و میزان اسانس گیاه دارویی ریحان (Ocimum basilicum L.). ششمین کنگره علوم باغبانی ایران. ۲۲-۲۵. دانشگاه گیلان.

عباس‌زاده، بهلول. (۱۳۸٤). تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن و روشهای مصرف آن بر میزان اسانس گیاه دارویی بادرنجبویه(Melissa officinalis L.). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی(واحد کرج). دانشکده کشاورزی. صفحات ٤ تا ۸۲.

Algavaerz, M., Jung, V., Ferard, J. F. and Masfaraud, J. F. (2018) Ecological recovery of vegetation on a cokefactory soil: Role of plant antioxidant enzymes and possible implication in site restoration. Chemosphere 74: 57-63

Calderez, M., Laouane, R. B., Anli, M., Boutasknit, A., Wahbi, S. and Meddich, A. (2017) Use of mycorrhizal fungi in improving tolerance of the date palm (Phoenix dactylifera L.) seedlings to salt stress. Scientia Horticulturae253: 429-438.

Chen, R., Ruiz-Lozano, J. M., Zamarreno angel, M., Paz, J. A., Garcia-Mina, J. M., Pozo, M. J. and Lopez-Raez, J. A. (2013) Arbuscular mycorrhizal symbiosis influences strigolactone production under salinity and alleviates salt stress in lettuce plants. Journal of Plant Physiology 170: 47-55.

Bitou N. and Cakirlar, H. (2018) The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars.Journal of Plant Physiologhy 28: 66-74.

Gomali E., Shabala, S., Chen, Z. H. and Pottosin, I. (2013) Reduced tonoplast fast activating and slow activating channel activity is essential for conferring salinity tolerance in a facultative halophyte, quinoa. Journal of Plant Physiologhy 162: 940-952

Hazmoon, N. and Bhandari, P. (2019) Silicon nutrition and mycorrhizal inoculations improve growth, nutrient status, K+/Na+ ratio and yield of Cicer arietinum L. genotypes under salinity stress. Plant Growth Regulation 371-378

Kochi R. M., Toler, H. D. and Saxton, A. M. (2015) Arbuscular mycorrhizal symbiosis alters stomatal conductance of host plants more under drought than under amply wateredconditions: A meta-analysis. Mycorrhiza 25: 13-24.13-Janantan S. and Kirdmanee, C. (2018) Effect of salt stress on proline accumulation, photosynthetic ability and growth characters in two maize cultivars. Pakistan Botanical Journal 41: 87-98

Nobalet, D., Bharti, N., Maji, D., Chanotiya, C. S. and Kalra, A. (2014) ACC deaminase containing Arthrobacter protophormiae induces NaCl stress tolerance through reduced ACC oxidase activity and ethylene productionresulting in improved nodulation and mycorrhization in Pisum sativum. Journal of Plant Physiology 171: 884-894.

Pazakad N. (2019) Mycorrhizal colonization improves onion (Allium cepa L.) yield and water use efficiency under water deficit condition. Scientia Horticulturae114: 11-15

Simoon L.K., L.M. Macdonald, M.T.F. Wong, M.J. Webb, S.N. Jenkins and M. Farrell. (2015) Potential roles of biological amendments for profitable grain production – A review. Agr. Ecosys. Environ, 256: 34–50.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی