بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده کشاورزی
گروه زراعت
پایان نامه کارشناسی ارشد

عنوان:

بررسی تاثیر قارچ های میکوریزای آرباسکولار(AM) و اسید هیومیک بر روی عملکرد و راندمان مصرف آب(WUE) در ذرت تحت تاثیر شرایط کم آبی

نگارش:
زهره شاه حسینی

اساتید راهنما:

دکتر احمد غلامی **دکتر حمید رضا اصغری**

اساتید مشاور:

دکتر منوچهر قلی پور **دکتر علیرضا فلاح**

اسفند ۱۳۸۹

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده :کشاورزی

گروه : زراعت

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم زهره شاه حسینی

تحت عنوان: بررسی تاثیر قارچ های میکوریزای آرباسکولار(AM) و اسید هیومیک بر روی عملکرد و راندمان مصرف آب(WUE) در ذرت تحت تاثیر شرایط کم آبی

در تاریخ .....۸۹/۱۲/۹..... توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه .....عالی..... مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی : دکتر احمد غلامی		نام و نام خانوادگی : دکتر منوچهر قلی پور	
نام و نام خانوادگی : دکتر حمیدرضا اصغری		نام و نام خانوادگی : دکتر علیرضا فلاح	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی : دکتر حمید عباسدخت		نام و نام خانوادگی : دکتر محمدرضا عامریان	
نام و نام خانوادگی : دکتر ناصر فرخی			
نام و نام خانوادگی :			
نام و نام خانوادگی :			

تقدیم به:

پدر و مادر مهربانم

که در تمام مراحل زندگی تنها پشتیبان من بودند. در برابر وجودشان زانوی ادب بر زمین نهاده و با دلی مملو از عشق و خضوع بر دستانشان بوسه می زنم.

و تقدیم می کنم به:

یگانه برادر عزیزم، به پاس قلب مهربان و زحمت های بی دریغش که همیشه یار و همراه من بوده است.

تقدیر و تشکر:

سپاس سزاوار پروردگار عالمیان است که روشنی عقل و آگاهی را بر زشتی جهل برتری داد. اینک که با یاری خدای خوب و مهربانم نگارش پایان نامه ام را به اتمام رسانده ام بر خود لازم می دانم از زحمات بزرگوارانی که با راهنمایی های خود سهم عظیمی در تدوین این پایان نامه داشته اند صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم.

اینجانب مراتب تشکر و سپاس فراوان خود را از اساتید محترم آقای دکتر احمد غلامی و آقای دکتر حمیدرضا اصغری که قبول زحمت فرموده و راهنمایی این پایان نامه را پذیرفتند ابراز می دارم.

از آقای دکتر منوچهر قلی پور و آقای دکتر علیرضا فلاح که مشاوره این تحقیق را به عهده داشتند تقدیر و تشکر می کنم.

همچنین از آقای دکتر حمید عباسدخت و آقای دکتر ناصر فرخی که زحمت داوری این پایان نامه را به عهده گرفتند کمال تشکر را دارم.

از مسئولین آزمایشگاه های کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، که با همراهی و یاریشان مسیر تحقیق را برایم هموار نمودند قدردانی می کنم. از شرکت زیست فناور توران نیز که مادهٔ تلقیح مورد نیاز را در اختیار بنده قرار دادند نیز نهایت سپاسگزارم.

همچنین از کلیه دوستانی که به نحوی اینجانب را در مسیر این پایان نامه یاری نموده اند به خصوص آقایان مهندس عباس شمس آبادی و مهندس حمیدرضا شاه حسینی و خانمها مهندس جلیله احمدی و مهندس عادله حسنی و دوست عزیزم خانم سمیه تیموری تشکر می کنم، از خداوند بزرگ آرزوی موفقیت و سربلندی برای همه این عزیزان دارم.

زهره شاه حسینی

اسفند ۱۳۸۹

دانشجو تأیید می نماید که مطالب مندرج دراین پـایان نامه (رساله) نتیجه تحقیقات خودش می باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات، آزمایشات و نو آوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد .

اسفند ۱۳۸۹

چکیده

یکی از راه های افزایش تحمل کم آبی و افزایش عملکرد در گیاهان زراعی استفاده از قارچ های میکوریزا می باشد میکوریزا یکی از مجموعه عوامل بیولوژیک در خاک های زراعی است، خصوصیات مفید میکوریزا در همزیستی با گیاهان سبب افزایش مطالعات علمی در این زمینه شده و علاقه مندی بیشتری را در استفاده تجاری از این قارچ به عنوان کود های زنده به وجود آورده است. تلقیح خاک با میکوریزا رشد و عملکرد گیاهان را در محیط آزمایشگاهی و در مزرعه افزایش می دهد، میکوریزا افزایش جذب عناصر غذایی را از راه افزایش انشعابات ریشه در یک محدوده معین از خاک ممکن می-سازد. و از این طریق سبب تغییراتی در روابط آبی گیاه و بهبود مقاومت به کم آبی و یا تحمل در گیاه میزبان و افزایش کارآیی مصرف آب می شود در این آزمایش تاثیر قارچ های میکوریزای آرباسکولار و اسید هیومیک بر روی عملکرد و راندمان مصرف آب در ذرت در سه رژیم آبیاری در یک آزمایش مزرعه ای مورد مطالعه قرار گرفت. این آزمایش در قالب طرح اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد کرت اصلی تنش کم آبی در سه سطح[1] ٪۱۰۰ FC (بدون تنش آب) ، ٪۶۶ FC (تنش متوسط) ، ٪۳۳ FC (تنش شدید) و کرت فرعی شامل قارچ های میکوریزای-آرباسکولار در سه سطح ، شامل دو گونه قارچ میکوریزا *Glomus mosseae*: M_1 ، *Glomus intraradices*: M_2 و شاهد: M_0 بود. و فاکتور دیگر اسید هیومیک در دو سطح مصرف(H_1) و عدم مصرف (H_0) بود. نتایج این بررسی نشان داد که تنش کم آبی باعث کاهش رشد گیاه و همچنین کاهش عملکرد و اجزای عملکرد در مقایسه با شاهد شد و تلقیح با میکوریزا باعث افزایش رشد گیاه و افزایش عملکرد و اجزای عملکرد و افزایش کارآیی مصرف آب در مقایسه با شاهد شد. اسید هیومیک نیز تاثیراتی تقریبا مشابه با میکوریزا داشت. اثرات متقابل میکوریزا و تنش کم آبی در برداشت نهایی بر روی وزن صد دانه و کارآیی مصرف آب معنی‌دار بود به طوری که در شرایط، ٪۳۳ FC و همزیستی گونه *Glomus mosseae* بیشترین کارآیی مصرف آب مشاهده شد. اثرات متقابل اسید هیومیک و

[1]. Field Capacity

تنش کم آبی، اسید هیومیک و میکوریزا و اثرات متقابل سه گانه(تنش کم آبی × میکوریزا × اسید هیومیک) در بسیاری از مراحل رشد ذرت بر صفات مورد بررسی تاثیر معنی‌داری نداشت.

کلمات کلیدی: ذرت، قارچ های میکوریزای آرباسکولار(AM)، اسید هیومیک، راندمان مصرف آب (WUE)، عملکرد، کم آبی

فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه

۱-۱- کلیات ۱
۱-۲- گیاه شناسی ذرت ۲
۱-۳- تاثیر عوامل محیطی بررشد ذرت ۳
۱-۳-۱- درجه حرارت ۳
۱-۳-۲- نور ۳
۱-۳-۳- رطوبت ۳
۱-۳-۴- باد ۴
۱-۴- نیازهای کودی ذرت ۴
۱-۴-۱-کودهای نیتروژنی ۴
۱-۴-۲- کودهای فسفره ۴
۱-۴-۳- کودهای پتاسه ۵
۱-۵- تعریف تنش ۵
۱-۵-۱- چگونگی پیدایش تنش آبی ۶
۱-۶- کاربرد کودهای بیولوژیک ۷
۱-۷- تعریف کودهای زیستی ۸
۱-۸- تاریخچه میکوریزا ۹
۱-۹- انواع میکوریزا ۱۰
۱-۹-۱- قارچ های اکتو میکوریزا ۱۱
۱-۹-۲- قارچ های اندومیکوریزا ۱۱
۱-۱۰- مراحل تشکیل سیستم میکوریزایی ۱۳

فصل دوم: بررسی منابع

۲-۱- فواید همزیستی میکوریزایی ۱۵
۲-۱-۱- میکوریزا و افزایش جذب عناصر غذایی ۱۵
۲-۱-۱-۱- راه های تامین فسفر خاک ۱۶
۲-۱-۲- میکوریزا و بهبود جذب آب ۱۷
۲-۱-۳- میکوریزا و اختصاص مواد فتوسنتزی ۱۹
۲-۱-۵- میکوریزا و تنش های محیطی ۱۹
۲-۱-۴-۱- میکوریزا و تنش غرقابی ۲۰
۲-۱-۴-۲- میکوریزا و تنش شوری(اسمزی) ۲۰
۲-۱-۴-۳- میکوریزا و تنش خشکی ۲۱

۲-۱-۴-۴- میکوریزا و فلزات سنگین ۲۳
۲-۱-۴-۵- میکوریزا و عناصر غذایی ۲۵
۲-۱-۴-۶- سازگاری و واکنش رشد ۲۵
۲-۱-۴-۷- میکوریزا و ساختمان خاک ۲۶
۲-۱-۴-۸- فعالیت یون هیدروژن(H) و تاثیر آن بر میکوریزا ۲۷
۲-۱-۴-۹- میکوریزا و عوامل زیستی ۲۸
۲-۱-۴-۱۰- تاثیر شیوه های کشاورزی بر قارچ میکوریزا ۳۰
۲-۲- اسید هیومیک ۳۳
۲-۳- ساختار شیمیایی اسید هیومیک ۳۳
۲-۴- مسیرهای تشکیل اسید هیومیک در طول تجزیه بافت های گیاهی وجانوری ۳۴
۲-۵- فرم های اسید هیومیک موجود در بازار ۳۶
۲-۶- اثرات مفید اسید هیومیک ۳۷
۲-۶-۱- اصلاح ساختار فیزیکی خاک ۳۷
۲-۶-۲- حفظ رطوبت خاک ۳۷
۲-۶-۳- بهبود ریشه زایی ۳۸
۲-۶-۴- اهمیت میکروارگانیسم های خاک برای رشد گیاهان ۳۸
۲-۶-۵- آزادسازی مواد معدنی ۳۸
۲-۶-۶- شوری آب وخاک ۳۸
۲-۶-۷- افزایش مقاومت نسبت به خشکی ۳۹
۲-۶-۸- سرمازدگی ۳۹
۲-۶-۹- مسمومیت های گیاهان ۳۹
۲-۶-۱۰- افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک ۴۰
۲-۶-۱۱- ایجاد توازن در عناصر غذایی ۴۰
۲-۶-۱۲- بهبود کیفیت و افزایش عملکرد محصول ۴۱

فصل سوم: مواد و روش ها

۳- مواد و روش ها ۴۲
۳-۱- طرح آزمایشی ۴۲
۳-۲- آماده کردن بذرها ۴۳
۳-۳- آماده سازی زمین-کاشت بذور ۴۳
۳-۴- مرحله داشت ۴۴
۳-۵- نمونه برداری ۴۴
۳-۶- مرحله برداشت ۴۴
۳-۷- کارآیی مصرف آب(WUE) ۴۵
۳-۸- تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه ۴۵
۳-۹- شاخص های فیزیولوژیکی رشد ۴۶
۳-۱۰- تجزیه آماری داده ها ۴۶

فصل چهارم : نتایج و بحث

۴-۱- مراحل نمونه برداری ۴۷
۴-۱-۱- نمونه برداری اول ۴۷
۴-۱-۲- نمونه برداری دوم ۵۰
۴-۱-۳- نمونه برداری سوم ۵۴
۴-۱-۴- نمونه برداری چهارم ۵۷
۴-۱-۵- نمونه برداری پنجم ۶۴
۴-۱-۶- نمونه برداری ششم ۶۹
۴-۱-۷- نمونه برداری هفتم ۷۴
۴-۱-۷-۱- اثر تنش کم آبی بر صفات مورد بررسی ۷۴
۴-۱-۷-۲- اثر میکوریزا بر صفات مورد بررسی ۸۰
۴-۱-۷-۳-اثر اسید هیومیک بر صفات موردبررسی ۸۶
۴-۱-۷-۴-اثرات متقابل میکوریزا و تنش کم آبی، اسید هیومیک و تنش کم آبی ۸۹
۴-۱-۷-۵- اثر متقابل میکوریزا و اسید هیومیک بر صفات مورد بررسی ۹۲
۴-۱-۷-۶- اثر متقابل میکوریزا ، اسید هیومیک و تنش کم آبی بر صفات مورد بررسی ۹۲
۴-۲-کارایی مصرف آب(WUE) ۹۳
۴-۳- درصد کلونیزاسیون ریشه ۹۸
۴-۴- شاخص های رشد ذرت ۱۰۱
۴-۴-۱- تجمع ماده خشک (TDM) ۱۰۱
۴-۴-۲- شاخص سطح برگ(LAI) ۱۰۵
۴-۴-۳- سرعت رشد نسبی (RGR) ۱۰۹
۴-۴-۴- سرعت رشد محصول(CGR) ۱۱۰
۴-۵- نتیجه گیری ۱۱۵
۴-۶- توصیه ها و پیشنهادات ۱۱۷

فصل ضمایم

جداول ضمیمه ۱۲۰
منابع مورد استفاده ۱۴۵

فهرست اشکال

شکل ۱-۱- تشکیل هیف در داخل سلول های پارانشیمی در اندومیکوریزا و در بیرون سلول های پارانشیمی در اکتومیکوریزا ۱۰
شکل ۱-۲- تشکیل آرباسکول و وزیکول داخل سلول های اپیدرمی ریشه ۱۲
شکل ۲-۱- مدل ساختاری پیشنهاد شده اسید هیومیک ۳۴
شکل ۲-۲- فرضیه تشکیل اسید هیومیک از لیگنین ۳۵
شکل ۲-۳- تشکیل اسید هیومیک در مسیر ۲و ۳ ..... ۳۵
شکل ۲-۴- تشکیل اسید هیومیک در مسیر۴ ..... ۳۶
شکل ۴-۱- تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر وزن خشک اندام های هوایی ذرت در نمونه برداری اول ۴۷
شکل ۴-۲- تاثیرسطوح قارچ های میکوریزا بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری اول ۴۸
شکل ۴-۳- تاثیر سطوح اسید هیومیک بروزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری اول ۴۹
شکل ۴-۴- تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر وزن خشک اندام های هوایی ذرت در نمونه برداری دوم ۵۰
شکل ۴-۵- تاثیرسطوح قارچ های میکوریزا بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری دوم ۵۱
شکل ۴-۶- تاثیر سطوح اسید هیومیک بروزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری دوم ۵۲
شکل ۴-۷- تاثیرمتقابل سطوح قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک بروزن خشک کل بوته در نمونه برداری دوم ۵۳
شکل ۴-۸- تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر وزن خشک اندام های هوایی ذرت در نمونه برداری سوم ۵۴
شکل ۴-۹- تاثیرسطوح قارچ های میکوریزا بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری سوم ۵۵
شکل ۴-۱۰- تاثیر سطوح اسید هیومیک بروزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری سوم ۵۶
شکل ۴-۱۱- تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر وزن خشک اندام های هوایی ذرت در نمونه برداری چهارم ۵۸
شکل ۴-۱۲- تاثیرسطوح قارچ های میکوریزا بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری چهارم ۵۸
شکل ۴-۱۳- تاثیر سطوح اسید هیومیک بروزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری چهارم ۵۹
شکل ۴-۱۴- تاثیر متقابل سطوح تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا بروزن خشک بلال در نمونه برداری چهارم ۶۰
شکل ۴-۱۵- تاثیر متقابل سطوح تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا بروزن خشک کل بوته در نمونه برداری چهارم.. ۶۱
شکل ۴-۱۶- تاثیر متقابل سطوح تنش کم آبی و اسید هیومیک بروزن خشک کل بوته در نمونه برداری چهارم ۶۱
شکل ۴-۱۷- تاثیرمتقابل سطوح قارچهای میکوریزا و اسیدهیومیک بروزن خشک بلال درنمونه برداری چهارم ۶۳
شکل ۴-۱۸- تاثیرمتقابل سطوح قارچهای میکوریزا و اسیدهیومیک بروزن خشک کل بوته درنمونه برداری چهارم ۶۳
شکل ۴-۱۹- تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر وزن خشک اندام های هوایی ذرت در نمونه برداری پنجم ۶۵
شکل ۴-۲۰- تاثیر سطوح مختلف قارچ های میکوریزا بر وزن خشک اندام های هوایی ذرت در نمونه برداری پنجم ۶۵
شکل ۴-۲۱- تاثیر سطوح اسید هیومیک بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری پنجم ۶۶
شکل ۴-۲۲- تاثیر متقابل سطوح تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا بر وزن خشک بلال در نمونه برداری پنجم ۶۷
شکل ۴-۲۳- تاثیر متقابل سطوح تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا بر وزن خشک کل بوته در نمونه برداری پنجم ۶۸
شکل ۴-۲۴- تاثیر متقابل سطوح قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک بر وزن خشک بلال در نمونه برداری پنجم ۶۹
شکل ۴-۲۵- تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر وزن خشک اندام های هوایی ذرت در نمونه برداری ششم ۷۰
شکل ۴-۲۶- تاثیر سطوح مختلف قارچ های میکوریزا بر وزن خشک اندام های هوایی ذرت در نمونه برداری ششم ۷۲

شکل ۴-۲۷- تاثیر سطوح اسید هیومیک بروزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری ششم ۷۲
شکل ۴-۲۸- تاثیر متقابل سطوح تنش کم آبی و اسید هیومیک بر وزن خشک برگ در نمونه برداری ششم ۷۳
شکل ۴-۲۹- تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر وزن خشک اندام های هوایی ذرت در نمونه برداری هفتم ۷۵
شکل ۴-۳۰- تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر وزن خشک اجزا بلال در نمونه برداری هفتم ۷۵
شکل ۴-۳۱- تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر وزن خشک (بلال، دانه و کل) در نمونه برداری هفتم ۷۶
شکل ۴-۳۲- تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر عملکرد دانه در نمونه برداری هفتم ۷۷
شکل ۴-۳۳- تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر سطح برگ ذرت در نمونه برداری هفتم ۷۸
شکل ۴-۳۴- تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر اجزا دانه در نمونه برداری هفتم ۷۹
شکل ۴-۳۵- تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر تعداد دانه در بلال در نمونه برداری هفتم ۸۰
شکل ۴-۳۶- تاثیر سطوح قارچ های میکوریزا بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری هفتم ۸۱
شکل ۴-۳۷- تاثیر سطوح قارچ های میکوریزا بر وزن خشک اجزا بلال در نمونه برداری هفتم ۸۲
شکل ۴-۳۸- تاثیر سطوح قارچ های میکوریزا بر عملکرد دانه در نمونه برداری هفتم ۸۳
شکل ۴-۳۹- تاثیر سطوح قارچ های میکوریزا بر وزن خشک (بلال، دانه و کل بوته) در نمونه برداری هفتم ۸۴
شکل ۴-۴۰- تاثیر سطوح قارچ های میکوریزا بر سطح برگ ذرت در نمونه برداری هفتم ۸۵
شکل ۴-۴۱- تاثیر سطوح قارچ های میکوریزا بر اجزا دانه در نمونه برداری هفتم ۸۵
شکل ۴-۴۲- تاثیر سطوح قارچ های میکوریزا بر تعدادا دانه در بلال در نمونه برداری هفتم ۸۶
شکل۴-۴۳- تاثیر سطوح اسید هیومیک بر وزن خشک دانه و برگ نمونه برداری هفتم ۸۷
شکل ۴-۴۴- تاثیر سطوح اسید هیومیک بر وزن خشک اجزا بلال در نمونه برداری هفتم ۸۷
شکل ۴-۴۵- تاثیر سطوح اسید هیومیک بر عملکرد دانه در نمونه برداری هفتم ۸۸
شکل ۴-۴۶- تاثیر سطوح اسید هیومیک بر وزن خشک بلال و کل بوته در نمونه برداری هفتم ۸۸
شکل ۴-۴۷- تاثیر سطوح اسید هیومیک بر سطح برگ ذرت در نمونه برداری هفتم ۸۹
شکل ۴-۴۸- تاثیر سطوح اسید هیومیک بر اجزا دانه و تعداد دانه در بلال در نمونه برداری هفتم ۹۰
شکل ۴-۴۹- تاثیر متقابل سطوح تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا بر وزن صد دانه ذرت در نمونه برداری هفتم ۹۰
شکل ۴-۵۰- تاثیر متقابل سطوح تنش کم آبی و اسید هیومیک برسطح برگ ذرت در نمونه برداری هفتم ۹۱
شکل ۴-۵۱- تاثیر متقابل سطوح تنش کم آبی و اسید هیومیک بر وزن خشک برگ ذرت در نمونه برداری هفتم ۹۱
شکل ۴-۵۲- تاثیر متقابل سطوح قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک بر وزن خشک بلال در نمونه برداری هفتم ۹۲
شکل ۴-۵۳- تاثیر سطوح تنش کم آبی بر کارآیی مصرف آب ۹۵
شکل ۴-۵۴- تاثیرسطوح قارچ های میکوریزا بر کارآیی مصرف آب ۹۶
شکل ۴-۵۵- تاثیر سطوح اسید هیومیک بر کارآیی مصرف آب ۹۷
شکل ۴-۵۶- تاثیر متقابل سطوح تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا بر کارآیی مصرف آب ۹۸
شکل ۴-۵۷- تاثیر سطوح تنش کم آبی بر درصد کلونیزاسیون ریشه ۹۸
شکل ۴-۵۸- تاثیر متقابل سطوح تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون ریشه ۱۰۰
شکل ۴-۵۹- تاثیر سطوح تنش کم آبی بر روند تغییرات وزن خشک بوته در طول دوره رشد ۱۰۴
شکل ۴-۶۰- تاثیر سطوح قارچ های میکوریزا بر روند تغییرات وزن خشک بوته در طول دوره رشد ۱۰۴

شکل ۴-۶۱- تاثیر سطوح اسید هیومیک بر روند تغییرات وزن خشک بوته در طول دوره رشد..... ۱۰۵
شکل ۴-۶۲- تاثیر سطوح تنش کم آبی بر روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول دوره رشد..... ۱۰۷
شکل ۴-۶۳- تاثیر سطوح قارچ های میکوریزا بر روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول دوره رشد..... ۱۰۸
شکل ۴-۶۴- تاثیر سطوح اسید هیومیک بر روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول دوره رشد..... ۱۰۸
شکل ۴-۶۵- تاثیر سطوح تنش کم آبی بر روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد..... ۱۱۰
شکل ۴-۶۶- تاثیر سطوح قارچ های میکوریزا بر روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد..... ۱۱۰
شکل ۴-۶۷- تاثیر سطوح اسید هیومیک بر روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد..... ۱۱۱
شکل ۴-۶۸- تاثیر سطوح تنش کم آبی بر روند تغییرات سرعت رشد محصول در طول دوره رشد..... ۱۱۳
شکل ۴-۶۹- تاثیر سطوح قارچ های میکوریزا بر روند تغییرات سرعت رشد محصول در طول دوره رشد..... ۱۱۴
شکل ۴-۷۰- تاثیر سطوح اسید هیومیک بر روند تغییرات سرعت رشد محصول در طول دوره رشد..... ۱۱۴
شکل ضمیمه ۱- نقشه کشت..... ۱۱۸
شکل ضمیمه ۲- عکس های گرفته شده از ریشه های ذرت میکوریزایی..... ۱۱۹

فهرست جداول

جدول ضمیمه ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی ۱۲۰
جدول ضمیمه ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده درنمونه برداری اول ۱۲۱
جدول ضمیمه ۳- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت تحت تاثیر استفاده از قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک در شرایط کم آبی در نمونه برداری اول ۱۲۲
جدول ضمیمه ۴- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده درنمونه برداری دوم ۱۲۳
جدول ضمیمه ۵- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت تحت تاثیر استفاده از قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک در شرایط کم آبی در نمونه برداری دوم ۱۲۴
جدول ضمیمه ۶- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در نمونه برداری سوم ۱۲۵
جدول ضمیمه ۷- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت تحت تاثیر استفاده از قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک در شرایط کم آبی در نمونه برداری سوم ۱۲۶
جدول ضمیمه ۸- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در نمونه برداری چهارم ۱۲۷
جدول ضمیمه ۹- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت تحت تاثیر استفاده از قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک در شرایط کم آبی در نمونه برداری چهارم ۱۲۸
جدول ضمیمه ۱۰- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در نمونه برداری پنجم ۱۲۹
جدول ضمیمه ۱۱- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت تحت تاثیر استفاده از قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک در شرایط کم آبی در نمونه برداری پنجم ۱۳۰
جدول ضمیمه ۱۲- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در نمونه برداری ششم ۱۳۱
جدول ضمیمه ۱۳- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت تحت تاثیر استفاده از قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک در شرایط کم آبی در نمونه برداری ششم ۱۳۲
جدول ضمیمه ۱۴- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در نمونه برداری هفتم ۱۳۳
ادامه جدول ضمیمه ۱۴- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در نمونه برداری هفتم ۱۳۴
جدول ضمیمه ۱۵- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت تحت تاثیر استفاده از قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک در شرایط کم آبی در نمونه برداری هفتم ۱۳۵
ادامه جدول ضمیمه ۱۵- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت تحت تاثیر استفاده از قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک در شرایط کم آبی در نمونه برداری هفتم ۱۳۶
ادامه جدول ضمیمه ۱۵- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت تحت تاثیر استفاده از قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک در شرایط کم آبی در نمونه برداری هفتم ۱۳۷
جدول ضمیمه ۱۶- حجم کل آب مصرفی در طول مدت آبیاری و کارآیی مصرف آب(WUE) ۱۳۸
جدول ضمیمه ۱۷- تجزیه واریانس کارآیی مصرف آب(WUE) و درصد کلونیزاسیون ریشه ۱۳۹
جدول ضمیمه ۱۸- مقایسه میانگین کارآیی مصرف آب(WUE) و درصد کلونیزاسیون ریشه ۱۴۰
جدول ضمیمه ۱۹- تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک بر روند تغییرات ماده خشک در طول دوره رشد ۱۴۱
جدول ضمیمه ۲۰- تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک بر روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول دوره رشد ۱۴۲
جدول ضمیمه ۲۱- تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک بر روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد ۱۴۳

جدول ضمیمه ۲۲- تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک بر روند تغییرات سرعت رشد محصول در طول دوره رشد..... ۱۴۴

فصل اول

مقدمه

۱-۱- کلیات

ذرت به عنوان یکی‌از گیاهان استراتژیک نقش مهمی‌را در تامین امنیت غـذایی‌بـیش از نیمـی‌از مـردم جهان ایفا می کند و از مهم ترین مـواد غـذایی‌در الگـوی تغذیـه ای‌بـسیاری‌از مـردم بـه خـصوص در کشورهای‌در حال توسعه است که بخشی‌از کالری‌مورد نیاز روزانـه را تـامین مـی نمایـد. ذرت یکـی از گیاهان بومی آمریکای مرکزی و جنوبی است و سابقه کاشت آن در کشورهای مختلف جهان بـه ویـژه برخی از کشورهای اروپا، آسیا، آفریقا و اقیانوسیه که شرایط مناسبی برای رشد و نمو آن دارند، چندان طولانی نیست. سطح زیر کشت و همچنین مصرف ذرت طی سالهای اخیر در اغلب کـشورهای جهـان به سرعت افزایش یافته است. در جهان امروز به علت اهمیت فوق العاده ذرت در تامین غـذای دام هـا، پرندگان، مصارف دارویی و صنعتی نسبت به افزایش سطح زیر کشت و همچنین روش های به زراعـی آن اقدامات اساسی به عمل آمده است و در بیشتر کـشورهای جهـان کـه دارای شـرایط آب و هـوایی مناسب برای رشد این گیاه می باشند محصول قابل توجهی تولید می نمایـد. عمـده تـرین کـشورهای تولید کننده ذرت در جهان آمریکا، چین، برزیل، مکزیک، روسیه، هندوستان، آفریقای جنوبی، رومانی، یوگسلاوی، آرژانتین، اندونزی، فیلیپین، مجارستان و ایتالیا می باشند.

ذرت به دلیل قدرت سازگاری‌با شرایط اقلیمی‌گوناگون در دنیا گـسترش یافتـه و رتبـه سـوم را بعـد از گندم و برنج از نظر سطح زیر کشت به خود اختصاص داده است. که در کشور ما به دلیـل خشکـسالی در طی ۵ ساله اخیر عملکرد گیاهان زراعی و از جمله ذرت کاهش یافته است. یکی از راه های افزایش تحمل کم آبی‌و افزایش عملکرد در گیاهان زراعی‌استفاده از قـارچ هـای میکـوریزا مـی‌باشـد(مـوس[1] و همکاران، ۱۹۸۱). خصوصیات مفید میکوریزا در همزیستی با گیاهان سبب افزایش مطالعـات علمـی‌در این زمینه شده و علاقه مندی بیشتری را در استفاده تجاری از این قارچ به عنوان کود های زیستی بـه وجود آورده است. تلقیح خاک با میکوریزا رشد و عملکرد گیاهان را در محیط آزمایشگاهی و در مزرعه افزایش می‌دهد، میکوریزا افزایش جذب عناصر غذایی‌را از راه افزایش انشعابات ریشه گیاه و ریسه قارچ

[1]. Mosse

در یک محدوده معین از خاک ممکن می‌سازد(آلن[1] و بوسالیس[2]،۱۹۸۳) و از این طریق سبب تغییراتی‌در روابط آبی‌گیاه و بهبود مقاومت به کم آبی‌و یا تحمل در گیاه میزبان می‌شود. از جمله این تغییرات افزایش در هدایت هیدرولیکی‌آب در درون گیاهان میکوریزایی‌است که می‌تواند به دلایل زیر باشد(آلن، ۱۹۹۱):

۱- افزایش مجموع سطح ریشه به دلیل ایجاد پوشش وسیع میسلیومی در منطقه ریشه و تارهای‌کشنده.

۲- نفوذ هیف به درون پوست ریشه و از آنجا به منطقه اندودرم یک مسیر کم مقاومتی را در عرض ریشه برای‌حرکت آب فراهم می‌آورد و آب با مقاومت کمتری در عرض ریشه تا رسیدن به آوند چوبی روبه‌رو می‌شود .

۳- هیف از راه افزایش جذب عناصر غذایی مقاومت به انتقال آب را در ریشه کاهش می‌دهد.

۴- ذخیره آب در هیف و انتقال آن به گیاه در زمان تنش خشکی .

۱-۲- گیاه شناسی ذرت

ذرت گیاهی متعلق به تیره *Poaceae* و جنس *Zea* و گونه *mayz* می باشد. گیاهی یک ساله، روز کوتاه، تک لپه و یک پایه است. گرده افشانی در این گیاه معمولا غیر مستقیم و به وسیله باد صورت می‌گیرد. ذرت گیاهی دگرگشن است، رنگ، شکل و اندازه دانه ذرت در ارقام مختلف متفاوت بوده و به رنگ های سفید، ارغوانی، زرد، قرمز، سیاه و آبی دیده می شود. تعداد ارقام ذرت با توجه به تطابق گیاه در برابر شرایط مختلف محیطی متعدد می باشد. این گیاه از نظر طول دوره رشد به سه گروه زودرس، متوسط رس و دیررس تقسیم می گردد. مهمترین طبقه بندی انجام شده در مورد ذرت از نظر شکل ظاهری و ترکیبات دانه و موارد مصرف آن می باشد که شامل ذرت دندانی، ذرت بلوری (سخت)، ذرت آردی (نرم)، پاپ کورن (آجیلی)، ذرت شیرین، ذرت غلاف دار و ذرت مومی است.

[1]. Allen
[2]. Boosalis

۱-۳- تاثیر عوامل محیطی بر رشد ذرت

۱-۳-۱- درجه حرارت

پارامترهای مختلف هواشناسی به خصوص وجود حرارت مناسب و رطوبت کافی دو عامل مهم و اولیه رشد و تولید محصول کافی ذرت است. نیاز حرارتی ذرت در دوره رشد نسبتا زیاد بوده و لذا کاشت آن در مناطق گرم بهترین محصول را تولید می نماید. در صورتی که حداقل درجه حرارت خاک به ۶ تا ۱۰ درجه سانتی گراد برسد ذرت می تواند جوانه بزند همچنین بهترین رشد را در دمای ۳۰-۲۰ درجه محیط دارد. این گیاه بعد از سبز شدن تحمل درجه حرارت حدود صفر را ندارد و از آن صدمه شدید می بیند(کریمی، ۱۳۸۳).

۱-۳-۲- نور

یکی دیگر از عوامل محیطی بسیار مهم و موثر برای رشد و نمو و عملکرد مناسب در این گیاه وجود نور کافی می باشد. بنابراین در مناطقی که در دوره رشد ذرت نور کافی وجود نداشته باشد این گیاه نمی تواند رشد طبیعی خود را به طور کامل انجام داده و علاوه بر دیررسی در ارقامی که جهت تولید دانه یا بذر کاشته شده باشند به علت کاهش فتوسنتز بذر کافی تولید نمی شود و از کیفیت دانه ها نیز کاسته خواهد شد(خدابنده، ۱۳۷۷).

۱-۳-۳- رطوبت

ذرت در طول مدت رشد و نمو احتیاج به رطوبت دارد و میزان بارندگی ۶۰۰ تا ۷۰۰ میلیمتر با پراکندگی مناسب در مراحل مختلف رشد برای آن کافی می باشد. لازم به ذکر است که مقدار کل آب مورد نیاز ذرت در دوره رشد نسبت به تغییرات درجه حرارت و مراحل مختلف رشد متفاوت بوده و ذرت در زمان تولید گل وگرده افشانی به آب بیشتری نیاز دارد.

۱-۳-۴- باد

حساسیت گیاه ذرت در مقابل باد در مراحل مختلف رشد متفاوت است به طوری کـه در مرحلـه هـای اولیه رشد نسبت به باد حساس است بادهای شدید صدمات زیادی را به بوته هـای ذرت وارد نمـوده و میزان محصول را کاهش می دهد(ایران نژاد و شهبازیان، ۱۳۸۴).

۱-۴- نیازهای کودی ذرت

۱-۴-۱-کودهای نیتروژنی

به طور کلی مقدار مصرف کودهای شیمیایی با توجه به مقدار عناصر موجود در خاک، زودرسـی رقـم، مقدارآب در اختیار گیاه، شرایط جوی و غیره تغییر می نماید. نیتـروژن مهمتـرین مـاده غـذایی بـرای ذرت می باشد. کمبود آن باعث می شود رشد گیاهان کاهش یافته و برگ ها به علت کمبود کلروفیـل زرد رنگ شوند. جذب نیتروژن به روند رشد و نمو گیاه ذرت و مقدار بارندگی بستگی دارد. ذرت بـرای رشد اولیه نیاز مبرمی به نیتروژن دارد نیاز به نیتروژن با تولید ساقه و برگهـا و رشـد ایـن قـسمت هـا بیشتر می گردد به طوری که سه هفته قبل از ظهور گل آذین نر و تا ۴-۳ هفته بعد از گلـدهی مقـدار مورد نیاز نیتروژن به حداکثر می رسد. در زمان تولید و رسیدن دانـه نیتـروژن موجـود در سـاقه هـا و برگ ها جهت ذخیره شدن به دانه ها انتقال می یابد و باعث افزایش عملکـرد دانـه ذرت یـا علوفـه آن جهت سیلو می گردد.

۱-۴-۲- کودهای فسفره

فسفر یکی از موادی است که ذرت به آن نیاز فراوانی دارد و حدود۶۰ تا۷۰ درصد اسید فسفریک مورد نیاز ذرت از زمان تلقیح تا موقعی است که دانه ها بخوبی تشکیل می گردنـد. هـر گـاه در زمینـی کـه ذرت کاشته می شود فسفر به اندازه کافی موجود نباشد، گرده افشانی به تعویق افتاده و به طور نـاقص انجام شده، رشد گیاه و نیز رسیدن میوه ها نیز به تاخیر مـی افتـد و دانـه بنـدی خـصوصا در قـسمت بالای بلال بخوبی انجام نمی شود. در اثر کمبود فسفر در ذرت رنگ برگها سبز تیـره و گـاهی ارغـوانی

شده ساقه ها نیز به رنگ ارغوانی درآمده و بوته ها کوتاه می مانند مقدار فسفر مورد نیاز گیاه به بافت خاک، مقدار مواد موجود در خاک و رقم بستگی دارد.

۱-۴-۳- کودهای پتاسه

وجود پتاسیم نیز مانند سایر عناصر برای رشد و نمو ذرت ضروری است. جذب این ماده زودتر و سریعتر از فسفر و از زمان تولید جوانه شروع شده و تا حدود سه هفته بعد از گل دادن ادامه می یابد. در صورتیکه این عنصر به مقدار کافی در اختیار ذرت نباشد رشد گیاه کاهش یافته، رنگ برگ ها سبز مایل به زرد شده، حاشیه و نوک برگ ها خشک گردیده و در برگ ها علایم سوختگی ظاهر می شود. در صورتی که کمبود پتاسیم شدید باشد برگ ها به شدت آسیب دیده، گیاه کوچک مانده و تنها بخش های کوچکی از برگ ها به رنگ سبز باقی می ماند. همچنین در قسمت انتهای بلال دانه بندی به خوبی انجام نمی شود. مقاومت گیاه نیز در برابر بیماری ها کم می شود و نشاسته و قند کافی در دانه ها به وجود نخواهد آمد و در نهایت ازکیفیت محصول کاسته می شود.

۱-۵- تعریف تنش

دامنه رویشی گیاهان در سطح دنیا بسیار وسیع است. گیاهان حدود ۴۰۰ میلیون سال است که از زمان ترک دریاها و سکنی گزیدن در خشکی‌های کره زمین همواره در معرض تنش های محیطی قرار داشته اند در کشاورزی همواره سعی بر این بوده است تا تحمل گیاهان زراعی نسبت به تنش های محیطی افزایش یابد زیرا در واقع هر چه مقاومت در برابر این تنش ها افزایش یابد امکان افزایش محصول فراهم خواهد شد.

بر حسب تعریف تنش به مجموعه شرایطی اطلاق می شود که باعث تغییر در فرآیندهای فیزیولوژی گیاه و سرانجام صدمه زدن به آن می شود، البته این تعریف در همه شرایط صادق نیست زیرا تغییر فرآیندهای فیزیولوژیکی الزاما نمی تواند برای گیاه مضر باشد. از نظر فیزیولوژیکی، تنش منعکس کننده فشارهای محیطی است که بر فیزیولوژی گیاه وارد شده و باعث تغییر آنها می شود(کافی و

مهدوی، ۱۳۷۹). تنش زمانی اتفاق می افتد کـه عامـل ایجـاد آن بتوانـد تغییـرات فیزیولوژیـک قابـل توجهی را که بر رشد یا تولید محصول موثر باشد باعث گردد(ایتزینگر[1] و همکاران، ۲۰۰۳).

۱-۵-۱- چگونگی پیدایش تنش آبی

تنش آبی در گیاه به وضعیتی اطلاق می شود که در آن سلول ها از حالت آمـاس خـارج شـده باشـند، دامنه این تنش از کاهش جزیی پتانسیل آب در اواسط روز تـا پژمردگـی دایـم و خـشک شـدن گیـاه متغیر است(هونگ بو[2] و همکاران، ۲۰۰۵). به عبارت دیگر تنش آبی زمانی رخ مـی دهـد کـه سـرعت تعرق بیشتر از سرعت جذب آب باشد. با کاهش مقدار آب در خاک و عدم جایگزینی آن پتانـسیل آب در منطقه توسعه ریشه ها کاهش می‌یابد و پتانسیل آب در گیاه نیز به طرز مشابهی تقلیل مـی یابـد و اگر شدت تنش آب زیاد باشد باعث کاهش شدید فتوسنتز و مختل شـدن فرآینـدهای فیزیولـوژیکی و سرانجام خشک شدن و مرگ گیاه می گردد(ژیو[3] و همکاران، ۲۰۰۵). علت اصلی تـنش آبـی در گیـاه افزایش تعرق یا کافی نبودن جذب آب و یا ترکیبی از این دو مـی باشـد. در اواسـط روز همیـشه بـین تعرق و جذب آب تاخیر وجود دارد و علت این امر مقاومت گیاه در مقابل حرکت آب اسـت. تعـرق بـه وسیله عواملی مانند ساختمان و سطح برگ ها، اندازه منافذ روزنه ها، تعداد روزنه هـا، و دیگـر عوامـل موثر بر شیب فشار بخار بین گیاه و هوا کنترل می گردد(شرمن[4] و همکاران، ۲۰۰۵)، حال آنکه جـذب آب در سیستم ریشه ای گیاه به هدایت موییِنگی خاک و مقاومت سـلول هـا ی ریـشه بـستگی دارد و مسلم است که بین فرآیندهایی که با عوامل مختلف کنترل می شـوند همـاهنگی وجـود نـدارد و لـذا تعرق و جذب نمی توانند دقیقا منطبق بر یکدیگر باشند(شفرد[5] و همکاران، ۲۰۰۲). تنش آبی بر رشد گیاه، بر ساختمان گیاه، تنفس، فتوسنتز و روابط هورمون ها تاثیر دارد.

---

[1]. Eitzinger
[2]. Hong Bo
[3]. Zhu
[4]. Shearman
[5]. Shepherd

۱-۶- کاربرد کودهای بیولوژیک

گیاهان برای رشد و تولید محصول نیاز به عناصر غذایی دارند که عمدتا از طریق خاک و همچنین کودهای شیمیایی در اختیار آنها قرار می گیرد. استفاده از کودهای شیمیایی در تولید محصولات زراعی انقلابی به وجود آورده است و در حال حاضر از مهمترین نهاده های کشاورزی محسوب می‌شود. در سال ۱۹۹۸ حدود ۳۶۵ میلیون تن کود شیمیایی در جهان و در سطحی معادل ۱/۴ میلیارد هکتار مورد استفاده قرار گرفت در حالی که این رقم در سال ۱۹۶۱ معادل ۱۰۰ میلیون تن بود که در ۵۰ سال اخیر با رشد بی سابقه ای روبرو شده است و هر ساله نیز انواع جدیدتر کودهای شیمیایی با فرمولاسیون ها و درصد متفاوت عناصر غذایی معرفی می شوند. از طرفی دیگر جمعیت دنیا هر ساله افزایش می یابد و این امر سبب افزایش فشار هر چه بیشتر بر اراضی کشاورزی به منظور تولید بیشتر محصولات کشاورزی شده است.

لذا ایده افزایش تولید در واحد سطح با مصرف بیشتر کودهای شیمیایی قوت گرفت که این امر باعث ایجاد مشکلات جدیدتری مانند آلودگی محیط زیست و کاهش منابع غذایی در خاک های زراعی شد. به این منظور تلاش های گسترده ای به منظور یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک، محصولات کشاورزی و حذف آلاینده ها آغاز شده است.یکی از این راهکارها استفاده از کودهای بیولوژیک بود که از اوایل قرن بیستم میلادی ابتدا در آمریکا و روسیه و سپس در کشورهای دیگر آغاز شد ولی به دلیل اثرات سریع کودهای شیمیایی، سهولت در کاربرد و قیمت ارزان آن ها، کودهای بیولوژیک مورد استقبال قرار نگرفت.

در سی سال اخیر به دلیل آشکار شدن اثرات زیان بار ناشی از مصرف بی رویه کودهای شیمیایی و قیمت رو به افزایش آنها، مجددا استفاده از کودهای بیولوژیک در کشاورزی مطرح شده است.

امروزه استفاده از انواع کودهای زیستی به خصوص در خاک های فقیر از عناصر غذایی ضرورتی اجتناب ناپذیر برای حفظ کیفیت خاک و محیط زیست است.

۱-۷- تعریف کودهای زیستی

کودهای زیستی به مواد حاصل خیز کننده ای اطلاق می شود که حاوی تعداد کافی از یک یا چند گونه از ارگانیسم های مفید خاکزی هستند که به منظور تامین عناصر غذایی و افزایش رشد گیاهان استفاده می شوند. کودهای بیولوژیک میکروارگانیسم هایی هستند که قادرند عناصر غذایی را از شکل غیرقابل استفاده به شکل قابل استفاده تبدیل کنند و این تبدیل در یک فرآیند بیولوژیکی انجام می-گیرد. هزینه تولید کودهای بیولوژیک کم است و سبب آلودگی اکوسیستم نمی شود. عواملی مانند:

۱- تنش های محیطی بلند مدت (خشکی، حرارت زیاد، یخبندان، غرقاب).

۲- استفاده بی رویه از سموم شیمیایی، موجب کاهش جمعیت میکروارگانیسم های مورد نظر در خاک های یک منطقه می شوند.

با توجه به نوع میکروارگانیسم ها، کودهای زیستی را می توان به صورت زیر طبقه بندی کرد:

۱- کودهای زیستی باکتریایی (ریزوبیوم، ازتوباکتر، آزوسپریلیوم)

۲- کودهای زیستی قارچی (میکوریزا)

۳- کودهای زیستی جلبکی (جلبک های سبز- آبی و آزولا)

۴- کودهای زیستی اکتینومیست ها (فرانکیا)

با استفاده از کودهای زیستی قارچی (میکوریزا) همزیستی بین قارچ و ریشه گیاه میزبان برقرار می-شود. در این همزیستی قارچ قند، اسید های آمینه، ویتامین ها و برخی مواد آلی دیگر را از میزبان دریافت و در مقابل مواد معدنی غیر قابل حل به خصوص فسفات را از خاک جذب کرده و در اختیار گیاه قرار می دهد. اکثر گیاهان(۸۳ درصد دولپه ای ها و ۷۹ درصد تک لپه ای ها) قادر به تشکیل سیستم میکوریزایی هستند(داد[1]، ۲۰۰۰، رمی[2] و همکاران، ۱۹۹۴).

[1]. Dodd
[2]. Remy

تعداد محدودی از گیاهان زراعی قادر به تشکیل سیستم میکوریزایی نیستند و بیشتر این گیاهان از خانواده های *Cruciferae* نظیر جنس های *Sinpsis*، *Brassica* و خانواده *Chenopodiaceae* جنس *Beta* و خانواده*Polygonaceae* جنس *Fagopyrum* می باشند.

۱-۸ - تاریخچه میکوریزا

میکوریزا از قدیمی ترین روابط همزیستی در سیر تکاملی حیات می باشد. فسیل وزیکولار آرباسکولار میکوریزا در تعدادی از نمونه ها شناسایی شده است. قدیمی ترین آنها در گیاهان *Rhynie chert* می باشد که از قدیمی‌ترین گیاهان شناخته شده در زمین می با شند و در حدود ۳۷۰ میلیون سال پیش می‌زیسته اند (هارلی[1] و اسمیت[2]، ۱۹۸۳). ساختارهای مشابهی در ریزوم های سرخس های کربونیفر و نیز بطور پراکنده در گیاهان دوران پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک ثبت شده‌اند. آلن(۱۹۹۱) از دیدگاه دیرین شناسی و تکامل به تفصیل به میکوریزا پرداخته است. این محقق گیاهان را به گیاهان غیر میکوریزایی(میکوریز اختیاری) و گیاهان میکوریزایی(میکوریز اجباری) دسته بندی کرد. در اکوسیستم‌های طبیعی گیاهان میکوریز اختیاری یا غیر میکوریزایی در مناطق یا اقلیم های بسیار خشک، مرطوب، سرد و یا در مناطقی که تولیدات گیاهی در اثر شرایط خاکی- محیطی محدود و اندک است و یا در اقلیم های بهم خورده و تخریب شده ای که قارچ های میکوریزایی تقلیل یافته اند وجود دارند. جنس های گیاهان غیر میکوریزایی که در کشاورزی و باغبانی حائز اهمیت می باشند عبارتند از: کنوپودیاسه، آمارانتاسه، کاریوفیلاسه، پولی گوناسه، براسیکاسه، سکروفولاریاسه، کوملیناسه، جونکاسه و سیپراسه.

[1]. Harley
[2]. Smith

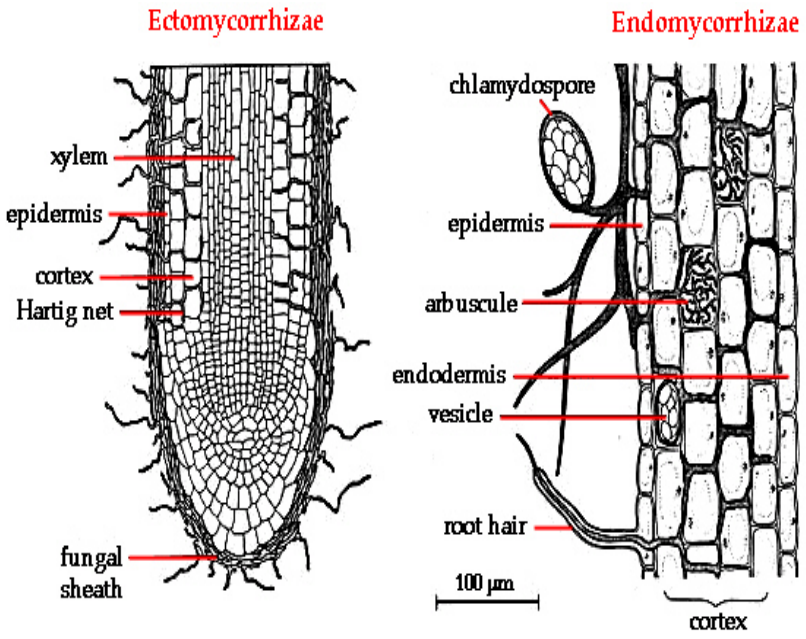
۱-۹- انواع میکوریزا

قارچ های میکوریزا بر اساس وضعیت قرار گرفتن میسیلیوم های آنها روی ریشه گیاهان میزبان به گروه های زیر تقسیم می شوند:

۱- اکتومیکوریزا (Ectomycorrhizae): تشکیل هیف در بیرون از سلول های پارانشیمی ریشه(شکل ۱-۱).

۲- اندومیکوریزا (Endomycorrhizae): تشکیل هیف در داخل سلول های پارانشیمی ریشه(شکل ۱-۱).

۳- اکتندومیکوریزا (Ectandomycorrhizae): تشکیل هیف هم در بیرون و هم در داخل سلول-های پارانشیمی ریشه.



شکل۱-۱ : تشکیل هیف در داخل سلول های پارانشیمی در اندومیکوریزا و در بیرون سلول های پارانشیمی در اکتومیکوریزا

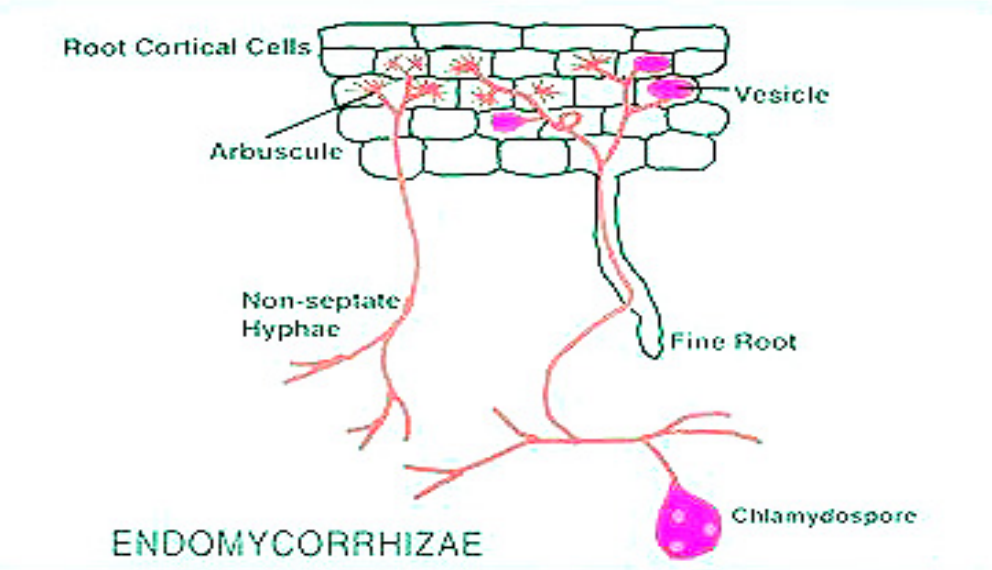
۱-۹- ۱- قارچ های اکتو میکوریزا

این قارچ ها به درون سلول های ریشه وارد نمی شوند و به همین دلیل حالت میکوریزی آن ها، برونی (اکتو) خوانده می شود. هیف های این قارچ ها، در فضای بین سلول های پوست ریشه شبکه متراکمی به نام شبکه هارتیگ (Hartig Net) برای مبادله متابولیت ها با گیاه میزبان، به وجود می آورند. این قارچ ها با تشکیل پوسته یا غلاف کم و بیش ضخیم بر روی سطح ریشه ها که اغلب با تغییر رنگ و تغییر شکل این ریشه ها همراه است به خوبی از ریشه های غیر میکوریزایی مشخص می شوند. در این نوع همزیستی، قارچ میسیلیوم انبوه و متراکمی روی سطح ریشه تولید می کند. گیاهانی که با این نوع قارچ آلوده شده اند با پوشش متراکمی از ریسه قارچ ها پوشیده شده اند و مستقیم با خاک تماس ندارند. این نوع میکوریزا از راه افزایش سطح جذب ریشه باعث افزایش تحمل به خشکی گیاه میزبان به خصوص در مناطق خشک می شوند. تلقیح با قارچ های اکتومیکوریزا در حدود سال ۱۹۲۰ در نهالستان های جنگلی استرالیا برای کشت بذرهای کاج آغاز گردید. در حال حاضر از مهم ترین قارچ های اکتومیکوریزای رایج برای تولید مایه تلقیح *Pisolithus Tinctorius* است که علاوه بر رشد سریع روی محیط های غذایی، قادر به همزیستی با بیش از صد گونه از درختان چوبی جنگلی است و توان رشد در شرایط زیستی بسیار نامساعد را دارد. به همین دلیل در آمریکا بیشترین سطح تولید تجارتی و مصرف را داشته است. قارچ های دیگری مانند *Thelephora Terrestris* ،*Amanita Muscaria* ،*Laccaria Lacata* هم کم و بیش به خصوص در کشورهای اروپایی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۱-۹-۲- قارچ های اندومیکوریزا

در این نوع میکوریزا آثار قارچ روی ریشه میزبان قابل مشاهده نیست و از نظر ظاهری فرقی بین ریشه‌های آلوده و غیر آلوده وجود ندارد. هیف این قارچ ها از راه تارهای کشنده یا از راه سلول های اپیدرمی ریشه وارد سلول میزبان می شوند. هیف پس از ورود به سلول میزبان تولید شبکه ای می-

کند که این شبکه از رشته های درختچه مانند بنام آرباسکول[1] تشکیل شده که دارای ساختاری شبیه اندام‌های مکنده می باشد. تبادل متابولیت ها بین قارچ و سیتوپلاسم میزبان از طریق آرباسکول ها انجام می گیرد. آرباسکول معمولا ۲۰ الی ۴۰ درصد حجم سلول را در بر می گیرند پس از مدتی از بین رفته و هضم می شوند. انشعابات میسیلیوم های درونی ساختمان های کیسه مانندی با دیواره ضخیم ایجاد می کنند که به آن ها وزیکول[2] می گویند. وزیکول اندام های ذخیره ای مواد غذایی و همچنین شکل پایدار قارچ هستند. وجود ساختمان های وزیکول و آرباسکول در این نوع میکوریزاها سبب شده است که آن ها را قارچ های وزیکولار آرباسکولار بنامند.



شکل۱-۲ : تشکیل آرباسکول و وزیکول داخل سلول های اپیدرمی ریشه.

در بعضی از انواع این میکوریزا، وزیکول ها تشکیل نمی شوند و یا اکثرا در اواسط تا اواخر دوره رویشی گیاه ظاهر می گردند و وجود آرباسکول ها تنها نشانه قاطع برای تشخیص این نوع میکوریزا محسوب می شود. به همین دلیل ترجیحا به طور اختصار میکوریزای آرباسکولار[3] هم خوانده می شوند. آرباسکول ها معمولا در سلول های بخش درونی پوست ریشه، تشکیل می شوند. رشد قارچ

[1] . Arbuscule
[2] . Vesicle
[3] . Arbuscular Mycorrhizae

پس از نفوذ به داخل سلول، با تولید پی در پی انشعابات که به تدریج نازک تر و ظریف تر می شوند، در مجموع اندامی شبیه یک درختچه کوچک به وجود می آورد که به دلیل سطح تماس بسیار گسترده با سلول میزبان، مبادله متابولیت ها را بین دو همزیست تسهیل می کند. وزیکول ها یا اندام های کیسه مانند، معمولا در نتیجه تورم انتهای هیف قارچی در درون و یا در بین سلول های پوست ریشه، تشکیل می شوند و به تدریج با قطرات لیپیدی انباشته شده، نقش اندام ذخیره را پیدا می کنند.

۱-۱۰- مراحل تشکیل سیستم میکوریزایی

پس از آن که کلامیدوسپور[1] در محیط مناسبی قرار گرفت جوانه می زند و میسیلیوم اولیه تشکیل می‌شود. اسپور قارچ های همزیست با ریشه گیاهان هنگامی جوانه می زنند که ریشه های گیاهان میزبان تشکیل شده باشند. ترشح مواد از سطح ریشه گیاه میزبان می تواند جوانه زنی اسپور را تحریک نماید و سبب رشد جهت دار میسیلیوم به سمت ریشه گیاهان میزبان شود. این مواد همچنین در سرعت رشد هیف، منشعب شدن آن و تشکیل کلاف میسیلیومی تاثیر دارند. ترشحات ریشه بسته به نوع گیاهان ممکن است مواد فرار، مواد قابل حل در آب و یا مواد متصل به سطح ریشه باشند. هنگامی که لوله هیف کنار ریشه گیاه میزبان قرار می گیرد تحریک می شود و به سطح ریشه گیاه میزبان می چسبد و در مرحله پایانی هیف در سطح ریشه گیاه میزبان نفوذ می کند و وارد سلول های ریشه می شود.

رشد و توسعه قارچ های میکوریزا به بستر مناسبی از مواد آلی نیاز دارد و با اصلاح ساختار خاک رشد و توسعه این قارچ ها افزایش می یابد. یکی از ترکیباتی که در اصلاح ساختار خاک نقش مهمی دارد اسید هیومیک می‌باشد که از تجزیه مواد آلی موجود در خاک حاصل می شود، این ترکیب می تواند خواص شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک را بهبود بخشد و بر رشد گیاه تاثیر مثبتی داشته باشد. اسید هیومیک قدرت دفاعی گیاه را در برابر بیماری های خاکزی مانند پوسیدگی ریشه

[1] . Chlamydospore

افزایش می دهد هم چنین باعث افزایش مقاومت گیاه به عوامل نا مساعد محیطی از جمله خشکی، گرما و سرمای شدید می شود. این ترکیب ریشه زایی را تحریک می‌نماید و موجب بهبود سلامت و تقویت گیاه می شود، هم‌چنین باعث بهبود جذب عناصر غذایی شده و توانایی جوانه زنی بذر و قدرت جذب کاتیونی را افزایش می دهد.

یکی از اهدافی که در چند سال آینده می توان به آن رسید خودکفایی در تولید ذرت به عنوان یک گیاه زراعی مهم با دارا بودن بالاترین ارزش ناخالصی می باشد که فقط با افزایش عملکرد محصول در واحد سطح می توان به آن دست یافت. این امر توجه بیشتر به تحقیق و پژوهش در این زمینه را برای به حداکثر رساندن تولید نشان می دهد. با شناسایی محدودیت هایی که موجب کاهش عملکرد می شود(از جمله تنش کم آبی) و عواملی که باعث افزایش عملکرد می شوند(از جمله استفاده از قارچ های میکوریزا) می توان به خودکفایی در این محصول امیدوار بود.

اهداف این مطالعه به شرح زیر می باشد:

۱- استفاده از همزیستی میکوریزای آرباسکولار(AM) با ذرت جهت افزایش عملکرد.

۲- افزایش تحمل شرایط کم آبی در گیاه ذرت از طریق استفاده از همزیستی میکوریزای آرباسکولار(AM)

۳- افزایش راندمان آب مصرفی با استفاده از همزیستی میکوریزای آرباسکولار(AM).

۴- استفاده از اسید هیومیک جهت افزایش عملکرد و افزایش راندمان مصرف آب(WUE) .

این پژوهش امکان دستیابی به عملکرد بیشتر را در ذرت از طریق استفاده از همزیستی میکوریزایی و کاربرد اسید هیومیک فراهم می کند. همچنین تحمل تنش های کم آبی وارد شده به ذرت و استفاده بهتر از حداقل آب مصرفی و افزایش رآندمان آب مصرفی را از طریق استفاده از همزیستی میکوریزایی وکاربرد اسید هیومیک مورد بررسی قرار داده است.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- فواید همزیستی میکوریزایی

۲-۱-۱- میکوریزا و افزایش جذب عناصر غذایی

مقدار فسفر موجود در خاک کمتر از مقدار نیتروژن کل یا پتاسیم آن ها است و حدود یک چهارم تا یک دهم نیتروژن و یک دوازدهم پتاسیم می‌باشد. مقدار فسفر کل خاک سطحی و تحت الارض ممکن است از چند میلی گرم در کیلوگرم تا یک گرم درکیلوگرم متغیر باشد. فسفر در نهشته های معدنی یافت می شود و به عنوان منابع طبیعی غیر قابل تجدید محسوب می گردند. نگرانی جهانی در رابطه با انرژی و هزینه های لازم برای استخراج سنگ فسفات، انتقال آن به کارخانه، ساخت کودهای مختلف، حمل آن ها به مزارع و مصرف آن ها برای محصولات وجود دارد. این مسئله برای تعداد زیادی از کشورهایی که بدون سنگ فسفات می باشند، بسیار مهم و جدی است. استخراج کانی های فسفردار و پخش کود فسفر دار در اراضی به علت محدود بودن منابع فسفر، پایدار نیست و آینده تولید این کود با مشکل روبروست. تفاوت دیگری که بین نیتروژن و فسفر وجود دارد این است که نیتروژن توسط فرآیند های مختلفی مانند تصعید آمونیاک، آبشویی و نیترات زدایی به آسانی در خاک تلف می شود ولی بخش عمده فسفر در محل مصرف به علت غیرپویایی در نتیجه واکنش با یون های Ca^{+2}, Fe^{+2} و Al^{+3} در خاک، باقی می ماند. بنابراین کودهای حاوی ترکیبات محلول فسفر پس از پخش در مزرعه به سرعت به شکل کم محلول یا نامحلول در می آیند. فقط ۱۵ تا ۲۰ درصد از کود فسفره مصرفی به صورت قابل جذب گیاه در می‌آید و جزء کمتری از این کود جذب گیاهان بعدی می شود. بنابراین مدیریت موثر فسفر بویژه در خاک هایی با تثبیت فسفر زیاد مانند اولتی سول و اکسی سول های مناطق حاره می تواند بسیار پیچیده باشد. غلظت فسفر معدنی در محلول خاک غالباً در حدود ۰/۰۵ میلی گرم در لیتر است. مقدار فسفر آلی بستگی به عواملی مانند اقلیم، پوشش گیاهی، بافت خاک، کاربری زمین، مصرف کود، زهکشی، آبیاری و غیره دارد(www.sabzgostar-co.com).

۲-۱-۱-۱- راه های تامین فسفر خاک

کودهای فسفاتی شامل، سوپر فسفات ساده ، سوپر فسفات تریپل، سوپر فسفات غنی شده، سوپر فسفات آمونیومی، فسفات آمونیوم ، نیتریک یا نیترو فسفات، آمونیوم پلی فسفات و سنگ فسفات می باشد. مدیریت استفاده از فسفر شامل ارایه راهکارهای موثر استفاده از فسفر طبیعی خاک است که یکی از این راهکارها استفاده از قارچ های میکوریزا می باشد.

تحقیقات متعدد نشان می دهد که فسفر، ازت، پتاسیم، روی، مس، گوگرد، کلسیم و آهن توسط سیستم میکوریزا جذب شده و به گیاه منتقل می شوند. بطور کلی مکانیسم جذب از طریق افزایش حجم خاک قابل دسترس توسط ریسه های قارچ ، ترشح آنزیم فسفاتاز و حلالیت عناصر است. در بین عناصر غذایی بیشترین نقش میکوریزا در جذب فسفر است(کاراکی[1] و رداد[2]، ۱۹۹۷). انتقال فسفر در خاک های خشک بین ۱۰ تا ۱۰۰ مرتبه کمتر از خاک های مرطوب است در چنین شرایطی جذب فسفر مورد نیاز گیاه بدون وجود یک سیستم میکوریزایی کا رآمد بسیار کم میشود. اثر مثبت سیستم میکوریزا در جذب فسفر هنگامی مشهود است که غلظت عناصر غذایی مثل فسفر در فاز محلول خاک کم ولی شکل های رسوبی آن در ریزوسفر وجود داشته باشد. نقش میکوریزا در تغذیه ازته گیاه به دلیل دارا بودن ضریب پخش زیاد آن ناچیز است. افزایش جذب NH_4^+ بوسیله سیستم های میکوریزایی بخصوص دراکتو میکوریزا همزیست با گیاهان جنگلی مشاهده شده است ولی اثر آن مانند آن چیزی که در فسفر مشاهده شده است نمی باشد(www.sabzgostar-co.com). هنگامی که فسفر خاک در سطح پایینی باشد سیستم میکوریزا جذب فسفر و در نتیجه رشد گیاه را به نحو چشمگیری افزایش می دهد . هیف ها قادر هستند که فسفات را از ۱۵ سانتی-متری سطح ریشه تا چند متری عمق خاک زیر ریشه دریافت کنند(www.sabzgostar-co.com). همچنین هیف ها در منافذی از خاک نفوذ می کنند که امکان

[1]. AL-Karaki
[2]. Raddad

نفوذ تارهای کشنده ریشه وجود ندارد(قطر تارهای کشنده حداقل ۲۰ میکرومتر است در حالیکه هیف ها حداکثر ۲-۱ میکرو متر می باشند) بعلاوه هیف ها از راه افزایش سطح تماس یا از راه افزایش طول موثر ریشه جذب عناصر غذایی را به شدت افزایش می دهند. طبق اظهارات آلن و همکاران(۱۹۸۱) هر یک سانتیمتر مکعب خاک دارای ۲ الی ۴ سانتیمتر ریشه، ۱ تا ۲ متر تارهای کشنده و بیش از ۵۰ متر هیف می باشد. در سیستم های متفاوت میکوریزایی طول موثر ریشه متفاوت است بالاتر بودن این شاخص نشان از کارایی بالاتر سیستم میکوریزایی است(اسمیت و رید[1]،۱۹۹۷). تحقیقات نشان می دهد هر چه ضریب پخشیدگی عناصر کمتر باشد اهمیت میکوریزا در جذب و انتقال آن به گیاه بیشتر است و از این جهت اهمیت میکوریزا در جذب فسفر بیشتر از ازت می باشد. قسمت اعظم فسفر موجود در خاک غیر محلول و غیر قابل استفاده مستقیم گیاه است. مطالعات متعدد نشان داده است که بعضی از انواع میکوریزاها(ارکوییدها) می توانند آنزیم فسفاتاز سنتز کنند و از این راه امکان دسترسی به فسفر را افزایش دهند(www.sabzgostar-co.com). برخی از انواع میکوریزاها اسیدهای کلات کننده تولید می کنند و از این راه حلالیت فسفر را برای جذب افزایش می‌دهند(www.sabzgostar-co.com).

۲-۱-۲- میکوریزا و بهبود جذب آب

شواهد بسیار زیادی وجود دارد که نشانگر این است که میکوریزا می توانند سبب تغییراتی در روابط آبی گیاه و بهبود مقاومت به خشکی و یا تحمل در گیاه میزبان شود(عامریان و همکاران، ۲۰۰۱). بسیاری از محققین این خصوصیت را یک واکنش ثانویه در نتیجه بهبود جذب عناصر غذایی می‌دانند. آلودگی ریشه گیاهان با قارچ های میکوریزا پارامترهایی مانند هدایت هیدرولیکی، پتانسیل آب برگ، مقاومت برگ و سرعت تعرق را تحت تاثیر قرار می‌دهد مطالعات نشان داده است که علت این تغییرات احتمالا ناشی از بهبود جذب عناصر غذایی است(قاضی و کاراکی،

[1]. Read

۱۹۹۸). آلن و همکاران(۱۹۸۱) در یک آزمایش گلخانه ای روی سویا ملاحظه کردند که هدایت هیدرولیکی در گیاهان میکوریزایی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی ۷۰ درصد بیشتر است.

در این مطالعه گیاهان میکوریزایی در رژیم های متفاوت رطوبتی خاک سرعت تعرق بالاتر، مقاومت روزنه ای کمتر و هدایت هیدرولیکی بالاتری داشتند. از آنجایی که جذب CO_2 در حضور نور در گیاهان میکوریزایی بیشتر است لذا فتوسنتز بالاتری دارند. افزایش جذب CO_2 در گیاهان میکوریزایی مربوط به کاهش مقاومت فاز مایع سلول های مزوفیلی برای عبور CO_2 می باشد. هاردی[۱] و لیتون[۲](۱۹۸۱) روابط آبی گیاه را در سطوح مختلف غلظت فسفر مورد بررسی قرار دادند در این مطالعه مشخص شد که با افزایش میزان فسفر خاک اثرات سودمندی میکوریزا کاهش می-یابد و حداکثر تاثیر میکوریزا در سطوح پایین فسفر ظاهر می شود. تعرق و مقاومت روزنه ای در شرایط وجود رطوبت کافی در گیاهان میکوریزایی بیشتر است اما هنگامی که رطوبت محدود می شود این صفات به شدت در گیاهان میکوریزایی کاهش می یابند. به طور کلی نتایج آزمایشات نشان می دهند که میکوریزا در مناطق خشک سبب افزایش تحمل گیاه به تنش خشکی می شود. بسیاری از محققین این اثرات را ناشی از تنظیم بهتر روزنه ها ، بهبود تغذیه ای به خصوص جذب فسفر و افزایش جذب و انتقال آب از طریق هیف ها می دانند. میلر[۳] (۲۰۰۰) گزارش کرد که در گیاهان میکوریزایی به دلیل افزایش فتوسنتز و تولید بیشتر مواد فتوسنتزی به ازای واحد آب مصرفی، کارآیی مصرف آب افزایش می یابد. قاضی[۴] و کاراکی(۱۹۹۸) بیان داشتند که گیاهان میکوریزایی به ازای تولید هر واحد ماده خشک آب کمتری مصرف می کنند، بنابراین کارآیی مصرف آب [۵] بالاتری دارند و WUE در گیاهان میکوریزایی در شرایط تنش خشکی محسوس تر است دلایلی که چرا WUE در گیاهان میکوریزایی بیشتر است به شرح ذیل می باشد:

---

[1]. Hardie
[2]. Leyton
[3]. Miller
[4]. Ghazi
[5]. Water use efficiency

۱- میکوریزا توان گیاه برای جذب بیشتر آب و عناصر غذایی افزایش داده و پی آمد آن روزنه ها بیشتر باز خواهند ماند و تولید ماده خشک افزایش می یابد.

۲- هدایت هیدرولیکی ریشه در گیاهان میکوریزایی افزایش یافته و آب با راندمان بالاتری منتقل می شود.

۳- گیاهان میکوریزایی بیوماس ریشه بیشتری تولید می نمایند.

۲-۱-۳- میکوریزا و اختصاص مواد فتوسنتزی

شواهد بسیار زیادی وجود دارد که گیاهان می توانند سرعت فتوسنتز خود را افزایش دهند تا نیازهای همزیست خود را تامین نمایند. این عمل از طریق افزایش سطح برگ و افزایش مقدار تثبیت CO_2 به ازای واحد وزن برگ انجام می گیرد. کوپر[1](۱۹۸۴) انتقال بیشتر کربن را به ریشه در پیازهای میکوریزایی گزارش کردند و تایید نمودند که اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به ریشه ها در نتیجه افزایش فتوسنتز در گیاهان میکوریزایی است. ترنت[2] و همکاران(۱۹۸۸) نشان دادند که گیاهان میکوریزایی در دوره های خشکی بهتر از گیاهان غیر میکوریزایی CO_2 را جذب می نمایند و در پتانسیل های پایین تر خاک نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی روزنه های خود را باز نگه می‌دارند. آلن و همکاران بیان داشتند(۱۹۸۱) که با وجود انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به ریشه ها در گیاهان میکوریزایی، بر وزن خشک تاثیری نمی گذارد این محققین تایید کردند که بخشی از فتوسنتز اضافی در گیاهان میکوریزایی به وسیله خود میکوریزا مصرف می شود. در نتیجه همبستگی مثبتی بین کربوهیدرات ریشه و آلودگی به قارچ می باشد.

۲-۱-۴- میکوریزا و تنش های محیطی

این قارچ ها تقریبا در تمام خاک های مناسب برای رشد گیاه و نیز در محیط هایی که در آن گیاهان با تنش روبرو می شوند وجود دارند. در حقیقت به نظر می رسد که قارچ های میکوریزا

[1]. Cooper
[2]. Trent

بیشترین تاثیر خود را به هنگام مواجه شدن گیاهان با تنش های محیطی داشته باشند. ابوت[1] و رابسون[2] (۱۹۹۱) اظهار داشتند که میزان کلونیزاسیون میکوریزا در ارتباط با خواص فیزیکی و شیمیایی خاک به طور قابل ملاحظه ای تغییر می کند. نتایجی به دست آمده که نشان می دهد قارچ های میکوریزا به محدوده وسیعی از شرایط محیطی سازگار هستند(استال[3] و کریستنسن[4]، ۱۹۹۱).

۲-۱-۴-۱- میکوریزا و تنش غرقابی

قارچ های میکوریزای وزیکولار آرباسکولار هوازی بوده و بنابراین آب و تهویه خاک تأثیر قابل ملاحظه ای بر گسترش و نحوه تأثیر آن ها دارند. قارچ های میکوریزای AM در گیاهان آبزی هم یافت شده اند(با گیاراج[5] و همکاران،۱۹۷۹). ریشه های گیاه(*Nyssasylvatica Marsh*) پس از یکسال قرار داشتن در شرایط غرقابی، هنوز با قارچ AM کلونی تشکیل دادند. گیاهچه های مرکبات به مدت ۳ هفته در معرض تنش غرقابی قرارگرفتند ولی در واکنش بوته های شاهد و آلوده شده با میکوریزا اختلافی مشاهده نشد. بنابراین، بنظر می رسد که قارچ های AM در تخفیف تنش ناشی از شرایط غرقابی نقش اساسی داشته باشند.

۲-۱-۴-۲- میکوریزا و تنش شوری (اسمزی)

تعداد زیادی از قارچ ها قادرند تنش های شدید اسمزی را تحمل کنند. برخی از قارچ ها می توانند شدت شوری بالغ بر ۶۵ مگا پاسکال را تحمل نمایند(هریس[6] و همکاران، ۱۹۸۵). البته در ارتباط با تحمل قارچ های AM نسبت به تنش های شدید اسمزی اطلاعات اندکی در دسترس است. تحقیقات مزرعه ای برای تعیین اثر پتانسیل اسمزی بالای خاک بر میکوریزای AM بسیار محدود است. تعدادی از گیاهان هالوفیت که با قارچ AM تشکیل کلنی می دهند قادرند در خاک هایی با

---

1. Abbott
2. Robson
3. Stahl
4. Christensen
5. Bagyaraj
6. Harris

هدایت الکتریکی عصاره اشباع $۱۰ dSm^{-1}$ و یا بالاتر به حیات خود ادامه دهند. بنظر می رسد که گیاه و قارچ AM بمنظور تحمل محیط های بسیار شور با یکدیگر مشارکت داشته باشند، هر چند که این فرضیه هنوز آزمایش نشده و احتمالا قابل آزمایش نیز نمی باشد. شواهد نشان می دهد که افزایش شوری محلول خاک بطور قابل توجهی سبب تغییر در توزیع گونه های قارچ AM می شود.

۲-۱-۴-۳- میکوریزا و تنش خشکی

کلونیزاسیون قارچ های AM در گیاهان می تواند سبب بهبود مقاوت به خشکی شود(بتلن فالوی[۱] و همکاران، ۱۹۸۵) البته برخی از گزارشات نشان می دهد که مقاومت به خشکی توسط میکوریزا کاهش یافته و یا تحت تأثیر قرار نگرفته است(آلن ،۱۹۹۰). در تحقیقات گلخانه ای، قارچ میکوریزا سبب افزایش مقاوت به خشکی در برخی از گیاهان زراعی نظیر گندم(*Triticum aestivum* L.)، سویا(*Glycine max (*L.*)Merr.*)، پیاز(*Allium capa* L.)، فلفل(*Capsicum annuum* L.) و تعداد زیادی از گونه های بومی شد(استال و کریستنسن، ۱۹۹۱). بهبود در وضعیت تغذیه ای گیاه زراعی در زمانی که با کمبود آب مواجه می شود، می تواند مقاومت به خشکی را افزایش دهد. سایر عوامل مرتبط با کلونیزاسیون AM، نظیر تغییر در الاستیسیته برگ، بهبود در پتانسیل آب و آماس برگ، باز نگه داشتن روزنه ها و تعرق و افزایش در طول و عمق نفوذ ریشه ها می تواند بر مقاومت به خشکی تأثیر داشته باشد. بیشتر مطالعات انجام شده با قارچ های میکوریزای AM، در شرایط کنترل شده گلخانه و یا اطاقک رشد صورت گرفته است. بررسی‌های مزرعه ای انجام شده توسط فیتر[۲] (۱۹۸۶) حاکی است که قارچ های میکوریزای AM سبب بهبود مقاومت به خشکی در گیاهان شد. سیلویا[۳] و همکاران (۱۹۹۳) به منظور بررسی اثر مستقیم میکوریزای AM بر بوته های ذرت (*Zea mays* L.) تحت تنش آب، آزمایش های مزرعه ای را در طول سه فصل انجام دادند. قبل از شروع فصل رشد کرت ها توسط متیل بروماید ضدعفونی و کود به آنها اضافه شد. در

[1]. Bethlenfalvay
[2]. Fitter
[3]. Sylvia

هر سال دو تیمار تلقیح (تلقیح شده با *Glomus etunicatum* و تلقیح نشده) درکرت های اصلی و سه رژیم آبیاری در کرت های فرعی قرار داده شد. ماده تلقیح در عمق ۱۰ سانتیمتری در هر ردیف و به مقدار متوسط ۱۵۰۰ قطعه اندام قارچی در هر متر مصرف گردید. تلقیح سبب افزایش تعداد نهایی برگ ها و تعداد برگ های با یقه آشکار، گردید. همچنین تلقیح سبب افزایش غلظت فسفر و مس در اندام‌های هوایی و دانه دار شد. با آبیاری عملکرد دانه و وزن خشک نهایی اندام های هوایی بطور خطی افزایش یافت و واکنش مثبت به تلقیح میکوریزا در تمام مقادیر آبیاری برای عملکرد دانه و وزن خشک نهایی مشاهده شد. با وجود آنکه بوته‌های تحت تنش اندازه کوچکتر داشتند، اما به دلیل ثابت بودن واکنش رشد آنها به تلقیح قارچ در تیمارهای آبیاری، با افزایش در تنش آب واکنش ذرت به تلقیح با گونه *G. etunicatum* افزایش یافت. این بررسی این نکته را تایید می کند که در شرایط مزرعه قارچ های میکوریزا مقاومت گیاهان را به تنش آب بهبود می بخشند.

الف- مقاومت به خشکی

مقاومت به خشکی در میکوریزا از طریق افزایش رشد صورت می گیرد که این امر با استفاده ازجذب فسفر و نیتروژن و دیگر عناصر غذایی مرتبط با رشد صورت می گیرد(اوگ[1]، ۲۰۰۱). افزایش متابولیسم کربوهیدرات ها، افزایش رشد ریشه ها، افزایش خصوصیات محافظتی در برگ ها، وجود اسیدآبسیزیک در برگ ها، جذب بیشتر آب از خاک، بازگشت مجدد و سریع گیاه به حالت نرمال پس از مقابله با خشکی از مواردی هستند که در مقاومت به خشکی توسط میکوریزا نقش دارد.

ب- تحمل خشکی

کاهش هدایت روزنه ای، کاهش فشار تورگر و فرآیند تنظیم اسمزی از مواردی هستند که در تحمل به خشکی در گیاهان همزیست با میکوریزا نقش دارد. میکوریزا آسیب های فیزیولوژیکی

[1]. Auge

استرس‌های دیگر مانند استرس شوری را که منجر به کمبود آب می شود کاهش می دهد(رویزلوزانو[1] و آزکن[2]، ۱۹۹۵)، در *Azadiraohta indica* این کار را از طریق افزایش سطح نمک در سلول ها انجام می دهد.

۲-۱-۴-۴- میکوریزا و فلزات سنگین

تاکنون در مورد اثر متقابل قارچ میکوریزای AM و فلزات مطالعات اندکی صورت گرفته است و در بین این موارد، تعداد کمتری به بحث در مورد فلزات سمی پرداخته اند. با این حال، خاک هایی که دارای مقادیر زیادی فلزات قابل دسترس هستند، می توانند بعنوان محیط زندگی برای گونه های خاصی از قارچ AM مطرح باشند. در مورد اثر متقابل بین قارچ های AM و فلزات سوالات اساسی مطرح است. آیا میکوریزای AM فلزات سنگین را تحمل می کنند؟ آیا آنها به گیاهان در جذب فلزات کمک می کنند؟ آیا قارچ های AM سبب محافظت گیاه میزبان در مقابل فلزات سمی می‌شوند؟

در بررسی‌هایی که قارچ های AM بطور مستقیم در معرض فلزات قرار داده شدند، ملاحظه شد که میکویزای AM می تواند سبب افزایش جذب کلسیم، روی و استرنسیم شود (کوپر ،۱۹۸۴). فابر[3] و همکاران(۱۹۹۱) نتایج مشابهی را در مورد ذرت بیان کردند. میزان روی در بوته های ذرت آلوده به میکوریزا که روی دریافت نکرده بودند، بیشتر از بوته های غیر آلوده بود. گزارش شده است که غلظت مس در بوته های سویای میکوریزایی، و در مورد یونجه های آلوده شده به میکوریزا، غلظت آهن، پتاسیم و ازت افزایش پیدا می کند. در مجموع، این نتایج را می توان این گونه تفسیر کرد که، قارچ های میکوریزای AM برخی از فلزات را در حد مورد نیاز گیاه میزبان فراهم می کنند. مشخص شده است که میزان جذب فلزات، مستقل از جذب فسفر است. در برخی از منابع به توانایی قارچ‌های میکوریزای AM در افزایش جذب فلزات سمی اشاره شده است. کیل هام[4] و

[1]. Ruiz-Lozano
[2]. Azcon
[3]. Faber
[4]. Killham

فایرستون[1](۱۹۸۳) نشان دادند که بوته هـای میکـوریزایی شـده گیـاه(*Ehrhanta calycina sm.*) تیمار شده با مس، نیکل، سرب، روی، آهن و کبالت مقادیر بیشتری از این فلـزات را در مقایـسه بـا بوته های کنترل، در ریشه ها و اندام های هوایی خود تجمع دادند. آن ها نشان دادند که با افزایش اسیدیته، میزان تأثیر قارچ کاهش یافت. اسـپوروکارپ تعـداد زیـادی از قـارچ هـای مـاکرو، شـامل اسپورکارپ قارچهای درون زی اکتومیکوریزایی، قادر بـه تجمـع مقـادیر زیـادی از فلـزات هـستند. اطلاعات مشابه در مورد محتوای فلزات قارچ های میکوریزا در دسترس نیست، هر چند کـه برخـی بررسی‌ها نشان می‌دهند که قارچ های میکوریزا از توانایی تحمل فلزات سنگین برخـوردار هـستند. در بسیاری از منابع علمی به این نکته، اشاره شده است که کلونیزاسیون قارچ AM می تواند سـبب محافظت گیاهان میزبان در مقابل فلزات سمی شود. وقوع این وضعیت به بهبود جـذب فـسفر و در نتیجه رقیق تـر شـدن غلظـت فلـزات سـمی در بافـت گیاهـان ارتبـاط داده شـده اسـت. دوک[2] و همکاران(۱۹۸۶) بیان کردند که اثر سمیت عنصر روی در بوته های علف های چمنی آلوده به AM در مقایسه با بوته های کنترل، کاهش یافت. در مورد مس، میکوریزا می تواند جذب و تجمـع مـس را در ریشه ها افزایش دهد و این امر می تواند اثر مسمومیت مس را در غلظـت هـای بـالا کـاهش دهد. قبل از هر گونه نتیجه گیری، باید اثرات متقابل بـین گیاهـان، قـارچ AM، فلـزات سـنگین و پارامترهای خاک بیشتر مورد مطالعه قـرار گیـرد. قـارچ هـای میکـوریزای AM مـی تواننـد سـبب افزایش غلظت فلزات سمی در گیاهان شوند. البته همین قارچ هـا قادرنـد از گیاهـان در برابـر ایـن فلزات محافظت کنند. به هرحال ایـن جنبـه هـا، پتانـسیل قابـل ملاحظـه اسـتفاده از قـارچ هـای میکوریزای AM را نشان می دهد، اما دقت در خصوصیات قارچ و اثرات متقابل گیاه به همراه توجه به خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک از نکات اساسی به شمار می آید.

[1]. Firestone
[2]. Dueck

۲-۱-۴-۵- میکوریزا و عناصرغذایی

الف- تاثیرغلظت

عموماً میکوریزا از طریق افزایش جذب عناصر غذایی غیر متحرک از خاک سبب افزایش رشد گیاه می شود. مصرف زیاد کودهای شیمیایی، خصوصاً P و N می تواند تشکیل هیف خارجی قارچ و واکنش مربوط به رشد گیاه را کاهش دهد(ابوت و همکاران،۱۹۸۴). البته مقدار کم فسفر نیز می-تواند گسترش میکوریزا را محدود کند. وجود تعادل در غلظت ازت و فسفر موجود در محلول خاک بر کلونیزاسیون قارچ موثر است(سیلویا[۱] و نیل[۲]، ۱۹۹۰)، و ژنوتیپ های مختلف قارچ به نسبت های مختلف $\frac{N}{P}$ واکنش متفاوت نشان می دهند . غالباً در شرایط مزرعه بین عناصر غذایی خاک و استقرار قارچ های AM در ریشه گیاه همبستگی کمی وجود دارد(جفری[۳] و همکاران، ۱۹۸۸).

۲-۱-۴-۶- سازگاری و واکنش رشد

قارچ های AM قادر به سازگاری با مقادیر کم و زیاد عناصر غذایی در خاک هستند. لامبرت[۴] و همکاران (۱۹۸۰) اثر چند گونه قارچ AM را در خاک های حاوی مقادیر پائین فسفر قابل دسترس مورد بررسی قرار داده و دریافتند که همواره بیشترین عملکرد با تلقیح گونه بومی حاصل از خاکی که گیاه در آن رشد کرده بود ، بدست آمد. بنظر می رسد که این قارچ ها نسبت به نوسانات فسفر مقاوم می باشند(سیلویا و شنک[۵]، ۱۹۸۳). به این جهت این فرض منطقی است که ژنوتیپ های مختلف قارچ ها نسبت به این شرایط سازگار شده اند.

تأثیر قارچ های میکوریزا بر رشد گیاه در شرایط حاصلخیزی زیاد خاک متغیر است. در برخی از موارد عدم حضور فسفر سبب بهبود کلونیزاسیون AM می شود(اوگ و استودولا[۶]، ۱۹۹۰).

---

[1]. Sylvia
[2]. Neal
[3]. Jeffries
[4]. Lambert
[5]. Schenck
[6]. Stodola

۲-۱-۴-۷- میکوریزا و ساختمان خاک

الف- فرسایش

قارچ های میکوریزای AM یکی از عوامل مهم در پایداری خاک محسوب می شوند. با افزایش جذب عناصر غذایی توسط قارچ میکوریزا، پوشش گیاهی و توسعه ریشه ها بهبود می یابد. این قارچ ها مقادیر قابل توجهی هیف تولید می کنند که سبب چسبانیدن ذرات خاک به یکدیگر می شود. فرسایش، اثرات زیان آوری بر خواص شیمیایی، فیزیکی و میکروبی خاک دارد. از آنجا که در خاک‌های تحت فرسایش تعداد اندام های قارچ میکوریزا کاهش پیدا می کند ، لذا تلقیح توسط قارچ های میکوریزای AM در این مناطق سبب می شود که خاک خصوصیات اولیه خود را بازیابد. البته به دلیل اینکه خاک های فرسایش یافته اغلب از حاصلخیزی پائینی برخوردار هستند، لذا مزایای بالقوه تلقیح توسط قارچ های AM محدود می گردد. عزیز و هابت[1] (۱۹۹۰) اثر متقابل تلقیح میکوریزا و حاصلخیزی خاک را بر استقرار گیاه در خاک های فرسایش یافته بررسی کردند. گزارش آن ها حاکی است که استفاده از قارچ های AM به همراه کود اولیه، می تواند سبب افزایش استقرار بوته ها شود. بتلن فالوای و همکاران(۱۹۸۵) پیشنهاد کردند که ارتباط مستقیمی بین توسعه هیف های قارچ و دانه بندی خاک در یک آزمایش گلدانی وجود دارد. به عبارت دیگرAM یک ترکیب گلیکوپروتیینی به نام گلومالین تولید می کند که باعث چسبیدن هیف های قارچ به ذرات خاک می‌شود، ترکیبات گلومالین در خاک ها تاثیر زیادی بر روی دانه بندی و پایداری خاک دارند.

ب- فشردگی خاک

فشردگی خاک از طریق کاهش در رشد ریشه، محتوای آب خاک و تهویه خاک سبب کاهش رشد گیاه می شود. والاس[2](۱۹۸۷) تأثیر فشردگی خاک را بر میکوریزایی شدن گیاه (*Schizachyrium*

---

[1]. Habte
[2]. Wallace

scoparium Michx) مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت کـه فـشردگی خـاک مـی توانـد تعـداد پنجه‌های گیاه، توسعه طوقه و کلونیزاسیون میکوریزا را کاهش دهد.

۲-۱-۴-۸- فعالیت یون هیدروژن (H) و تاثیرآن برمیکوریزا

فعالیت یون هیدروژن بر فعالیت قارچ های میکوریزای AM موثر است. مدو[1](۱۹۸۴) اظهـار داشـت که، pH همانند بسیاری دیگر از خصوصیات و فرآیندهای خاک بر میکـوریزا تـأثیر دارد ولـی غالبـاً تعیین اثرات اختصاصی pH بر همزیستی مشکل است. فسفر و سایر عناصری که در ارتباط با قـارچ میکوریز AM مورد بررسی قرار گرفته اند، از موضوع بالا تبعیت مـی کننـد. فـسفات هـای معـدنی عموماً بسیار نامحلول هستند و از کل مقدار فسفر معدنی موجود در خاک، معمـولاً کمتـر از ۱٪ در خاک به صورت محلول وجود دارد. در pH های اسیدی خاک، بخش اعظم فسفات بصورت نامحلول در ترکیـب بـا آلـومینیم و آهـن (ماننـد ، Varasite و Strengite) وجـود دارد، در حالیکـه در pH قلیـایی، فـسفات بـصورت نـامحلول در ترکیـب بـا کلـسیم و منیـزیم (ماننـد، Fluorapatite و Bobierrite) می‌باشد. معمولاً فسفات در pH نزدیک به خنثی دارای بیشترین حلالیت است، با این حال اشکال غیر آلی تا حد قابل توجهی نامحلول هستند. دسترسی بـه بـسیاری دیگـر از ترکیبـات خاک نیز به pH بستگی دارد. بسیاری از فلزات در شرایط pH قلیایی خاک نامحلول هستند امـا در شرایط اسیدی تا حد قابل ملاحظه ای به صورت محلول در می آیند.

در بررسی های متعددی اثرات pH خاک بر قارچ های AM مورد مطالعه قرار گرفته اسـت. مـوس[2] (۱۹۷۵) بیان داشت که برخی از قارچ های درون زی در شرایط pH پائین قادر به رشد نیستند، در حالی که برخی دیگر از آنها پس از افزودن آهک بطور ضعیفی گسترش می یابند. ایـن فرضـیه کـه قارچ های میکوریزای AM تا حدودی به شرایط خاک از طریق pH سازگار شده اند، توسط ابـوت و رابسون(۱۹۸۴) مورد تأیید قرار گرفتـه اسـت. pH خـاک مـی توانـد نقـش مهمـی در محـدودیت گسترش برخی از قارچ های AM داشته باشد. به این مفهـوم کـه تعـدادی از قـارچ هـای AM بـه

[1]. Medve
[2]. Mosse

راحتی با خاک‌هایی که دارای pH متفاوت از خاک منشاء هستند، سازگار نمی شوند و تغییر در pH سبب محدودیت استقرار قارچ های AM می شود . مشخص نیست که آیا قارچ های میکوریزای AM از گیاه میزبان در مقابل اثرات منفی pH نامطلوب خاک حمایت می کنند یا خیر؟ با این حال، از دیرباز نظر بر این بوده است که قارچ های میکوریزای AM ، pH رایزوسفر را تغییر می دهند، بنحوی که دسترسی به برخی از عناصر غذایی تغییر می یابد.

تغییرات وسیع pH خاک صرفاً سبب تغییر در فعالیت یون هیدروژن نمی شود. pH بالا در خاک-های قلیایی غالبا با محیط های خشک، مواد مادری رسوبی، غلظت بالای نمک و رس هایی با هوا دیدگی ضعیف همراه است. بر عکس محیط های اسیدی غالبا مرطوب بوده و با مواد مادری مقاوم، غلظت پائین نمک های محلول با هوادیدگی زیاد همراه هستند. قارچ های سازگار به pH خاک یک منطقه قادرند رشد گیاه را در آن نقطه در مقایسه با مناطق دیگر افزایش دهند. استال و کریستنسن(۱۹۹۱) وجود تنوع فیزیولوژیکی قابل ملاحظه ای را بین ایزوله های قارچ *Glomus mosseae* نشان دادند. انواع فیزیولوژیکی قارچ های AM بر اساس سازگاری های دراز مدت به شرایط خاک یک منطقه که قسمتی از آن به pH مربوط می شود، بوجود آمده اند.

۲-۱-۴-۹- میکوریزا و عوامل زیستی

الف- عوامل بیماری زا و تغذیه کننده از هیف

در منابع به توانایی قارچ میکوریزای AM در کاهش علائم ناشی از موجودات مولد بیماری اشاره شده است. اسمیت و رید(۱۹۹۷) نتیجه گرفتند که بجز موارد معدودی اولین تأثیر میکوریزای AM بر روابط بین گیاه میزبان و عامل بیماری زا به بهبود جذب فسفر مربوط می شود. برخی از بررسی‌ها حاکی است که قارچ AM بر بیماری بی تأثیر بوده و یا سبب تشدید آن می شود. با گیاراج[1](۱۹۹۲) با مطالعه تحقیقات انجام شده در این زمینه نشان داد که در اکثر موارد، قارچ های میکوریزای AM قادر به کاهش اثرات محدود کننده عوامل بیماری زای ریشه می باشد. البته موارد

[1]. Bagyaraj

متناقض هم وجود دارد. بطور مثال، راس[1](۱۹۸۰) متوجه شد که بوته های میکوریزای سویا در اکثر موارد تحت تأثیر عامل پوسیدگی ریشه قرار می گیرند، در صورتیکه این وضعیت برای بوته های غیر آلوده رخ نمی دهد. تحقیق در زمینه اثر متقابل قارچ میکوریزای AM و باکتری ها بی نتیجه بوده است، ولی مشخص شده است که قارچ های میکوریزای AM می توانند آلودگی گیاهان به ویروس ها را افزایش دهند(باگیاراج، ۱۹۹۲). تأثیر میکوریزای AM بر اثرات متقابل گیاهان با عوامل بیماریزا، زمینه ای است که اطلاعات پایه ای بیشتری را می طلبد.

قارچ های میکوریزای AM قادرند مقادیر زیادی هیف خارجی تولید کنند، البته موجودات تغذیه کننده از هیف ها می توانند این سیستم جذب عناصر غذایی را تخریب کنند. بر اساس تقسیم بندی ارگانیسم ها، موجودات تغذیه کننده از هیف، حداقل در دو شاخه قرار می گیرند، بی مهرگان و مهره داران. در گروه بی مهرگان نماتدها و بند پایان قرار دارند(وارنوک[2] و همکاران، ۱۹۸۲)، در حالیکه پرندگان و پستانداران در گروه مهره داران قرار می گیرند. این موجودات از ابتدا از اسپورها و اسپوروکارپ ها و سپس از هیف ها تغذیه می کنند. البته در برخی موارد اثرات سودمند قارچ های میکوریزای AM می تواند اثرات منفی نماتدها بر گیاه میزبان را خنثی نماید اثر متقابل نماتدها و میکوریزا به گونه گیاه میزبان ارتباط دارد. عموما نماتدهای گیاهی سبب کاهش مزایای ناشی از همزیستی گیاه و قارچ می شوند. اثرات سودمند قارچ های میکوریزای AM بیشتر از اثرات زیان آور نماتدها بر گیاه میزبان است. غالبا قارچ های میکوریزا و نماتدهای پارازیت داخلی بر روی یکدیگر اثرات بازدارندگی دارند، هر چند که تحریک رشد ریشه توسط قارچ می تواند جایگاه مناسب تری برای فعالیت نماتدها فراهم کند.

[1]. Ross
[2]. Warnock

۲-۱-۴-۱۰- تاثیر شیوه های کشاورزی بر قارچ میکوریزا

مدیریت زراعی شامل کارهایی است که می تواند روی همزیستی AM تاثیر گذارد، هم به صورت مستقیم به وسیله آسیب یا از بین بردن AM و هم غیر مستقیم به وسیله ایجاد شرایط نامساعد برای AM.

الف- کودها

وضعیت فسفر خاک تاثیر شدیدی بر استقرار AM دارد زیرا باعث استقرار پایین تر AM می شود. جنسن[1] و جاکوبسن[2](۱۹۸۰) تلقیح گندم*(Triticum aestivum)* و جو*(Hordeum vulgare)* را با قارچ های میکوریزا در ۵ نمونه با غلظت های متفاوت از فسفر مورد بررسی قرار دادند، در نمونه ای با کمترین میزان فسفر قابل دسترس همزیستی AM بیشترین مقدار بود. همچنین کاربرد زیاد کودهای فسفره میزان همزیستی AM و تعداد اسپورها را در تمام نمونه ها کاهش داد. استفاده از کودهای قابل حل به خصوص کود نیتروژن اثر منفی بر روی استقرار AM دارد(میلر و جکسون[3]، ۱۹۹۸). اما منابع غذایی زیستی مانند کودهای کشاورزی، کمپوست و پسمانده محصولات، آزاد شدن تدریجی کودهای معدنی مانند سنگ فسفات اثر مثبت در همزیستی AM دارند و حتی ممکن است سبب تحریک همزیستی AM با گیاه میزبان شود(میلر و جکسون، ۱۹۹۸).

ب- آفت کش ها

تاثیر آفت کش ها در همزیستی AM پیچیده است و به راحتی قابل چشم پوشی نیست. حتی تاثیر قارچ کش ها هم مستقیم نیست. در واقع به طور متناقضی برخی از قارچ کش ها اثرات زیان باری روی همزیستی AM ندارند و به استقرار AM و جذب مواد غذایی کمک می کنند. اثر سه نماتد کش، زمانی که به صورت متعارف به کار برده شدند روی همزیستی AM با گیاه *rhodes grass* (*Chloris gayana*) بررسی شدکه تمامی آن ها باعث کاهش استقرار AM و تولید اسپور

[1]. Jensen
[2]. Jakobsen
[3]. Jackson

شدند(باگ یاراج، ۱۹۸۴). اما وقتی که نصف کاربرد متعارف استفاده شد تولید اسپور را افزایش دادند. پاتینسون[1] و همکاران(۱۹۹۷) نشان دادند که قارچ کش ترازولا(۵ اتوکسی ۳ تری کلرومتیل۱و ۲و ۴ تیادیازولا) و تراکلور(پنتا کلرو نیترو بنزن) همزیستی AM با پنبه را کاهش می دهند، این تاثیرات ناپایدار هستند و بعد ۶ هفته ناپدید می شوند. اودایان[2] و همکاران(۱۹۹۹) تاثیرات ۶ قارچ کش را بر روی همزیستی AM و تشکیل اسپور در سه گونه ارزن(*Eleusine coracana,Panicum miliaceum,Paspalum scroblculatum*) مورد بررسی قرار دادند نتایج نشان داد که سرعت کلونیزاسیون AM و تولید اسپور در این گیاه کاهش پیدا کرد. پاتینسون و همکاران(۱۹۹۷) دریافتند که نماتد کش Fenamiphos تجمع میکوریزا و جذب فسفر و وزن خشک محصول را در پنبه افزایش داد. به هر حال آفت کش ها میزان کلونیزاسیون و تولید اسپور را در AM کاهش می‌دهند و برخی از آنها به سرعت به حالت عادی بر می گردند که این بستگی به گونه های شرکت کننده دارد(آن[3] و همکاران،۱۹۹۳). علف کش ها اثر غیر مستقیم دارند و در محصولاتی که میکوریزایی نیستند با حذف علف های هرزی که می تواند میزبان AM باشد به گیاه کمک می کند.

ج- شخم

شخم باعث قطع شبکه میکوریزایی(Common mycorrhizal network)(CMN) می شود(اوانس[4] و میلر، ۱۹۸۸). نتایج نشان می دهد که شخم کلونیزاسیون ریشه و مقدار خاک هایی که با AM اشغال می شوند را کاهش می دهد(اوانس و میلر، ۱۹۹۰)، که این امر باعث کاهش جذب مواد غذایی توسط گیاهان می شود. اثر دقیق شخم ممکن است به نوع خاک، عمق وارونه سازی شخم و همچنین مدفون شدن اندام های تکثیری در پایین تر از عمق رشد دانه وابسته باشد(کبیر[5] و همکاران، ۱۹۹۸). کاهش دادن شخم همزیستی AM و جذب مواد غذایی را افزایش می دهد.

---

1. Pattinson
2. Udaiyan
3. An
4. Evans
5. Kabir

گرچه شخم در همزیستی AM اثرات منفی دارد اما دارای فوایدی در اکوسیستم های زراعی است مانند افزایش نیتروژن معدنی، افزایش دمای خاک، کاهش تعداد علف های هرز و اصلاح ساختمان فیزیکی خاک که باید در نظر گرفته شود.

د- تناوب زراعی

تناوب زراعی باعث افزایش کارایی AM می شود در حالی که تک کشتی باعث کاهش AM موثر می شود. تروه[1]و لوی ناچان[2](۲۰۰۳) تعداد اسپورها را در سه سال توالی ذرت، سویا و آیش اندازه-گیری کردند، ذرت و سویا تعداد اسپورها را افزایش دادند در حالی که در شرایط آیش تعداد اسپورها در طول سال اول کاهش یافت. کاشت یک محصول پوششی به جای آیش می تواند اثرات مضر آیش را کاهش دهد. داد و جفری(۱۹۸۶) دریافتند که کاشت گندم زمستانی در فصل آیش می‌تواند پتانسیل تلقیح AM و رشد و عملکرد را در ذرت افزایش دهد. گرچه افزایش تنوع برای AM معمولا مفید است اما افزودن یک محصول غیر میکوریزایی می تواند روی استقرار AM های متکی به محصول تاثیر منفی داشته باشد.

دوره های آیش اثری مانند محصولات غیر میکوریزایی دارند که می توان با کاشت محصولات پوششی و جایگزین کردن آن ها با آیش از اثرات زیانبار آیش جلوگیری کرد در بعضی از موارد نیز کاشت محصول غیرمیکوریزایی منجر به افزایش عملکرد در محصول میکوریزایی بعدی می شود که دلیل آن واضح نیست(رایان[3] و گراهام[4]، ۲۰۰۲).

[1]. Troeh
[2]. Loynachan
[3]. Ryan
[4]. Graham

۲-۲- اسید هیومیک

اسید هیومیک محصول نهایی تجزیه هر ماده آلی در شرایط ویژه و توسط میکروارگانیسم‌های خاص می‌باشد. از آنجا که ماده اولیه آن موجود زنده است و توسط میکروارگانیسم ها تجزیه می شود، به همین دلیل برای رشد میکروارگانیسم ها نیز مفید می باشد. مواد هیومیکی نام خود را از هوموس گرفته‌اند، و در واقع ترکیب اصلی هوموس اسیدهیومیک می باشد. pH آن(۳/۸ تا ۵) می باشد و اسیدی ضعیف است، هیچ شباهتی به اسیدهای شناخته شده معدنی و یا آلی ندارد، ظرفیت تبادل کاتیونی آن ۶۰۰-۵۰۰ میلی اکی والان در۱۰۰گرم خاک است. مواد هیومیکی در واقع طیف وسیعی از ترکیبات آلی-معدنی گوناگون نظیر اسیدهای آمینه، پپتیدها، فنول‌ها، آلدئیدها و اسیدهای نوکلئیک در پیوند با انواع کاتیون‌ها می‌باشند. در بررسی های انجام شده سه بخش عمده در هوموس قابل تشخیص است:

۱- اسید هیومیک که در مواد قلیایی محلول و در آب و اسید نامحلول است.

۲- اسید فولویک که درآب، قلیا و اسید محلول می‌باشد.

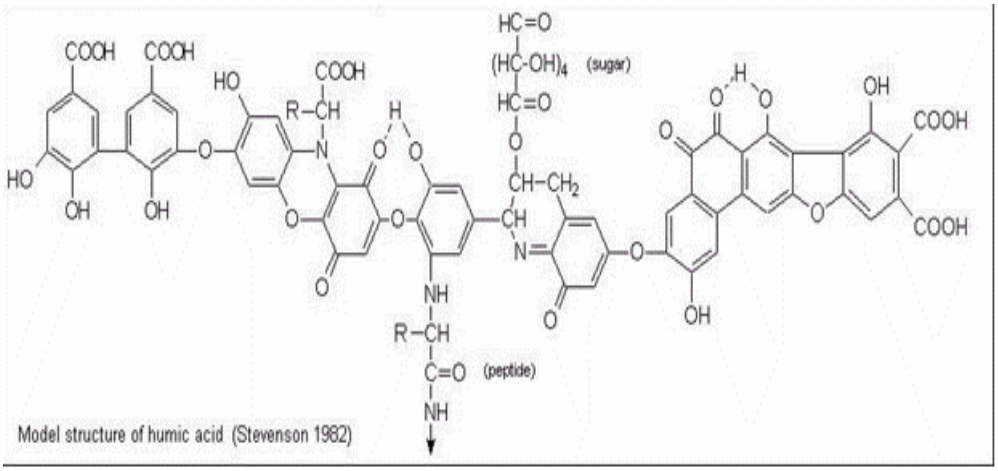
۳- هیومین که در قلیا، اسید و آب نامحلول است.

۲-۳- ساختار شیمیایی اسید هیومیک

زنجیره درازی است که از کربن، هیدروژن، اکسیژن و نیتروژن تشکیل شده است(استیونسون[1]، ۱۹۸۲). اسید هیومیک شامل، ۵۷-۵۱ درصد کربن آلی، ۶- ۴ درصد نیتروژن، ۱-۰/۲ درصد فسفر می‌باشد، که در افزایش عملکرد گیاهان زراعی موثر است. هیومیک اسید همانند یک اسید در واکنش‌ها شرکت نمی کند و ساختار بلورین ندارد. مولکول های تشکیل دهنده آن در آب یونیزه نمی شود و میزان شوری آن اندک است. اگر بتوان میزان شوری آن را اندازه گیری کرد از ۰/۱٪ نیز کمتر است. پایه اصلی ساختار اسید هیومیک ترکیبات فنولیک و کربوکسیلیک می باشند که

[1]. Stevenson

در واکنش اسید هیومیک نقش دارند (استیونسون، ۱۹۸۲). وجود کربوکسیلات و فنولات توانایی تشکیل کمپلکس با یون های دیگر مانند Mg^{2+},Ca^{2+},Fe^{2+},Fe^{3+} را به اسید هیومیک می دهد.



شکل ۲-۱ : مدل ساختاری پیشنهاد شده اسید هیومیک (استیونسون، ۱۹۸۲).

۲-۴- مسیرهای تشکیل اسید هیومیک در طول تجزیه بافت های گیاهی و جانوری

مسیر ۱ :

اسید هیومیک از لیگنین مشتق می شود ، براساس این نظریه که توسط واکسمن(۱۹۳۲) ارایه شد لیگنین به وسیله میکرو ارگانیسم ها کاملا تجزیه نمی شود و باقیمانده آن هوموس خاک را تشکیل می دهد(www.karnet.up.wroc.pl). تغییر لیگنین شامل از دست دادن گروه های متوکسیل(OCH3) و تشکیل هیدروکسی فنول و اکسید شدن ساختارهای آلیفاتیک به گروه های COOH. بر اثر تغییرات دیگری که ایجاد می شود به اسید هیومیک و اسیدفولویک تبدیل می شود. شواهد ارایه شده توسط واکسمن(۱۹۳۲) در حمایت از فرضیه لیگنین در تشکیل اسید هیومیک به شرح زیر می باشد:

۱- لیگنین و اسید هیومیک به سختی توسط گروه های قارچ ها و باکتری ها تجزیه می شوند.

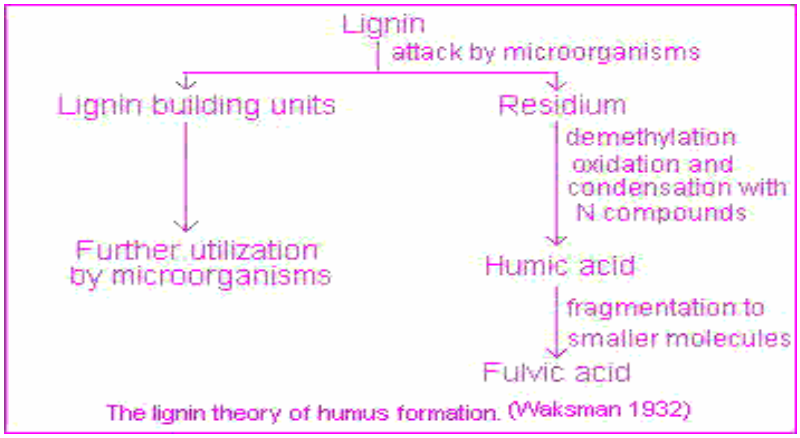
۲- لیگنین و اسید هیومیک در الکل و پیریدین حل می شوند.

۳- لیگنین و اسید هیومیک در قلیا حل می شوند و در اسید نامحلول هستند.

۴- لیگنین و اسید هیومیک شامل گروه های OCH3 می باشند.

۵- لیگنین و اسید هیومیک در طبیعت اسیدی هستند.

این شواهد تاییدکننده تشکیل اسید هیومیک از لیگنین می باشد (شکل ۲- ۲).



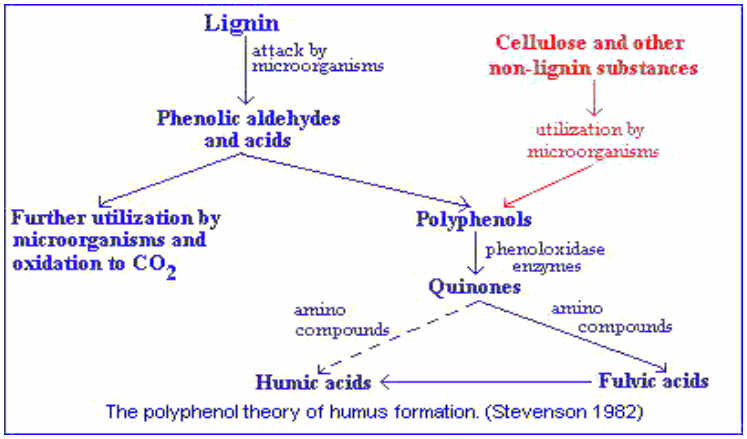
شکل ۲-۲ : فرضیه تشکیل اسید هیومیک از لیگنین.

مسیر ۲ :

شبیه به مسیر ۳ می باشد با این تفاوت که منبع کربن دیگری غیر از لیگنین مانند سلولز و منابع کربن دیگر مورد تجزیه میکروارگانیسم ها قرار می گیرد(استیونسون،۱۹۸۲) (شکل ۲- ۳).

مسیر ۳ :

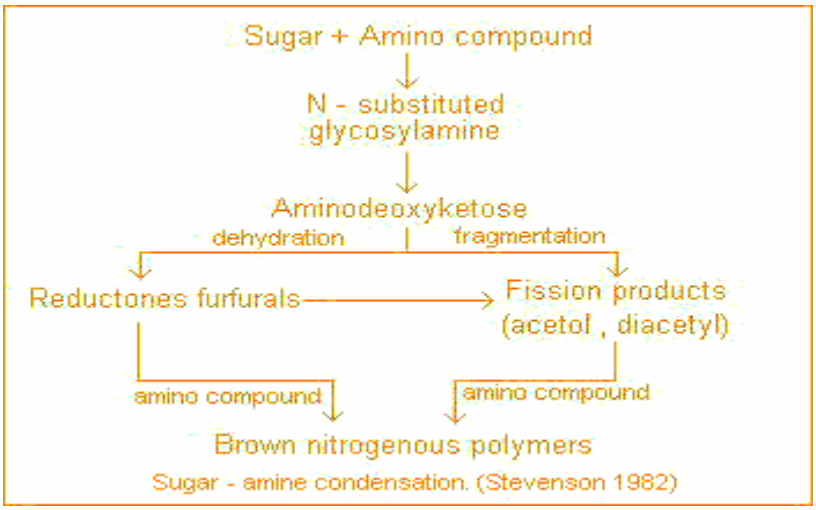
لیگنین در این مسیر نقش اصلی را بازی می کند اما به صورتی متفاوت، در این مسیر فنولیک آلدهید و اسید توسط میکروارگانیسم ها از لیگنین آزاد می شود(استیونسون،۱۹۸۲) (شکل ۲- ۳).



شکل ۲-۳ : تشکیل اسید هیومیک در مسیر ۲ و ۳ .

مسیر ۴ :

در این مسیر به وسیله فعالیت های میکروبی قند و آمینواسید تشکیل می شود کـه تحـت فرآینـد آبگیری و شکسته شدن به مولکول های کوچکتر در درجه حرارت ملایم به پلیمری قهـوه ای رنـگ از نیتروژن تبدیل می شود(استیونسون، ۱۹۸۲).



شکل۲-۴: تشکیل اسید هیومیک در مسیر ۴ .

۲-۵- فرم های اسید هیومیک موجود در بازار ایران

از سال ۱۳۸۲ اسید هیومیک وارد بازار ایران شد. در بازار اسید هیومیک های متفـاوتی وجـود دارد که کیفیت های آنها نیز بسیار متفاوت است و هیومیکس بهترین نوع اسید هیومیک است و در دنیا به عنوان طلای سیاه مطرح شده است.

هیومیکس در بازار به دو فرم وجود دارد:

۱- مایع(ترکیبی از اسید هیومیک، اسید فولویک، اکسید پتاسیم و فسفر)

۲- پودر(ترکیبی از اسید هیومیک، اسید فولویک، اکسید پتاسیم و فسفر)

نوع پودری در واقع از مایع گرفته شده است و از نظر کیفیت تفاوتی نـدارد. اسـید هیومیـک مـاده سنتزی یا قابل ساخت نیست بلکه قابل استخراج است و از طبیعت گرفته می شود(به همین دلیـل هیچ گونه ضررشیمیایی برای گیاه و انسان ندارد).

۲-۶- اثرات مفید اسید هیومیک

۲-۶-۱- اصلاح ساختار فیزیکی خاک

خاک های کشاورزی از ۴ بخش مجزا تشکیل شده اند: ۴۵ درصد مواد معدنی، ۲۵ درصد رطوبت، ۲۵ درصد هوا، ۵ درصد موادآلی. اگر ماده آلی خاک کافی نباشد ذرات رس بهم می چسبند و از نفوذپذیری خاک بشدت می کاهند و جای کمی برای آب و هوا باقی می‌گذارند بدین ترتیب گسترش ریشه دشوار می شود. مواد آلی و به خصوص اسید هیومیک که محصول نهایی تجزیه هر ماده آلی است با بار منفی خود باعث می شود که ذرات رس تا حدودی یکدیگر را دفع کنند و از چسبندگی آن‌ها کاسته می شود. به عکس، نمک های محلول با بار مثبت خود سبب چسبندگی بیشتر ذرات رس به یکدیگر شده، از نفوذپذیری آن می کاهد. اصولا هیومیک ها پیش از اینکه کود باشند اصلاح کننده خاک هستند. به این معنا که پلیمرهای اسید هیومیک شبیه یک چسب آلی عمل می کنند و ذرات مواد معدنی خاک را به هم می چسبانندکه گرانول های درشت تری را ایجاد می‌کند و فضای مناسب برای موجودات میکروسکوپی و ماکروسکوپی، نفوذ بیشتر هوا، آب و ریشه ایجاد می کند، در نتیجه این پلیمرها یک عامل کلیدی در اصلاح ساختار خاک ها می باشند(سینگر[1] و بیسونایس[2]، ۱۹۹۸.، استیونسون، ۱۹۹۴).

۲-۶-۲- حفظ رطوبت خاک

مولکول های اسید هیومیک با مینرال های خاک تشکیل پیوند داده و شبکه ای تور مانند ایجاد می‌کنند که مجموعا قادرند حجم نسبتا زیادی آب را در خود ذخیره نمایند. هر چه بافت خاک سبک تر باشد این تاثیر بیشتر است. که این عمل باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب می شود و کارآیی مصرف آب را در محصولات بهبود می بخشد(سینگرو بیسونایس، ۱۹۹۸.، استیونسون، ۱۹۹۴).

[1]. Singer
[2]. Bissonnais

۲-۶-۳- بهبود ریشه زایی

اصلاح ساختار فیزیکی خاک فضای مناسب تری را برای نفوذ ریشه ایجاد می کند. اسید هیومیک با افزایش نفوذ پذیری سلول های ریشه به جذب بهتر مواد غذایی و توسعه بیشتر گیاه کمک می نماید. اسید هیومیک با تولید بیشتر اسیدهای نوکلئیک و اسید های آمینه تکثیر سلولی را درکل گیاه و به خصوص در ریشه ها افزایش می دهد(دورسون[1] و همکاران، ۲۰۰۲).

۲-۶-۴- اهمیت میکروارگانیسم های خاک برای رشد گیاهان

اهمیت میکرو ارگانیسم های خاک برای رشد همه گیاهان فوق العاده زیاد است. به این موجودات ذره بینی که عمدتا از رده قارچ های میکروسکوپی هستند فلور خاک گفته می شود. هر گیاهی فلور ویژه خود را دارد و ضمن اینکه آنها را تغذیه می کند متقابلا نیز محصولات تولید شده آنها نظیر هورمون‌ها، آنزیم ها، آنتی بیوتیک ها و دیگر ترکیبات را جذب می نماید. اسید هیومیک با تامین غذا، با افزایش نفوذپذیری دیواره سلولی و نیز با تسریع در تولید پروتئین ها و اسید های نوکلئیک در درون سلول به رشد و تکثیر میکروارگانیسم ها کمک می کند(آیوسو[2] و همکاران، ۱۹۹۶.، شریف[3] و همکاران، ۲۰۰۲).

۲-۶-۵- آزادسازی مواد معدنی

اسید هیومیک حلالیت عناصر تثبیت شده مانند فسفر را در خاک های آهکی افزایش می دهد و از تشکیل فسفات کلسیم در خاک های آهکی جلوگیری می کند که این امر باعث افزایش فسفر قابل دسترس گیاهان می شود(گروسی[4] و اینک سیپ[5]، ۱۹۹۱).

۲-۶-۶- شوری آب و خاک

اسید هیومیک موجود در خاک همانند یک اسفنج عمل کرده بسیاری از املاح محلول از جمله

---

1. Dursun
2. Ayuso
3. Sharif
4. Grossl
5. Inkseep

کلرور سدیم را به خود جذب می نمایند و در موقع لزوم دراختیار گیاه قرار می دهد. در مورد سدیم که تقریبا هیچ گیاهی به آن نیاز ندارد برداشتی از اسید هیومیک صورت نمی گیرد و لذا اسید هیومیک به تدریج اشباع می‌گردد و کارآیی خود را از دست می دهد(سرنلا[1] و همکاران، ۲۰۰۲).

۲-۶-۷- افزایش مقاومت نسبت به خشکی

اسید هیومیک با اصلاح فیزیکی و بهبود دانه بندی خاک فضای بیشتری برای نفوذ آب ایجاد می کند. مولکول های اسید هیومیک با مولکول های آب پیوندی تشکیل می دهند که تا حدود زیادی مانع از تبخیر آب می گردد. مولکول های فولویک اسید(بخش ریز مولکول از اسید هیومیک) که به درون بافت های گیاهی نفوذ می کنند با پیوند شدن به مولکول های آب تعریق و تعرق گیاه را کاهش داده به حفظ آب در درون گیاه کمک می کنند(سینگر و بیسونایس، ۱۹۹۸.، استیونسون، ۱۹۹۴.، برونیک[2] و لای[3]، ۲۰۰۵).

۲-۶-۸- سرمازدگی

اسید هیومیک با افزایش فعالیت میکروارگانیسم های خاک سبب گرم شدن خاک در اطراف ریشه می‌شود. و با حفظ بیشتر رطوبت خاک و به دلیل بالا بودن گرمای ویژه آب مقدار گرمای بیشتری در درون خاک ذخیره می شود. اسید هیومیک به دلیل رنگ تیره ای که به خاک می دهد باعث می شود انرژی خورشیدی بیشتری جذب خاک شود، هیومیک اسید و فولویک اسید متابولیسم درون سلولی را افزایش داده و با این مکانیسم هم به مقابله با سرما کمک می کند(سرنلا و همکاران، ۲۰۰۲).

۲-۶-۹- مسمومیت های گیاهان

اسید هیومیک بدلیل وجود شاخه های جانبی متعدد در فرمول گسترده خود امکان ترکیب شدن با

[1]. Serenella
[2]. Bronick
[3]. Lai

انواع کاتیون ها و آنیون های مختلف را دارد.که با کاتیون های فلزات سنگین ایجاد ترکیبات نا محلولی می کنند که به هیچ وجه قابل جذب توسط گیاه و موجودات زنده دیگر نیست. اسید هیومیک سبب تحریک رشد و تغذیه قارچ های مفید و افزایش جمعیت آنها می شود، که این عامل در برتری این قارچ ها در رویارویی با قارچ های بیماری زا تاثیر دارد و باعث می شود به تدریج قارچ های بیماریزا از میدان خارج شوند(اسپارک[1] و همکاران، ۱۹۹۷).

۲-۶-۱۰- افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک

وایوقان[2] و مک دونالد[3](۱۹۷۶) گزارش کردندکه اسید هیومیک ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را افزایش می دهد. کلات کننده ها[4] ترکیبات آلی هستند که به واسطه ساختارهای ویژه شیمیایی خود می توانند در نقل و انتقال عناصر فلزی از خاک به ریشه گیاه به عنوان واسطه عمل کنند. اسید هیومیک خاک از یک طرف انحلال و جذب عناصر نا محلول را از خاک افزایش می دهد و از طرف دیگر باعث حفظ و نگهداری این عناصر در خود و انتقال آن در زمان مناسب به ریشه گیاه می شود، به این عمل تبادل کاتیونی نیز گفته می شود.

۲-۶-۱۱- ایجاد توازن در عناصر غذایی

بوهم[5] و تای لو[6](۱۹۹۷) گزارش کردند که اسید هیومیک باعث پایداری و نگهداری بیشتر عناصر غذایی برای گیاهان می شود که این کار را از طریق ممانعت از تثبیت یا شستشوی آن ها انجام می‌دهد. نیسار[7] و میر[8](۱۹۸۹) نیز گزارش کردند که اسید هیومیک در بهبود کارآیی مصرف نیتروژن توسط گیاه نقش دارد و این کار را از طریق اصلاح فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک انجام می دهد و از شستشوی بیش از پیش آن جلوگیری می کند.

---

1. Spark
2. Vaughan
3. Macdonald
4. Chelates
5. Bohme
6. ThiLue
7. Nisar
8. Mir

۲-۶-۱۲- بهبود کیفیت و افزایش عملکرد محصول

اسید هیومیک با بهبود تولید قند، پروتئین و ویتامین در گیاه و نیز تاثیر مثبتی که بر جنبه های مختلف فتوسنتز دارد در افزایش عملکرد و کیفیت محصول نقش دارد(شریف و همکاران، ۲۰۰۲) این نتایج در مورد ذرت(آلبوزیو[1] و همکاران، ۱۹۹۴) و در مورد گوجه فرنگی(آدانی[2] و همکاران، ۱۹۹۸) نیز تایید شدند تولید بالا در محصولات کشاورزی تنها از طریق استفاده از کودهای شیمیایی امکان پذیر نیست. علاوه بر این استفاده از این نوع کودها سالیانه در تمام نقاط جهان رو به کاهش است(به دلیل آثار شیمیایی و گاها سمی آن ها). این در حالی است که مصرف کودهای ارگانیک در حال افزایش است. استفاده از اسید هیومیک به عنوان یک کود آلی در تولید محصولات زراعی به دلیل افزایش رشد گیاه دارای اهمیت بسیار فراوانی است. مهمترین مزیت استفاده از مواد هیومیکی رسیدن به سطح محصولات بسیار استاندارد با کیفیت عالی می باشد. ولی متاسفانه به دلیل آشنایی کم کشاورزان و تولید کنندگان محصولات کشاورزی با کودهای آلی هنوز استفاده رایج از این نوع کودها، در مناطق روستایی متداول نشده است. این کودهای آلی در برخی موارد به عنوان جایگزین و در اکثر موارد به عنوان مکمل کودهای شیمیایی می توانند پایداری تولید را در نظام های کشاورزی تضمین کنند.

[1]. Albuzio
[2]. Adani

فصل سوم
مواد و روش ها

۳- مواد و روش ها

این آزمایش درسال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه آموزشی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود اجرا گردید. شاهرود با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و۵۷ دقیقه شرقی در ارتفاع ۱۳۴۵ متری از سطح دریا قرار دارد.

۳-۱- طرح آزمایشی

این آزمایش به صورت اسپیلت پلات فاکتوریل با طرح پایه بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. هر بلوک شامل سه کرت اصلی می باشد که عبارت است از :

۱- ۱۰۰ درصد FC(بدون تنش آب) ، ۲- ۶۶ درصد FC(تنش متوسط) ، ۳- ۳۳ درصد FC(تنش شدید)، هرکرت اصلی شامل ۶ کرت فرعی می باشد که عبارتند از: قارچ های میکوریزا در سه سطح، دو سطح شامل دو گونه قارچ میکوریزا (*Glomus mosseae* ، M_1) *Glomus* (M_2 *intraradices*)و یک سطح شاهد، M_0 می باشد. مایه تلقیح مورد استفاده با روش کشت گلدانی گیاه شبدر به دست آمده بود و شامل قطعات ریز ریشه شبدر همزیست، حاوی ریسه ها، وزیکول ها، آرباسکول ها، اسپورهای قارچ و قطعات ریز ماسه بادی و خاک چسبیده به آن ها بود. و فاکتور دیگر اسید هیومیک در دو سطح، مصرف(H_1) و عدم مصرف(H_0) بود. اسید هیومیک با غلظت ۷۵۰ میلی گرم در لیتر ۳ مرحله در پای بوته ها استفاده شد. هرکرت فرعی شامل ۴ خط کاشت بود بین هر تکرار ۴ متر فاصله در نظر گرفته شد. کاشت بذور به صورت ردیفی انجام شد، به منظور اعمال سطوح مختلف آبیاری نمونه خاک مزرعه آزمایشی به دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز منتقل و با استفاده از دستگاه صفحات فشاری محتوای رطوبت نمونه خاک در پتانسیل های مختلف تعیین شد، بر این مبنا محتوای آب خاک در پتانسیل های خاک در ظرفیت زراعی FC ۱۰۰٪، FC ۶۶٪، FC ۳۳٪ به ترتیب معادل۱۳/۲۱،۱و ۷/۸۷ درصد وزنی تعیین گردید. به این منظور قبل از اعمال سطوح آبیاری روزانه ازکرت های مورد نظر نمونه برداری گردید و جهت تعیین میزان رطوبت به آزمایشگاه منتقل شد در آزمایشگاه از روش فلاسک به منظور تعیین

محتوای رطوبتی نمونه خاک هر کرت استفاده شد. روش فلاسک در سال ۱۹۷۹ به وسیله گروهی از محققین ابداع گردید، تنها وسایل مورد نیاز جهت اندازه گیری رطوبت خاک در این روش شامل تعدادی فلاسک و یک ترازو می باشد، با در دست داشتن وزن مخصوص حقیقی خاک(Pp) و وزن فلاسک پر از آب(G)، کافی است مقداری خاک مرطوب(A) را در فلاسک ریخته با آب به حجم رسانده وزن آن(H) را تعیین و با استفاده از فرمول زیر درصد رطوبت نمونه خاک(Mp) را محاسبه نمود(حاج رسولیها و همکاران، ۱۳۶۱).

$$Mp=((A(Dp-1)/(H-G)Dp-1)-1)100$$ درصد رطوبت نمونه خاک

۳-۲- آماده کردن بذرها

بذر ذرت مورد استفاده(متوسط رس) سینگل کراس ۷۰۴ بود. پیش از اقدام به کشت، برای-اطمینان از عدم آغشته بودن به سموم قارچ کش ابتدا بذور چندین بار شستشو شدند. پس از شستشو، بذور را در سایه خشک نموده و جهت کشت به مزرعه منتقل گردیدند.

۳-۳- آماده سازی زمین-کاشت بذور

زمان مناسب کاشت ذرت با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه شاهرود تعیین و با مساعد شدن شرایط جوی در اواسط اردیبهشت ماه عملیات آماده سازی‌بستر مزرعه آزمایشی‌انجام شد. ابتدا زمین مورد نظرکه در سال قبل به صورت آیش قرار داشت، تسطیح و سپس شخم و دیسک زده شد. تراکم کشت مورد نظر۵۵۵۰۰ بوته در هکتار بود. در این آزمایش ۵۴ کرت در نظر گرفته شد که هر کرت شامل ۴ ردیف کاشت و هر ردیف به طول ۶ متر و با فواصل ۷۵ سانتی‌متر از یکدیگر بود. فاصله بذور روی ردیف ها ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد عمق کاشت بذور ۵ سانتی متر بود. برای‌جلوگیری‌از عمل تداخل و سرایت‌قارچ ها یک خط به صورت نکاشت بین کرت های‌اصلی‌قرار گرفت. به هنگام کشت بذور، مقدار ۱۵ گرم از هر نمونه قارچ میکوریزا که شامل ریشه، خاک و اسپور بود در زیر بذرها استفاده شد، در تاریخ ۱۵ خرداد ماه عملیات کاشت به پایان رسید و اولین

آبیاری ۲ روز بعد انجام شد. آبیاری های بعدی به وسیله کنتور برای تعیین مقدار آب ورودی به کرت ها انجام شد.

۳-۴- مرحله داشت

در طی‌فصل رشد، عملیات داشت شامل کود دهی، آبیاری، تنک کردن (در مرحله ۶-۴ برگی) و کنترل علف های‌هرز انجام شد. آبیاری بر مبنای‌اندازه گیری رطوبت وزنی و به وسیله کنتور برای کنترل میزان آب ورودی انجام شد. اسید هیومیک نیز به صورت محلول و ۳ مرحله در پای بوته ها استفاده شد.

۳-۵- نمونه برداری

اولین نمونه برداری در تاریخ ۱۵ تیرماه حدود یک ماه پس از کشت انجام شد و نمونه برداری‌های بعدی به فاصله ۱۰ روز در۶ مرحله دیگر در طی‌فصل رشد ذرت انجام گرفت. در زمان نمونه برداری از ابتدا و انتهای‌هر کرت ۰/۵ متر به عنوان حاشیه حذف گردید. نمونه ها به صورت تصادفی‌از ردیف وسط برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه بوته ها به اجزای-آن(ساقه، برگ، غلاف، دانه و چوب بلال) تفکیک و برای خشک شدن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا مرحله رسیدن به وزن ثابت قرار داده شدند. سپس وزن اندام های‌گیاه با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه گیری شد. جهت تعیین میزان سطح برگ از رابطه $A = 0.75 \times L \times W$ استفاده شد که در آن L طول برگ و W پهنای برگ بود.

۳-۶- مرحله برداشت

پس از گذشت ۱۳۰ روز بعد از کاشت قسمت هوایی هر بوته از نزدیک سطح خاک قطع گردید و جهت اندازه گیری صفات مورد نظر به آزمایشگاه منتقل شد. بوته ها در انتهای‌دوره رشد از مساحتی‌در حدود ۳ متر مربع برای اندازه گیری‌عملکرد نهایی و اجزای‌عملکرد برداشت شدند.

۳-۷- کارآیی مصرف آب (WUE)

کارآیی مصرف آب در تیمارهای مختلف آزمایشی با محاسبه نسبت ماده خشک تولید شده به حجم آب مصرفی تعیین شد(معادله۱).

$$WUE = DM / WU$$

در این معادله DM میزان ماده خشک تولیدی و WU میزان آب مصرفی در تیمار شاهد و تیمارهای تنش می باشد.

۳-۸- تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه

در انتهای فصل رشد ذرت ریشه ها از عمق ۵ تا ۱۰ سانتیمتری خاک برداشت شدند و به آزمایشگاه منتقل شدند در آزمایشگاه ابتدا ریشه ها با آب مقطر شستشو و سپس برای رنگ بری در محلول KOH 10% به مدت ۲۰ دقیقه قرار داده شدند. بعد این مدت ریشه ها مجددا با آب مقطر شسته و به مدت ۴۸ ساعت در محلول کاتن بلو قرار گرفتند بعد از ۴۸ ساعت ریشه ها مجددا با آب مقطر شسته شدند(فیلیپز[1] و هایمن[2]، ۱۹۷۰). برای تعیین درصد کلونیزاسیون میکوریزایی ریشه ها از روش تلاقی خطوط مشبک استفاده شد(مک گونیگل[3] و همکاران، ۱۹۹۰). ریشه های رنگ آمیزی شده به طور تصادفی در داخل ظرف پتری پخش شدند. سپس زیر لوپ آزمایشگاهی و با کمک کاغذ شطرنجی میزان همزیستی ریشه بر حسب طول ریشه همزیست تعیین شد تعداد نقاطی از ریشه که با خطوط عمودی و افقی برخورد کرده بودند شمرده شدند. بعد نقاطی که آبی پررنگتری داشتند شمرده شدند. در نهایت از تقسیم این عدد بر کل برخوردها درصد طول ریشه همزیست با قارچ تخمین زده شد، این کار برای همه تیمارها با سه تکرار انجام گرفت. سپس از مقاطع تهیه شده عکس هایی گرفته شد(شکل ضمیمه ۲).

---

[1]. Philips
[2]. Hyman
[3]. McGonigle

۳-۹- شاخص های فیزیولوژیکی رشد

شاخص سطح برگ[1] از نسبت کل سطح برگ به سطح زمین پوشش داده شده به دست می آید. به همین منظور با تعیین سطح برگ بوته ها در هر مرحله و با توجه به مساحت نمونه برداری میزان LAI محاسبه گردید. سرعت رشد محصول[2]، افزایش وزن خشک یک اجتماع گیاهی در واحد سطح در واحد زمان می باشد واز رابطه $CGR = (w_2-w_1) / \{s_A(t_2-t_1)\}$ محاسبه می شود که در آن w_1 و w_2 وزن خشک گیاه در زمانهای t_1 ، t_2 و s_A مساحت خاک است(آکوا[3]، ۲۰۰۲).

سرعت رشد نسبی[4] نیز بیان کننده وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی معین است. میانگین سرعت رشد نسبی با توجه به اندازه گیری های انجام شده در دو زمان متوالی نمونه برداری محاسبه شد(کولهو[5] و دال[6]، ۱۹۸۰).

۳-۱۰- تجزیه آماری داده ها

در این تحقیق تجزیه واریانس اعداد خام با استفاده از نرم افزارهای MSTATC و SAS و برای مقایسه میانگین ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم شدند.

---

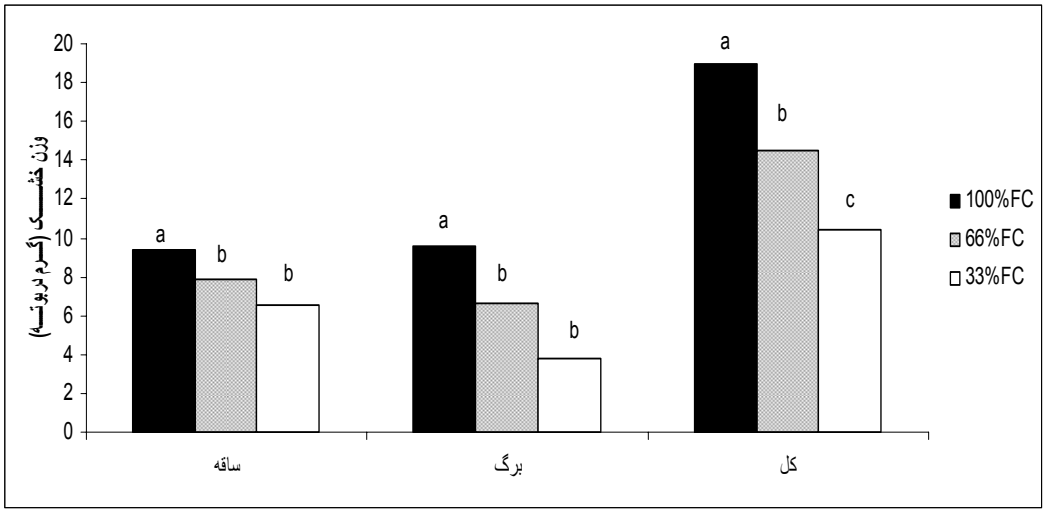
1. Leaf Area Index(LAI)
2. Crop Growth Rate(CGR)
3. Acquaah
4. Relative Growth Rate(RGR)
5. Coelho
6. Dale

فصل چهارم
نتایج و بحث

۴-۱- مراحل نمونه برداری

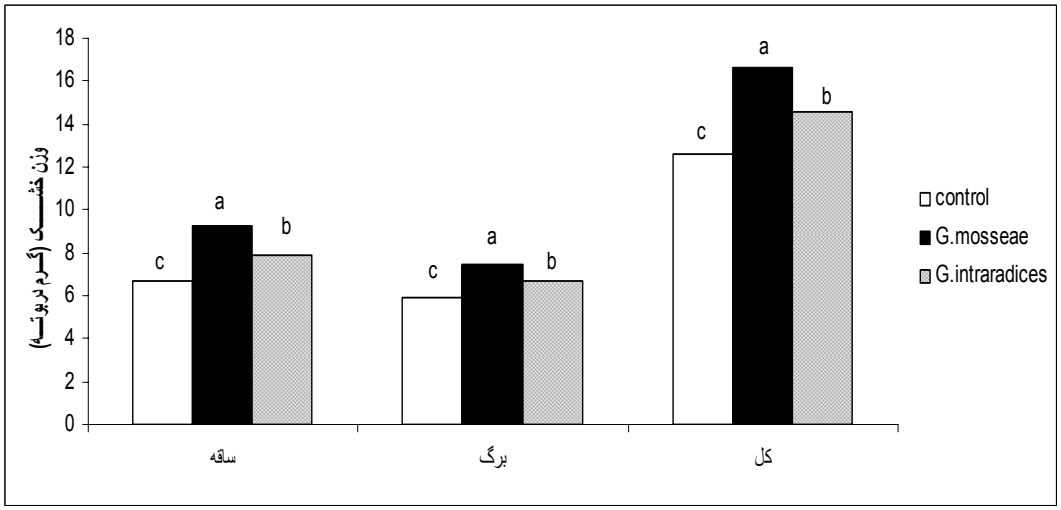
۴-۱-۱- نمونه برداری اول

شکل ۴- ۱ تاثیر تنش را بر وزن خشک ساقه، برگ و کل بوته در نمونه برداری اول نشان می دهد. همان گونه که در جدول ضمیمه ۱ مشاهده می شود وزن خشک ساقه به طور معنی داری تحت تاثیر تنش قرار گرفت ($P < 0.05$). از مقایسات میانگین مربوطه چنین استنباط می شود که تنش موجب کاهش وزن خشک ساقه نسبت به شرایط بدون تنش شد. با توجه به جدول ضمیمه ۲ مشاهده می‌شود که تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک ساقه به میزان ۱۵/۸۲٪ و ۲۹/۹۴٪ نسبت به شاهد شد ($P < 0.05$). در این تحقیق مشخص شد که تنش وزن خشک برگ را نیز به طور معنی داری تحت تاثیر قرار می دهد ($P < 0.05$). تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک برگ به میزان ۳۱/۲۸٪ و ۶۰/۱۸٪ نسبت به شاهد شد ($P < 0.05$) (شکل ۴- ۱). در این تحقیق وزن خشک کل بوته به طور معنی-داری تحت تاثیر تنش قرار گرفت ($P < 0.01$). با توجه به جدول ضمیمه ۲ تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک بوته ذرت به میزان ۲۳/۶۱٪ و ۴۵/۲۲٪ نسبت به شاهد شد.



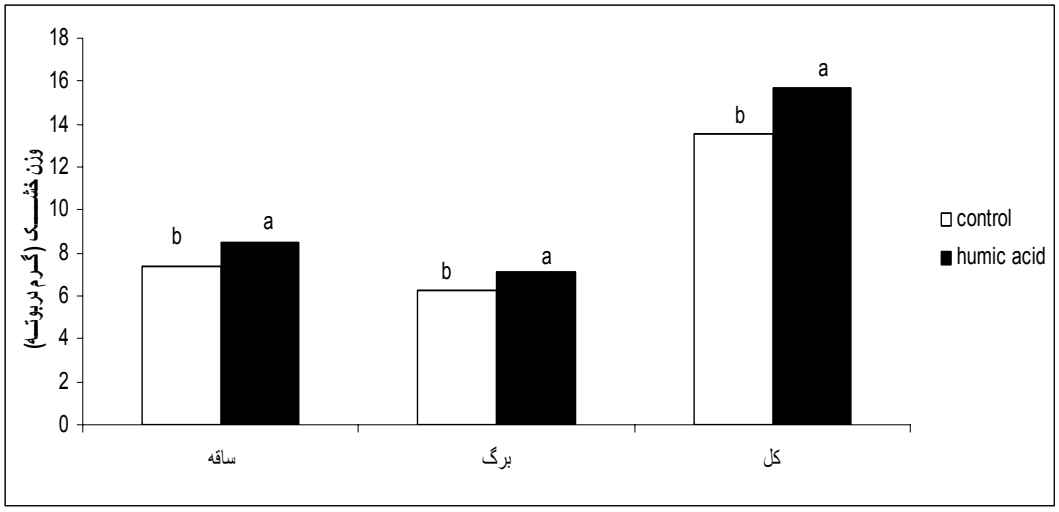
شکل ۴-۱: تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر وزن خشک اندام های هوایی ذرت در نمونه برداری اول

در شکل ۴- ۲ تاثیر میکوریزا بر وزن خشک ساقه، برگ و کل بوته در نمونه برداری اول نشان داده شده است. استفاده از ماده تلقیح میکوریزا بر وزن خشک ساقه تاثیر معنی داری داشت ($P < 0.01$). میانگین نتایج آزمایش نشان داد که گونه *G. mosseae* موجب افزایش معنی دار این صفت در مقایسه با شاهد شد (۳۸/۵۸٪ افزایش نسبت به عدم تلقیح). تلقیح بذور ذرت با میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک برگ نیز شد ($P < 0.01$). گونه *G. mosseae* در مقایسه با سایر سطوح تاثیر بیشتری بر وزن خشک برگ ذرت داشت و اختلاف آن با شاهد معنی دار بود (شکل ۴- ۲). بر طبق جدول ضمیمه ۲ مشخص شد که اثر میکوریزا بر وزن خشک کل بوته معنی دار بود. گونه *G. mosseae* بیشترین و شاهد کمترین تاثیر را بر وزن خشک بوته داشتند.



شکل ۴-۲ : تاثیرسطوح قارچ های میکوریزا بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری اول

در شکل ۴- ۳ و جدول ضمیمه ۲، تاثیر اسید هیومیک بر وزن خشک ساقه، برگ و کل بوته در دو سطح مصرف و عدم مصرف اسید هیومیک در نمونه برداری اول نشان داده شده است. استفاده از اسید هیومیک بر افزایش وزن خشک ساقه، برگ و کل بوته تاثیر معنی داری داشت ($P < 0.01$). استفاده از اسید هیومیک به ترتیب باعث افزایش وزن خشک ساقه، برگ و کل بوته به میزان ۱۶/۲۳٪ ، ۱۳/۹۸٪ و ۱۵/۵۶٪ نسبت به شاهد شد .



شکل ۴-۳ : تاثیر سطوح اسید هیومیک بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری اول

نتایج حاصل از تاثیر توام تنش کم آبی و میکوریزا بر وزن خشک ساقه، برگ و کل بوته در جدول ضمیمه ۱ نشان داده شده است. نتایج به دست آمده در این تحقیق حاکی از آن است که هر چند تاثیر توام این دو عامل موجب افزایش این صفات شد، ولی این روند افزایش از لحاظ آماری معنی دار نبود. تاثیر توام اسید هیومیک و تنش کم آبی نیز بر روی این صفات تاثیر معنی داری نداشت.

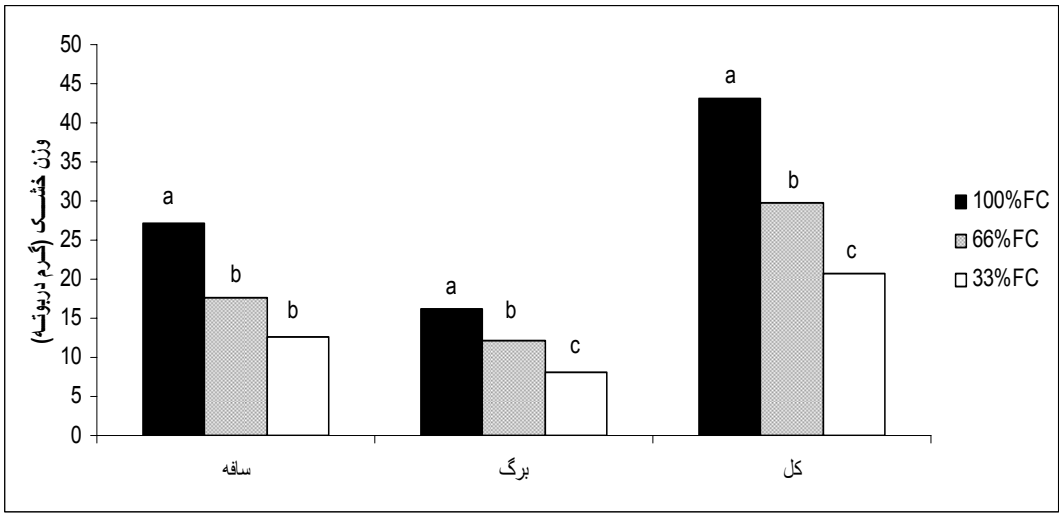
نتایج حاصل از تاثیر توام میکوریزا و اسید هیومیک بر وزن خشک ساقه، برگ و کل بوته تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ضمیمه ۱).

نتایج حاصل از تاثیر همزمان میکوریزا × اسید هیومیک × تنش کم آبی بر صفات مورد بررسی در این تحقیق، درجدول ضمیمه ۱ نشان داده شده است، نتایج بیانگر آن است که هر چند تاثیر توام این سه عامل موجب افزایش تمامی این صفات شد، ولی این روند افزایش از لحاظ آماری معنی دار نبود.

۴-۱-۲- نمونه برداری دوم

شکل ۴- ۴ تاثیر تنش را بر وزن خشک ساقه، برگ و کل بوته در نمونه برداری دوم نشان می دهد. همان گونه که در جدول ضمیمه ۳ مشاهده می شود وزن خشک ساقه به طور معنی داری تحت تاثیر تنش قرار گرفت ($P < 0.01$). از مقایسات میانگین مربوطه چنین استنباط می شود که تنش موجب کاهش وزن خشک ساقه نسبت به شرایط بدون تنش شد .با توجه به جدول ضمیمه ۴ مشاهده می‌شود که تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک ساقه به میزان ۳۶/۵۸٪ و ۵۳/۷۳٪ نسبت به شاهد شد ($P < 0.01$). در این تحقیق مشخص شد که تنش وزن خشک برگ را نیز به طور معنی داری تحت تاثیر قرار می دهد ($P < 0.01$).

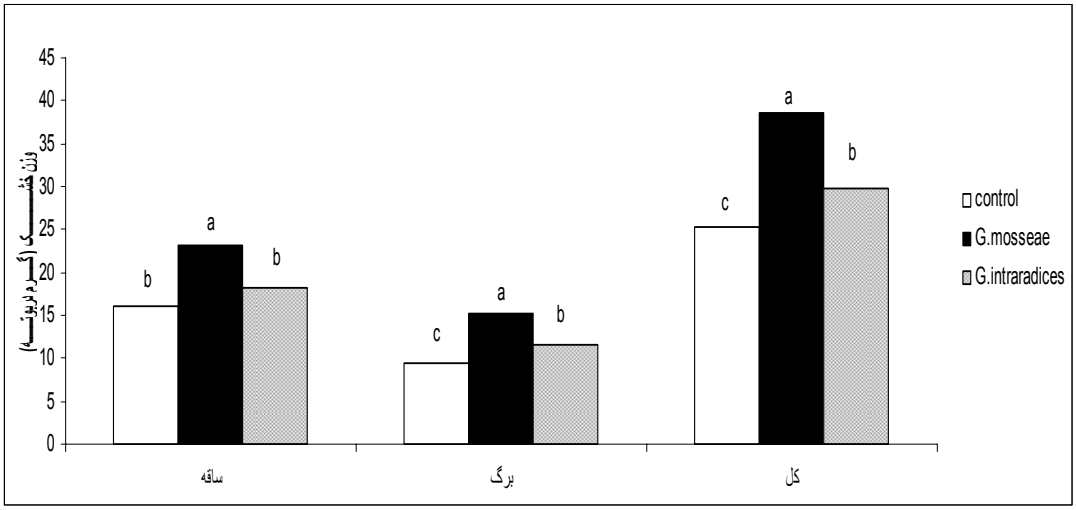
تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک برگ به میزان ۲۴/۷۸٪ و ۴۹/۶۲٪ نسبت به شاهد شد ($P < 0.01$).



شکل ۴-۴: تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر وزن خشک اندام های هوایی ذرت در نمونه برداری دوم

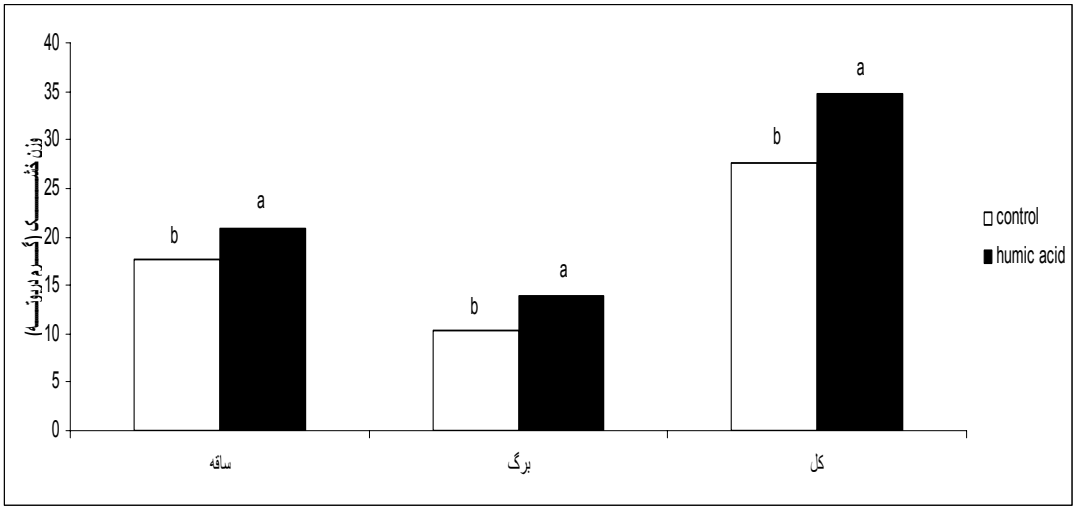
در این تحقیق وزن خشک کل بوته به طور معنی داری تحت تاثیر تنش قرار گرفت ($P < 0.01$). با توجه به جدول ضمیمه ۴ تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک بوته ذرت به میزان ۳۰/۹۳٪ و ۵۲/۲۰٪ نسبت به شاهد شد.

در شکل ۴- ۵ تاثیر میکوریزا بر وزن خشک ساقه، برگ و کل بوته در نمونه برداری دوم نشان داده شده است. استفاده از ماده تلقیح میکوریزا بر وزن خشک ساقه تاثیر معنی داری داشت ($P < 0.01$). میانگین نتایج آزمایش نشان داد که گونه *G. mosseae* موجب افزایش معنی دار این صفت در مقایسه با شاهد شد (۴۵/۰۵٪ افزایش نسبت به عدم تلقیح). تلقیح بذور ذرت با میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک برگ نیز شد ($P < 0.01$). گونه *G. mosseae* در مقایسه با سایر سطوح تاثیر بیشتری بر وزن خشک برگ ذرت داشت و اختلاف آن با شاهد معنی دار بود (شکل ۴- ۵). بر طبق جدول ضمیمه ۴ مشخص شد که اثر میکوریزا بر وزن خشک کل بوته معنی دار بود. گونه *G. mosseae* بیشترین و شاهد کمترین تاثیر را بر وزن خشک کل بوته داشتند.



شکل ۴-۵ : تاثیرسطوح قارچ های میکوریزا بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری دوم

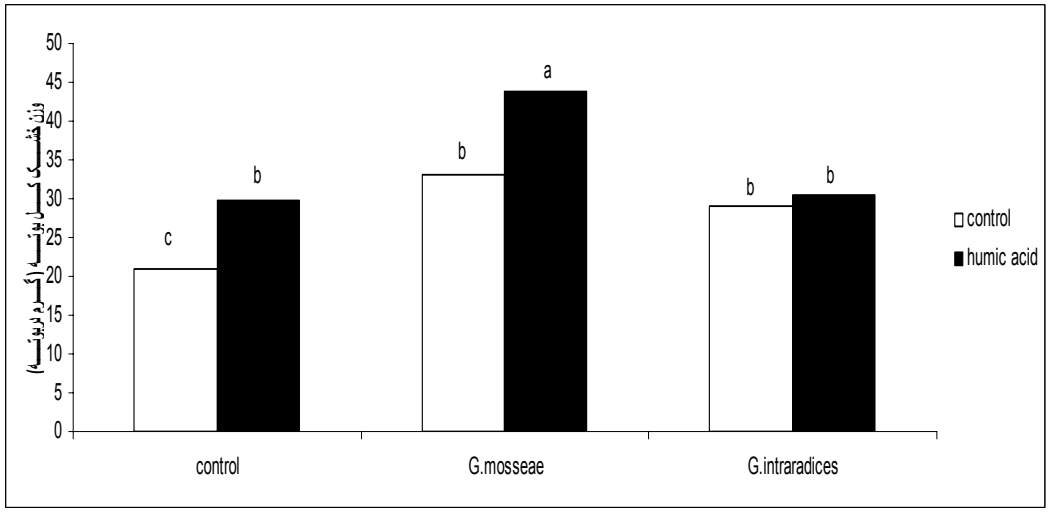
در شکل۴-۶ و جدول ضمیمه ۴ تاثیر اسید هیومیک بر وزن خشک ساقه، برگ و کل بوته در دو سطح مصرف و عدم مصرف اسید هیومیک در نمونه برداری دوم نشان داده شده است. استفاده از اسید هیومیک بر افزایش وزن خشک ساقه، برگ و کل بوته تاثیر معنی داری داشت ($P < 0.01$). با توجه به جدول ضمیمه ۴ استفاده از اسید هیومیک به ترتیب باعث افزایش وزن خشک ساقه، برگ و کل بوته به میزان ۲۱/۰۷٪ ، ۳۳/۴۶٪ و ۲۵/۷۲٪ نسبت به شاهد شد .



شکل ۴-۶ : تاثیر سطوح اسید هیومیک بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری دوم

نتایج حاصل از تاثیر توام تنش کم آبی و میکوریزا بر وزن خشک ساقه، برگ و کل بوته در جدول ضمیمه ۳ نشان داده شده است. نتایج به دست آمده در این تحقیق حاکی از آن است که هر چند تاثیر توام این دو عامل موجب افزایش این صفات شد، ولی این روند افزایش از لحاظ آماری معنی دار نبود. تاثیر توام اسید هیومیک و تنش کم آبی نیز بر روی این صفات تاثیر معنی داری نداشت. نتایج حاصل از تاثیر توام میکوریزا و اسید هیومیک بر وزن خشک ساقه، برگ تاثیر معنی‌داری نداشت. و تنها بر روی وزن خشک کل بوته تاثیر معنی داری داشت ($P < 0.05$) (جدول ضمیمه

۳)، به طوری-که در این صفت تیمار M_1H_1[1] بیشترین افزایش به میزان ۱۱۰/۲۰٪ نسبت به شاهد را داشت و تیمار شاهد کمترین میزان وزن خشک کل بوته را تولید کرد (شکل ۴- ۷).



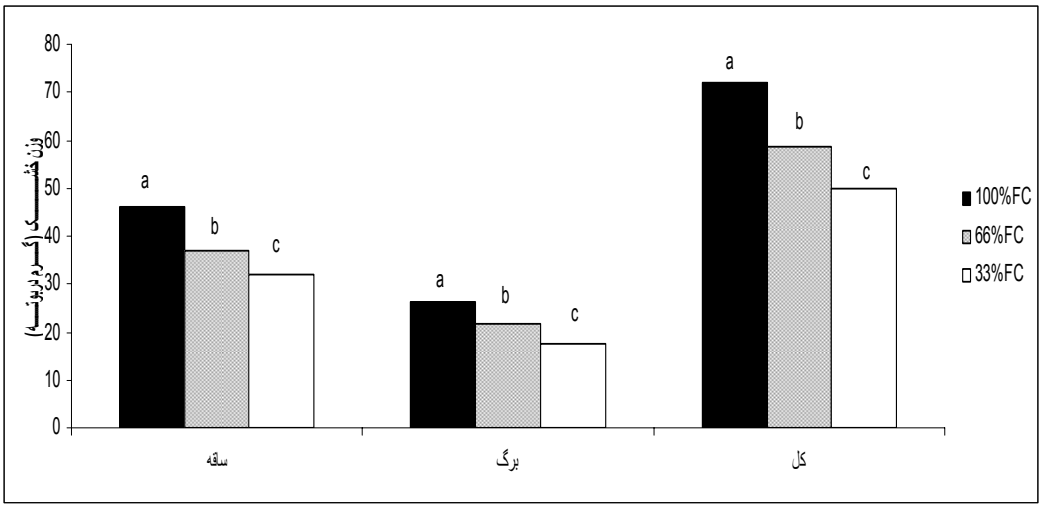
شکل ۴-۷ : تاثیرمتقابل سطوح قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک بر وزن خشک کل بوته در نمونه برداری دوم

نتایج حاصل از تاثیر همزمان میکوریزا × اسید هیومیک × تنش کم آبی بر صفات مورد بررسی در این تحقیق، درجدول ضمیمه ۳ نشان داده شده است، نتایج بیانگر آن است که هر چند تاثیر توام این سه عامل موجب افزایش تمامی این صفات شد، ولی این روند افزایش از لحاظ آماری معنی دار نبود.

[1]. M_1: *G. mosseae*, H1: humic acid

۴-۱-۳- نمونه برداری سوم

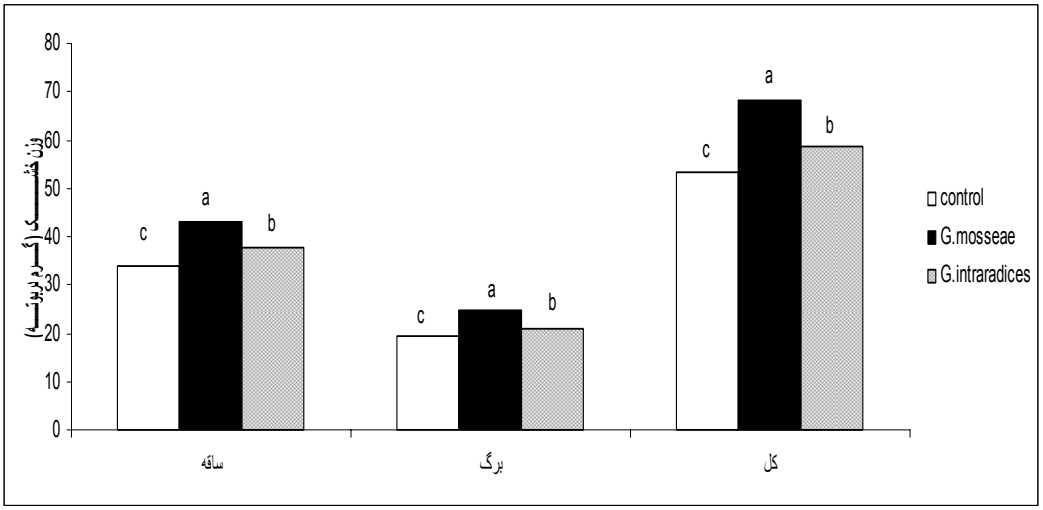
شکل ۴- ۸ تاثیر تنش را بر وزن خشک ساقه، برگ و کل بوته در نمونه برداری سوم نشان می دهد. همان گونه که در جدول ضمیمه ۵ مشاهده می شود وزن خشک ساقه به طور معنی داری تحت تاثیر تنش قرار گرفت ($P < 0.01$). از مقایسات میانگین مربوطه چنین استنباط می شود که تنش موجب کاهش وزن خشک ساقه نسبت به شرایط بدون تنش شد. با توجه به جدول ضمیمه ۶ مشاهده می‌شود که تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک ساقه به میزان ۱۹/۶۲٪ و ۳۰/۲۲٪ نسبت به شاهد شد ($P < 0.01$). در این تحقیق مشخص شد که تنش وزن خشک برگ را نیز به طور معنی داری تحت تاثیر قرار داد ($P < 0.01$).



شکل ۴-۸: تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر وزن خشک اندام های هوایی ذرت در نمونه برداری سوم

تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک برگ به میزان ۱۷/۴۲٪ و ۳۲/۳۲٪ نسبت به شاهد شد ($P < 0.01$). در این تحقیق وزن خشک کل بوته به طور معنی-داری‌تحت تاثیر تنش قرار گرفت ($P < 0.01$). با توجه به جدول ضمیمه ۶، تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک کل بوته ذرت به میزان ۱۸/۸۲٪ و ۳۰/۹۸٪ نسبت به شاهد شد.

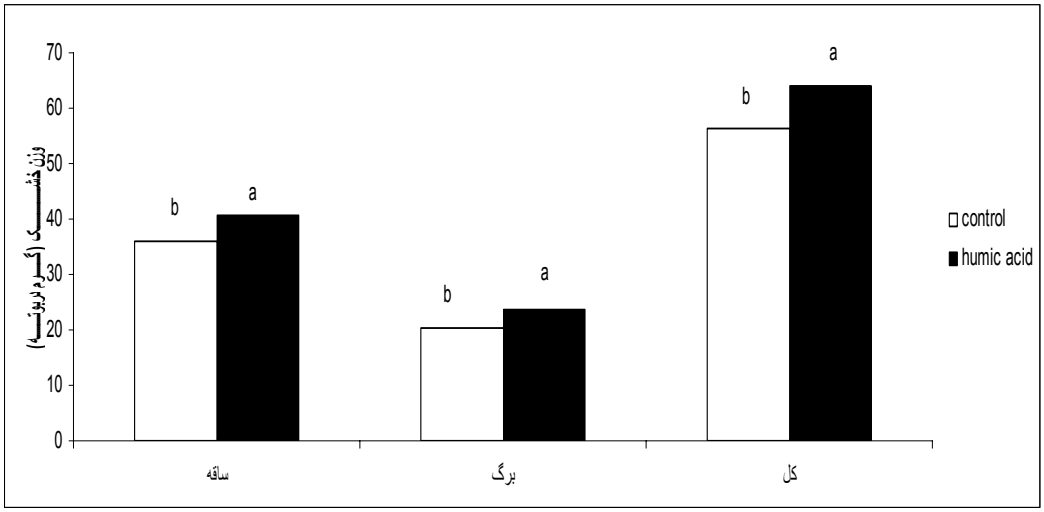
در شکل ۴- ۹ تاثیر میکوریزا بر وزن خشک ساقه، برگ و کل بوته در نمونه برداری سوم نشان داده شده است. استفاده از ماده تلقیح میکوریزا بر وزن خشک ساقه تاثیر معنی داری داشت ($P < 0.01$). میانگین نتایج آزمایش نشان داد که گونه *G. mosseae* موجب افزایش معنی دار این صفت در مقایسه با شاهد شد (۲۷/۲۹٪ افزایش نسبت به عدم تلقیح). تلقیح بذور ذرت با میکوریزا سبب افزایش معنی دار وزن خشک برگ نیز شد ($P < 0.01$). گونه *G. mosseae* در مقایسه با سایر سطوح تاثیر بیشتری‌بر وزن خشک برگ ذرت داشت و اختلاف آن با شاهد معنی دار بود (شکل ۴-۹).



شکل ۴-۹ : تاثیرسطوح قارچ های میکوریزا بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری سوم

بر طبق جدول ضمیمه ۵ مشخص شد که اثر میکوریزا بر وزن خشک کل بوته معنی دار بود. گونه *G. mosseae* بیشترین و شاهد کمترین تاثیر را بر وزن خشک کل بوته داشتند (جدول ضمیمه ۶). در شکل ۴- ۱۰ و جدول ضمیمه ۶ تاثیر اسید هیومیک بر وزن خشک ساقه و برگ و کل بوته در دو سطح مصرف و عدم مصرف اسید هیومیک در نمونه برداری سوم نشان داده شده است. استفاده از اسید هیومیک بر افزایش وزن خشک ساقه، برگ و کل بوته تاثیر معنی داری داشت ($P < 0.01$).

با توجه به جدول ضمیمه ۶ استفاده از اسید هیومیک به ترتیب باعث افزایش وزن خشک ساقه، برگ و کل بوته به میزان۱۳٪ ، ۱۵/۷۰٪ و ۱۳/۹۷٪ نسبت به شاهد شد .



شکل۴-۱۰ : تاثیر سطوح اسید هیومیک بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری سوم

نتایج حاصل از تاثیر توام تنش کم آبی و میکوریزا بر وزن خشک ساقه، برگ و کل بوته در جدول ضمیمه ۵ نشان داده شده است. نتایج به دست آمده در این تحقیق حاکی از آن است که هر چند تاثیر توام این دو عامل موجب افزایش این صفات شد، ولی این روند افزایش از لحاظ آماری معنی دار نبود. تاثیرتوام اسید هیومیک و تنش کم آبی نیز بر روی این صفات تاثیر معنی داری نداشت.

نتایج حاصل از تاثیر توام میکوریزا و اسید هیومیک بر وزن خشک ساقه، برگ و کل بوته تاثیر معنی‌داری نداشت(جدول ضمیمه ۵).

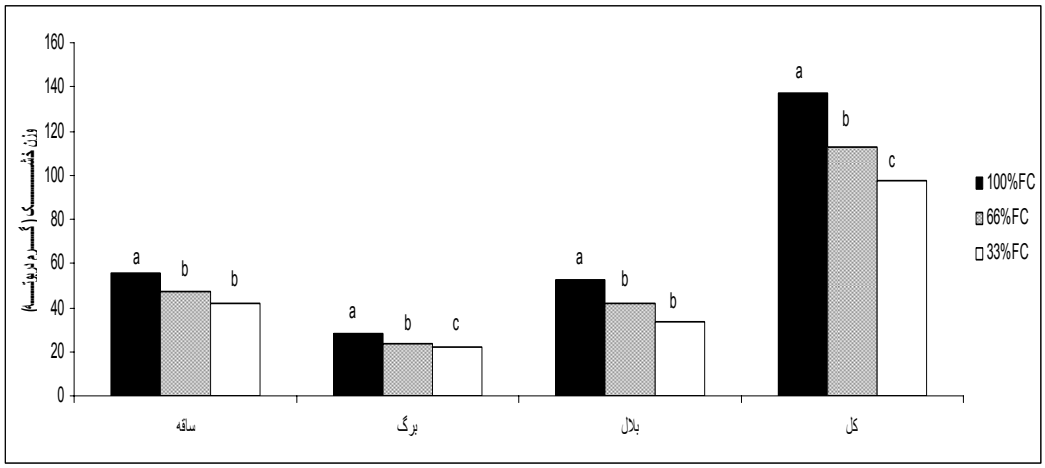
نتایج حاصل از تاثیر همزمان میکوریزا × اسید هیومیک × تنش کم آبی بر صفات مورد بررسی در این تحقیق، درجدول ضمیمه ۵ نشان داده شده است، نتایج بیانگر آن است که هر چند تاثیر توام این سه عامل موجب افزایش تمامی این صفات شد، ولی این روند افزایش از لحاظ آماری معنی دار نبود.

۴-۱-۴- نمونه برداری چهارم

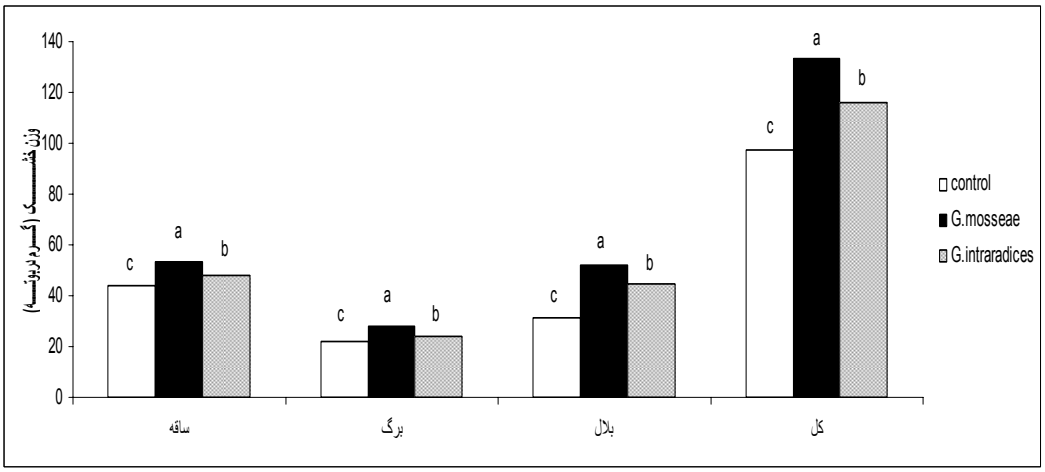
شکل ۴- ۱۱ تاثیر تنش را بر وزن خشک ساقه، برگ، بلال و کل بوته در نمونه برداری چهارم نشان می‌دهد. همان گونه که در جدول ضمیمه ۷ مشاهده می شود وزن خشک ساقه به طور معنی‌داری‌تحت تاثیر تنش قرار گرفت ($P < 0.01$). از مقایسات میانگین مربوطه چنین استنباط می شود که تنش موجب کاهش وزن خشک ساقه نسبت به شرایط بدون تنش شد. با توجه به جدول ضمیمه ۸ مشاهده می شود که تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک ساقه به میزان ۱۶/۱۱٪ و ۲۴/۸۲٪ نسبت به شاهد شد ($P < 0.01$). در این تحقیق مشخص شد که تنش وزن خشک برگ را نیز به طور معنی داری تحت تاثیر قرار می دهد ($P < 0.01$). تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک برگ به میزان ۱۴/۸۰٪ و ۲۲/۵۷٪ نسبت به شاهد شد ($P < 0.01$). در این تحقیق وزن خشک بلال به طور معنی داری تحت تاثیر تنش قرار گرفت ($P < 0.01$). با توجه به جدول ضمیمه ۸ تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک بلال به میزان ۲۱/۳۴٪ و ۳۶/۱۹٪ نسبت به شاهد شد. با توجه به جدول ضمیمه ۷ مشاهده می شود که تاثیر تنش بر وزن خشک کل بوته نیز معنی دار است ($P < 0.01$). بیشترین میزان وزن خشک کل بوته در شرایط FC ۱۰۰٪ (بدون تنش) (۱۳۶/۹ گرم در بوته) و کمترین میزان وزن خشک کل بوته در شرایط FC ۳۳٪ (تنش شدید) (۹۷/۵۷ گرم در بوته) تولید شد (شکل ۴- ۱۱).

در شکل ۴- ۱۲ تاثیر میکوریزا بر وزن خشک ساقه، برگ، بلال و کل بوته در نمونه برداری چهارم نشان داده شده است. استفاده از ماده تلقیح میکوریزا بر وزن خشک ساقه تاثیر معنی داری داشت ($P < 0.01$). میانگین نتایج آزمایش نشان داد که گونه *G. mosseae* موجب افزایش معنی دار این صفت در مقایسه با شاهد شد (۲۱/۰۸٪ افزایش نسبت به عدم تلقیح). تلقیح بذور ذرت با میکوریزا سبب افزایش معنی دار وزن خشک برگ نیز شد ($P < 0.01$). گونه *G. mosseae* در مقایسه با

سایر سطوح تاثیر بیشتری بر وزن خشک برگ ذرت داشت و اختلاف آن با شاهد معنی دار بود (شکل ۴- ۱۲).



شکل ۴-۱۱: تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر وزن خشک اندام های هوایی ذرت در نمونه برداری چهارم

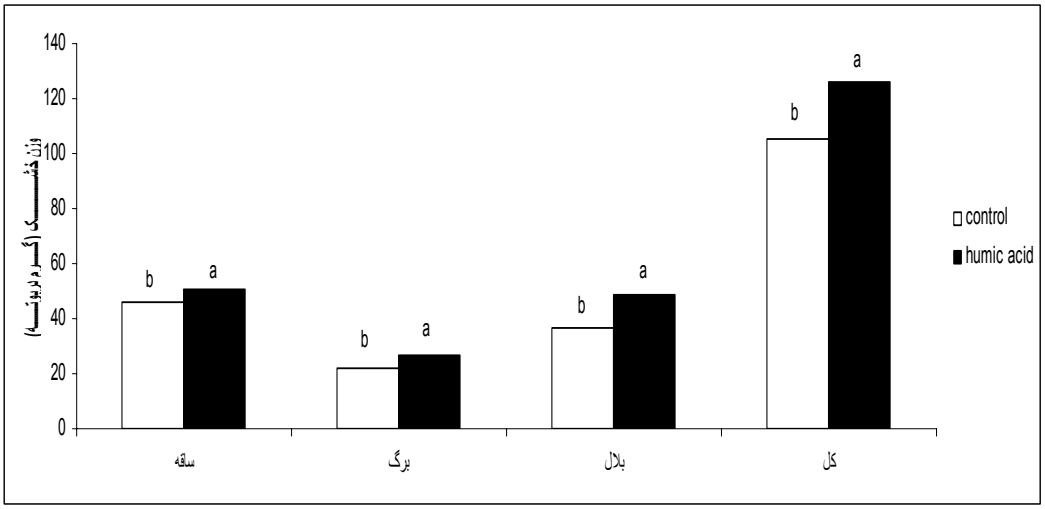


شکل ۴-۱۲ : تاثیرسطوح قارچ های میکوریزا بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری چهارم

نتایج حاصل از تاثیر میکوریزا بر وزن خشک بلال و وزن خشک کل بوته بیانگر آن است که کاربرد ماده تلقیحی اثر معنی داری بر این صفات داشت ($P < 0.01$). حداکثر میزان افزایش در وزن خشک بلال در بذور تلقیح یافته با گونه *G. mosseae* و *G. intraradices* (به ترتیب ۶۵/۵۱٪ و

۴۱/۳۸٪ افزایش نسبت به شاهد) مشاهده شد. حداکثر میزان افزایش در وزن خشک کل بوته در مقایسه با شاهد را بذور تلقیح یافته با گونه *G. mosseae* (۳۶/۷۴٪ افزایش) داشتند. گونه دیگر مورد بررسی میکوریزا در این تحقیق نیز موجب افزایش میزان وزن خشک کل بوته به میزان ۱۹/۲۰٪ افزایش نسبت به شاهد شد (جدول ضمیمه ۸).

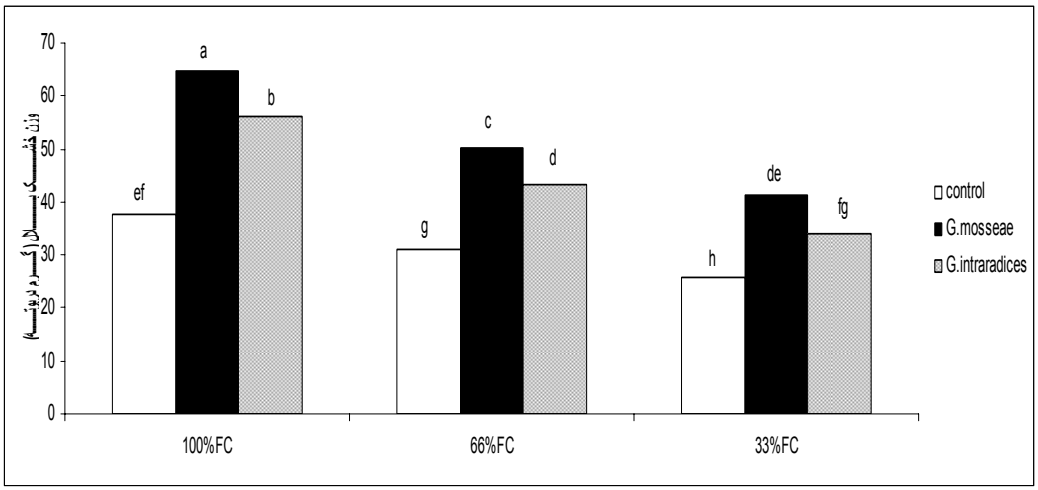
در شکل ۴- ۱۳ و جدول ضمیمه ۸ تاثیر اسید هیومیک بر وزن خشک ساقه، برگ، بلال و کل بوته در دو سطح مصرف و عدم مصرف اسید هیومیک در نمونه برداری چهارم نشان داده شده است. استفاده از اسید هیومیک بر افزایش وزن خشک ساقه، برگ، بلال و کل بوته تاثیر معنی داری داشت ($P < 0.01$). با توجه به جدول ضمیمه ۸ استفاده از اسید هیومیک به ترتیب باعث افزایش وزن خشک ساقه، برگ، بلال و کل بوته به میزان ۱۰/۱۷٪، ۲۰/۹۲٪، ۳۱/۹۳ و ۲۰/۰۷٪ نسبت به شاهد شد .



شکل۴-۱۳ : تاثیر سطوح اسید هیومیک بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری چهارم

نتایج حاصل از تاثیر توام تنش کم آبی و میکوریزا بر وزن خشک ساقه، برگ، بلال و کل بوته در جدول ضمیمه ۷ نشان داده شده است. نتایج به دست آمده در این تحقیق حاکی از آن است که تاثیر توام این دو عامل بر روی وزن خشک بلال و وزن خشک کل بوته تاثیر معنی دار داشت ($P <$

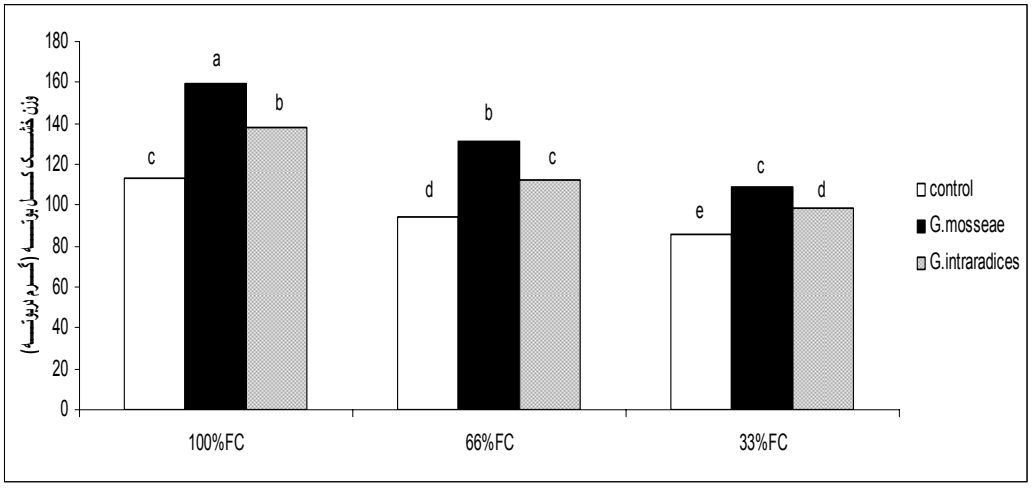
0.01). تیمار S_1M_1[1] بیشترین افزایش را در وزن خشک بلال به میزان ۷۲/۰۷٪ نسبت به شاهد داشت و تیمار S_3M_0[2] کمترین میزان وزن خشک بلال را تولید کرد (شکل ۴- ۱۴).



شکل ۴-۱۴ : تاثیر متقابل سطوح تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا بر وزن خشک بلال در نمونه برداری چهارم

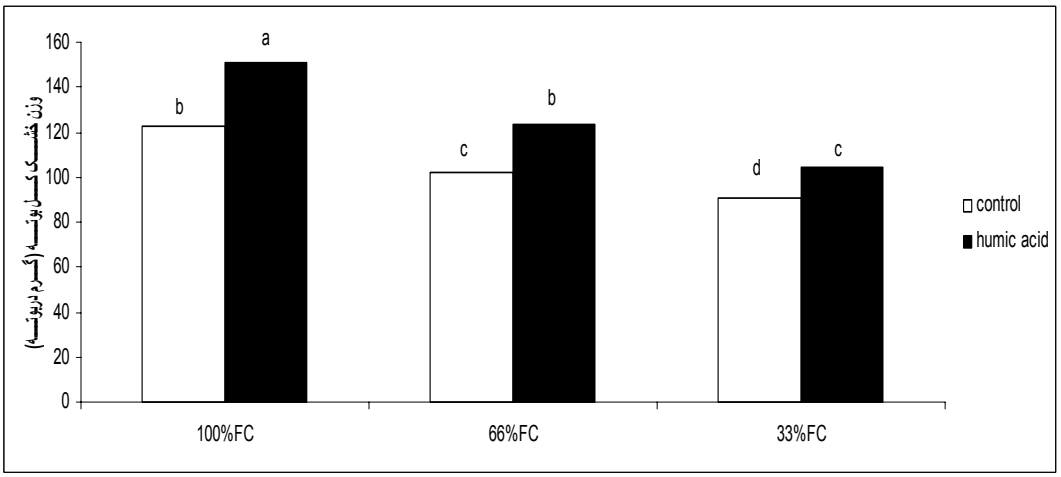
هم چنین تیمار S_1M_1 بیشترین افزایش در وزن خشک کل بوته را نیز به میزان ۴۰/۹۸٪ نسبت به شاهد داشت و تیمار S_3M_0 نیز کمترین میزان وزن خشک کل بوته را تولید کرد (شکل ۴- ۱۵).

[1]. S_1: 100%FC, M_1: *G. mosseae*
[2]. S_3: 33%FC, M_0: control



شکل ۴-۱۵ : تاثیر متقابل سطوح تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا بروزن خشک کل بوته درنمونه برداری چهارم

تاثیر توام اسید هیومیک و تنش کم آبی نشان داد که این دو عامل تنها بر روی وزن خشک کل بوته تاثیر معنی دار داشت ($P < 0.05$). تیمار S_1H_1[1] بیشترین افزایش وزن خشک کل بوته به میزان ۲۲/۶۰٪ نسبت به شاهد را داشت و تیمار S_3H_0 [2] کمترین میزان وزن خشک کل بوته را نشان داد (شکل ۴- ۱۶).



شکل ۴-۱۶ : تاثیر متقابل سطوح تنش کم آبی و اسید هیومیک بر وزن خشک کل بوته در نمونه برداری چهارم

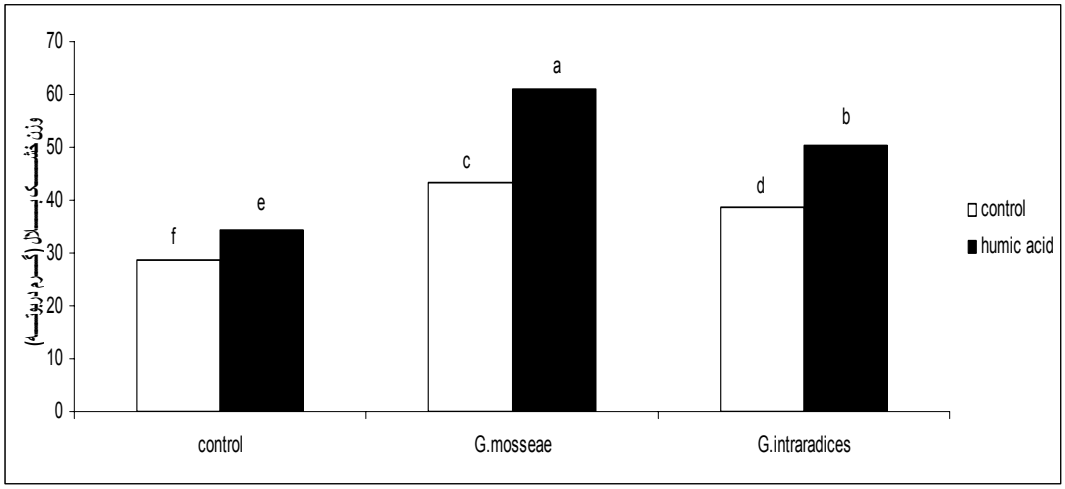
[1]. S_1: 100%FC, H_1: humic acid
[2]. S_3: 33%FC, H_0: non humic acid

نتایج حاصل از تاثیر توام میکوریزا و اسید هیومیک بر وزن خشک ساقه، برگ، بلال و کل بوته در جدول ضمیمه ۷ نشان داده شده است. نتایج به دست آمده در این تحقیق حاکی از آن است که تاثیر توام این دو عامل بر روی وزن خشک بلال و وزن خشک کل بوته تاثیر معنی دار داشت ($P < 0.01$). تیمار M_1H_1[1] بیشترین افزایش به میزان ۱۱۳/۰۴٪ نسبت به شاهد را داشت و تیمار شاهد کمترین میزان وزن خشک بلال را تولید کرد (شکل ۴- ۱۷).

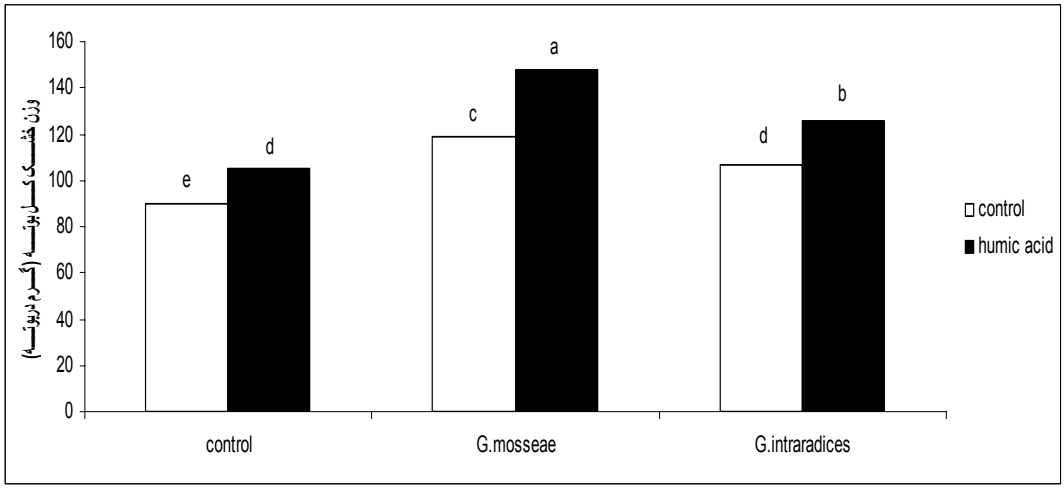
با توجه به شکل ۴- ۱۸ نیز مشاهده می شود که تیمار M_1H_1 بیشترین افزایش در وزن خشک کل بوته به میزان ۶۵/۰۱٪ نسبت به شاهد را داشت و تیمار شاهد کمترین میزان وزن خشک کل بوته را تولید کرد.

نتایج حاصل از تاثیر همزمان میکوریزا × اسید هیومیک × تنش کم آبی بر صفات مورد بررسی در این تحقیق، در جدول ضمیمه ۷ نشان داده شده است، نتایج بیانگر آن است که هر چند تاثیر توام این سه عامل موجب افزایش تمامی این صفات شد، ولی این روند افزایش از لحاظ آماری معنی دار نبود.

[1] . M_1: *G. mosseae*, H_1: humic acid



شکل ۴-۱۷ : تاثیر متقابل سطوح قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک بر وزن خشک بلال در نمونه برداری چهارم



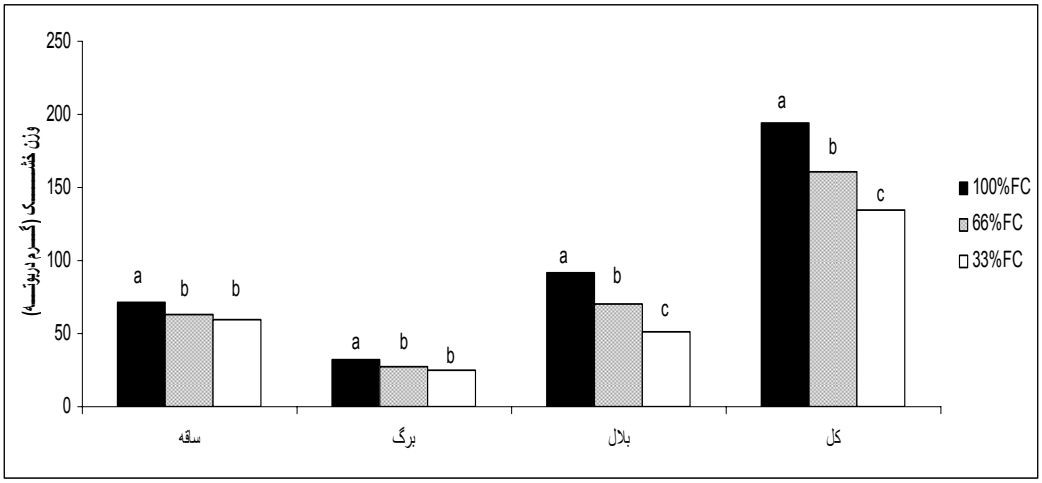
شکل ۴-۱۸ : تاثیر متقابل سطوح قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک بر وزن خشک کل بوته در نمونه برداری چهارم

۴-۱-۵- نمونه برداری پنجم

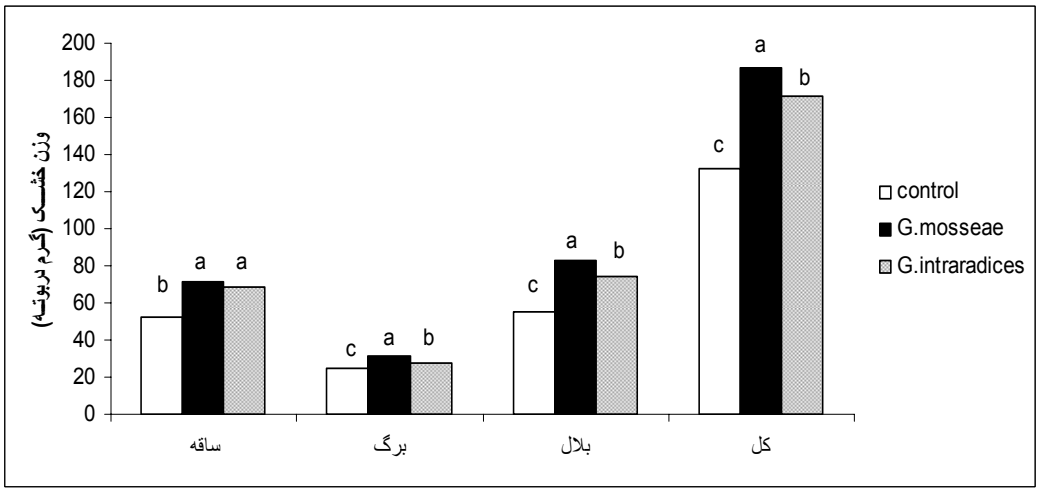
شکل ۴-۱۹ تاثیرتنش را بر وزن خشک ساقه، برگ، بلال و کل بوته در نمونه برداری پنجم نشان می‌دهد. همان گونه که در جدول ضمیمه ۹ مشاهده می شود وزن خشک ساقه به طور معنی داری تحت تاثیر تنش قرار گرفت ($P < 0.01$). از مقایسات میانگین مربوطه چنین استنباط می شود که تنش موجب کاهش وزن خشک ساقه نسبت به شرایط بدون تنش شد. با توجه به جدول ضمیمه ۱۰ مشاهده می شود که تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک ساقه به میزان ۱۰/۴۴٪ و ۱۶/۸۳٪ نسبت به شاهد شد ($P < 0.01$). در این تحقیق مشخص شد که تنش وزن خشک برگ را نیز به طور معنی داری تحت تاثیر قرار می دهد ($P < 0.01$). تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک برگ به میزان ۱۴/۵۸٪ و۲۲/۶۶٪ نسبت به شاهد شد ($P < 0.01$). در این تحقیق وزن خشک بلال به طور معنی داری تحت تاثیر تنش قرار گرفت ($P < 0.01$). با توجه به جدول ضمیمه ۱۰ تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک بلال به میزان ۲۴٪ و ۴۳/۹۳٪ نسبت به شاهد شد. جدول ضمیمه ۹ نشان داد که تاثیر تنش بر وزن خشک کل بوته نیز معنی دار بود ($P < 0.01$). بیشترین میزان وزن خشک کل بوته در شرایط FC ۱۰۰٪ (بدون تنش) (۱۹۴/۶ گرم در بوته) و کمترین میزان وزن خشک کل بوته در شرایط FC ۳۳٪(تنش شدید) (۱۳۵/۱ گرم در بوته) تولید شد (شکل ۴- ۱۹).

در شکل ۴- ۲۰ تاثیر میکوریزا بر وزن خشک ساقه، برگ، بلال و کل بوته در نمونه برداری پنجم نشان داده شده است. استفاده از ماده تلقیح میکوریزا بر وزن خشک ساقه تاثیر معنی داری داشت ($P < 0.01$). میانگین نتایج آزمایش نشان داد که گونه *G. mosseae* موجب افزایش معنی دار این صفت در مقایسه با شاهد شد (۳۶/۶۷٪ افزایش نسبت به عدم تلقیح). تلقیح بذور ذرت با میکوریزا سبب افزایش معنی دار وزن خشک برگ نیز شد ($P < 0.01$). گونه *G. mosseae* در مقایسه با

سایر سطوح تاثیر بیشتری بر وزن خشک برگ ذرت داشت و اختلاف آن با شاهد معنی دار بود (شکل ۴- ۲۰).



شکل ۴-۱۹: تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر وزن خشک اندام های هوایی ذرت در نمونه برداری پنجم

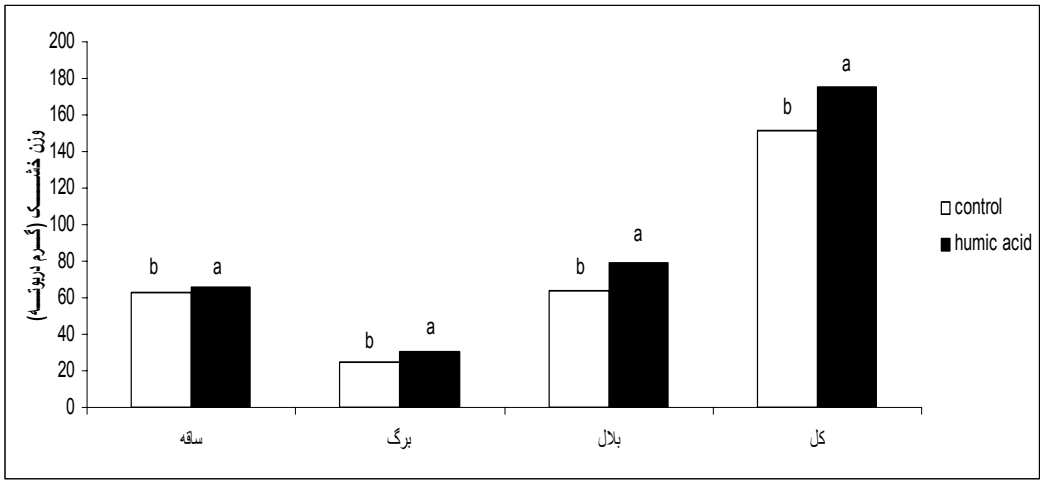


شکل ۴-۲۰: تاثیر سطوح مختلف قارچ های میکوریزا بر وزن خشک اندام های هوایی ذرت در نمونه برداری پنجم

نتایج حاصل از تاثیر میکوریزا بر وزن خشک بلال و وزن خشک کل بوته بیانگر آن است که کاربرد ماده تلقیحی اثر معنی داری بر این صفات داشت ($P < 0.01$). حداکثر میزان افزایش در وزن خشک بلال در بذور تلقیح یافته با گونه *G. mosseae* و *G. intraradices* (به ترتیب ۵۰/۱۷٪ و

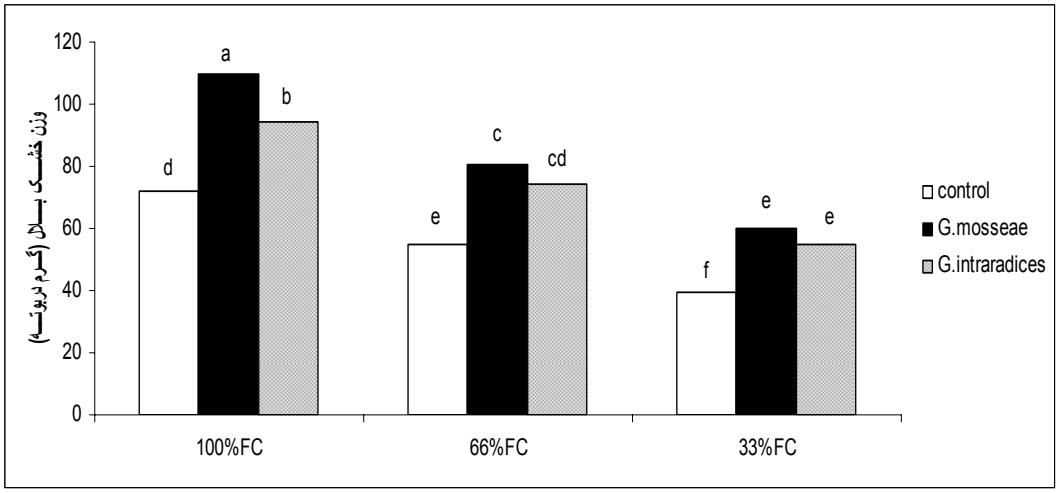
۳۴/۵۰٪ افزایش نسبت به شاهد) مشاهده شد. حداکثر میزان افزایش در وزن خشک کل بوته در مقایسه با شاهد را بذور تلقیح یافته با گونه *G. mosseae* (۴۰/۲۱٪ افزایش) داشتند. گونه دیگر مورد بررسی میکوریزا در این تحقیق نیز موجب افزایش میزان وزن خشک کل بوته به میزان ۲۸/۹۱٪ نسبت به شاهد شد (جدول ضمیمه۱۰).

در شکل۴-۲۱ و جدول ضمیمه ۱۰ تاثیر اسید هیومیک بر وزن خشک ساقه، برگ، بلال و کل بوته در دو سطح مصرف و عدم مصرف اسید هیومیک در نمونه برداری پنجم نشان داده شده است. استفاده از اسید هیومیک بر افزایش وزن خشک ساقه تاثیر معنی داری داشت ($P < 0.05$). اسید هیومیک بر افزایش وزن خشک برگ، بلال و کل بوته نیز تاثیر معنی داری داشت ($P < 0.01$). با توجه به جدول ضمیمه ۱۰ استفاده از اسید هیومیک به ترتیب باعث افزایش وزن خشک ساقه، برگ، بلال و کل بوته به میزان ۴/۵۲٪ ، ۲۳/۸۲٪، ۲۳/۴۳٪ و ۱۵/۶۳٪ نسبت به شاهد شد .



شکل ۴-۲۱ : تاثیر سطوح اسید هیومیک بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری پنجم

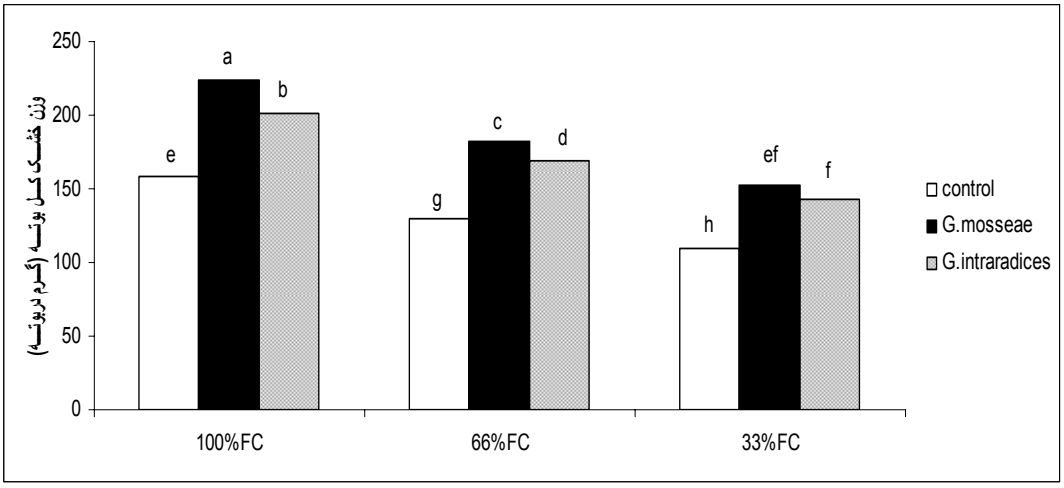
نتایج حاصل از تاثیر توام تنش کم آبی و میکوریزا بر وزن خشک ساقه، برگ، بلال و کل بوته در جدول ضمیمه ۹ نشان داده شده است. نتایج به دست آمده در این تحقیق حاکی از آن است که تاثیر توام این دو عامل بر روی وزن خشک بلال و وزن خشک کل بوته تاثیر معنی دار داشت ($P < 0.01$). تیمار S_1M_1[1] بیشترین افزایش را در وزن خشک بلال به میزان ۵۱/۸۷٪ نسبت به شاهد داشت و تیمار S_3M_0 [2] کمترین میزان وزن خشک بلال را تولید کرد (شکل۴-۲۲).



شکل ۴-۲۲ : تاثیر متقابل سطوح تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا بر وزن خشک بلال در نمونه برداری پنجم

هم چنین تیمار S_1M_1 بیشترین افزایش در وزن خشک کل بوته را نیز به میزان ۴۱/۶۹٪ نسبت به شاهد داشت و تیمار S_3M_0 کمترین میزان وزن خشک کل بوته را تولید کرد (شکل ۴- ۲۳). تاثیر توام اسید هیومیک و تنش کم آبی بر روی هیچ کدام از صفات مورد بررسی تاثیر معنی داری نداشت.

[1]. S_1: 100%FC, M_1: *G. mosseae*
[2]. S_3: 33%FC, M_0: control

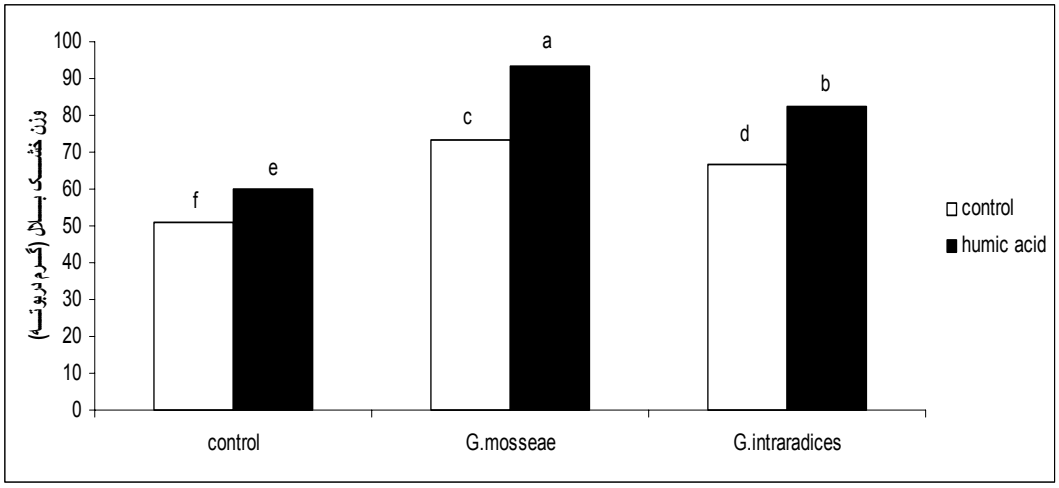


شکل۴-۲۳ : تاثیر متقابل سطوح تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا بر وزن خشک کل بوته در نمونه برداری پنجم

نتایج حاصل از تاثیر توام میکوریزا و اسید هیومیک بر وزن خشک ساقه، برگ، بلال و کل بوته در جدول ضمیمه ۹ نشان داده شده است. نتایج به دست آمده در این تحقیق حاکی از آن است که تاثیر توام این دو عامل بر روی وزن خشک بلال تاثیر معنی دار داشت ($P < 0.05$). تیمار M_1H_1[1] بیشترین افزایش به میزان ۸۳/۰۹٪ نسبت به شاهد را داشت و تیمار شاهد کمترین میزان وزن خشک بلال را تولید کرد (شکل ۴- ۲۴).

نتایج حاصل از تاثیر همزمان میکوریزا × اسید هیومیک × تنش کم آبی بر صفات مورد بررسی در این تحقیق، در جدول ضمیمه ۹ نشان داده شده است، نتایج بیانگر آن است که هر چند تاثیر توام این سه عامل موجب افزایش تمامی این صفات شد، ولی این روند افزایش از لحاظ آماری معنی دار نبود.

[1]. M_1: *G. mosseae*, H_1: humic acid

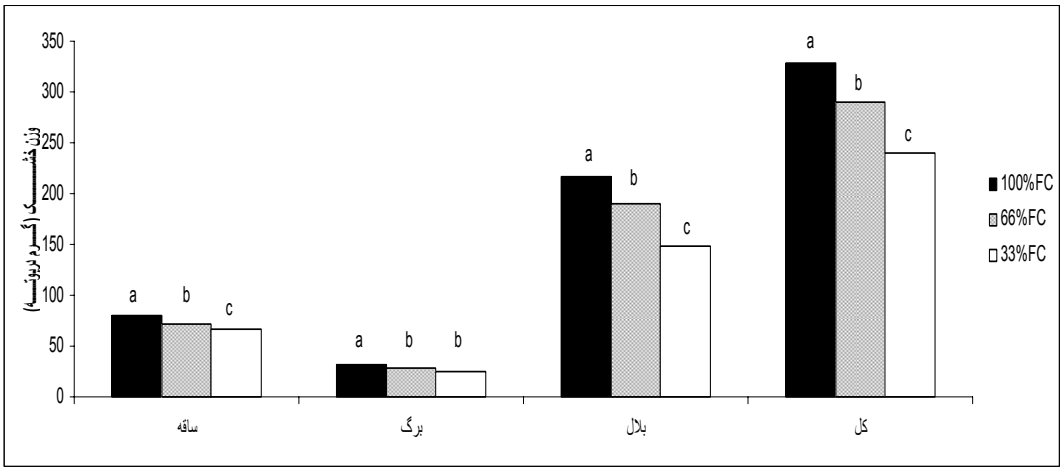


شکل ۴-۲۴ : تاثیر متقابل سطوح قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک بر وزن خشک بلال در نمونه برداری پنجم

۴-۱-۶- نمونه برداری ششم

شکل ۴-۲۵ تاثیرتنش را بر وزن خشک ساقه، برگ، بلال و کل بوته در نمونه برداری ششم نشان می‌دهد. همان گونه که در جدول ضمیمه ۱۱ مشاهده می شود وزن خشک ساقه به طور معنی داری‌تحت تاثیر تنش قرار گرفت ($P < 0.01$). از مقایسات میانگین مربوطه چنین استنباط می شود که تنش موجب کاهش وزن خشک ساقه نسبت به شرایط بدون تنش شد .با توجه به جدول ضمیمه ۱۲ مشاهده می شود که تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک ساقه به میزان ۹/۳۰٪ و ۱۶/۰۸٪ نسبت به شاهد شد ($P < 0.01$). در این تحقیق مشخص شد که تنش وزن خشک برگ را نیز به طور معنی داری تحت تاثیر قرار می دهد ($P < 0.01$). تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک برگ به میزان ۱۴/۳۳٪ و۲۲/۰۷٪ نسبت به شاهد شد ($P < 0.01$). در این تحقیق وزن خشک بلال به طور معنی داری تحت تاثیر تنش قرار گرفت ($P < 0.01$). با توجه به جدول ضمیمه ۱۲ تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک بلال به میزان ۱۱/۷۱٪ و ۳۱/۴۹٪ نسبت به شاهد شد. جدول ضمیمه ۱۱ نشان داد که تاثیر تنش بر وزن خشک کل بوته نیز معنی دار بود ($P < 0.01$). بیشترین میزان وزن خشک کل بوته در شرایط FC ۱۰۰٪ (بدون تنش) (۳۲۸/۲ گرم در

بوته) و کمترین میزان وزن خشک کل بوته در شـرایط FC ۳۳٪ (تـنش شـدید) (۲۴۰/۲گـرم در بوته) تولید شد (شکل ۴- ۲۵).



شکل۴-۲۵: تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر وزن خشک اندام های هوایی ذرت در نمونه برداری ششم

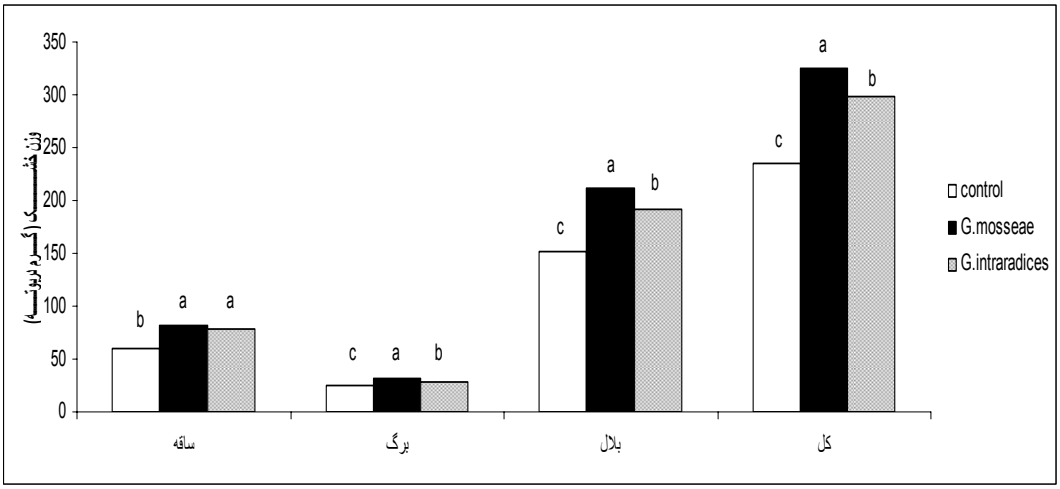
در شکل ۴-۲۶ تاثیر میکوریزا بر وزن خشک ساقه، برگ، بلال و کل بوته در نمونه برداری ششم نشان داده شده است. استفاده از ماده تلقیح میکوریزا بر وزن خشک ساقه تاثیر معنی داری داشت ($P < 0.01$). میانگین نتایج آزمایش نشان داد که گونه *G. mosseae* موجب افزایش معنی دار این صفت در مقایسه با شاهد شد (۳۷/۷۰٪ افزایش نسبت به عدم تلقیح). تلقیح بذور ذرت با میکوریزا سبب افزایش معنی دار وزن خشک برگ نیز شد ($P < 0.01$). گونه *G. mosseae* در مقایسه با سایر سطوح تاثیر بیشتری بر وزن خشک برگ ذرت داشت و اختلاف آن با شاهد معنی دار بود (۲۴/۶۸٪ افزایش نسبت به عدم تلقیح) (شکل ۴- ۲۶).

نتایج حاصل از تاثیر میکوریزا بر وزن خشک بلال و وزن خشک کل بوته بیانگر آن است که کاربرد ماده تلقیحی اثر معنی داری بر این صفات داشت ($P < 0.01$). حداکثر میزان افزایش در وزن خشک بلال در بذور تلقیح یافته با گونه *G. mosseae* و *G. intraradices* (به ترتیب ۳۹/۸۸٪ و ۲۶/۷۸٪ افزایش نسبت به شاهد) مشاهده شد. حداکثر میزان افزایش در وزن خشک کل بوته در مقایسه با شاهد را بذور تلقیح یافته با گونه *G. mosseae* (۳۷/۷۰٪ افزایش) داشتند . گونه دیگر

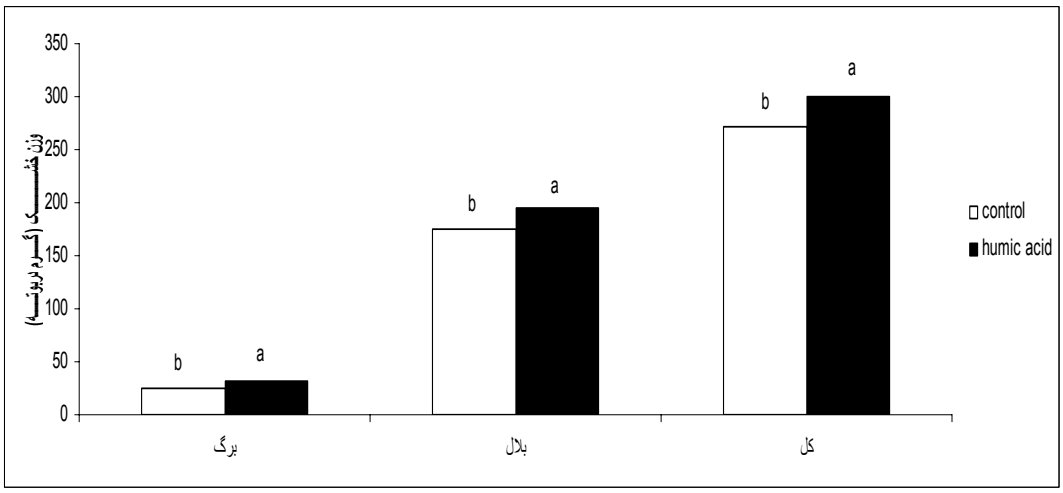
مورد بررسی میکوریزا در این تحقیق نیز موجب افزایش میزان وزن خشک کل بوته به میزان ۲۶/۶۳٪ افزایش نسبت به شاهد شد (جدول ضمیمه ۱۲).

در شکل ۴- ۲۷ و جدول ضمیمه ۱۲ تاثیر اسید هیومیک بر وزن خشک ساقه، برگ، بلال و کل بوته در دو سطح مصرف و عدم مصرف اسید هیومیک در نمونه برداری ششم نشان داده شده است. استفاده از اسید هیومیک بر افزایش وزن خشک ساقه تاثیر معنی داری نداشت. ولی اسید هیومیک بر افزایش وزن خشک برگ، بلال و کل بوته تاثیر معنی داری داشت ($P < 0.01$). با توجه به جدول ضمیمه ۱۲ استفاده از اسید هیومیک به ترتیب باعث افزایش وزن خشک برگ، بلال و کل بوته به میزان ۲۰/۷۶٪، ۱۲/۰۱٪ و ۱۰/۴۸٪ نسبت به شاهد شد . نتایج حاصل از تاثیر توام تنش کم آبی و میکوریزا بر وزن خشک ساقه، برگ و کل بوته در جدول ضمیمه ۱۱ نشان داده شده است. نتایج به دست آمده در این تحقیق حاکی از آن است که هر چند تاثیر توام این دو عامل موجب افزایش این صفات شد، ولی این روند افزایش از لحاظ آماری معنی دار نبود. تاثیر توام اسید هیومیک و تنش کم آبی نشان داد که این دو عامل تنها بر روی وزن خشک برگ تاثیر معنی دار داشت ($P < 0.05$). تیمار S_1H_1[1] بیشترین افزایش وزن خشک برگ به میزان ۲۷/۶۵٪ نسبت به شاهد را داشت و تیمار S_3H_0 [2] کمترین میزان وزن خشک برگ را نشان داد (شکل ۴- ۲۸) . نتایج حاصل از تاثیر توام میکوریزا و اسید هیومیک بر وزن خشک ساقه، برگ، بلال و کل بوته تاثیر معنی داری نداشت (جدول ضمیمه ۱۱). نتایج حاصل از تاثیر همزمان میکوریزا × اسید هیومیک × تنش کم آبی بر صفات مورد بررسی در این تحقیق، درجدول ضمیمه۱۱ نشان داده شده است، نتایج بیانگر آن است که هر چند تاثیر توام این سه عامل موجب افزایش تمامی این صفات شد، ولی این روند افزایش از لحاظ آماری معنی دار نبود.

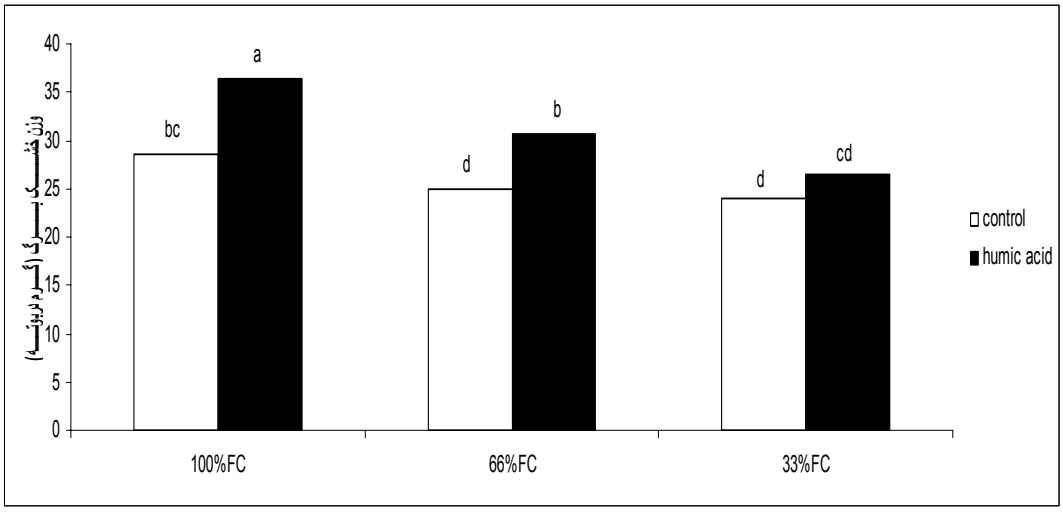
[1]. S_1: 100%FC, H_1: humic acid
[2]. S_3: 33%FC, H_0: non humic acid



شکل ۴-۲۶: تاثیر سطوح مختلف قارچ های میکوریزا بر وزن خشک اندام های هوایی ذرت در نمونه برداری ششم



شکل ۴-۲۷ : تاثیر سطوح اسید هیومیک بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری ششم



شکل ۴-۲۸: تاثیرمتقابل سطوح تنش کم آبی و اسید هیومیک بر وزن خشک برگ در نمونه برداری ششم

۴-۱-۷- نمونه برداری هفتم

۴-۱-۷-۱- اثر تنش کم آبی بر صفات مورد بررسی :

شکل ۴-۲۹ تاثیر تنش را بر وزن خشک ساقه و برگ در نمونه برداری نهایی (۱۳۰روز پس از کاشت) نشان می دهد. همان گونه که در جدول ضمیمه ۱۳ مشاهده می شود وزن خشک ساقه به طور معنی‌داری تحت تاثیر تنش قرار گرفت ($P < 0.01$). از مقایسات میانگین مربوطه چنین استنباط می‌شود که تنش موجب کاهش وزن خشک ساقه نسبت به شرایط بدون تنش شد.

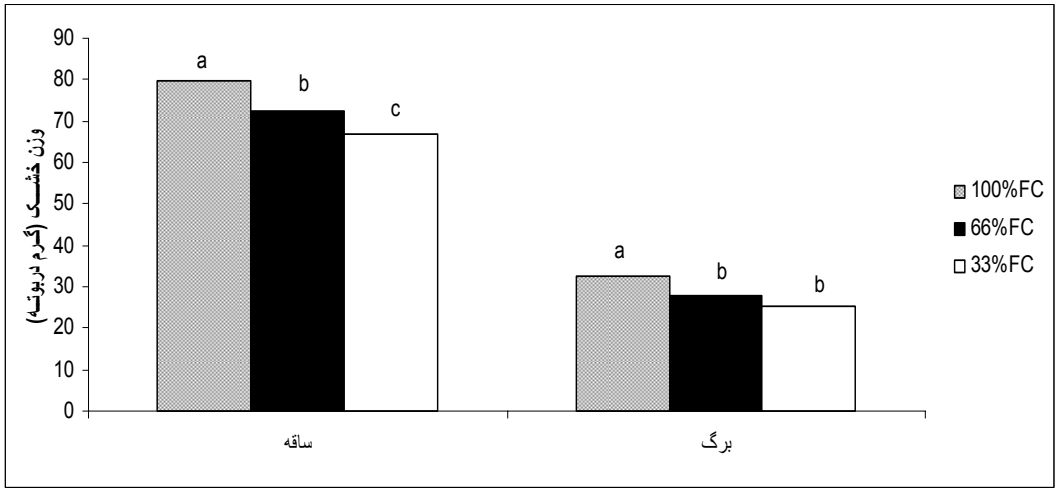
با توجه به جدول ضمیمه ۱۴ مشاهده می شود که تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک ساقه به میزان ۹/۲۰٪ و ۱۶/۰۶٪ نسبت به شاهد شد ($P < 0.01$).

در این تحقیق مشخص شد که تنش وزن خشک برگ را نیز به طور معنی داری تحت تاثیر قرار می‌دهد ($P < 0.01$). تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک برگ به میزان ۲۶/۱۴٪ و ۲۳/۲۲٪ نسبت به شاهد شد ($P < 0.01$) (شکل ۴-۲۹). در این تحقیق مشخص شد که تنش کم آبی باعث کاهش رشد اندامهای هوایی در مقایسه با شرایط بدون تنش می شود همچنان که کرامر[1] و بویر[2] (۱۹۹۵) گزارش کردند که تنش کم آبی تولید بسیاری از محصولات را محدود می‌کند .

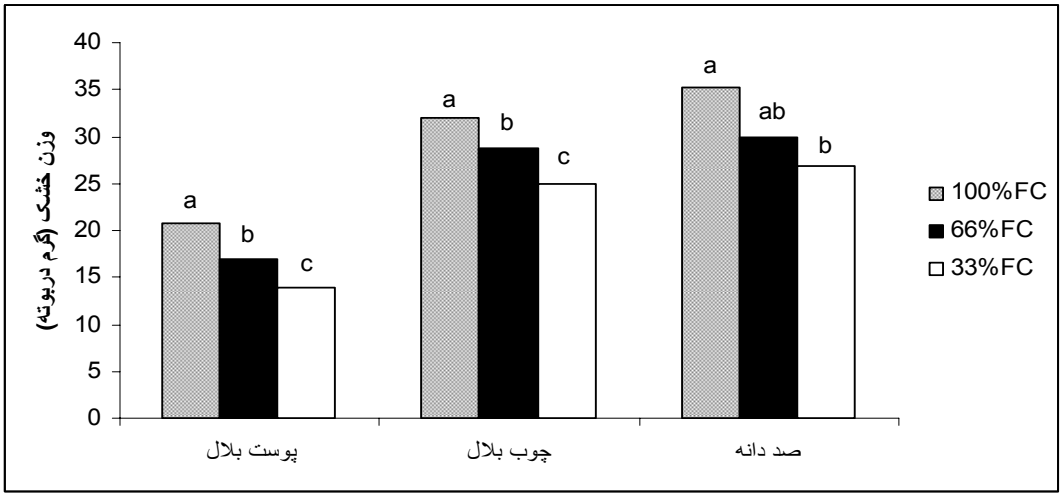
در این تحقیق مشخص گردید که تاثیر تنش در کاهش وزن خشک پوست بلال و همچنین چوب بلال معنی دار بود ($P < 0.01$). بیشترین و کمترین میزان وزن خشک پوست بلال به ترتیب در شرایط FC ۱۰۰٪ (بدون تنش) و FC ۳۳٪ (تنش شدید) به میزان۲۰/۷۳ و ۱۳/۹۸ گرم در بلال حاصل شد (شکل۴-۳۰) . تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک چوب بلال به میزان ۱۰/۱۳٪ و ۲۲/۰۶٪ نسبت به شاهد شد . جدول ضمیمه ۱۳ نشان داد

[1]. kramer
[2]. Boyer

که تاثیر تنش بر وزن خشک صد دانه معنی دار بود ($P < 0.05$). بیشترین میزان وزن خشک صد دانه در شرایط FC ۱۰۰٪ (بدون تنش) (۳۵/۳۰گرم در بوته) و کمترین میزان وزن خشک صد دانه در شرایط FC ۳۳٪(تنش شدید) (۲۶/۸۶ گرم در بوته) به دست آمد (شکل ۴- ۳۰). محققین اظهار داشتند که بیشترین اثر تنش خشکی بر وزن صد دانه، در طی دوره پر شدن دانه دیده می شود. وقتی که گیاه در معرض تنش خشکی قرار می گیرد، برای اینکه از اثرات تنش خشکی فرار کند اقدام به کوتاه کردن چرخه زندگی خود می کند بنابراین به دلیل کوتاهتر شدن طول دوره پر شدن دانه، وزن نهایی دانه ها کم می شود (فریدریک[1] و همکاران، ۱۹۹۰).



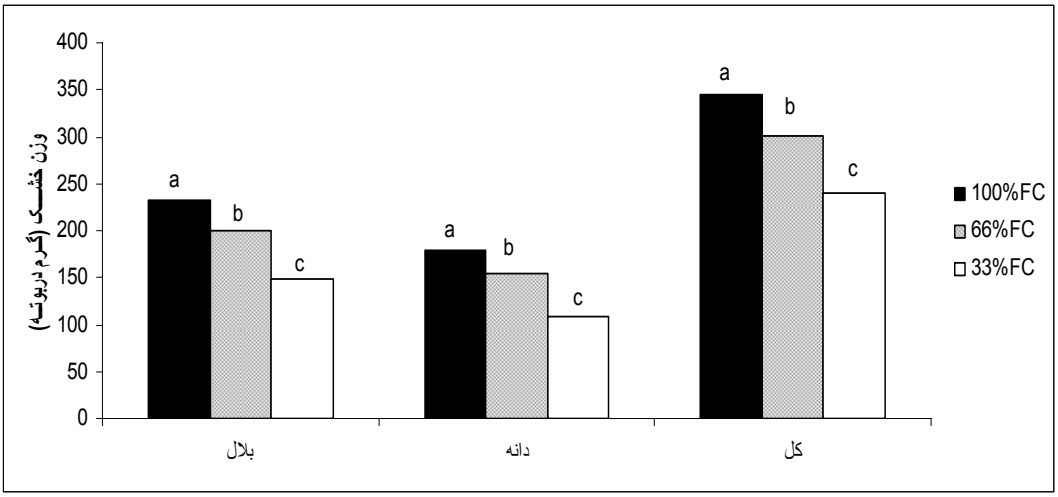
شکل ۴-۲۹: تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر وزن خشک اندا م های هوایی ذرت در نمونه برداری هفتم



شکل ۴-۳۰ : تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر وزن خشک اجزا بلال در نمونه برداری هفتم

[1]. Fredrick

ضمنا نتایج این بررسی نشان داد که تاثیر تنش بر وزن خشک دانه در بوته معنی دار بود. نتایج مقایسات میانگین نشان داد که تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳ ٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک دانه به میزان ۱۳/۷۹٪ و ۳۹/۳۲٪ نسبت به شاهد شد (شکل ۴- ۳۱). همان گونه که در جدول ضمیمه ۱۳ مشاهده می شود تنش به طور معنی دار باعث کاهش وزن خشک بلال و وزن خشک کل در بوته ها ی ذرت شد ($P < 0.01$). تنش کم آبی در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش وزن خشک کل بلال به میزان ۱۳/۶۹٪ و ۳۶/۳۵٪ و وزن خشک کل به میزان ۱۲/۶۹٪ و ۳۰/۳۱٪ نسبت به شاهد شد (شکل ۴- ۳۱). هم چنین با توجه به جدول ضمیمه ۱۳ مشاهده می شود که تنش به طور معنی دار باعث کاهش عملکرد دانه در بوته ها ی ذرت شد ($P < 0.01$). تنش کم آبی در FC۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب باعث کاهش عملکرد دانه به میزان ۱۳/۸۲٪ و ۳۹/۳۵٪ نسبت به شاهد شد (شکل ۴- ۳۲) .

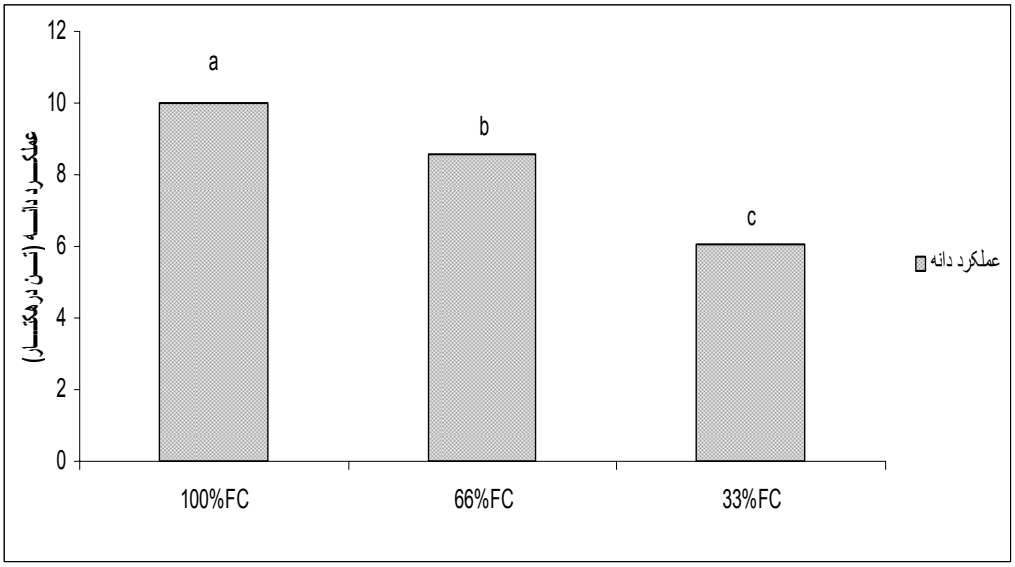


شکل ۴-۳۱ : تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر وزن خشک (بلال، دانه و کل) در نمونه برداری هفتم

همواره بین عملکرد ذرت و مقدار آب قابل دسترس و ذخیره شده خاک همبستگی معنی داری وجود دارد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶). ادمیدز[1] و همکاران (۱۹۹۸) اظهار داشتند که در مناطق گرمسیری عملکرد ذرت در نتیجه خشکی به طور متوسط حدود ۱۷٪ کاهش می یابد اما بسته به

[1]. Edmeades

شدت و زمان وقوع خشکی این کاهش عملکرد به ۸۰٪ هم می رسد. در گیاهان زراعی تنش کم آبی در مراحل حساس رشد گیاه تاثیر قابل توجهی بر روی کاهش عملکرد دارد (لودولو[1] و مک چاو[2]، ۱۹۹۰)، مرحله گرده افشانی و دو هفته پس از آن حساسترین دوره گیاه ذرت نسبت به تنش خشکی می‌باشد (خدابنده، ۱۳۷۷.، تاجبخش، ۱۳۷۶.، اوتر[3] و همکاران، ۱۹۸۷).

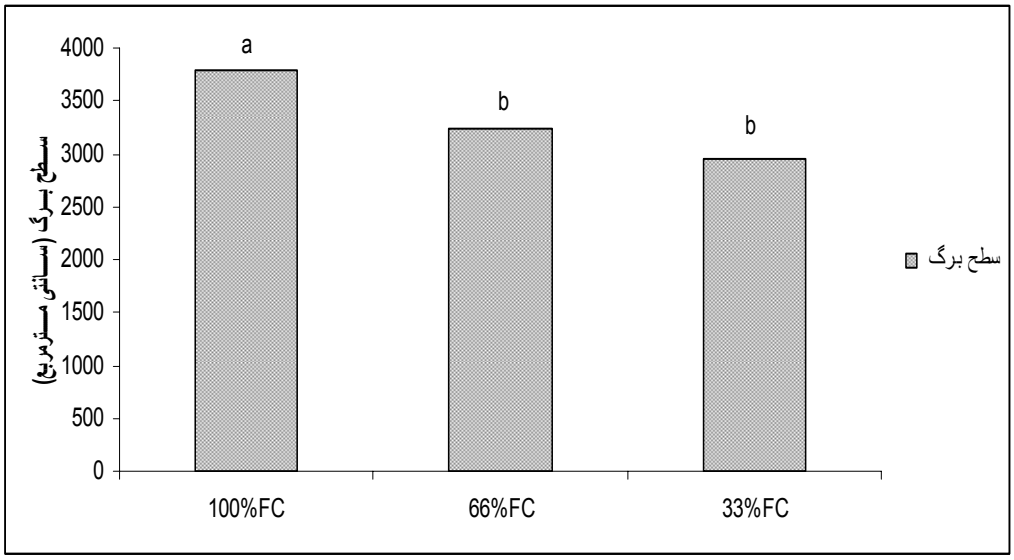


شکل۴-۳۲ : تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر عملکرد دانه در نمونه برداری هفتم

از این رو تنش کم آبی در این مراحل یک عامل اصلی در کاهش تولید این محصول می باشد (بویر[4]، ۱۹۸۲). نتایج به دست آمده نشان داد که تنش مقدار سطح برگ گیاه را به طور معنی داری کاهش داد ($P < 0.01$) . سطح برگ گیاه در FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب به میزان ۱۰/۸۸٪ و ۲۰/۰۸٪ نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد (شکل ۴- ۳۳) . تنش کم آبی در آفتاب گردان موجب کاهش سطح برگ در FC ۷۵٪ و FC ۶۰٪ به ترتیب به میزان ۱۹/۲۷٪ و ۱۹/۶٪ در مقایسه با FC ۱۰۰٪ شد (ناگاراسنا[5] و همکاران، ۲۰۰۷)، نتایج مشابهی توسط پان وار[6] (۱۹۹۳)،

[1]. Ludlow
[2]. Muchow
[3]. Ouattar
[4]. Boyer
[5]. Nagarathna
[6]. Panwar

دیکسون[1] و همکاران (۱۹۹۴)، یگاپان[2] و همکاران (۱۹۸۲) بـه دسـت آمـد. سـوبرادو در آزمایـشی ضمن بررسی سه رژیم آبیاری در ذرت نتیجه گرفت که تحت شرایط خشکی ،کاهش سـطح بـرگ، از کاهش در اندازه هر برگ ناشی می شود و تعداد برگ اثری در کاهش سطح برگ نداشت. دایـپن بروک[3] (۲۰۰۰) نیز کاهش سطح برگ را در اثر اعمال تنش خشکی در کلزا گزارش کرد، به عقیـده این محقق کاهش در سطح برگ می تواند مربوط بـه فرآینـدهایی از درون گیـاه باشـد کـه عمـدتا مربوط به فتوسنتز است این فرآیندها موجب تولید برگ های کوچکتر در شرایط تنش خشکی مـی شوند و از طرف دیگر موجب زوال زودتر برگها می‌شوند.



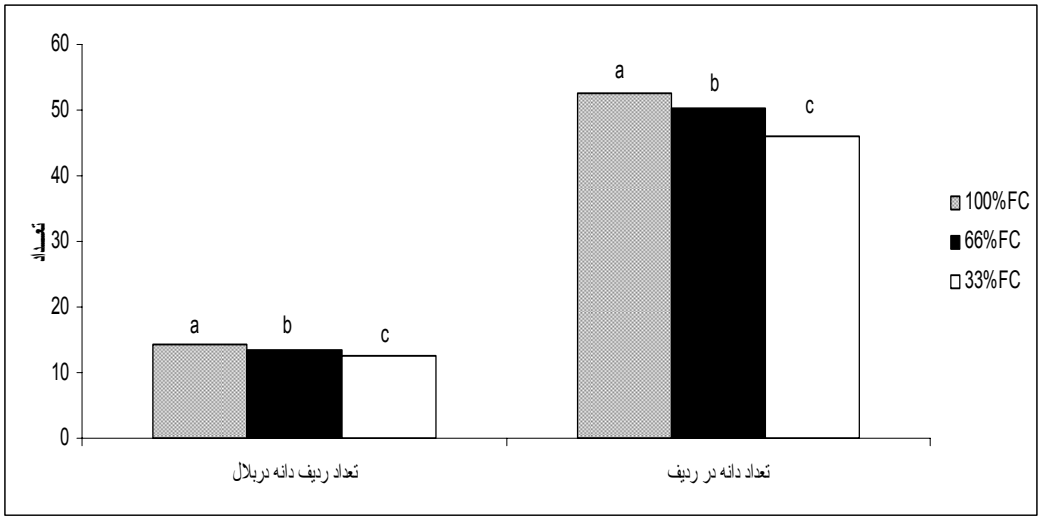
شکل ۴-۳۳ : تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر سطح برگ ذرت در نمونه برداری هفتم

تاثیر تنش بر تعداد دانه در هر ردیف بلال معنی دار بود ($P < 0.01$). تنش در FC ۶۶٪ و ۳۳FC٪ به ترتیب باعث کاهش تعداد دانه در هر ردیف بلال به میزان ۴/۷۴٪ و ۱۲/۵۸٪ نسبت به شاهد شد (شکل ۴- ۳۴). مهمترین عامل کاهش عملکرد دانه در ذرت تحت تاثیر تنش کم آبی به دلیل کاهش تعداد دانه در ردیف می باشد به این دلیل که زمان پر شدن دانه ها مصادف با تنش خشکی می شود، دانه های انتهای بلال که از نظر سیکل زایشی دیرتر از دانه های ابتدا و وسط

[1]. Dixon
[2]. Yegappan
[3]. Diepenbrock

بلال لقاح می یابند و جنین آنها تازه تشکیل یافته است در اثر تنش خشکی سقوط می کنند و دانه ها تکامل نمی‌یابند (سید مسعود شعاع حسینی و همکاران، ۱۳۸۷). همچنین تنش به طور معنی دار باعث کاهش تعداد ردیف در بلال و تعداد کل دانه در بلال شد ($P < 0.01$). تنش در ۶۶٪FC و ۳۳٪ FC به ترتیب باعث کاهش تعداد ردیف در بلال به میزان ۶/۹۷٪ و ۱۳/۱۸٪ و کاهش تعداد کل دانه در بلال به ترتیب به میزان ۱۱/۵۷٪ و ۲۴/۵۵٪ نسبت به شاهد شد (شکل ۳-۳۴ و ۳-۳۵).

تاجبخش (۱۳۷۶) گزارش کرد که تنش آب در زمان گلدهی می تواند به خروج کلاله ها از غلاف بلال صدمه بزند و باعث خشکی آن ها شود و تعداد دانه تشکیل شده در بلال را کاهش دهد.

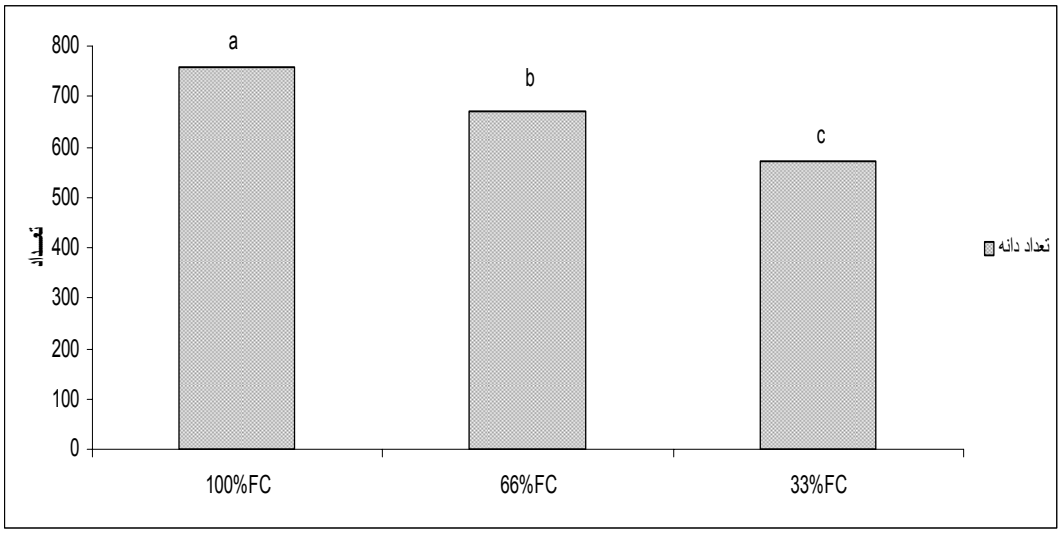


شکل ۴-۳۴ : تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر اجزا دانه در نمونه برداری هفتم

تعداد دانه در بلال حساسترین جزء عملکرد به کمبود آب است (سکوس لر[1]،۱۹۹۱). تنش خشکی از طریق کاهش تعداد دانه (به واسطه از بین رفتن جنین) و کاهش وزن دانه از طریق کاهش

[1]. Schussler

پرشدن دانه و کاهش انتقال مواد ذخیره ای به خاطر کاهش میزان آب و فتوسنتز باعث کاهش عملکرد دانه می شود (سید مسعود شعاع حسینی و همکاران، ۱۳۸۷).



شکل ۴-۳۵ : تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر تعداد دانه در بلال در نمونه برداری هفتم

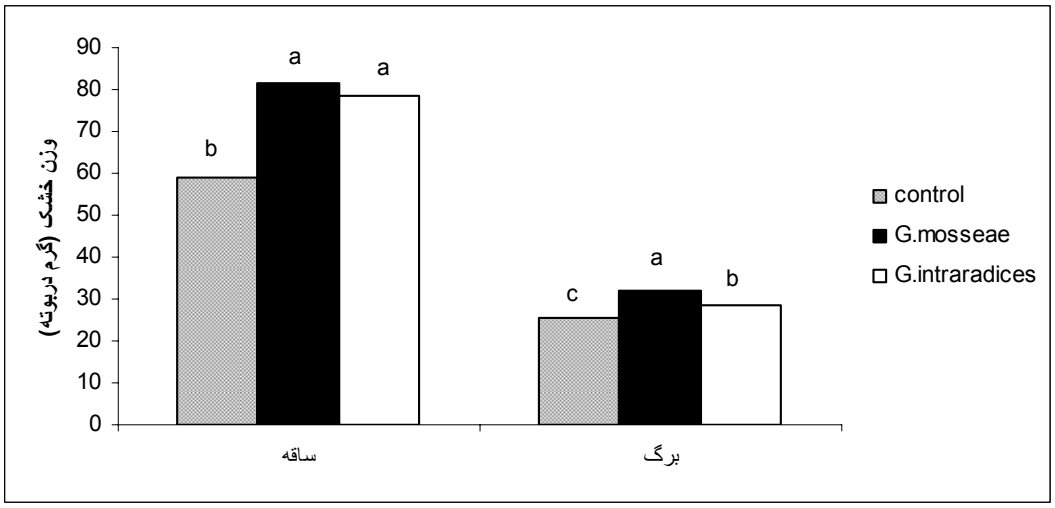
۴-۱-۷-۲- اثر میکوریزا بر صفات مورد بررسی :

در شکل ۴- ۳۶ تاثیر میکوریزا بر وزن خشک ساقه و برگ در نمونه برداری هفتم نشان داده شده است. استفاده از ماده تلقیح میکوریزا بر وزن خشک ساقه تاثیر معنی داری داشت ($P < 0.01$). خان[1] و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که همزیستی با میکوریزا وزن خشک ساقه را در ۱۰۰FC ٪ افزایش داد چنین نتایج مشابهی توسط ارنس[2] و همکاران (۱۹۹۸) نیز به دست آمد.

میانگین نتایج آزمایش نشان داد که گونه *G. mosseae* موجب افزایش معنی دار این صفت در مقایسه با شاهد شد (۳۷/۷۵٪ افزایش نسبت به عدم تلقیح). تلقیح بذور ذرت با میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک برگ نیز شد ($P < 0.01$). گونه *G. mosseae* در مقایسه با سایر سطوح تاثیر بیشتری بر وزن خشک برگ ذرت داشت و اختلاف آن با شاهد معنی دار بود (شکل ۴- ۳۶).

[1]. Khan
[2]. Eerens

سوبرامانیان[1] و کارست[2] (۱۹۹۷)، فنگ[3] و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که وزن خشک اندام های هوایی در نتیجه همزیستی با میکوریزا (جنس گلوموس) افزایش یافت، آن ها دلیل این موضوع را بهبود وضعیت عناصر غذایی و در نهایت رشد گیاه دانستند.



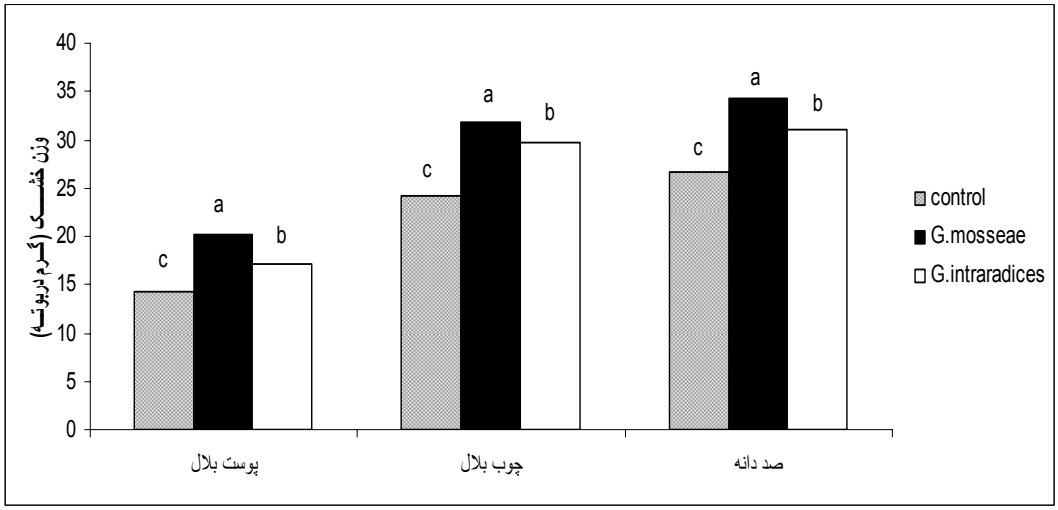
شکل۴-۳۶ : تاثیرسطوح قارچ های میکوریزا بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری هفتم

بر طبق جدول ضمیمه ۱۳ مشخص شد که اثر میکوریزا بر وزن خشک پوست بلال و چوب بلال معنی دار بود. گونه *G. mosseae* بیشترین و شاهد کمترین تاثیر را بر وزن خشک پوست بلال داشتند. دو گونه *G. intraradices* و *G. mosseae* از نظر تاثیر بر این صفت از نظر آماری اختلاف معنی داری با شاهد داشتند (جدول ضمیمه ۱۴). گونه *G. mosseae* بیشترین تاثیر را در افزایش وزن خشک چوب بلال داشت که این افزایش به میزان ۴۰/۸۷٪ و در مقایسه با شاهد معنی دار بود (جدول ضمیمه ۱۴). مقایسات میانگین حاکی از آن است که بین دو گونه میکوریزا *G. mosseae* و *G. intraradices* از لحاظ آماری اختلاف معنی داری وجود داشت (شکل ۴- ۳۷).

نتایج حاصل از تاثیر میکوریزا بر وزن صد دانه و وزن دانه در بوته و عملکرد دانه بیانگر آن است که کاربرد ماده تلقیح اثر معنی داری بر این صفات داشت ($P < 0.01$) (جدول ضمیمه ۱۳). حداکثر

[1]. Subramanian
[2]. Charest
[3]. Feng

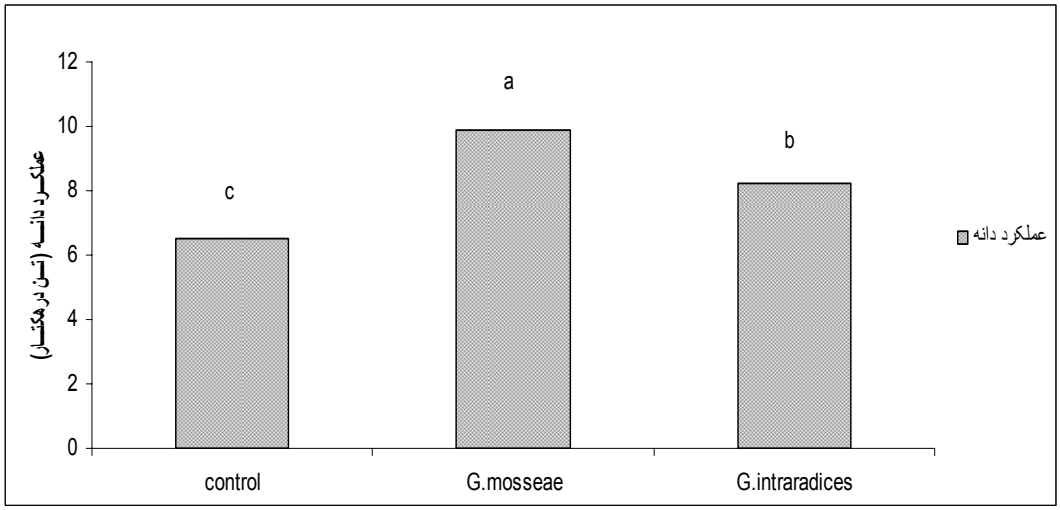
میزان افزایش در وزن صد دانه دربذور تلقیح یافته با گونه *G. mosseae* و *G. intraradice* (به ترتیب۲۸/۷۲٪ و ۱۶/۱۲٪ افزایش نسبت به شاهد) مشاهده شد (شکل ۴- ۳۷).



شکل ۴-۳۷ : تاثیر سطوح قارچ های میکوریزا بر وزن خشک اجزا بلال در نمونه برداری هفتم

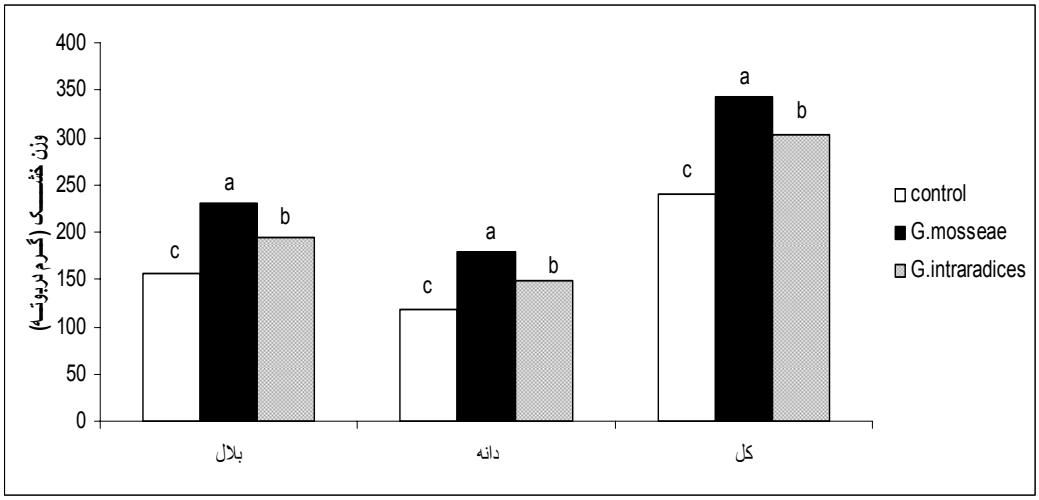
حداکثر میزان افزایش میانگین وزن دانه در بوته و همچنین عملکرد دانه در مقایسه با شاهد را بذور تلقیح یافته با گونه *G. mosseae* (۵۱/۹۰٪ افزایش) داشتند (شکل ۴- ۳۸ و ۴- ۳۹). گونه دیگر مورد بررسی میکوریزا در این تحقیق نیز موجب افزایش میزان وزن دانه در بوته و عملکرد دانه به ترتیب به میزان۲۶/۲۳٪ و ۲۶/۴۲٪ افزایش نسبت به شاهد شدند . با توجه به افزایش وزن صد دانه، ازدیاد عملکرد دانه نیز قابل قبول و مورد انتظار بود. به دلیل افزایش هدایت روزنه ای و باز و بسته شدن روزنه ها در گیاهان میکوریزایی رشد ریشه ها و جذب آب و مواد غذایی افزایش می یابد که منجر به افزایش عملکرد در این گیاهان می شود.

این نتایج توسط ابل[1] و همکاران (۱۹۹۷)، گرین[2] و همکاران (۱۹۹۸)، اوگ[3] (۲۰۰۱) و اوگ و همکاران (۲۰۰۴) نیز به دست آمد . با توجه به نتایج جدول ضمیمه ۱۳ مشخص شد که تاثیر میکوریزا بر وزن خشک بلال و وزن خشک کل بوته معنی دار بود و بین سطوح تلقیحی و شاهد از نظر تاثیر بر این دو صفت اختلاف معنی داری مشاهده شد، از نظر تاثیر بر میزان وزن خشک بلال و هم چنین وزن خشک کل بوته میتوان سطوح میکوریزا را به صورت زیر مرتب کرد: شاهد *G. mosseae*>*G. intraradices*> ، کاراکی[4] و راداد[5] (۱۹۹۷) گزارش کردند که میکوریزا بر روی توان گیاه برای جذب بیشتر عناصر غذایی تاثیر دارد که پی آمد آن افزایش تولید ماده خشک است (شکل ۴- ۳۹).



شکل ۴-۳۸ : تاثیرسطوح قارچ های میکوریزا بر عملکرد دانه در نمونه برداری هفتم

[1]. Ebel
[2]. Green
[3]. Auge
[4]. Al-Karaki
[5]. Al-Raddad

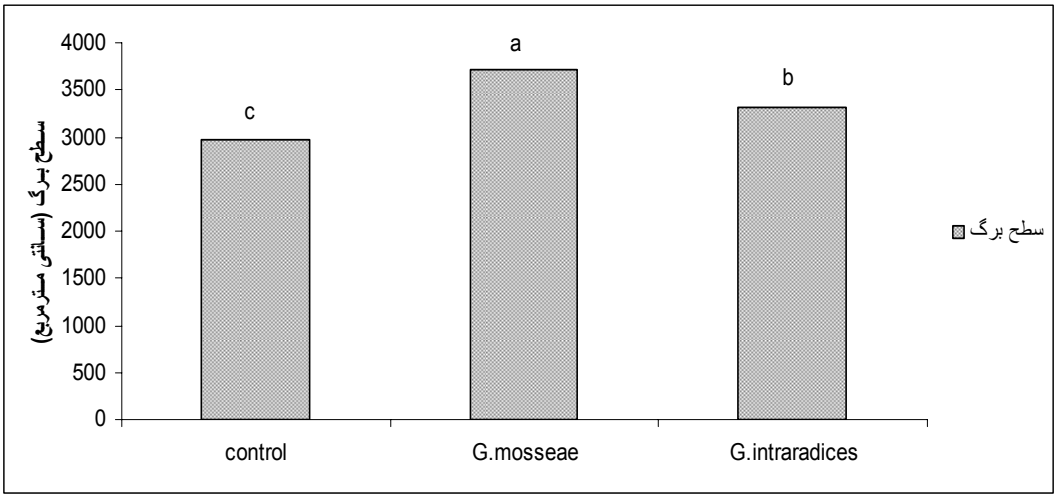


شکل ۴-۳۹ : تاثیر سطوح قارچ های میکوریزا بر وزن خشک (بلال، دانه و کل بوته) در نمونه برداری هفتم

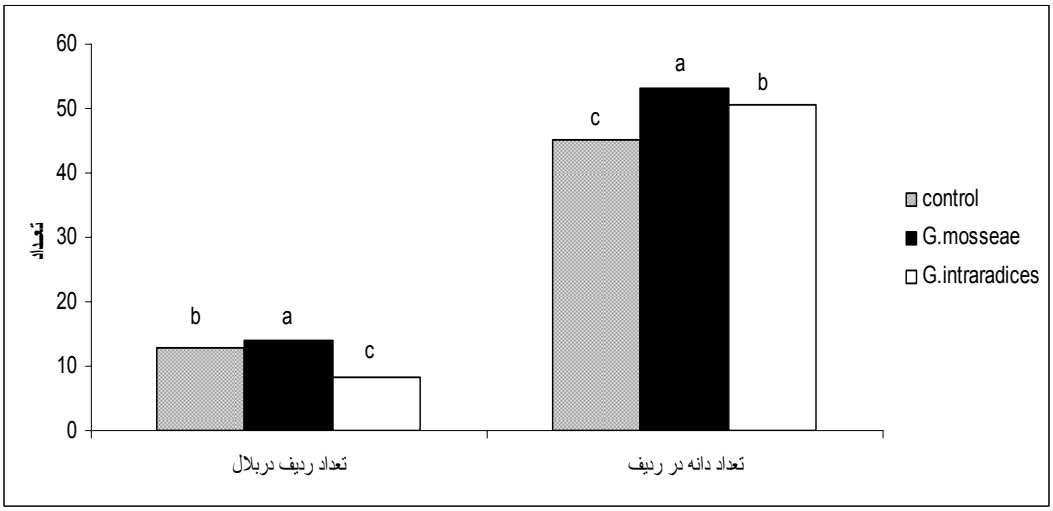
با توجه به نتایج جدول ضمیمه ۱۳ مشخص شد که تلقیح با میکوریزا سطح برگ را در گیاه را به طورمعنی داری افزایش داد ($P < 0.01$)، بلند نظر و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش کردند که بدون همزیستی میکوریزایی سطح برگ و ارتفاع گیاه در پیاز کاهش می یابد.

تاکور[1] و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند که همزیستی با میکوریزا در گیاه لوبیا باعث افزایش سطح برگ به میزان ۹/۱٪ نسبت به شاهد شد. ناگاراسنا[2] و همکاران (۲۰۰۷) نیز افزایش سطح برگ در آفتابگردان را در اثر همزیستی با میکوریزا گزارش کردند. حداکثر میزان افزایش در سطح برگ در بذور تلقیح یافته با گونه *G. mosseae* و *G. intraradices* (به ترتیب به میزان ۲۵/۱۲٪ و۱۱/۵۰٪ افزایش نسبت به شاهد) می باشد (شکل ۴- ۴۰). نتایج بررسی نشان داد که اثر تلقیح میکوریزا در افزایش تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در بلال از نظر آماری معنی دار بود (شکل ۴- ۴۱ و ۴- ۴۲).

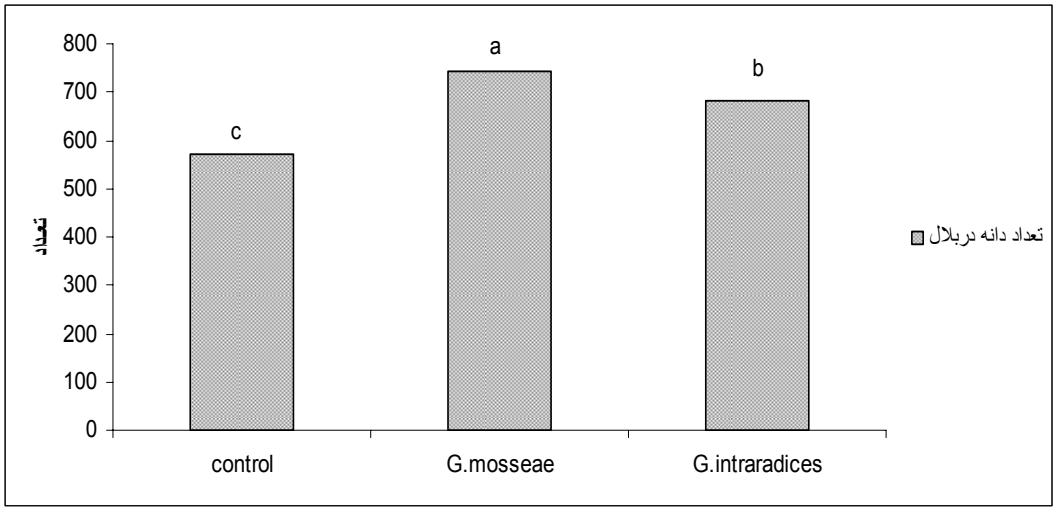
[1]. Thakur
[2]. Nagarathna



شکل ۴-۴۰ : تاثیرسطوح قارچ های میکوریزا بر سطح برگ ذرت در نمونه برداری هفتم



شکل ۴-۴۱ : تاثیرسطوح قارچ های میکوریزا بر اجزا دانه در نمونه برداری هفتم



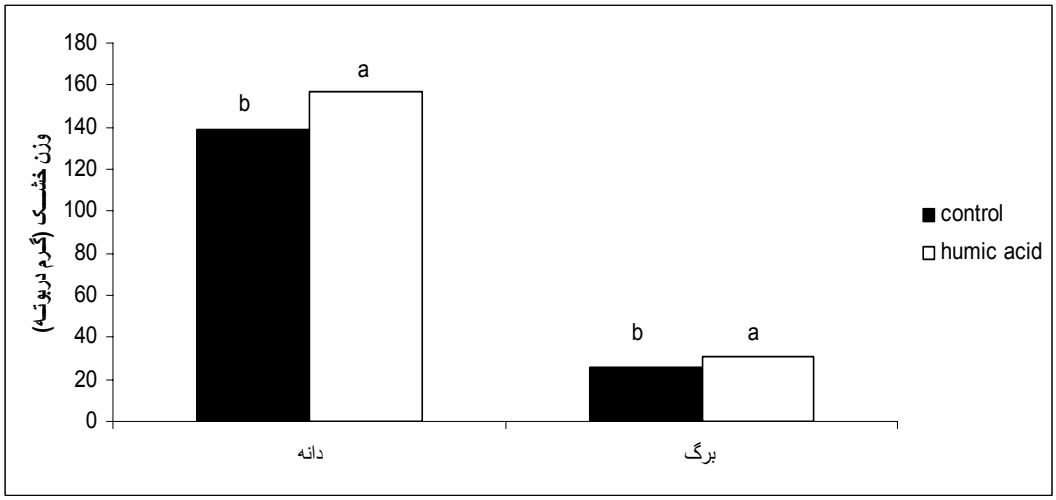
شکل ۴-۴۲ : تاثیرسطوح قارچ های میکوریزا بر تعدا دانه در بلال در نمونه برداری هفتم

۴-۱-۷-۳- اثر اسید هیومیک بر صفات مورد بررسی :

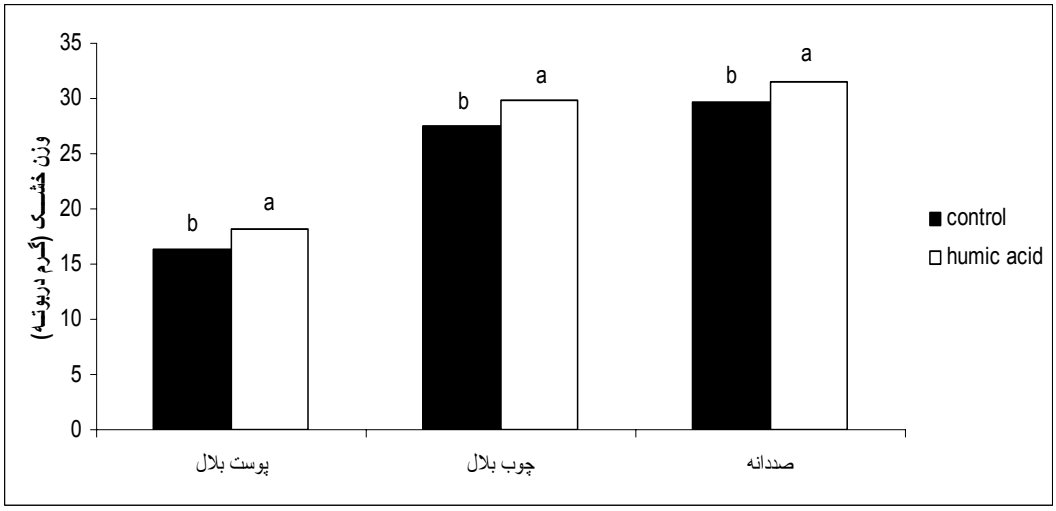
در شکل۴-۴۳ و جدول ضمیمه ۱۴ تاثیر اسید هیومیک بر وزن خشک ساقه و برگ در دو سطح مصرف و عدم مصرف اسید هیومیک در نمونه برداری هفتم نشان داده شده است. استفاده از اسید هیومیک بر افزایش وزن خشک ساقه در مقایسه با شاهد تاثیر معنی داری نداشت. ولی استفاده از اسید هیومیک باعث افزایش وزن خشک برگ شد. استفاده از اسید هیومیک باعث افزایش وزن خشک برگ به میزان ۲۰/۱۶٪ نسبت به شاهد شد. خزاعی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که کاربرد ۳۰۰ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک در گندم باعث افزایش وزن خشک برگ به میزان ۱۷/۳۶٪ نسبت به شاهد شد. هم چنین اسید هیومیک بر وزن خشک دانه در بوته تاثیر مثبت داشت و باعث افزایش این صفت در مقایسه با شاهد شد (شکل ۴- ۴۳).

بر طبق نتایج به دست آمده اسید هیومیک باعث افزایش وزن خشک پوست بلال و چوب بلال شد (شکل ۴- ۴۴). هم چنین اسید هیومیک بر وزن صد دانه و عملکرد دانه نیز تاثیر مثبت داشت و باعث افزایش این صفات در مقایسه با شاهد شد (شکل ۴- ۴۴ و ۴- ۴۵).

اسید هیومیک و اسید فولویک عملکرد محصول و کیفیت آن ها را در گیاهان مختلف افزایش می دهند (شریف[1] و همکاران، ۲۰۰۲) این نتایج در مورد ذرت (آلبوزیو[2] و همکاران، ۱۹۹۴) و در مورد گوجه فرنگی (دوگان[3] و دمیر،[4] ۲۰۰۴) نیز تایید شدند.

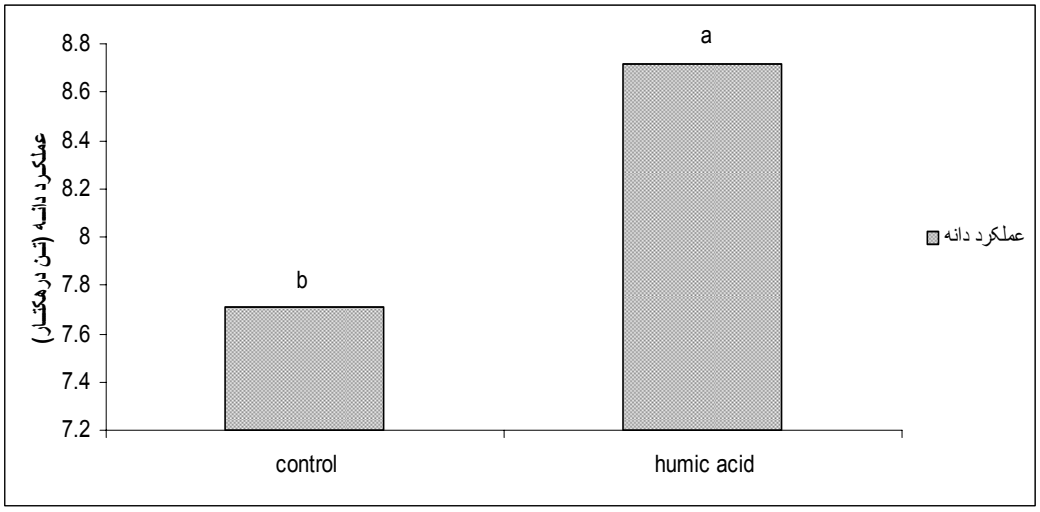


شکل۴-۴۳ : تاثیر سطوح اسید هیومیک بر وزن خشک دانه و برگ در نمونه برداری هفتم



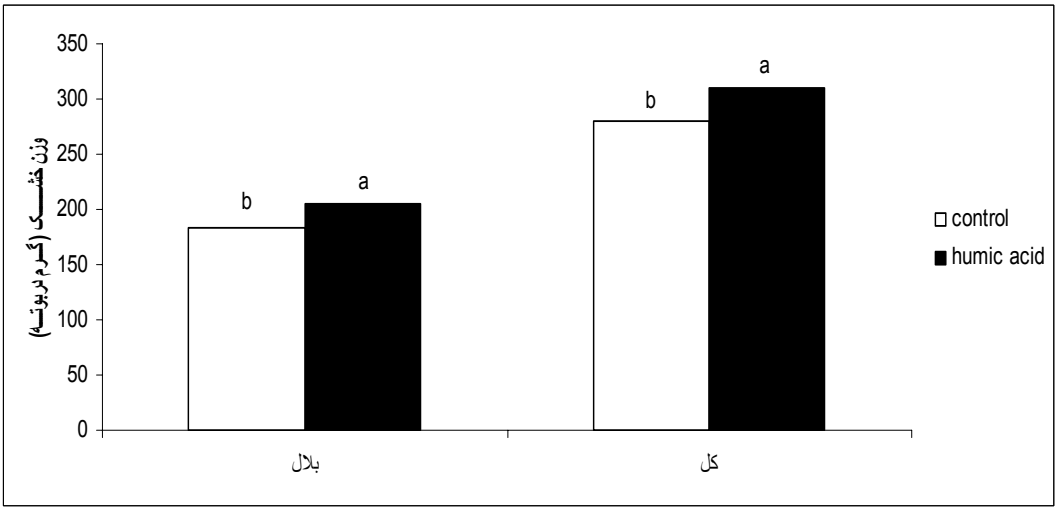
شکل ۴-۴۴ : تاثیر سطوح اسید هیومیک بر وزن خشک اجزا بلال در نمونه برداری هفتم

[1]. Sharif
[2]. Albuzio
[3]. Dogan
[4]. Demir

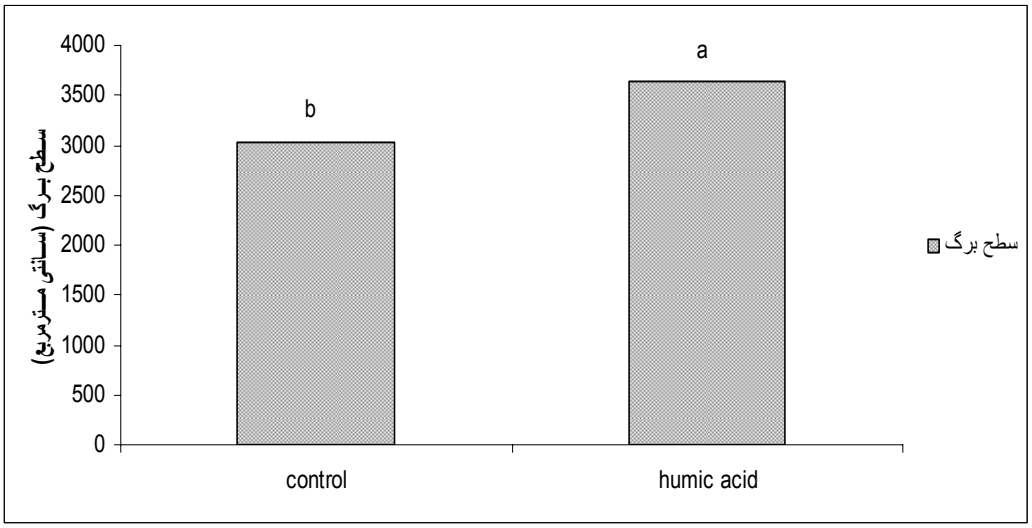


شکل ۴-۴۵ : تاثیر سطوح اسید هیومیک بر عملکرد دانه در نمونه برداری هفتم

اسید هیومیک باعث افزایش وزن خشک بلال و وزن خشک کل بوته به ترتیب به میزان ۱۲/۲۵٪ و۱۰/۶۳٪ نسبت به شاهد شد (شکل ۴- ۴۶). اسید هیومیک سطح برگ، تعداد دانه در ردیف و تعداد دانه در بلال را نیز افزایش داد و بر روی این صفات از نظر آماری تاثیر معنی دار داشت ($P < 0.01$) (شکل ۴- ۴۷ و ۴- ۴۸). خزاعی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که کاربرد ۳۰۰ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک باعث افزایش سطح برگ در گندم نسبت به شاهد شد.



شکل ۴-۴۶ : تاثیر سطوح اسید هیومیک بر وزن خشک بلال و کل بوته در نمونه برداری هفتم



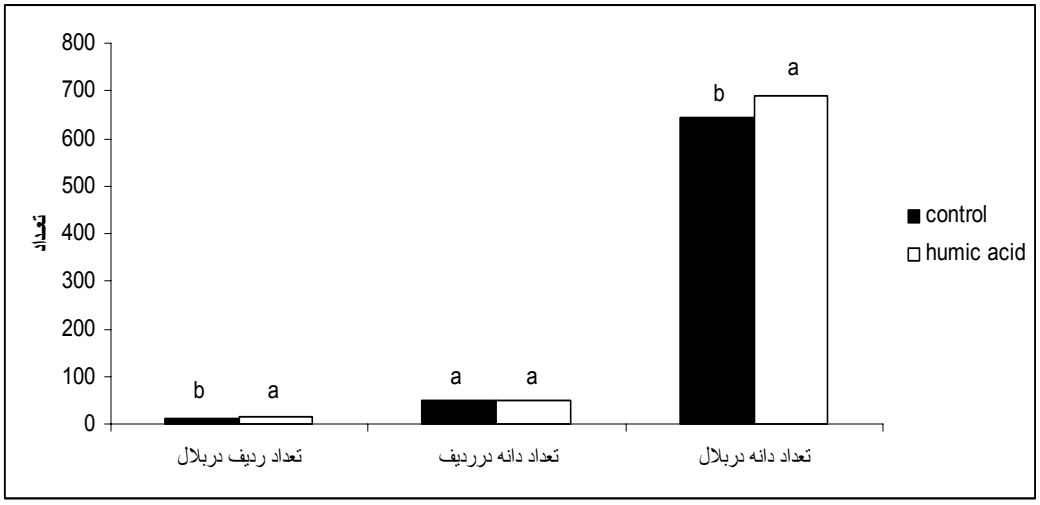
شکل ۴-۴۷ : تاثیر سطوح اسید هیومیک بر سطح برگ ذرت در نمونه برداری هفتم

تاثیر مثبت اسید هیومیک بر روی رشد و تولید محصولات به نظر می رسد به خاطر افزایش فعالیت هورمون هایی است که در تنفس سلولی، فتوسنتز، فسفوریلاسیون اکسیداتیو، سنتز پروتئین، انتی اکسیدان و واکنش های آنزیمی مختلف نقش دارند (وایوقان[1] و همکاران، ۱۹۸۵.، چن[2] و آویاد[3]، ۱۹۹۰.، موسکولو[4] و همکاران، ۱۹۹۹.، ژانگ و چمیدت، ۲۰۰۰.، ژانگ و همکاران، ۲۰۰۳). اسید هیومیک بر روی تعداد ردیف در بلال نیز تاثیر معنی داری داشت ($P < 0.05$)، و باعث افزایش تعداد ردیف در بلال به میزان ۲/۸۱٪ نسبت به شاهد شد (شکل ۴- ۴۸) .

۴-۱-۷-۴- اثرات متقابل الف – میکوریزا و تنش کم آبی ب- اسید هیومیک و تنش کم آبی:

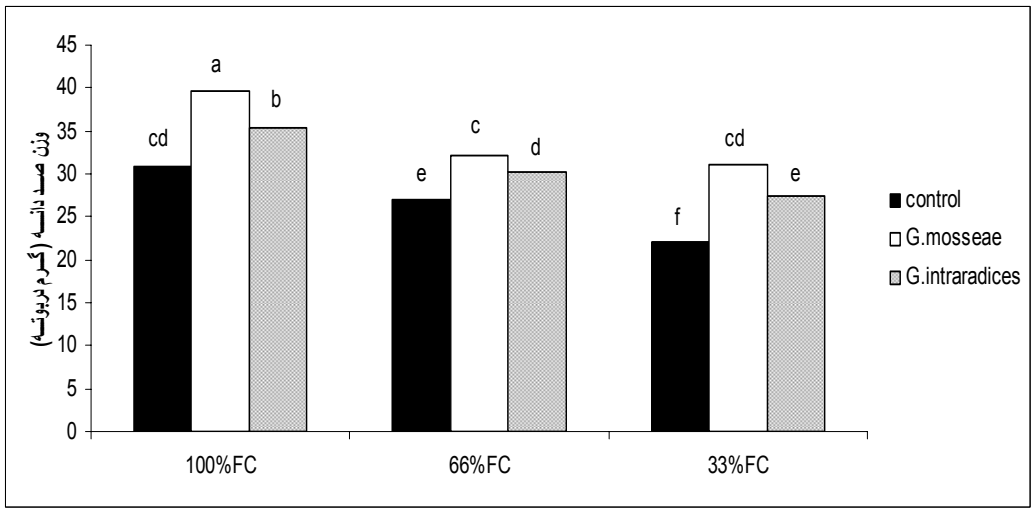
نتایج حاصل از تاثیر توام تنش کم آبی و میکوریزا بر صفات رشد و عملکرد در جدول ضمیمه ۱۳ نشان داده شده است نتایج به دست آمده در این تحقیق حاکی از آن است که تاثیر توام این دو

[1]. Vaughan
[2]. Chen
[3]. Aviad
[4]. Muscolo



شکل ۴-۴۸ : تاثیر سطوح اسید هیومیک بر اجزا دانه و تعداد دانه در بلال در نمونه برداری هفتم

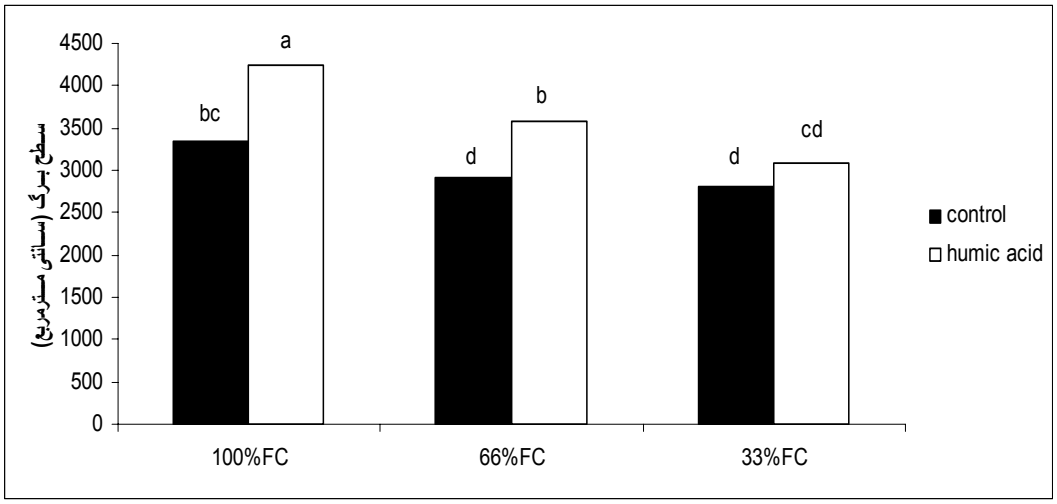
عامل تنها بر روی وزن صد دانه تاثیر معنی دار داشت ($P < 0.05$). تیمار S_1M_1[1] بیشترین افزایش را به میزان ۲۸/۲۹٪ نسبت به شاهد داشت و تیمار S_3M_1[2] کمترین میزان وزن صد دانه را تولید کرد (شکل ۴- ۴۹).



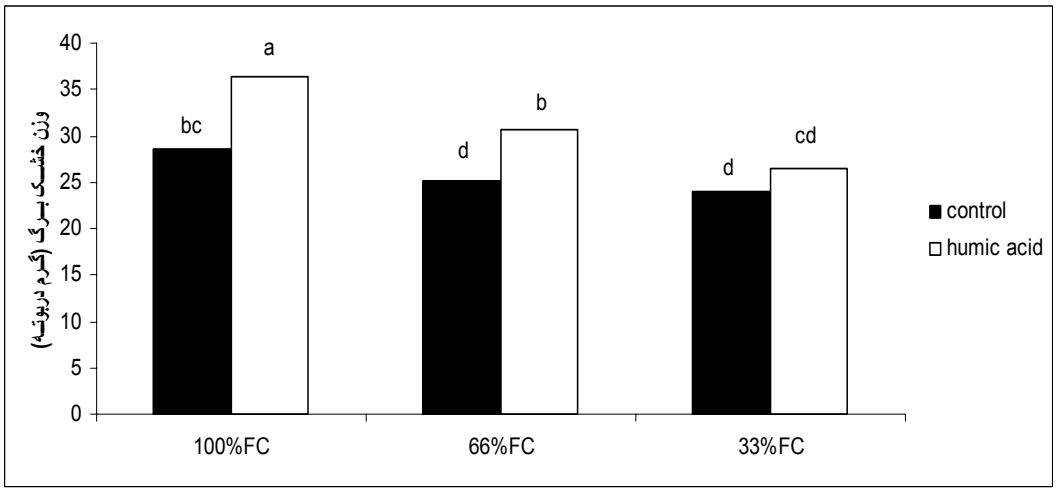
شکل ۴-۴۹: تاثیرمتقابل سطوح تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا بر وزن صد دانه ذرت در نمونه برداری هفتم

[1]. S_1: 100%FC, M_1: *G. mosseae*
[2]. S_3: 33%FC, M_1: *G. mosseae*

تاثیر توام اسید هیومیک و تنش کم آبی نشان داد که این دو عامل تنها بر روی سطح برگ و وزن خشک برگ تاثیر معنی دار داشت ($P < 0.05$) تیمار S_1H_1[1] بیشترین افزایش سطح برگ به میزان ۲۷/۰۱٪ نسبت به شاهد را داشت و تیمار S_3H_0[2] کمترین میزان سطح برگ را نشان داد . همچنین تیمار S_1H_1 بیشترین میزان وزن خشک برگ را نیز نشان داد و کمترین میزان وزن خشک برگ هم در تیمار S_3H_0 مشاهده شد (شکل ۴- ۵۰ و ۴- ۵۱).



شکل ۴-۵۰ : تاثیرمتقابل سطوح تنش کم آبی و اسیدهیومیک بر سطح برگ ذرت در نمونه برداری هفتم



شکل ۴-۵۱ : تاثیر متقابل سطوح تنش کم آبی و اسید هیومیک بر وزن خشک برگ ذرت در نمونه برداری هفتم

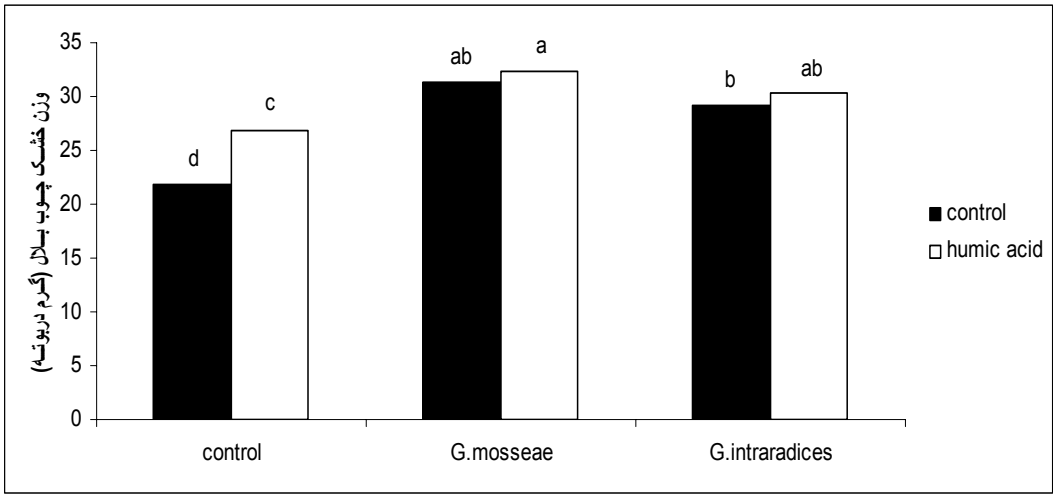
[1]. S_1: 100%FC, H_1: humic acid
[2] . S_3: 33%FC, H_0: non humic acid

۴-۱-۷-۵- اثر متقابل میکوریزا و اسید هیومیک بر صفات مورد بررسی :

نتایج حاصل از تاثیر توام میکوریزا و اسید هیومیک بر صفات رشد و عملکرد نشان داد که تاثیر همزمان دو عامل بر تمامی صفات مورد بررسی اثر معنی دار نداشت و تنها بر روی وزن خشک چوب بلال تاثیر معنی داری داشت ($P < 0.05$)، به طوری که در این صفت تیمار M_1H_1[1] بیشترین افزایش به میزان ۴۸/۷۱٪ نسبت به شاهد را داشت و تیمار شاهد کمترین میزان وزن خشک چوب بلال را تولید کرد (شکل ۴- ۵۲).

۴-۱-۷-۶- اثر متقابل میکوریزا ، اسید هیومیک و تنش کم آبی بر صفات مورد بررسی :

نتایج حاصل از تاثیر همزمان میکوریزا × اسید هیومیک × تنش کم آبی بر صفات مورد بررسی در این تحقیق، در جدول ضمیمه ۱۳ نشان داده شده است، نتایج بیانگر آن است که هر چند تاثیر توام این سه عامل موجب افزایش تمامی این صفات شد، ولی این روند افزایش از لحاظ آماری معنی دار نبود.



شکل ۴-۵۲ : تاثیر متقابل سطوح قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک بر وزن خشک بلال در نمونه برداری هفتم

[1]. M_1: *G.mosseae*, H_1: humic acid

۴-۲- کارآیی مصرف آب (WUE)

در این تحقیق کارآیی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب) بر اساس وزن خشک کل بوته (کیلوگرم بر هکتار) تولید شده به ازای مقدار آب مصرفی (مترمکعب بر هکتار) محاسبه شد (جدول ضمیمه ۱۵). با توجه به جدول ضمیمه ۱۵ مقدار آب مصرف شده در دوره رشد ۱۳۰ روزه ذرت برای سطوح تنش کم آبی (FC ۱۰۰٪ ، FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪) به ترتیب به میزان (۱۲۰۷۰، ۸۸۲۰ و۶۵۲۰ متر مکعب در هکتار) بود.کارآیی مصرف آب عبارت از مقدار ماده خشک گیاهی تولید شده به ازای مقدار آب مصرفی است. نتایج حاصل از تاثیر تنش کم آبی بر کارآیی مصرف آب در ذرت در شکل ۴-۵۳ و جدول ضمیمه ۱۶ نشان داده شده است. همانگونه که از نتایج جدول ضمیمه ۱۶ مشخص می شود تنش کم آبی تاثیر معنی داری بر مقدار کارآیی مصرف آب در مقایسه با شرایط بدون تنش (شاهد) داشت ($P < 0.01$). مقدار کارآیی مصرف آب در شرایط تنش متوسط (FC۶۶٪) و تنش شدید (FC ۳۳٪) به ترتیب به میزان ۱۹/۶۲٪ و ۲۹/۱۱٪ نسبت به شاهد (FC۱۰۰٪) افزایش یافت. وفابخش و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که کارآیی مصرف آب ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی از شرایط بدون تنش (شاهد) به طور معنی داری بیشتر بود. علی آبادی فراهانی و همکاران (۲۰۰۸) نیز چنین نتایج مشابهی را بر روی گیاه گشنیز گزارش گردند، این محققین دلیل افزایش کارآیی مصرف آب را تحت شرایط تنش کم آبی اینطور بیان کردند که گیاهان در این شرایط برگ های اضافی را از دست می‌دهند و سطح برگی را کاهش می دهند و به خاطر کاهش هدر روی آب از طریق تبخیر و تعرق روزنه‌های خود را به صورت بسته یا نیمه باز قرار می دهند، در نتیجه گیاه از آب مصرفی برای تولید ماده خشک استفاده می کند که این امر موجب افزایش کارآیی مصرف آب می شود.

نتایج حاصل از تاثیر قارچ های میکوریزا بر کارآیی مصرف آب بیانگر آن است که کاربرد ماده تلقیحی اثر معنی داری بر این صفت داشت ($P < 0.01$) (جدول ضمیمه ۱۶). مقدار کارآیی مصرف آب در بذور تلقیح یافته با گونه *G. mosseae* و *G. intraradices* به ترتیب به میزان ۴۵/۹۴٪ و

۲۷/۰۲٪ نسبت به شاهد افزایش یافت (شکل۴-۵۴). نتایج آزمایشات بر روی گندم نشان می دهد که گیاهان میکوریزایی به ازای تولید هر واحد ماده خشک آب کمتری مصرف می کنند بنابراین WUE بالاتری دارند (قاضی و کاراکی، ۱۹۹۸). این محققین مهم ترین دلایل افزایش WUE را در گیاهان میکوریزایی این گونه بیان نمودند:

الف) میکوریزا توان گیاه رابرای جذب بیشتر رطوبت و عناصر غذایی افزایش داده و پی آمد آن روزنه‌ها بیشتر باز خواهند ماند و تولید ماده خشک افزایش می یابد.

ب) هدایت هیدرولیکی ریشه در گیاهان میکوریزایی افزایش یافته و آب با راندمان بالاتری منتقل می‌شود.

ج) گیاهان میکوریزایی بیوماس ریشه بیشتری تولید می نمایند.

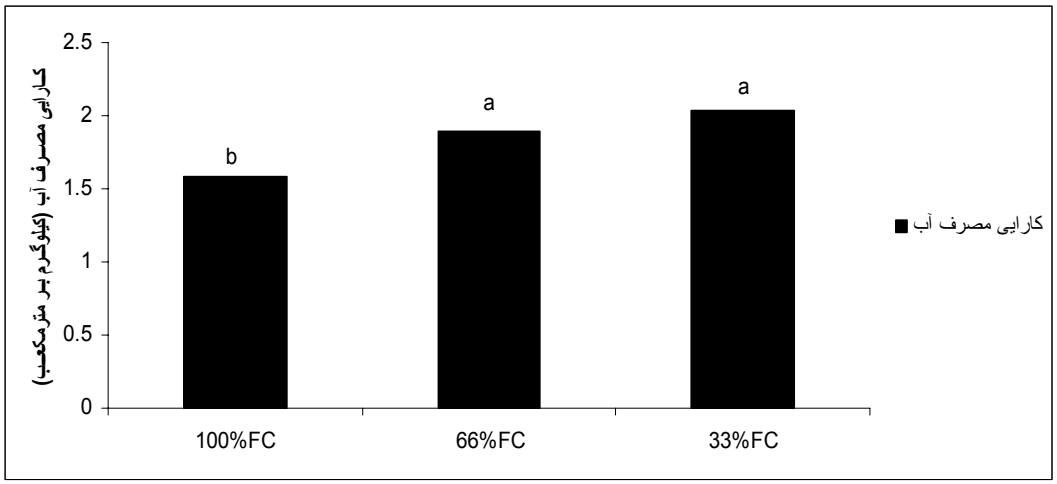
د) بهبود جذب عناصر غذایی، راندمان انتقال آب و فتوسنتز را در گیاهان میکوریزایی افزایش می-دهد.

میلر (۲۰۰۰) نیز گزارش داد که در گیاهان میکوریزایی به دلیل افزایش فتوسنتز و تولید بیشتر مواد فتوسنتزی به ازای واحد آب مصرفی WUE افزایش می یابد. بلندنظر و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که همزیستی با میکوریزا در پیاز کارآیی مصرف آب را افزایش داد آن ها به این نتیجه رسیدند که کارآیی مصرف آب در گونه های مختلف قارچ های میکوریزا متفاوت است به طوری که:

شاهد<*G. versiforme>G. intraradices>G. etunicatum*> . این محققین معتقدند که افزایش هدایت روزنه ای و باز و بسته شدن روزنه ها در گیاهان میکوریزایی رشد ریشه ها و جذب آب و مواد غذایی را افزایش می دهد که منجر به افزایش عملکرد و کارآیی مصرف آب در گیاه می شود این نتایج توسط ابل[1] و همکاران (۱۹۹۷)، گرین[2] و همکاران (۱۹۹۸)، اوگ[3] (۲۰۰۱) و اوگ و همکاران (۲۰۰۴) نیز به دست آمدند. هم چنین آن ها معتقدند که تفاوت بین گونه های مختلف

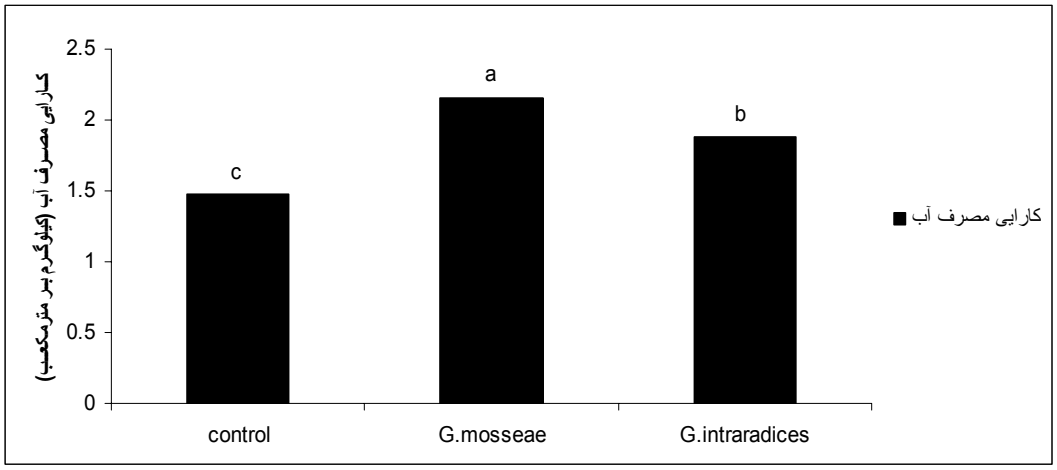
[1]. Ebel
[2].Green
[3]. Auge

قارچ های میکوریزا در افزایش کارآیی مصرف آب به علت تفاوت آنها در تولید میسیلیوم های خارجی می‌باشدکه امکان دسترسی گیاه به منابع بیشتری از آب ذخیره شده در خاک را فراهم می کند این نتایج توسط فیتر[1](۱۹۸۶) گزارش شد. علی آبادی فراهانی و همکاران (۲۰۰۸) نیز دلیل افزایش کارآیی مصرف آب از طریق همزیستی با میکوریزا را در افزایش جذب فسفر دانستند که باعث افزایش عملکرد بیولوژیک و در نتیجه افزایش کارآیی مصرف آب می شود. محققان دیگر نیز گزارش دادند که WUE درگیاهان همزیست با میکوریزا در مقایسه با گیاهان غیر همزیست بیشتر می باشد (آلن و همکاران، ۱۹۸۱ .، هاردی[2] و لیتون[3]، ۱۹۸۱.، ناگاراسنا و همکاران، ۲۰۰۷).



شکل ۴-۵۳: تاثیر سطوح تنش کم آبی بر کارآیی مصرف آب

[1]. Fitter
[2]. Hardie
[3]. Leyton



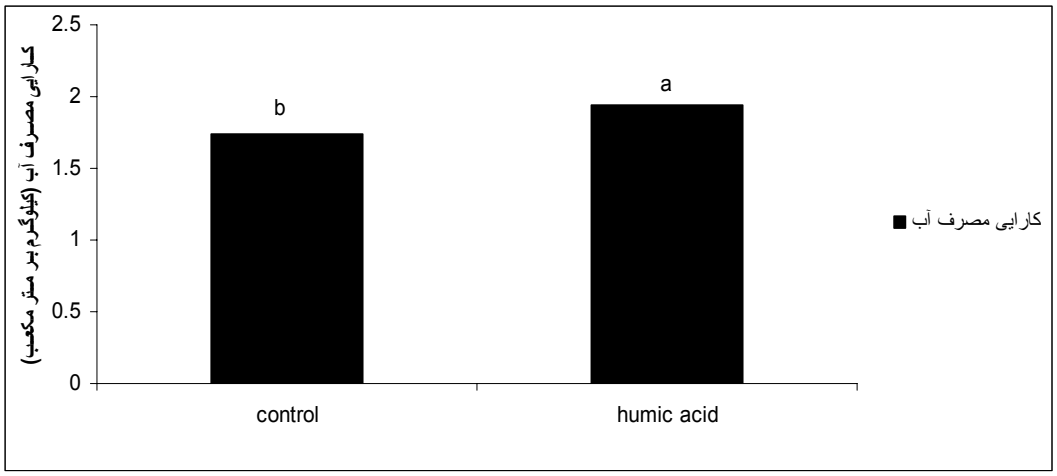
شکل ۴-۵۴: تاثیر سطوح قارچ های میکوریزا بر کارآیی مصرف آب

نتایج همچنین نشان داد که اسید هیومیک نیز تاثیر معنی‌داری بر کارآیی مصرف آب داشت ($P < 0.01$) (جدول ضمیمه ۱۶). کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش کارآیی مصرف آب به میزان ۱۱/۴۹٪ نسبت به شاهد شد (شکل ۴-۵۵). مولکولهای اسید هیومیک با مینرال های خاک تشکیل پیوند داده و شبکه ای به هم پیوسته ایجاد می کنند که مجموعا قادرند حجم نسبتا زیادی آب را در خود ذخیره نمایند. هر چه بافت خاک سبک تر باشد این تاثیر بیشتر است. که این عمل باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب می شود و کارآیی مصرف آب را در محصولات بهبود می بخشد (سینگر و بیسونایس، ۱۹۹۸.، استیونسون، ۱۹۹۴).

تاثیر متقابل تنش کم آبی و میکوریزا بر روی کارآیی مصرف آب نیز از نظر آماری معنی دار بود($P < 0.01$) (جدول ضمیمه ۱۶). بیشترین کارآیی مصرف آب در شرایط FC ۳۳٪ و همزیستی با گونه *G. mosseae* به میزان $۲/۵۰ Kg/m^3$ به دست آمد و کمترین کارآیی مصرف آب به میزان $۱/۳۱ Kg/m^3$ در شرایط FC ۱۰۰٪ و بدون همزیستی با میکوریزا به دست آمد (شکل۴-۵۶). خان و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که تحت تاثیر تلقیح با میکوریزا در *Avena sativa* (یولاف) تحت رژیم های رطوبتی FC۵۰٪ و FC ۱۰۰٪ عملکرد و WUE افزایش یافت .

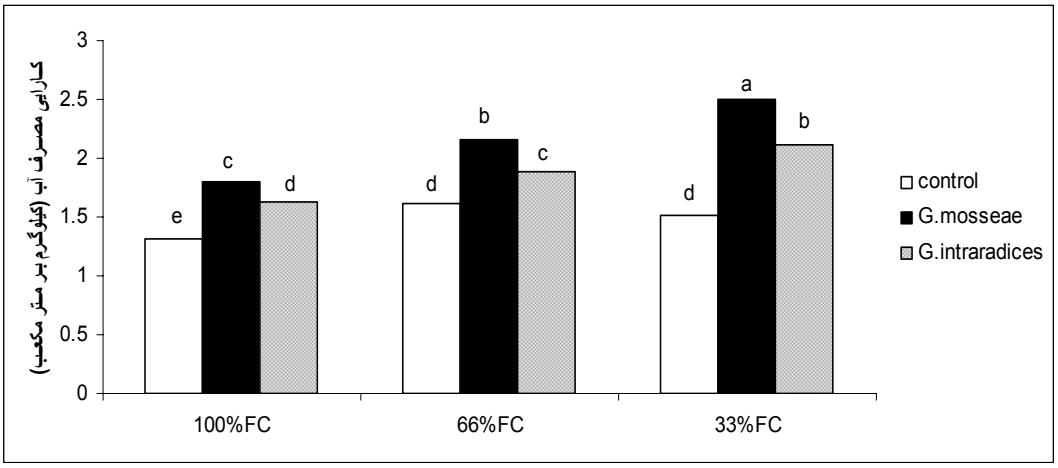
کایا[1] و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که تلقیح هندوانه با میکوریزا تحت شرایط مطلوب آبیاری (بدون تنش) (Well Water) و شرایط تنش آب(Water Stress) عملکرد میوه و WUE را افزایش داد.

میکوریزا در شرایط استرس خشکی از طریق گسترش انشعاب هیف های خود به داخل خاک میزان جذب آب را افزایش می دهد و آب کافی را برای فعالیت های فیزیولوژیکی در گیاهان فراهم می‌کند (فابر[2] و همکاران، ۱۹۹۱.، اسمیت و رید،۱۹۹۷)، این نتایج توسط محققان دیگر نیز تایید شده است (سوبرامانیان و همکاران، ۱۹۹۷).



شکل۴-۵۵: تاثیر سطوح اسید هیومیک بر کارآیی مصرف آب

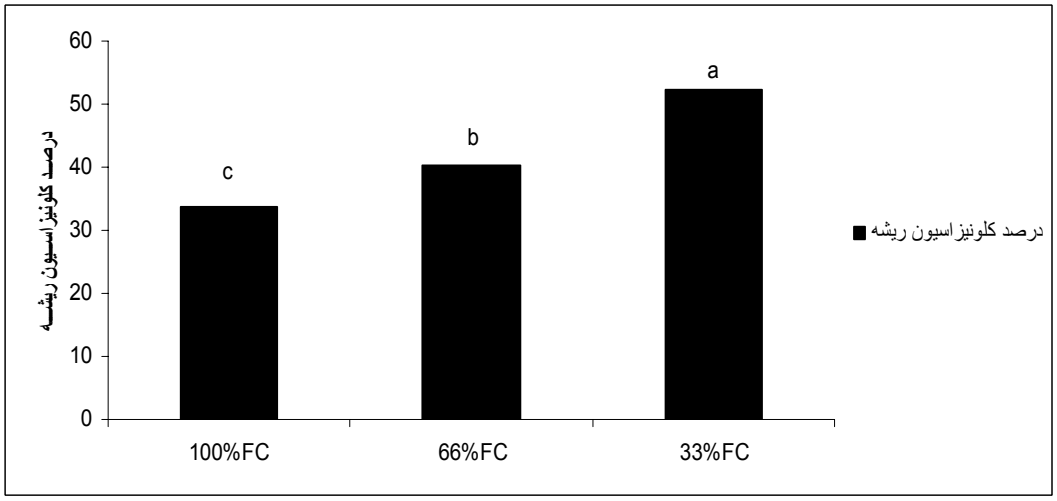
[1]. Kaya
[2]. Faber



شکل ۴-۵۶: تاثیر متقابل سطوح تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا بر کارآیی مصرف آب

۴-۳- درصد کلونیزاسیون ریشه

نتایج حاصل از تاثیر تنش کم آبی بر میزان کلونیزاسیون ریشه در ذرت در شکل ۴-۵۷ و جدول ضمیمه ۱۶ نشان داده شده است. همانگونه که از نتایج جدول ضمیمه ۱۶ مشخص می شود تنش کم آبی تاثیر معنی داری بر مقدار کلونیزاسیون ریشه در مقایسه با شرایط بدون تنش (شاهد) داشت ($P < 0.01$). درصد کلونیزاسیون ریشه در شرایط تنش متوسط (FC ۶۶٪) و تنش شدید (FC۳۳٪) به ترتیب به میزان۴۰/۳۳٪ و ۵۲/۲۸٪ محاسبه شد.



شکل۴-۵۷: تاثیر سطوح تنش کم آبی بر درصد کلونیزاسیون ریشه

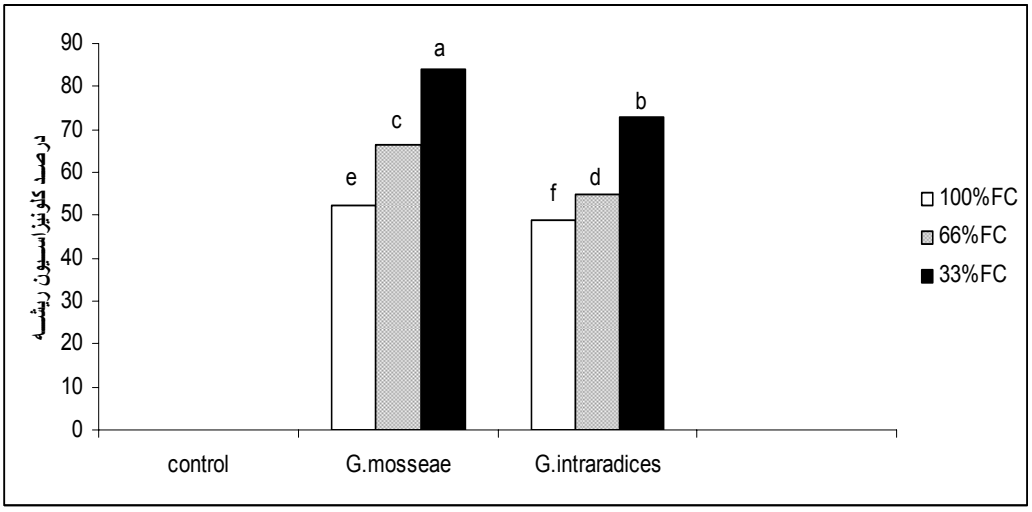
با توجه به جدول ضمیمه ۱۶ مشاهده می شود که اختلاف بین درصد کلونیزاسیون ریشه بین گونه‌های مورد مطالعه قارچ های میکوریزا از نظر آماری معنی دار بود ($P < 0.01$). نتایج حاصل از مقایسات میانگین بین گونه ها نشان داد که بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه به گونه *G. mosseae* تعلق دارد به میزان (۶۷/۴۴٪) و کمترین درصد کلونیزاسیون ریشه متعلق به گونه *G. intraradices* می باشد به میزان (۵۸/۸۳٪) (جدول ضمیمه ۱۷). عامریان و همکاران (۲۰۰۱) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند آنها با بررسی تاثیر دو گونه *G. mosseae* و *G. intraradices* بر روی رشد و نسبت آبی در ذرت تحت شرایط استرس خشکی به این نتیجه رسیدند که گونه *G. mosseae*بیشترین درصد کلونیزاسیون را به میزان ۹۳/۵٪ دارد و گونه *G. intraradices* کمترین میزان کلونیزاسیون را به میزان ۷۸/۳٪ دارد. نتایج تحقیق مارولاندا[1] و همکاران (۲۰۰۷) بر روی گیاه اسطوخدوس میکوریزایی شده حاکی از آن بود که گونه های بومی مقاوم به خشکی *G. intraradices* و *G. mosseae* کلونیزاسیون ریشه را به ترتیب به میزان ۳۵٪ و ۱۰۰٪ افزایش دادند.

نتایج هم چنین نشان داد که اسید هیومیک نیز تاثیر معنی داری بر درصد کلونیزاسیون ریشه داشت ($P < 0.01$) (جدول ضمیمه ۱۶). کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه به میزان۳/۳۰٪ نسبت به شاهد شد (جدول ضمیمه ۱۷).

تاثیر متقابل تنش کم آبی و میکوریزا بر روی درصد کلونیزاسیون ریشه نیز از نظر آماری معنی دار بود ($P < 0.01$) (جدول ضمیمه ۱۶). بیشترین میزان کلونیزاسیون ریشه در شرایط FC ۳۳٪ و همزیستی با گونه *G. mosseae* به میزان ۸۳/۸۳٪ به دست آمد و کمترین میزان کلونیزاسیون ریشه به میزان ۴۸/۸۳٪ در شرایط FC ۱۰۰٪ و همزیستی با گونه *G. intraradices* به دست آمد (شکل ۴-۵۸). نتایج به دست آمده از درصد کلونیزاسیون ریشه تقریبا مشابه با نتایج کارآیی مصرف آب در شرایط تنش کم آبی و همزیستی با قارچ های میکوریزا می باشد، همانگونه که

[1]. Marulanda

مشاهده می شود بیشترین میزان کارآیی مصرف آب مربوط است به تیمار FC ۳۳٪ و همزیستی با گونه *G. mosseae* و بیشترین میزان درصد کلونیزاسیون ریشه نیز مربوط به همین تیمار می باشد. در نتیجه در شرایط تنش شدید درصد کلونیزاسیون ریشه ذرت بیشتر می باشد که این امر منجر به افزایش رشد و افزایش کارآیی مصرف آب در این شرایط می شود. رویزلوزانو و همکاران (۱۹۹۵) در تحقیقی نشان دادند که میزان کلونیزاسیون گونه *G. deserticola* در مقایسه با گونه *G. etanicatum* بیشتر بود و این گونه سازگاری بیشتری با شرایط استرس خشکی از خود نشان داد و در نهایت منجر به افزایش رشد در شرایط استرس خشکی و افزایش کارآیی مصرف آب در این شرایط شد.



شکل ۴-۵۸: تاثیر متقابل سطوح تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون ریشه

۴-۴- شاخص های رشد ذرت

۴-۴-۱- تجمع ماده خشک[1] (TDM)

در شکل ۴-۵۹ تاثیر تنش کم آبی بر میزان تجمع ماده خشک در طی فصل رشد ذرت نشان داده شده است. مطابق نتایج نشان داده شده در شکل افزایش تجمع ماده خشک در اوایل دوره رشد (تا ۴۵ روز پس از کاشت) تقریبا مشابه بود و اختلاف معنی داری بین سطوح وجود نداشت. میانگین تجمع ماده خشک پس از گذشت ۶۰ روز از کاشت به طور معنی داری تحت تاثیر تنش کم آبی قرار گرفت. مطابق نتایج در جدول ضمیمه ۱۸ در این مرحله از رشد بیشترین تجمع ماده خشک در شرایط بدون تنش (FC ۱۰۰٪) و کمترین میزان تجمع ماده خشک در شرایط تنش شدید (FC۳۳٪) به ترتیب به میزان ۸۹/۱۷ و ۶۲ گرم در بوته مشاهده شد. میزان تجمع ماده خشک در طی فصل رشد در بوته‌های ذرت در شرایط بدون تنش (FC ۱۰۰٪) بیشتر از شرایط تنش شدید (FC۳۳٪) بود و این برتری تا انتهای دوره رشد حفظ شد. همانگونه که منحنی نشان می دهد مقدار TDM در طی فصل رشد روند افزایشی را نشان داد و در ۱۲۰ روز پس از کاشت به بالاترین میزان خود رسید. در این زمان در شرایط تنش متوسط (FC ۶۶٪) و تنش شدید (FC ۳۳٪) ماده خشک بوته های ذرت به ترتیب به میزان ۱۲/۷۰ و ۳۰/۳۲ درصد در مقایسه با شرایط بدون تنش (FC۱۰۰٪) کاهش یافت، که این کاهش از نظر آماری معنی دار بود. در تحقیق دیگری نیز نتایج مشابهی در مورد روند تغییرات TDM در ذرت گزارش شد. نتایج این مطالعه نشان داد که در شرایط مطلوب محیطی نظیر میزان رطوبت خاک، مقدار وزن خشک ذرت در ابتدای فصل رشد به آرامی افزایش یافت. با گذشت زمان برگ های بیشتری در معرض نور خورشید قرار گرفتند، و

[1]. Total Dry Matter (TDM)

میزان تجمع ماده خشک روند افزایشی نشان داد (قوش[1]، ۲۰۰۴). روند تجمع ماده خشک گیاه ذرت در طول فصل رشد و در پاسخ به تلقیح با گونه‌های قارچ های میکوریزا در شکل ۴-۶۰ نشان داده شده است. کاربرد قارچ های میکوریزا در اوایل دوره رشد (۳۰ روز پس از کاشت) تاثیر معنی داری بر این شاخص نداشت. پس از این زمان تلقیح با قارچ های میکوریزا سبب شد تا مقدار TDM تا انتهای فصل رشد در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری افزایش یابد. در انتهای دوره رشد (۱۲۰ روز پس از کاشت)، تاثیر گونه های قارچ های میکوریزا بر مقدار تجمع ماده خشک اندام های هوایی به حداکثر میزان خود رسید. در این زمان تلقیح با گونه *G. mosseae* و *G. intraradices* به ترتیب به میزان ۴۶/۲۲ و ۳۰/۲۵ درصد مقدار تجمع ماده خشک را در مقایسه با شاهد افزایش دادند (جدول ضمیمه ۱۸). خرم دل و همکاران (۱۳۸۷) گزارش کردند که میزان تجمع ماده خشک در گیاه شاهدانه همزیست با قارچ های میکوریزا گونه *G. intraradices* با دوره رشدی ۱۰۰ روزه با گذشت زمان افزایش یافت و در ۸۹ روز پس از سبز شدن به حداکثر مقدار خود به میزان ۲۴/۷۱٪ افزایش نسبت به شاهد رسید. افزایش میزان تجمع ماده خشک در گیاه گشنیز همزیست با قارچ میکوریزا (*Glomus.hoi*) نیز توسط ولدآبادی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش شد در این تحقیق در کلیه مراحل رشد به ماده خشک افزوده شد به طوری که گیاه با دریافت ۱۰۷۰ درجه روز رشد به حداکثر مقدار ماده خشک به میزان ۵۸۰/۶ گرم در متر مربع رسید. بی[2] و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که تلقیح شبدر قرمز با میکوریزا به دلیل افزایش جذب فسفر و روی باعث افزایش بیوماس گیاه و در نهایت افزایش تجمع ماده خشک شد. بت[3] و همکاران (۲۰۰۵) بیان داشتند که تلقیح میکوریزا با ماش باعث افزایش معنی دار عملکرد بیولوژیکی این گیاه شده است. آنان دلیل این موضوع را بهبود دسترسی و جذب بهتر عناصر غذایی ذکر کردند و بیان داشتند که این موضوع در نهایت باعث افزایش تجمع ماده خشک در ماش شده است. در

[1]. Ghosh
[2]. Bi
[3]. Bath

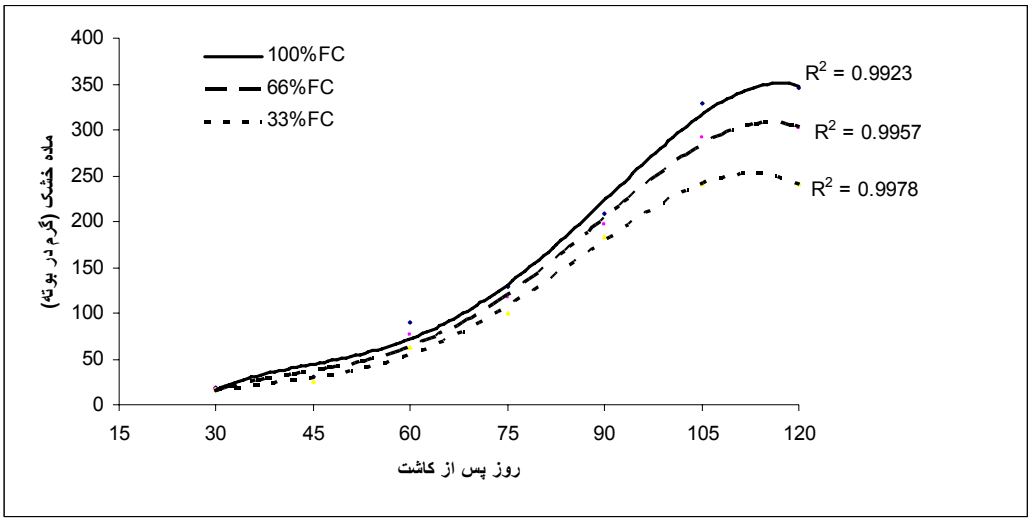
همین راستا کلیک[1] و همکاران (۲۰۰۴) نیز نتیجه گرفتند کـه کـاربرد قـارچ همزیـست میکـوریزا باعث بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و همچنین افزایش عملکرد گیاه شد. در کل ریسه های قارچ های میکوریزا به دو دسته تقسیم می شوند، تعدادی وارد سیستم گیاه شده و سبب کاهش غلظـت ABA شده و میزان سیتوکینین را افزایش می دهند این عمل سبب افزایش جذب آب و گـسترش سیستم ریشه ای گیاه می شود، دسته دوم ریسه‌ها خارج از سیستم ریشه بوده کـه اسـیدهای آلـی محلول کننده فسفر نظیر اسید مالیک ترشح کرده که جذب فسفر توسط گیاه را افزایش می دهنـد و باعث افزایش تجمع ماده خشک می شوند (خلـوتی[2]و همکـاران، ۲۰۰۵). در شـکل ۴- ۶۱ تـاثیر کاربرد اسید هیومیک بر میزان تجمع ماده خشک در طی فصل رشد ذرت نـشان داده شـده اسـت. مطابق نتایج نشان داده شده در شکل افزایش تجمع ماده خـشک در اوایـل دوره رشـد (تـا ۴۵ روز پس از کاشت) تقریبا مشابه بود و اختلاف معنی داری بین سطوح وجود نداشـت. میـانگین تجمـع ماده خشک پس از گذشت ۶۰ روز از کاشت به طور معنی داری تحت تاثیرکـاربرد اسـید هیومیـک قرار گرفت. مطابق نتایج در جـدول ضـمیمه ۱۸ در ایـن مرحلـه از رشـد درشـرایط کـاربرد اسـید هیومیک تجمع ماده خشک به میزان ۸/۸۵ ٪ در مقایسه با شـاهد (عـدم کـاربرد اسـید هیومیـک) افزایش یافت. همانگونه که منحنی نشان می دهد مقدار TDM در طی فصل رشد روند افزایـشی را نشان داد و در ۱۲۰ روز پس از کاشت به بالاترین میزان خود رسید. در این زمان بـا کـاربرد اسـید هیومیک تجمع ماده خشک به میزان ۱۱/۵۱٪ در مقایسه با شاهد (عـدم کـاربرد اسـید هیومیـک) افزایش یافت (جدول ضمیمه ۱۸). افزایش تجمع ماده خشک توسط اسید هیومیک در طـول دوره رشد می تواند به دلایل زیر باشد:

۱- افزایش سرعت فتوسنتز، افزایش بیومـاس ریـشه و افـزایش جـذب مـواد غـذایی (لییـو[3] و همکاران، ۱۹۹۶).

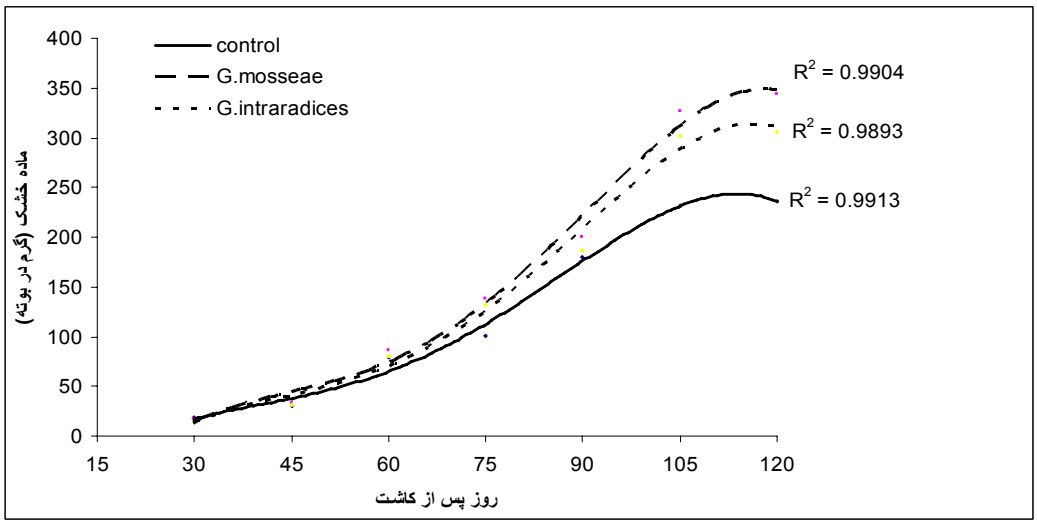
[1]. Celik
[2]. Khalvati
[3]. Liu

۲- افزایش جذب نیترات و فعالیت آنزیم ATPآز در غشا پلاسمای سلول های ریشه (پینتون[1] و همکاران، ۱۹۹۹).

۳- افزایش فعالیت آنزیم فسفاتاز (مالکولم[2] و واگان[3]، ۱۹۷۹).

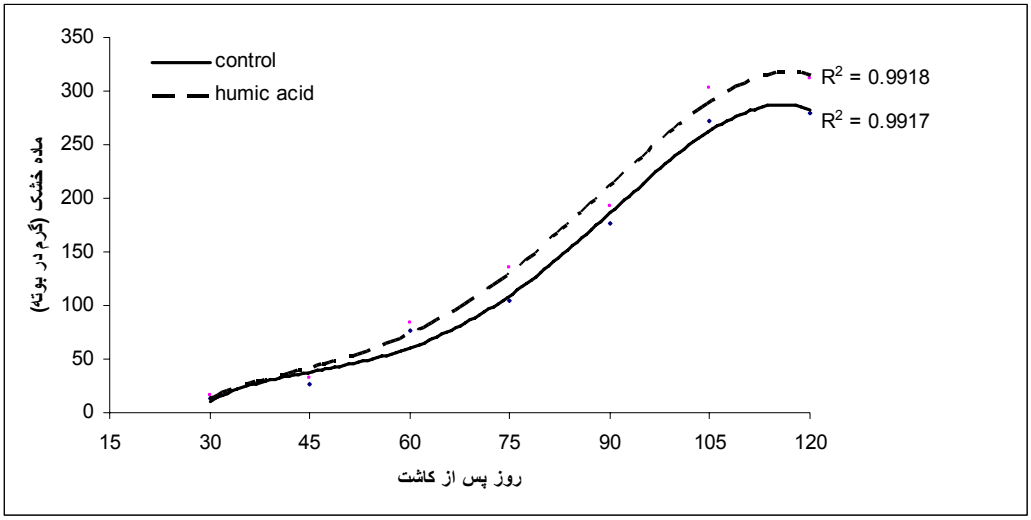


شکل ۴- ۵۹: تاثیر سطوح تنش کم آبی بر روند تغییرات وزن خشک بوته در طول دوره رشد



شکل ۴- ۶۰: تاثیر سطوح قارچ های میکوریزا بر روند تغییرات وزن خشک بوته در طول دوره رشد

[1]. Pinton
[2]. Malcolm
[3]. Vaghuan



شکل ۴- ۶۱: تاثیر سطوح اسید هیومیک بر روند تغییرات وزن خشک بوته در طول دوره رشد

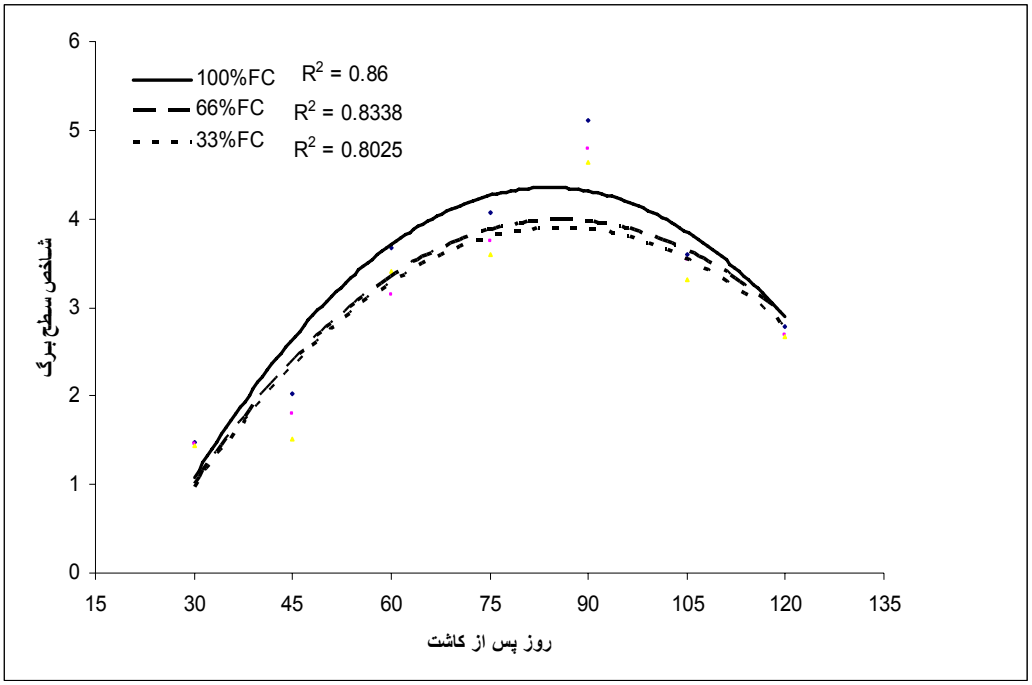
۴-۴-۲- شاخص سطح برگ (LAI)

شاخص سطح برگ بیان کننده سطح برگ به سطح زمین اشغال شده توسط گیاه است. معمولا LAI مساوی با ۵- ۳ جهت تولید حداکثر ماده خشک برای اغلب محصولات کاشته شده لازم است(کریمی، ۱۳۸۳). در شکل ۴-۶۲ تاثیر تنش کم آبی بر شاخص سطح برگ نشان داده شده است. مطابق این شکل شاخص سطح برگ در مراحل اولیه رشد تحت تاثیر تنش کم آبی قرار نگرفت. از ۴۵ روز پس از رشد تاثیر تنش کم آبی بر LAI روند افزایشی داشت. به طوری که در ۷۵ روز پس از کاشت بیشترین میزان اختلاف در شرایط تنش متوسط (FC ۶۶٪) و تنش شدید (FC۳۳٪) را در مقایسه با شرایط بدون تنش(FC ۱۰۰٪) داشتند. مقدارLAI در این زمان برای FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ به ترتیب ۳/۷۴ و ۳/۶۰ و در FC ۱۰۰٪ ۴/۰۶ بود (جدول ضمیمه ۱۹). بوته های ذرت در ۹۰ روز پس از کاشت به حداکثر میزان LAI در طول دوره رشد رسیدند. بیشترین مقدار این شاخص در شرایط FC ۱۰۰٪ و کمترین مقدار این شاخص در شرایط FC ۳۳٪ به دست آمد (به ترتیب به میزان ۵/۱۱ و ۴/۶۴). از این زمان شاخص مورد بررسی به دلیل وقوع پیری برگ ها مجددا تا انتهای فصل رشد روند کاهشی نشان داد. نتایج یک بررسی نشان داد که شاخص سطح

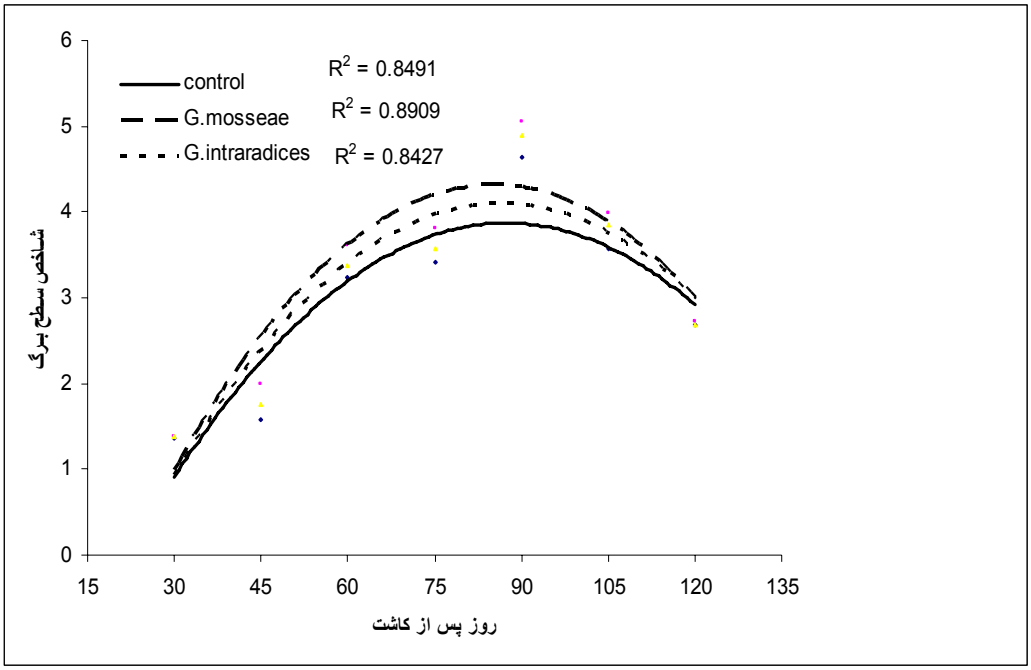
برگ ذرت عموما تا ۸۰-۷۰ روز پس از کاشت روند افزایشی دارد و پس از آن به دلیل از بین رفتن و پیری برگ ها کاهش می یابد. همچنین مقدار LAI تحت تاثیر عوامل محیطی نظیر شرایط رطوبتی و حاصلخیزی خاک قرار می گیرد، به نحوی که تنش خشکی موجب کاهش این شاخص می شود (کاکیر[1]، ۲۰۰۸). شکل ۴-۶۳ و جدول ضمیمه۱۹، تاثیر قارچ های میکوریزا را بر شاخص سطح برگ بوته های ذرت نشان می دهد. روند تغییرات نشان داد که قارچ های میکوریزا تا ۴۵ روز پس از کاشت تاثیر چندانی بر مقدار LAI نداشت. از ۴۵ روز پس از کاشت اختلاف میان برخی از گونه ها با شاهد ظاهر شد. بنحوی که در ۷۵ روز پس از کاشت این اختلافات به بیشترین میزان خود رسید. در این زمان بیشترین و کمترین میزان LAI به ترتیب از گونه *G. mosseae* و شاهد با مقادیر۳/۸۰ و ۳/۴۱ بدست آمد. نتایج این بررسی نشان داد که در زمان ۹۰ روز پس از کاشت بوته های ذرت به حداکثر میزان LAI رسیدند. در این زمان بیشترین مقدار LAI از بذور تلقیح یافته با *G. mosseae* (۵/۰۵) و کمترین میزان از شاهد (۴/۶۳) حاصل شد. مطابق نتایج جدول ضمیمه ۱۹ و شکل ۴- ۶۳ پس از گذشت ۹۰ روز از کاشت مقدار LAI روند کاهشی را نشان داد. گزارشاتی وجود دارد مبنی بر این که قارچ های همزیست میکوریزا شاخص سطح برگ را مستقیما افزایش نمی دهند بلکه بر دوام سطح برگ و وزن مخصوص برگ تاثیر می گذارند (والنتین[2] و همکاران، ۲۰۰۶). با وجود این تاکور و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند که در گیاه لوبیا میکوریزا باعث افزایش در شاخص سطح برگ نسبت به شاهد شد. گزارشات زیادی مبنی بر افزایش نیتروژن گیاه در نتیجه استفاده از قارچ های میکوریزا وجود دارد (سوبرامانیان و چارست[3]، ۱۹۹۸)، و عاملی همچون نیتروژن شاخص سطح برگ را در گیاه افزایش می دهد و موجب بالا رفتن میزان تولید ماده خشک در گیاه خواهد شد (هی[4] و واکر[5]، ۱۹۸۹).

[1]. Cakir
[2]. Valentine
[3]. Chrest
[4]. Hay
[5]. Walker

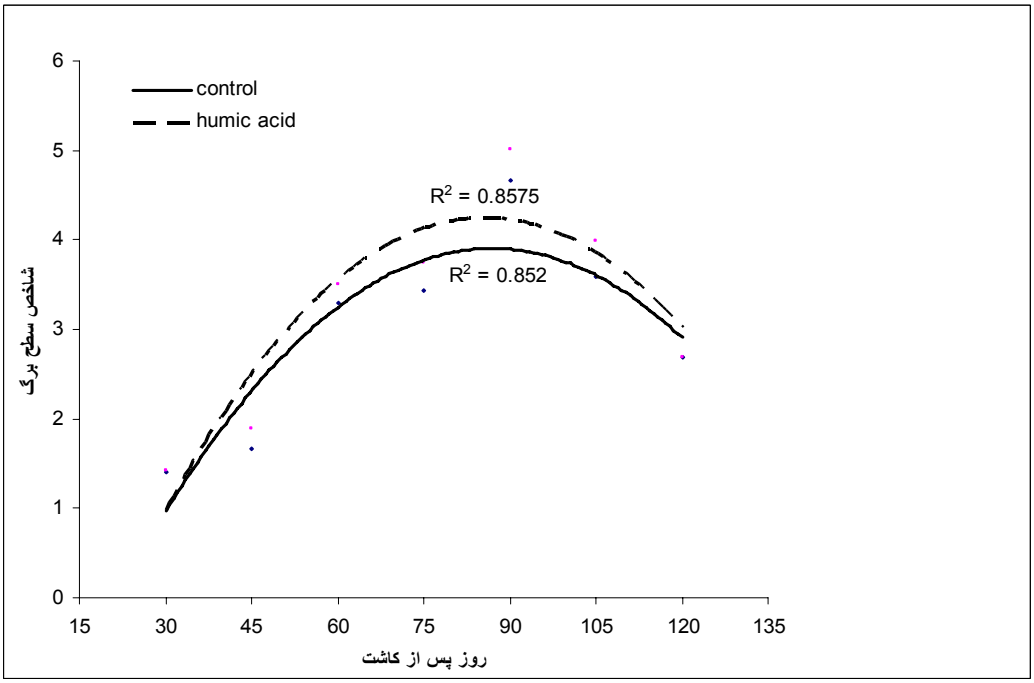
شکل ۴-۶۴ و جدول ضمیمه ۱۹، تاثیرکاربرد اسید هیومیک را بر شاخص سطح برگ بوته های ذرت نشان می دهد. روند تغییرات نشان داد که کاربرد اسید هیومیک تا ۴۵ روز پس از کاشت تاثیر چندانی بر مقدار LAI نداشت. از ۴۵ روز پس از کاشت اختلاف میان کاربرد اسید هیومیک با شاهد ظاهر شد. بنحوی که در ۷۵ روز پس از کاشت این اختلافات به بیشترین میزان خود رسید. در این زمان بیشترین میزان LAI در شرایط کاربرد اسید هیومیک به میزان ۳/۷۴ بدست آمد. نتایج این بررسی نشان داد که در زمان ۹۰ روز پس از کاشت بوته های ذرت به حداکثر میزان LAI رسیدند. در این زمان بیشترین مقدار LAI در شرایط کاربرد اسید هیومیک به میزان ۵/۰۱ حاصل شد. مطابق نتایج جدول ضمیمه ۱۹ و شکل ۴- ۶۲ پس از گذشت ۹۰ روز از کاشت مقدار LAI روند کاهشی را نشان داد.



شکل۴- ۶۲: تاثیر سطوح تنش کم آبی بر روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول دوره رشد



شکل۴-۶۳: تاثیر سطوح قارچ های میکوریزا بر روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول دوره رشد



شکل۴-۶۴: تاثیر سطوح اسید هیومیک بر روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول دوره رشد

۴-۴-۳- سرعت رشد نسبی (RGR)

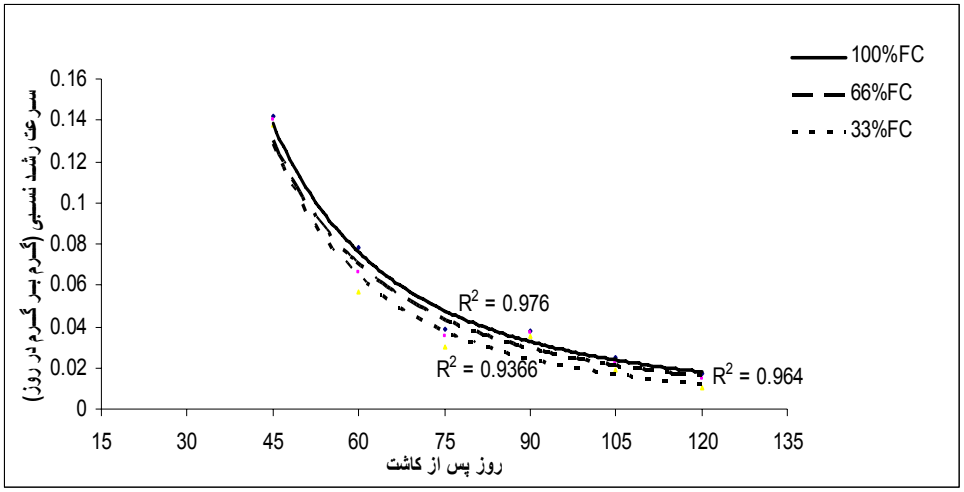
در شکل ۴-۶۵ تاثیر تنش کم آبی بر تغییرات سرعت رشد نسبی ذرت در طی مراحل رشد نشان داده شده است. همانگونه که این منحنی ها نشان می دهد میزان تغییرات سرعت رشد نسبی در اوایل دوره رشد (۴۵-۳۰ روز پس از کاشت) بالا بود ولی با گذشت زمان میزان تغییرات کاهشی بود. تنش شدید (FC ۳۳٪) سبب کاهش RGR در اوایل دوره رشد در مقایسه با شرایط بدون تنش(FC ۱۰۰٪). در فاصله زمانی ۶۰-۴۵ بیشترین اختلاف بین سطوح تنش مشاهده شد. و در شرایط FC ۶۶٪ و ۳۳FC٪ باعث کاهش RGR به ترتیب به میزان ۱۷/۱۴٪ و ۲۶/۹۲٪ نسبت به شرایط FC ۱۰۰٪ شد (جدول ضمیمه ۲۰). گیاه در شرایط بدون تنش به دلیل دسترسی بهتر به آب و مواد غذایی می تواند شاخه های فرعی بیشتری نسبت به شرایط تنش تولید کند و این امر موجب افزایش سرعت رشد نسبی گیاه گشنیز در شرایط بدون تنش در مقایسه با شرایط تنش شد (ولدآبادی و همکاران، ۱۳۸۸).

نتایج بررسی نشان داد که قارچ های میکوریزا در اوایل رشد تاثیر مثبتی بر تغییرات سرعت رشد نسبی داشت (شکل ۴-۶۶). در دوره زمانی ۴۵-۳۰ روز پس از کاشت کاربرد گونه *G. mosseae* و *G. intraradices* به ترتیب سبب افزایش به میزان ۴۵/۴۵٪ و ۳۶/۳۶٪ در مقایسه با شاهد شد. همانگونه که منحنی ۴-۶۶ نشان می دهد، شاخص RGR با گذشت زمان روند کاهشی داشت. سرعت رشد نسبی در اوایل فصل رشد بالا می باشد، همچنین میزان RGR تابع سطح کل فتوسنتز کننده گیاه است به همین دلیل نیز با افزایش سن گیاه و افزایش مقدار تنفس در اواخر فصل رشد کاهش می‌یابد. این موضوع توسط محققین دیگر نیز در مورد گندم گزارش شد (داویدسون[1] و کمپبل[2]، ۱۹۸۴).

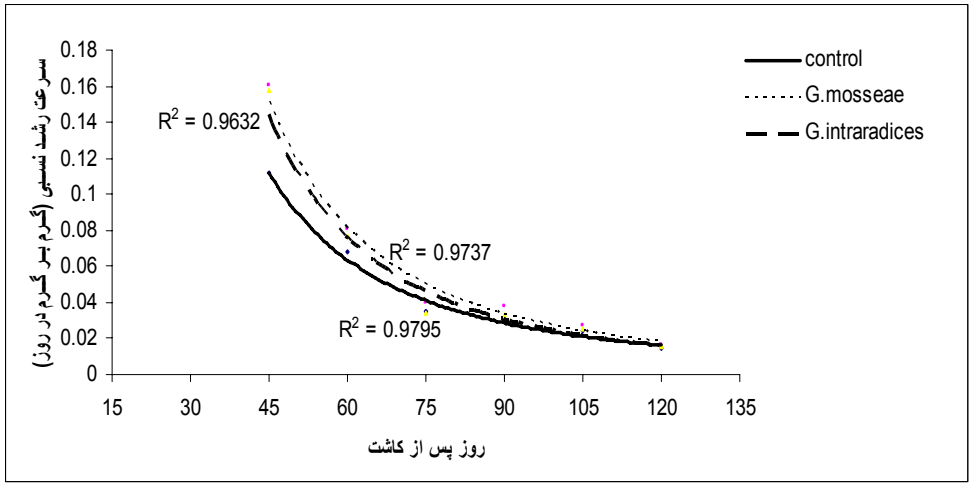
در شکل ۴-۶۷ تاثیر کاربرد اسید هیومیک بر تغییرات سرعت رشد نسبی ذرت در طی مراحل رشد نشان داده شده است. همانگونه که این منحنی ها نشان می دهد میزان تغییرات سرعت رشد نسبی

[1]. Davidson
[2]. Campbell

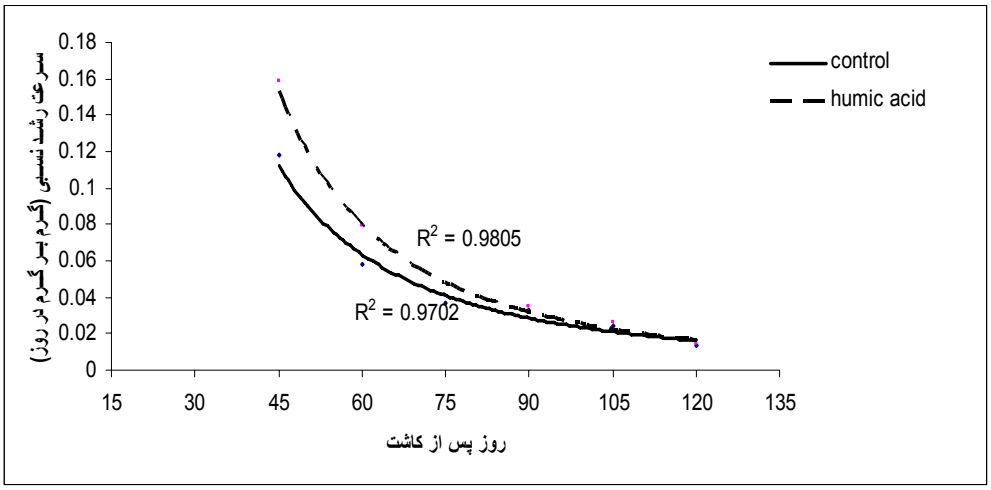
در اوایل دوره رشد (۴۵- ۳۰ روز پس از کاشت) بالا بـود ولـی بـا گذشـت زمـان میـزان تغییـرات کاهشی بود. کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش RGR در اوایل دوره رشـد در مقایـسه بـا شـرایط شاهد شد. در فاصله زمانی ۶۰-۴۵ بیشترین اختلاف بین سطوح کـاربرد اسـید هیومیـک و شـاهد مشاهده شد. در شرایط کاربرد اسید هیومیک RGR به میزان ۴۰٪ نسبت به شـاهد افـزایش یافـت (جدول ضمیمه ۲۰).



شکل۴-۶۵: تاثیر سطوح تنش کم آبی بر روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد



شکل۴-۶۶: تاثیر سطوح قارچ های میکوریزا بر روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد



شکل۴-۶۷: تاثیر سطوح اسید هیومیک بر روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد

۴-۴-۴- سرعت رشد محصول (CGR)

نتایج حاصل از تاثیر تنش کم آبی بر سرعت رشد محصول در طی دوره رشد در شکل۴-۶۸ نشان داده شده است. در مراحل ابتدایی رشد بین سطوح مختلف تنش از نظر سرعت رشد محصول اختلاف چندانی وجود نداشت. بیشترین مقدار CGR در فاصله زمانی ۶۰-۴۵ روز پس از کاشت در شرایط بدون تنش (FC ۱۰۰٪) و کمترین مقدار این شاخص در شرایط تنش شدید (FC ۳۳٪) به دست آمد(به ترتیب به میزان ۱۱/۵۵ و ۱۱/۳۷ گرم بر متر مربع در روز) (جدول ضمیمه ۲۱). همانگونه که نتایج نشان داد روند تغییرات سرعت رشد تا ۹۰ روز پس از کاشت افزایشی بود و پس از آن منحنی‌روند کاهشی پیدا کرد (شکل ۴-۶۸). بین فاصله زمانی ۹۰-۷۵ روز پس از کاشت تنش کم آبی در شرایط FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ سرعت رشد گیاه را به ترتیب به میزان ۲/۴۷٪ و ۲۱/۶۳٪ نسبت به شرایط FC ۱۰۰٪ کاهش داد (جدول ضمیمه ۲۱). مطالعات نشان داده است که سرعت رشد محصول در هر گونه معمولا به میزان دریافت تشعشع نور خورشید بستگی دارد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲). در انتهای دوره رشد گیاه به دلیل افزایش سایه اندازی برگ ها، تشعشع دریافتی و میزان فتوسنتز مقدار CGR کاهش می یابد.

شکل ۴-۶۹ تاثیر قارچ های میکوریزا بر تغییرات سرعت رشد گیاه در طی فصل رشد را نشان می-دهد.بیشترین اختلاف بین گونه های قارچ های میکوریزا و شاهد در فاصله زمانی ۷۵-۶۰ روز پس از کاشت وجود داشت (جدول ضمیمه ۲۱). گونه *G. mosseae* و*G. intraradices* در این آزمایش در این فاصله زمانی به ترتیب موجب ۴۵/۸۴٪ و ۲۸/۷۲٪ افزایش در مقایسه با شاهد شدند. در ۹۰ روز پس از کاشت CGR به حداکثر مقدار خود در طول فصل رشد رسید. در فاصله زمانی ۹۰-۷۵ روز پس از کاشت بیشترین مقدار شاخص CGR از گونه *G. mosseae* و کمترین مقدار از شاهد به دست آمد (به ترتیب به میزان ۵۴/۷۵ و ۴۲/۶۶ گرم بر متر مربع در روز). مقدار CGR با گذشت زمان تا مرحله گرده افشانی افزایش یافت و پس از رسیدن سرعت رشد محصول به حد نهایی خود مقدار آن کاهش یافت. وو[1] و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که تلقیح با میکوریزا باعث افزایش معنی دار CGR ذرت شد. افزایش سرعت رشد گیاه توسط قارچ های میکوریزا می تواند به دلایل زیر باشد:

۱- بهبود جذب مواد غذایی توسط گیاه (وو و همکاران، ۲۰۰۵).

۲- بهبود ساختار فیزیکی خاک و افزایش محتوای ماده آلی و نیتروژن قابل دسترس (بروسارد[2] و فراراسناتو[3]، ۱۹۹۷).

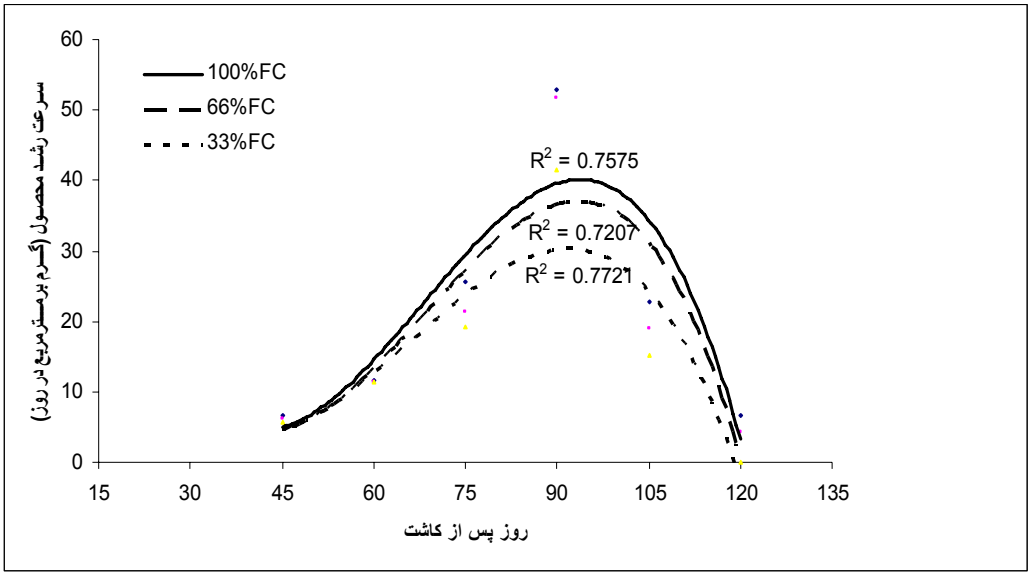
۳- افزایش مقدار سیتوکنین و کلروفیل (آلن و همکاران، ۱۹۸۰).

۴- افزایش سطح فعال سیستم ریشه ای و جذب فسفر و سولفور در ذرت و شبدر قرمز (آستارایی و کوچکی، ۱۳۷۵).

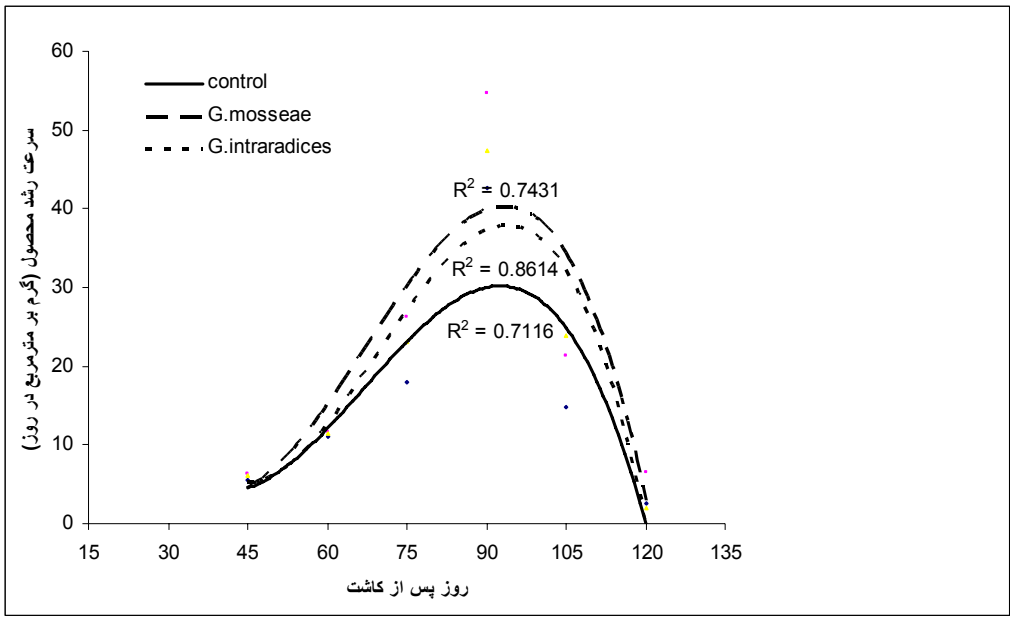
نتایج حاصل از تاثیرکار برد اسید هیومیک بر سرعت رشد محصول در طی دوره رشد در شکل۴-۷ نشان داده شده است. در مراحل ابتدایی رشد بین سطوح کاربرد اسید هیومیک و شاهد از نظر سرعت رشد محصول اختلاف چندانی وجود نداشت. بیشترین مقدار CGR در فاصله زمانی ۶۰-۴۵ روز پس از کاشت در شرایط کاربرد اسید هیومیک به دست آمد (به میزان۱۱/۶۶گرم بر متر مربع

[1]. Wu
[2]. Brussard
[3]. Ferrera-Cenato

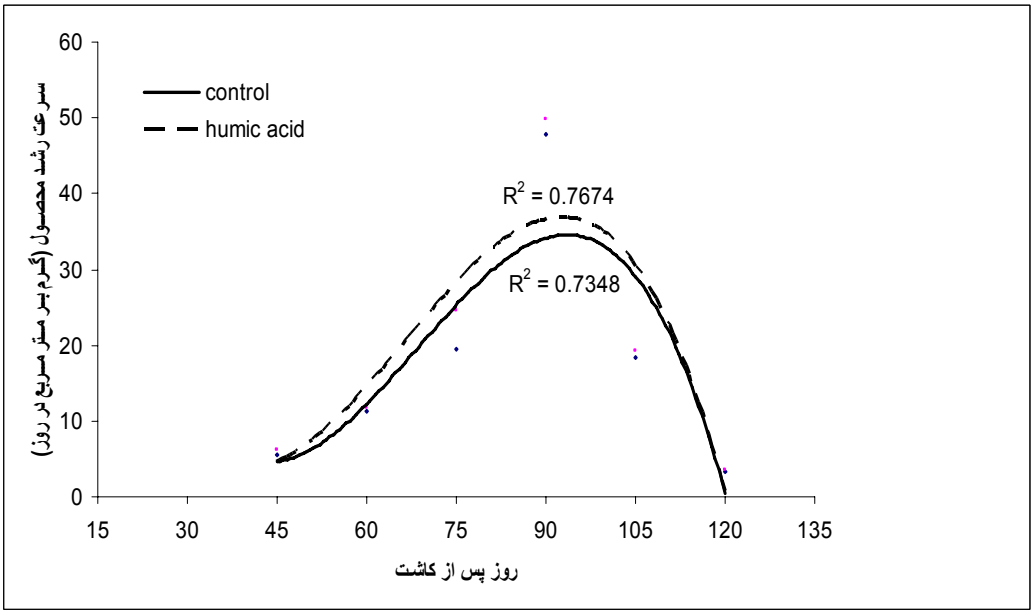
در روز) (جدول ضمیمه ۲۱). همانگونه که نتایج نشان داد روند تغییرات سرعت رشد تا ۹۰ روز پس از کاشت افزایشی بود و پس از آن منحنی روند کاهشی پیدا کرد (شکل ۴-۷۰). بین فاصله زمانی ۹۰-۷۵ روز پس از کاشت کاربرد اسید هیومیک سرعت رشد گیاه را به میزان ۴/۲۴٪ نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ضمیمه ۲۱). اسید هیومیک با کلات کردن عناصر ضروری سبب افزایش جذب عناصر شده و باروری و تولید را در گیاهان افزایش می دهند (خزاعی و همکاران، ۱۳۸۸)، که این امر می تواند در افزایش سرعت رشد محصول موثر باشد.



شکل۴-۶۸: تاثیر سطوح تنش کم آبی بر روند تغییرات سرعت رشد محصول در طول دوره رشد



شکل۴-۶۹: تاثیر سطوح قارچ های میکوریزا بر روند تغییرات سرعت رشد محصول در طول دوره رشد



شکل۴-۷۰: تاثیر سطوح اسید هیومیک بر روند تغییرات سرعت رشد محصول در طول دوره رشد

۴-۵- نتیجه گیری

نتایج آزمایش نشان داد که تنش کم آبی میزان تجمع ماده خشک در طی فصل رشد ذرت را تحت تاثیر قرار داد. در تمامی نمونه برداری ها میزان وزن خشک برگ، ساقه و کل بوته در شرایط FC۶۶٪ و FC ۳۳٪ کمتر از شرایط FC ۱۰۰٪ می باشد. نتایج آزمایش نشان داد کاربرد ماده تلقیح میکوریزا میزان تجمع ماده خشک در طی فصل رشد ذرت را تحت تاثیر قرار داد. به طوری که در تمام نمونه‌برداری ها موجب افزایش وزن خشک برگ، ساقه و کل بوته شد. اسید هیومیک نیز اثرات مشابهی بر وزن خشک بوته های ذرت داشت. کاربرد اسید هیومیک تاثیر بیشتری نسبت به شرایط عدم کاربرد اسید هیومیک بر وزن اندام های هوایی داشت. اثرات مثبت تلقیح با قارچ های میکوریزا و کاربرد اسید هیومیک در طول فصل رشد افزایش یافته و در انتهای دوره رشد به حداکثر میزان خود رسید. به این ترتیب بیشترین اختلاف در وزن خشک اندام های هوایی بوته ذرت بین گونه های قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک با شاهد در زمان نمونه برداری هفتم (۱۲۰ روز پس از کاشت) حاصل شد. بین گونه‌های قارچ های میکوریزا گونه *G. mosseae* بهترین تاثیر را بر صفات اندازه گیری شده در نمونه‌برداری هفتم داشت. *G. mosseae* وزن خشک ساقه، برگ و کل بوته را به ترتیب به میزان ۳۷/۷۵٪، ۲۴/۹۶٪ و ۴۲/۷۷٪ در مقایسه با شاهد افزایش داد. گونه *G. mosseae* عملکرد دانه را به میزان ۵۱/۹۰٪ نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین این گونه سبب افزایش کارآیی مصرف آب در شرایط تنش شدید (FC ۳۳٪) در مقایسه با شاهد شد. استفاده از اسید هیومیک نیز بر برخی از صفات مورد بررسی در این آزمایش تاثیر مثبت داشت. به این ترتیب در نمونه برداری هفتم وزن خشک کل بوته ۱۰/۶۳٪ و وزن خشک بلال ۱۲/۲۵٪ و عملکرد دانه ۳/۰۹٪ نسبت به شاهد افزایش یافت. در این مطالعه مشخص شد تاثیر متقابل تنش کم آبی و میکوریزا بر برخی از صفات رشد ذرت در طول مدت نمونه برداری تاثیر مثبت داشت و در طول فصل رشد واکنش های متفاوتی از تیمارها مشاهده شد به طوری که اثرات متقابل تنش کم آبی و میکوریزا تا نمونه برداری چهارم باعث افزایش وزن خشک کل بوته شد و در نمونه

برداری هفتم باعث افزایش وزن صد دانه و افزایش کارآیی مصرف آب شد و از این طریق عملکرد گیاه را بهبود داد. نتایج این بررسی نشان داد که اثرات متقابل سه گانه تنش کم آبی × میکوریزا × اسیدهیومیک از نظر آماری در هیچ کدام از مراحل نمونه برداری معنی‌دار نشد. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده از برداشت نهایی مشاهده می شود که:

۱- در مقایسه دو گونه *G. mosseae* و *G. intraradices* نشان داده شد که گونه *G. mosseae* تاثیر بیشتری‌بر روی‌عملکرد و شاخص های‌رشد در ذرت نسبت به گونه *G. intraradices* دارد .

۲- کاربرد اسید هیومیک تاثیری‌در کاهش اثرات تنش کم آبی‌بر روی‌گیاه ذرت در شرایط مزرعه نداشته و تنها باعث افزایش عملکرد و شاخص های رشد در شرایط بدون تنش کم آبی می‌شود.

۳- استفاده از قارچ های‌میکوریزا تحت شرایط تنش کم آبی در مزرعه می تواند در افزایش عملکرد و افزایش کارآیی مصرف آب موثر باشد.

۴- استفاده همزمان از میکوریزا و اسید هیومیک تاثیری‌در کاهش اثرات تنش کم آبی‌بر روی‌گیاه ذرت در شرایط مزرعه ندارد.

۴-۶- توصیه ها و پیشنهادات

قبل از توصیه برای تولید انبوه و کـاربرد در مقیـاس وسـیع آزمایـشات بیـشتر در منـاطق مختلـف ضروری می باشد. در ایـن راسـتا پیـشنهادات زیـر جهـت مطالعـات بیـشتر سـایر پژوهـشگران در تحقیقات بعدی توصیه می گردد:

- بررسی اثرات متقابل قارچ های میکوریزا با سایر انواع میکروارگانیسم های محرک رشد
- بررسی اثرات متقابل اسید هیومیک با سایر انواع میکروارگانیسم های محرک رشد
- مطالعه و بررسی تاثیر نوع و مقدار کودهای شیمیایی مـورد اسـتفاده در زراعـت بـر نحـوه فعالیت قارچ های میکوریزا در خاک
- مطالعه و بررسی تاثیر سموم و آفت کش هـای مـورد اسـتفاده در زراعـت بـر بقـا و نحـوه فعالیت قارچ های میکوریزا در خاک

بخش ضمایم

شکل ضمیمه ۱- نقشه کشت

S_2					
M_2H_0	M_0H_1	M_1H_1	M_0H_0	M_2H_1	M_1H_0

S_1					
M_0H_0	M_1H_1	M_0H_1	M_2H_1	M_1H_0	M_2H_0

S_3					
M_1H_0	M_2H_0	M_0H_1	M_2H_1	M_1H_1	M_0H_0

S_2					
M_0H_0	M_2H_1	M_1H_0	M_0H_1	M_2H_0	M_1H_1

S_3					
M_1H_1	M_0H_1	M_2H_0	M_1H_0	M_2H_1	M_0H_0

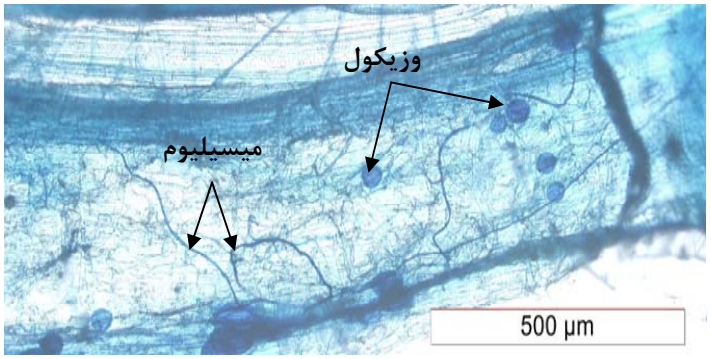
S_1					
M_0H_1	M_2H_0	M_1H_1	M_2H_1	M_1H_0	M_0H_0

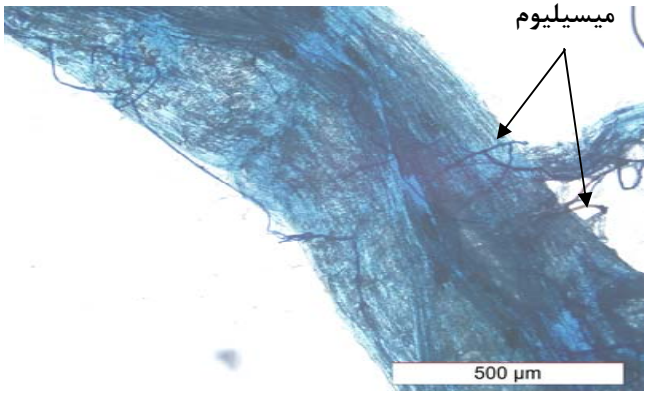
S_3					
M_1H_1	M_0H_0	M_2H_1	M_1H_0	M_2H_0	M_0H_1

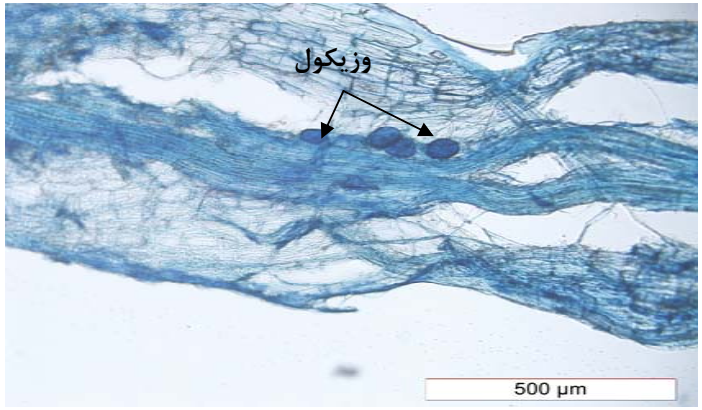
S_1					
M_2H_1	M_1H_0	M_0H_1	M_1H_1	M_0H_0	M_2H_0

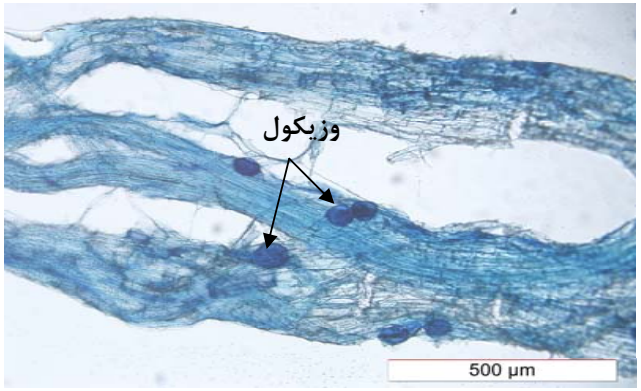
S_2					
M_2H_1	M_0H_0	M_1H_0	M_0H_1	M_1H_1	M_2H_0

شکل ضمیمه ۲- عکس های گرفته شده از ریشه های ذرت میکوریزایی









جدول ضمیمه ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

نوع خاک	درصد رس Clay%	درصد سیلت Silt%	درصد ازت N%	درصد شن Sand%	پتاس (ppm)	کربن	هدایتالکتریکی $EC\times10^3(ds/m)$	رطوبت SP%	pH	آهن (ppm)	روی (ppm)	منگنز (ppm)	مس (ppm)	فسفر (ppm)	درصد آهک
لومی	۳۶	۴۸	۰/۰۴	۱۶	۲۸۰	۰/۴۰۱	۱/۹۲	۴۰	۸/۱۵	۲/۶	۰/۵۰	۴/۶	۰/۶۲	۴/۸	۲۹

جدول ضمیمه ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در نمونه برداری اول

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک کل بوته
تکرار	۲	۹۵/۰۳**	۸/۵۰ ns	**۱۳۸/۸۸
تنش کم آبی	۲	۳۶/۲۳*	۱۵۰/۶۱*	**۳۳۱/۴۹
خطا	۴	۲/۱۵	۱۰/۱۱	۶/۷۶
میکوریزا	۲	۲۹/۱۴**	۱۰/۲۶**	**۷۴/۹۱
میکوریزا × تنش کم آبی	۴	۰/۵۸ ns	۰/۴۲ ns	۰/۹۴ ns
اسیدهیومیک	۱	۱۹/۱۰**	۱۰/۱۹**	**۶۰/۴۶
اسیدهیومیک× تنش کم آبی	۲	۰/۷۹ ns	۰/۴۶ ns	۲/۰۱ ns
میکوریزا × اسیدهیومیک	۲	۰/۳۶ ns	۰/۲۵ ns	۰/۵۵ ns
تنش کم آبی × میکوریزا × اسیدهیومیک	۴	۰/۸۰ ns	۰/۱۹ ns	۱/۵۱ ns
خطا	۳۰	۰/۷۹	۰/۴۲	۱/۸۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۱/۲۶	۹/۷۵	۹/۳۸

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ضمیمه ۳- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت تحت تاثیر استفاده از قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک در شرایط کم آبی در نمونه برداری اول

تیمار	وزن خشک ساقه (گرم/بوته)	وزن خشک برگ (گرم/بوته)	وزن خشک کل بوته (گرم بوته)
تنش کم آبی			
۱۰۰ ٪ (بدون تنش آب)FC	۹/۳۵ a	۹/۶۲ a	۱۸/۹۷ a
۶۶٪ (تنش متوسط)FC	۷/۸۷ b	۶/۶۱ b	۱۴/۴۹ b
۳۳٪ (تنش شدید)FC	۶/۵۵ b	۳/۸۳ b	۱۰/۳۹ c
LSD٪۵	۱/۳۵	۲/۹۴	۲/۴۰
میکوریزا			
شاهد	۶/۶۶ c	۵/۹۲ c	۱۲/۵۹ c
G. mosseae	۹/۲۳ a	۷/۴۳ a	۱۶/۶۷ a
G .intraradices	۷/۸۸ b	۶/۷۱ b	۱۴/۶۰ b
LSD٪۵	۰/۶۰	۰/۴۴	۰/۹۳
اسیدهیومیک			
عدم مصرف	۷/۳۳ b	۶/۲۵ b	۱۳/۵۶ b
مصرف	۸/۵۲ a	۷/۱۲ a	۱۵/۶۷ a

جدول ضمیمه ۴- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در نمونه برداری دوم

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک کل بوته
تکرار	۲	۴۳/۲۶ ns	۵/۷۵ ns	۵۰/۶۶ ns
تنش کم آبی	۲	۹۷۸/۱۲**	۲۸۷/۲۸**	۲۳۱۱/۲۲**
خطا	۴	۴۹/۱۵	۶/۴۸	۶۴/۵۷
میکوریزا	۲	۲۴۶/۲۷**	۱۵۹/۳۱**	۷۹۹/۸۳**
میکوریزا × تنش کم آبی	۴	۴۲/۳۷ ns	۲/۲۹ ns	۳۲/۹۳ ns
اسیدهیومیک	۱	۱۷۸/۹۴**	۱۶۲/۳۷**	۶۸۲/۲۴**
اسیدهیومیک × تنش کم آبی	۲	۵۱/۱۲ ns	۴/۱۱ ns	۸۱/۳۵ ns
میکوریزا × اسیدهیومیک	۲	۵۳/۸۰ ns	۱۰/۷۰ ns	۱۰۹/۰۳*
تنش کم آبی × میکوریزا × اسیدهیومیک	۴	۱۸/۹۹ ns	۰/۸۹ ns	۲۶/۷۷ ns
خطا	۳۰	۲۰/۱۱	۳/۷۲	۲۸/۶۴
ضریب تغییرات (درصد)		۲۳/۴۹	۱۵/۹۴	۱۷/۱۵

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ضمیمه ۵- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت تحت تاثیر استفاده از قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک در شرایط کم آبی در نمونه برداری دوم

تیمار	وزن خشک ساقه (گرم/بوته)	وزن خشک برگ (گرم/بوته)	وزن خشک کل بوته (گرم بوته)/
تنش کم آبی			
FC(بدون تنش آب) ۱۰۰ ٪	۲۷/۰۶ a	۱۶/۱۰ a	۴۳/۱۶ a
FC(تنش متوسط) ۶۶٪	۱۷/۷۰ b	۱۲/۱۱ b	۲۹/۸۱ b
FC(تنش شدید) ۳۳٪	۱۲/۵۲ b	۸/۱۱ c	۲۰/۶۳ c
LSD٪۵	۶/۴۸	۲/۳۵	۷/۴۳
میکوریزا			
شاهد	۱۵/۹۸ b	۹/۳۸ c	۲۵/۳۷ c
G. mosseae	۲۳/۱۸ a	۱۵/۲۸ a	۳۸/۴۷ a
G .intraradices	۱۸/۱۱ b	۱۱/۶۵ b	۲۹/۷۷ b
LSD٪۵	۳/۰۵	۱/۳۱	۳/۶۴
اسیدهیومیک			
عدم مصرف	۱۷/۷۲ b	۱۰/۳۷ b	۲۷/۶۴ b
مصرف	۲۰/۹۱ a	۱۳/۸۴ a	۳۴/۷۵ a

جدول ضمیمه ۶- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در نمونه برداری سوم

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک کل بوته
تکرار	۲	۴۳/۸۷ ns	۲۲/۵۷ ns	ns۷/۶۸
تنش کم آبی	۲	۸۹۳/۷۶**	۳۲۱/۱۶**	**۲۲۷۸/۰۳
خطا	۴	۴۱/۷۱	۹/۱۰	۷۰/۴۷
میکوریزا	۲	۳۹۰/۰۷**	۱۴۳/۶۰**	**۱۰۰۳/۲۵
میکوریزا × تنش کم آبی	۴	ns۴۶/۵۹	ns۰/۴۷	ns۵۱/۴۶
اسیدهیومیک	۱	۲۹۵/۳۵**	۱۳۵/۰۵**	**۸۳۱/۰۴
اسیدهیومیک × تنش کم آبی	۲	۳۳/۶۸ ns	۷/۰۳ ns	ns۶۹/۸۳
میکوریزا × اسیدهیومیک	۲	۳۰/۸۲ ns	۷/۱۳ ns	ns۶۷/۴۸
تنش کم آبی × میکوریزا × اسیدهیومیک	۴	۴۱/۷۸ ns	۲/۵۵ ns	ns۶۰/۵۱
خطا	۳۰	۱۹/۹۰	۴/۰۶	۲۸/۱۹
ضریب تغییرات (درصد)		۱۱/۶۴	۹/۲۶	۸/۸۳

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ضمیمه ۷- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت تحت تاثیر استفاده از قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک درشرایط کم آبی در نونه برداری سوم

تیمار	وزن خشک ساقه (گرم/بوته)	وزن خشک برگ (گرم/بوته)	وزن خشک کل بوته (گرم/بوته)
تنش کم آبی			
۱۰۰ ٪ (بدون تنش آب)FC	۴۵/۹۶ a	۲۶/۱۱ a	۷۲/۰۷ a
۶۶٪ (تنش متوسط)FC	۳۶/۹۴ b	۲۱/۵۶ b	۵۸/۵۰ b
۳۳٪ (تنش شدید)FC	۳۲/۰۷ b	۱۷/۶۷ c	۴۹/۷۴ c
LSD٪۵	۵/۹۷	۲/۷۹	۷/۷۶
میکوریزا			
شاهد	۳۳/۹۶ c	۱۹/۳۹ c	۵۳/۳۶ c
G. mosseae	۴۳/۲۳ a	۲۴/۹۰ a	۶۸/۱۲ a
G .intraradices	۳۷/۷۸ b	۲۱/۰۴ b	۵۸/۸۲ b
LSD٪۵	۳/۰۳	۱/۳۷	۳/۶۱
اسیدهیومیک			
عدم مصرف	۳۵/۹۸ b	۲۰/۱۹ b	۵۶/۱۷ b
مصرف	۴۰/۶۶ a	۲۳/۳۶ a	۶۴/۰۲ a

جدول ضمیمه ۸- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در نمونه برداری چهارم

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک بلال	وزن خشک کل بوته
تکرار	۲	۴۳/۸۷ ns	۱۱۵/۱۳**	ns۴۰۲/۶۲	ns ۴۹۹/۷۷
تنش کم آبی	۲	۸۹۳/۷۶**	۱۸۷/۹۲**	**۱۶۶۰/۳۲	**۷۱۰۶/۵۹
خطا	۴	۴۱/۷۱	۳/۳۲	۸۸/۷۴	۲۴۶/۱۵
میکوریزا	۲	۳۹۰/۰۷**	۱۶۵/۱۷**	**۱۹۵۵/۹۹	**۵۷۷۱/۱۴
میکوریزا × تنش کم آبی	۴	ns۴۶/۵۹	ns۴/۵۶	**۶۱/۴۵	**۲۰۰/۰۵
اسیدهیومیک	۱	۲۹۵/۳۵**	۲۹۴/۷۰**	**۱۸۶۳/۰۲	**۶۰۰۸/۶۴
اسیدهیومیک × تنش کم آبی	۲	۳۳/۶۸ ns	۱۴/۲۹ ns	ns۲۵/۸۷	*۲۰۹/۳۷
میکوریزا × اسیدهیومیک	۲	۳۰/۸۲ ns	۱/۴۳ ns	**۱۶۱/۹۵	**۲۳۸/۹۲
تنش کم آبی × میکوریزا × اسیدهیومیک	۴	۴۱/۷۸ ns	۵/۳۹ ns	ns۰/۵۱	ns۵۶/۹۲
خطا	۳۰	۱۹/۹۰	۵/۳۴	۱۴/۳۶	۴۲/۹۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۹/۲۳	۱۹/۳۸	۱۸/۸۸	۱۵/۶۷

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ضمیمه ۹- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت تحت تاثیر استفاده از قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک درشرایط کم آبی در نمونه برداری چهارم

تیمار	وزن خشک ساقه (گرم/بوته)	وزن خشک برگ (گرم/بوته)	وزن خشک بلال (گرم/بوته)	وزن خشک کل بوته (گرم/بوته)
تنش کم آبی				
FC(بدون تنش آب) ۱۰۰ ٪	۵۵/۹۶ a	۲۸/۱۷ a	۵۲/۸۰ a	۱۳۶/۹ a
FC(تنش متوسط) ۶۶٪	۴۶/۹۴ b	۲۴ b	۴۱/۵۳ b	۱۱۲/۵ b
FC(تنش شدید) ۳۳٪	۴۲/۰۷ b	۲۱/۱۸ c	۳۳/۶۹ b	۹۷/۵۷ c
LSD٪۵	۵/۹۷	۱/۶۸	۸/۷۱	۱۴/۵۲
میکوریزا				
شاهد	۴۳/۹۶ c	۲۲/۰۶ c	۳۱/۴۶ c	۹۷/۴۸ c
G. mosseae	۵۳/۲۳ a	۲۷/۹۹ a	۵۲/۰۷ a	۱۳۳/۳ a
G .intraradices	۴۷/۷۸ b	۲۳/۹۳ b	۴۴/۴۸ b	۱۱۶/۲ b
LSD٪۵	۳/۰۳	۱/۵۷	۲/۵۸	۴/۴۶
اسیدهیومیک				
عدم مصرف	۴۵/۹۸ b	۲۲/۳۲ b	۳۶/۷۹ b	۱۰۵/۱۰ b
مصرف	۵۰/۶۶ a	۲۶/۹۹ a	۴۸/۵۴ a	۱۲۶/۲۰ a

جدول ضمیمه ۱۰- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در نمونه برداری پنجم

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک بلال	وزن خشک کل بوته
تکرار	۲	۴۸۷/۹۳*	۲۰۶/۹۱**	*۵۳۳/۹۱	ns۹۹/۵۵
تنش کم آبی	۲	۶۵۳/۲۰**	۲۴۰/۳۶**	**۷۳۶۵/۷۶	**۱۶۰۶۷/۴۴
خطا	۴	۳۱/۲۴	۹/۹۶	۶۵/۳۰	۱۳۹/۹۵
میکوریزا	۲	۱۹۳۱/۷۱**	۱۷۸/۶۲**	**۳۶۴۸/۲۵	**۱۳۶۵۰/۸۲
میکوریزا × تنش کم آبی	۴	ns۵/۸۱	ns۱۲/۸۲	**۱۲۰/۴۰	**۲۲۳/۳۰
اسیدهیومیک	۱	۱۰۹/۰۲*	۴۷۵/۴۹**	**۳۰۰۷/۴۲	**۷۵۸۴/۲۳
اسیدهیومیک × تنش کم آبی	۲	ns۱۷/۳۵	ns۳۰/۲۰	ns۶/۴۰	ns۱۱۱/۹۹
میکوریزا × اسیدهیومیک	۲	ns۱۹/۵۳	ns۱۷/۳۹	*۱۳۵/۵۲	ns۱۳۴/۹۹
تنش کم آبی × میکوریزا × اسیدهیومیک	۴	ns۱۰/۹۸	ns۱۲/۵۳	ns۴۷/۶۲	ns۱۰۴/۳۱
خطا	۳۰	۲۳/۲۵	۹/۴۷	۲۶/۳۱	۵۴/۷۳
ضریب تغییرات (درصد)		۱۷/۴۹	۱۱/۰۵	۱۷/۲۱	۱۴/۵۳

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ضمیمه ۱۱- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت تحت تاثیر استفاده از قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک درشرایط کم آبی درنمونه برداری پنجم

تیمار	وزن خشک ساقه (گرم/بوته)	وزن خشک برگ (گرم/بوته)	وزن خشک بلال (گرم بوته)/	وزن خشک کل بوته (گرم بوته)/
تنش کم آبی				
FC(بدون تنش آب) ۱۰۰ ٪	۷۰/۸۷ a	۳۱/۸۱ a	۹۱/۹۵ a	۱۹۴/۶ a
FC(تنش متوسط) ۶۶٪	۶۳/۴۷ b	۲۷/۱۷ b	۶۹/۸۸ b	۱۶۰/۵ b
FC(تنش شدید) ۳۳٪	۵۸/۹۴ b	۲۴/۶۰ b	۵۱/۵۵ c	۱۳۵/۱ c
LSD٪۵	۵/۱۷	۲/۹۲	۷/۴۷	۱۰/۹۵
میکوریزا				
شاهد	۵۲/۶۰ b	۲۴/۷۶ c	۵۵/۴۷ c	۱۳۲/۸ c
G. mosseae	۷۱/۸۹ a	۳۱/۰۶ a	۸۳/۳۰ a	۱۸۶/۲ a
G .intraradices	۶۸/۸۰ a	۲۷/۷۷ b	۷۴/۶۱ b	۱۷۱/۲ b
LSD٪۵	۳/۲۸	۲/۰۹	۳/۴۹	۵/۰۳
اسیدهیومیک				
عدم مصرف	۶۳ b	۲۴/۸۹ b	۶۳/۶۶ b	۱۵۱/۵۶ b
مصرف	۶۵/۸۵ a	۳۰/۸۲ a	۷۸/۵۸ a	۱۷۵/۲۶ a

جدول ضمیمه ۱۲- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در نمونه برداری ششم

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک بلال	وزن خشک کل بوته
تکرار	۲	۷۱۱/۴۰**	۲۴۲/۷۴**	۴۹۰۶/۸۳*	۳۳۲۵/۵۹*
تنش کم آبی	۲	۷۴۸/۳۸**	۲۳۷/۹۰**	۲۱۲۴۱/۶۰**	۳۵۰۹۴/۶۵**
خطا	۴	۳۴/۰۲	۱۰/۶۵	۵۵۸/۰۶	۴۰۵/۹۸
میکوریزا	۲	۲۶۴۲/۳۹**	۱۷۷/۸۹**	۱۷۰۰۰/۳۰**	۳۷۵۵۸/۶۹**
میکوریزا × تنش کم آبی	۴	۱/۴۲ ns	۱۱/۴۹ ns	۸۴۶/۶۹ ns	۷۵۵/۲۲ ns
اسیدهیومیک	۱	۶۸ ns	۳۸۶/۶۷**	۵۹۱۷/۴۳**	۱۰۹۹۰/۴۶**
اسیدهیومیک × تنش کم آبی	۲	۱/۴۰ ns	۳۳/۹۷*	۵۰/۶۹ ns	۱۲۷/۵۵ ns
میکوریزا × اسیدهیومیک	۲	۱۹/۶۹ ns	۱۵/۳۴ ns	۱۵۸/۰۸ ns	۱۶۸/۲۹ ns
تنش کم آبی × میکوریزا × اسیدهیومیک	۴	۳ ns	۱۴/۶۴ ns	۲۵/۹۶ ns	۴۵/۹۹ ns
خطا	۳۰	۳۰/۷۴	۸/۹۷	۳۶۵/۸۴	۵۲۵/۹۰
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۵۹	۱۰/۵۱	۱۰/۳۵	۸/۰۱

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ضمیمه ۱۳- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت تحت تاثیر استفاده از قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک درشرایط کم آبی در نمونه برداری ششم

تیمار	وزن خشک ساقه (گرم/بوته)	وزن خشک برگ (گرم/بوته)	وزن خشک بلال (گرم بوته)/	وزن خشک کل بوته (گرم بوته)/
تنش کم آبی				
FC(بدون تنش آب) ۱۰۰ ٪	۷۹/۸۳ a	۳۲/۴۳ a	۲۱۵/۹ a	۳۲۸/۲ a
FC(تنش متوسط) ۶۶٪	۷۲/۴۰ b	۲۷/۷۸ b	۱۹۰/۶ b	۲۹۰/۷ b
FC(تنش شدید) ۳۳٪	۶۶/۹۹ c	۲۵/۲۷ b	۱۴۷/۹ c	۲۴۰/۲ c
LSD٪۵	۵/۳۹	۳/۰۲	۲۱/۸۶	۱۸/۶۵
میکوریزا				
شاهد	۵۹/۱۹ b	۲۵/۴۴ c	۱۵۱/۲ c	۲۳۵/۸ c
G. mosseae	۸۱/۵۱ a	۳۱/۷۲ a	۲۱۱/۵ a	۳۲۴/۷ a
G .intraradices	۷۸/۵۳ a	۲۸/۳۲ b	۱۹۱/۷ b	۲۹۸/۶ b
LSD٪۵	۳/۷۷	۲/۰۳	۱۳/۰۲	۱۵/۶۱
اسیدهیومیک				
عدم مصرف		۲۵/۸۱ b	۱۷۴/۳۲ b	۲۷۲/۱۰ b
مصرف		۳۱/۱۷ a	۱۹۵/۲۶ a	۳۰۰/۶۳ a

جدول ضمیمه ۱۴- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در نمونه برداری هفتم

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک پوست بلال	وزن خشک چوب بلال	وزن صد دانه	وزن دانه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۶۹۹/۲۸**	۲۴۹/۵۳**	۹/۶۸^{ns}	۶۳/۸۷**	۱۵۵/۶۹^{ns}	۹۹۹۳/۲۱**	۳۰/۸۴**
تنش کم آبی	۲	۷۴۵/۷۹**	۲۴۱/۳۵**	۲۰۵/۵۲**	۲۲۵/۹۲**	۳۳۰/۶۸*	۲۳۱۷۴/۶۳**	۷۱/۵۵**
خطا	۴	۳۴/۶۱	۱۰/۲۹	۳/۲۱	۲/۳۵	۳۷/۷۱	۳۸۹/۰۶	۱/۱۹
میکوریزا	۲	۲۶۵۰/۴۸**	۱۸۲/۴۷**	۱۵۵/۰۳**	۲۷۶/۲۵**	۲۶۵/۸۳**	۱۶۶۹۵/۳۹**	۵۱/۵۱**
میکوریزا × تنش کم آبی	۴	۱/۷۷^{ns}	۱۱/۱۶^{ns}	۴/۰۱^{ns}	۱۰/۲۸^{ns}	۶/۴۱*	۴۳۷/۶۸^{ns}	۱/۳۵^{ns}
اسیدهیومیک	۱	۶۷/۰۴^{ns}	۳۶۹/۳۶**	۳۹/۷۱**	۷۹/۴۰**	۴۳/۵۶**	۴۴۷۹/۷۵**	۱۳/۸۳**
اسیدهیومیک × تنش کم آبی	۲	۴۶/۱^{ns}	۳۲/۵۷*	۰/۹۳^{ns}	۳/۹۷^{ns}	۰/۷۹^{ns}	۹۶/۵۱^{ns}	۰/۳۰^{ns}
میکوریزا × اسیدهیومیک	۲	۱۹/۲۰^{ns}	۱۴/۷۷^{ns}	۰/۷۸^{ns}	۲۱/۹۴*	۱/۵۰^{ns}	۱۳۹/۴۰^{ns}	۰/۴۲^{ns}
تنش کم آبی × میکوریزا × اسیدهیومیک	۴	۳/۴۰^{ns}	۱۴/۸۶^{ns}	۰/۴۲^{ns}	۱/۹۰^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۳۱/۱۸^{ns}	۰/۰۹^{ns}
خطا	۳۰	۳۰/۷۴	۸/۹۵	۲/۳۹	۵/۷۷	۱/۹۲	۲۴۵/۴۳	۰/۷۵
ضریب تغییرات (درصد)		۱۷/۵۸	۱۰/۴۸	۱۸/۹۷	۱۸/۳۹	۱۴/۵۳	۱۰/۵۹	۱۰/۵۹

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

ادامه جدول ضمیمه ۱۴- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در نمونه برداری هفتم

منابع تغییر	درجه آزادی	سطح برگ	تعداد دانه در هر ردیف	تعداد ردیف دانه در بلال	تعداد دانه در بلال	وزن خشک کل بوته	وزن خشک بلال
تکرار	۲	۳۴۱۴۸/۷۸**	۲۰۵/۵۶**	۱/۶۸ ns	۶۱۰۵۷/۲۴*	۹۷۳۴/۳۲**	۱۱۷۱۷/۸۸**
تنش کم آبی	۲	۳۲۸۴۸/۶۴**	۲۰۱/۶۴**	۱۶/۰۷**	۱۵۵۷۵۷/۹۰**	۴۹۷۲۳/۷۲**	۳۲۸۶۳/۰۴**
خطا	۴	۱۳۴۸/۸۴	۳/۹۴	۰/۳۵	۳۴۹۹/۲۴	۲۹۴/۸۹	۴۱۲/۹۳
میکوریزا	۲	۲۵۰۵۵/۳۰**	۲۹۲/۱۴**	۶/۷۹**	۱۳۲۳۱۸/۴۶**	۴۸۳۴۴/۹۹**	۲۴۸۷۴/۲۷**
میکوریزا × تنش کم آبی	۴	۱۴۹۵/۹۲ ns	۲/۹۹ ns	۰/۲۱ ns	۱۲۷۴/۵۴ ns	۴۹۵/۶۱ ns	۵۱۸/۹۰ ns
اسیدهیومیک	۱	۵۰۶۲۹/۰۶**	۷۸/۴۸**	۱/۸۵*	۳۰۸۶۴/۴۶**	۱۲۰۳۱/۱۹**	۶۷۶۹/۹۵**
اسیدهیومیک × تنش کم آبی	۲	۴۴۴۰/۸۹*	۴/۲۷ ns	۰/۰۷ ns	۱۲۳۹/۴۶ns	۳۸/۷۰ ns	۱۱۳/۴۴ ns
میکوریزا × اسیدهیومیک	۲	۱۹۲۵/۲۱ ns	۲/۰۵ ns	۰/۹۰ ns	۴۰۶/۹۰ ns	۲۱۳/۵۸ ns	۱۷۷/۸۳ ns
تنش کم آبی × میکوریزا × اسیدهیومیک	۴	۲۰۵۴/۶۹ ns	۸/۸۵ ns	۰/۲۱ ns	۵۸۹/۴۹ ns	۴۹/۲۰ ns	۲۳/۲۸ns
خطا	۳۰	۱۲۲۴/۴۰	۷/۱۵	۰/۲۸	۱۷۵۴/۳۵	۴۲۲/۲۸	۲۶۹/۰۹
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۵۲	۱۵/۳۹	۱۳/۹۹	۱۶/۲۹	۱۶/۹۵	۱۸/۴۶

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ضمیمه ۱۵- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت تحت تاثیر استفاده از قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک در شرایط کم آبی در نمونه برداری هفتم

تیمار	وزن خشک ساقه (گرم/بوته)	وزن خشک برگ(گرم/بوته)	خشک پوست بلال (گرم/بوته)	وزن خشک چوب بلال (گرم/بوته)	وزن صد دانه (گرم/بوته)
تنش کم آبی					
FC ۱۰۰ ٪ (بدون تنش آب)	۷۹/۸۵^{a}	۳۵/۵۲^{a}	۲۰/۷۳^{a}	۳۲/۰۸ ^{a}	۳۵/۳۱^{a}
FC ۶۶٪ (تنش متوسط)	۷۲/۵۰^{b}	۲۷/۸۸^{b}	۱۷^{b}	۲۸/۸۳ ^{b}	۲۹/۸۱^{ab}
FC ۳۳٪ (تنش شدید)	۶۷/۰۲^{c}	۲۵/۲۹^{b}	۱۳/۹۸^{c}	۲۵ ^{c}	۲۶/۸۶^{b}
٪۵LSD	۵/۴۴	۲/۹۶	۱/۶۶	۱/۴۲	۵/۶۸
میکوریزا					
شاهد	۵۹/۲۲^{b}	۲۵/۴۸^{c}	۱۴/۳۶^{c}	۲۴/۲۸ ^{c}	۲۶/۶۷^{c}
G. mosseae	۸۱/۵۸^{a}	۳۱/۸۴^{a}	۲۰/۲۳^{a}	۳۱/۸۸ ^{a}	۳۴/۳۳^{a}
G .intraradices	۷۸/۵۶^{a}	۲۸/۳۷^{b}	۱۷/۱۲^{b}	۲۹/۷۴ ^{b}	۳۰/۹۷^{b}
٪۵LSD	۳/۷۷	۲/۰۳	۱/۰۵	۱/۶۳	۰/۹۴
اسیدهیومیک					
عدم مصرف	۷۲^{b}	۲۵/۹۴^{b}	۱۶/۳۸^{b}	۲۷/۴۲ ^{b}	۲۹/۷۵^{b}
مصرف	۷۴/۲۳^{a}	۳۱/۱۷^{a}	۱۸/۰۹^{a}	۲۹/۸۴ ^{a}	۳۱/۵۵ ^{a}

ادامه جدول ضمیمه ۱۵- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت تحت تاثیر استفاده از قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک در شرایط کم آبی در نمونه برداری هفتم

تیمار	وزن دانه (گرم/بوته)	عملکرد دانه (تن/هکتار)	وزن خشک بلال (گرم/بوته)	سطح برگ (سانتی مترمربع)	تعداد دانه در هر ردیف	تعداد ردیف دانه در بلال
تنش کم آبی						
FC ۱۰۰ ٪ (بدون تنش آب)	۱۷۹/۸^{a}	۹/۹۸^{a}	۲۳۲/۷^{a}	۳۷۹۰^{a}	۵۲/۶۶^{a}	۱۴/۳۳^{a}
FC ۶۶٪ (تنش متوسط)	۱۵۵^{b}	۸/۶۰^{b}	۲۰۰/۸^{b}	۳۲۴۶^{b}	۵۰/۱۶^{b}	۱۳/۳۳^{b}
FC ۳۳٪ (تنش شدید)	۱۰۹/۱^{c}	۶/۰۵^{c}	۱۴۸/۱^{c}	۲۹۴۷^{b}	۴۶/۰۳^{c}	۱۲/۴۴^{c}
٪۵LSD	۱۸/۲۵	۱/۰۱	۱۸/۸۱	۳۳۹/۹	۱/۸۳	۰/۵۴
میکوریزا						
شاهد	۱۱۷/۴^{c}	۶/۵۱^{c}	۱۵۶/۱^{c}	۲۹۶۵^{c}	۴۵/۱۷^{c}	۱۲/۷۲^{c}
G. mosseae	۱۷۸/۳^{a}	۹/۹۰^{a}	۲۳۰/۴^{a}	۳۷۱۱^{a}	۵۳/۰۳^{a}	۱۳/۹۴^{a}
G. intraradices	۱۴۸/۲^{b}	۸/۲۳^{b}	۱۹۵/۱^{b}	۳۳۰۷^{b}	۵۰/۶۳^{b}	۱۳/۴۴^{b}
٪۵LSD	۱۰/۶۷	۰/۵۸	۱۱/۱۷	۲۳۸/۲	۱/۸۲	۰/۳۶
اسیدهیومیک						
عدم مصرف	۱۳۸/۸۶^{b}	۷/۷۱^{b}	۱۸۲/۶۷^{b}	۳۰۲۲^{b}	۳۰۲۲^{b}	۱۳/۱۸^{b}
مصرف	۱۵۷/۰۸^{a}	۸/۷۲^{a}	۲۰۵/۰۶^{a}	۳۶۳۴^{a}	۳۶۳۴^{a}	۱۳/۵۵^{a}

ادامه جدول ضمیمه ۱۵- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت تحت تاثیر استفاده از قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک در شرایط کم آبی در نمونه برداری هفتم

تیمار	تعداد دانه در بلال	وزن خشک کل بوته (گرم/بوته)
تنش کم آبی		
۱۰۰ ٪ (بدون تنش آب)FC	۷۵۷/۳^{a}	۳۴۵ ^{a}
۶۶٪ (تنش متوسط)FC	۶۶۹/۷^{b}	۳۰۱/۲ ^{b}
۳۳٪ (تنش شدید)FC	۵۷۱/۴^{c}	۲۴۰/۴ ^{c}
LSD٪۵	۵۴/۷۵	۱۵/۸۹
میکوریزا		
شاهد	۵۷۳/۱^{c}	۲۴۰/۸ ^{c}
G. mosseae	۷۴۱/۹^{a}	۳۴۳/۸ ^{a}
G .intraradices	۶۸۳/۴^{b}	۳۰۲ ^{b}
LSD٪۵	۲۸/۵۱	۱۳/۹۹
اسیدهیومیک		
عدم مصرف	۶۴۲/۲۲^{b}	۲۸۰/۶۲ ^{b}
مصرف	۶۹۰/۰۳^{a}	۳۱۰/۴۷ ^{a}

جدول ضمیمه ۱۶- حجم کل آب مصرفی در طول مدت آبیاری و کارآیی مصرف آب (WUE)

تکرار	تیمار	مقدارآب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	وزن خشک کل (کیلوگرم در هکتار)	کارآیی مصرف آب (کیلوگرم/مترمکعب)
	$S_1M_0H_0$	۱۲۰۷۰	۱۸۲۳۴/۵۲	۱/۵۱
	$S_1M_0H_1$	۱۲۰۷۰	۱۸۶۷۹/۶۳	۱/۵۴
	$S_1M_1H_0$	۱۲۰۷۰	۲۲۲۸۴/۹۱	۱/۸۴
	$S_1M_1H_1$	۱۲۰۷۰	۲۲۸۰۶/۰۶	۱/۸۸
	$S_1M_2H_0$	۱۲۰۷۰	۱۹۱۰۱/۴۳	۱/۵۸
	$S_1M_2H_1$	۱۲۰۷۰	۲۰۶۶۲/۰۹	۱/۷۱
	$S_2M_0H_0$	۸۸۲۰	۱۶۲۲۱/۵۴	۱/۸۳
	$S_2M_0H_1$	۸۸۲۰	۱۶۶۸۷/۷۴	۱/۸۹
تکرار ۱	$S_2M_1H_0$	۸۸۲۰	۱۹۱۵۱/۹۴	۲/۱۷
	$S_2M_1H_1$	۸۸۲۰	۲۰۶۲۹/۳۵	۲/۳۳
	$S_2M_2H_0$	۸۸۲۰	۱۶۹۵۶/۹۱	۱/۹۲
	$S_2M_2H_1$	۸۸۲۰	۱۸۷۸۹/۵۲	۲/۱۳
	$S_3M_0H_0$	۶۵۲۰	۱۲۲۳۵/۵۳	۱/۸۷
	$S_3M_0H_1$	۶۵۲۰	۱۴۵۶۴/۸۶	۲/۲۳
	$S_3M_1H_0$	۶۵۲۰	۱۶۶۱۰/۰۴	
	$S_3M_1H_1$	۶۵۲۰	۱۷۳۸۷/۰۴	۲/۶۶
	$S_3M_2H_0$	۶۵۲۰	۱۴۹۸۸/۸۸	۲/۲۹
	$S_3M_2H_1$	۶۵۲۰	۱۶۰۷۳/۳۵	۲/۴۶
	$S_1M_0H_0$	۱۲۰۷۰	۱۳۰۸۳/۰۱	۱/۰۸
	$S_1M_0H_1$	۱۲۰۷۰	۱۶۱۴۷/۱۷	۱/۳۳
	$S_1M_1H_0$	۱۲۰۷۰	۲۰۸۵۲/۴۶	۱/۷۲
	$S_1M_1H_1$	۱۲۰۷۰	۲۱۸۳۰/۹۲	۱/۸۰
	$S_1M_2H_0$	۱۲۰۷۰	۱۹۸۲۶/۲۶	۱/۶۴
	$S_1M_2H_1$	۱۲۰۷۰	۲۰۷۵۳/۶۷	۱/۷۱
	$S_2M_0H_0$	۸۸۲۰	۱۲۰۳۴/۶۲	۱/۳۶
	$S_2M_0H_1$	۸۸۲۰	۱۵۱۴۳/۷۳	۱/۷۱
تکرار ۲	$S_2M_1H_0$	۸۸۲۰	۱۸۱۶۱/۸۲	۲/۰۵
	$S_2M_1H_1$	۸۸۲۰	۱۸۵۷۵/۲۹	۲/۱۰
	$S_2M_2H_0$	۸۸۲۰	۱۵۹۹۴/۵۴	۱/۸۱
	$S_2M_2H_1$	۸۸۲۰	۱۶۴۹۲/۳۸	۱/۸۶
	$S_3M_0H_0$	۶۵۲۰	۷۹۵۰/۹۳	۱/۲۱
	$S_3M_0H_1$	۶۵۲۰	۹۲۶۰/۱۷	۱/۴۲
	$S_3M_1H_0$	۶۵۲۰	۱۵۲۸۴/۷	۲/۳۴
	$S_3M_1H_1$	۶۵۲۰	۱۵۷۵۴/۲۳	۲/۴۱
	$S_3M_2H_0$	۶۵۲۰	۱۱۲۱۱/۵۵	۱/۷۱
	$S_3M_2H_1$	۶۵۲۰	۱۴۲۹۷/۹۱	۲/۱۹
	$S_1M_0H_0$	۱۲۰۷۰	۱۳۴۸۰/۹۵	۱/۱۱
	$S_1M_0H_1$	۱۲۰۷۰	۱۵۷۹۵/۳	۱/۳۰
	$S_1M_1H_0$	۱۲۰۷۰	۲۰۲۳۵/۸۵	۱/۶۷
	$S_1M_1H_1$	۱۲۰۷۰	۲۲۷۸۹/۹۶	۱/۸۸
	$S_1M_2H_0$	۱۲۰۷۰	۱۷۵۷۰/۷۴	۱/۴۵
	$S_1M_2H_1$	۱۲۰۷۰	۲۰۵۶۸/۸۵	۱/۷۰
	$S_2M_0H_0$	۸۸۲۰	۱۲۳۲۸/۲۱	۱/۳۹
	$S_2M_0H_1$	۸۸۲۰	۱۳۴۸۹/۸۳	۱/۵۲
تکرار ۳	$S_2M_1H_0$	۸۸۲۰	۱۷۹۵۹/۲۴	۲/۰۳
	$S_2M_1H_1$	۸۸۲۰	۲۰۱۳۷/۰۶	۲/۲۸
	$S_2M_2H_0$	۸۸۲۰	۱۵۰۱۱/۰۸	۱/۷۰
	$S_2M_2H_1$	۸۸۲۰	۱۷۱۴۸/۹۴	۱/۹۴
	$S_3M_0H_0$	۶۵۲۰	۶۰۴۲/۲۸	۰/۹۲
	$S_3M_0H_1$	۶۵۲۰	۹۱۷۲/۴۸	۱/۴۰
	$S_3M_1H_0$	۶۵۲۰	۱۵۷۱۸/۷۱	۲/۴۱
	$S_3M_1H_1$	۶۵۲۰	۱۷۳۲۱/۵۵	۲/۶۵
	$S_3M_2H_0$	۶۵۲۰	۱۱۹۸۳/۵۶	۱/۸۳
	$S_3M_2H_1$	۶۵۲۰	۱۴۲۹۱/۸۰	۲/۱۹

جدول ضمیمه ۱۷- تجزیه واریانس کارآیی مصرف آب (WUE) و درصد کلونیزاسیون ریشه

منابع تغییر	درجه آزادی	کارآیی مصرف آب (WUE)	درصد کلونیزاسیون ریشه
تکرار	۲	۰/۴۵۵*	۱۳/۳۵ ns
تنش کم آبی	۲	۰/۹۸۸**	۱۶۰۰/۴۶**
خطا	۴	۰/۰۵۲	۵/۳۵
میکوریزا	۲	۲/۰۷۱**	۲۴۲۵۲/۷۹**
میکوریزا × تنش کم آبی	۴	۰/۱۲۱**	۴۳۱/۷۱**
اسیدهیومیک	۱	۰/۵۱۰**	۲۵/۳۵**
اسیدهیومیک× تنش کم آبی	۲	۰/۰۲۲ ns	۰/۲۴ ns
میکوریزا × اسیدهیومیک	۲	۰/۰۱۱ ns	۷/۰۱ ns
تنش کم آبی × میکوریزا × اسیدهیومیک	۴	۰/۰۰۴ ns	۰/۱۵ ns
خطا	۳۰	۰/۰۲۰	۲/۸۱
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۶۴	۳/۹۹

** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ضمیمه ۱۸- مقایسه میانگین کارآیی مصرف آب (WUE) و درصد کلونیزاسیون ریشه

تیمار	کارآیی مصرف آب (WUE) (کیلوگرم/مترمکعب)	درصد کلونیزاسیون ریشه
تنش کم آبی		
۱۰۰ ٪ (بدون تنش آب)FC	۱/۵۸ b	۳۳/۶۷ c
۶۶٪ (تنش متوسط)FC	۱/۸۹ a	۴۰/۳۳ b
۳۳٪ (تنش شدید)FC	۲/۰۴ a	۵۲/۲۸ a
LSD٪۵	۰/۲۱	۲/۱۴
میکوریزا		
شاهد	۱/۴۸ c	۰ c
G. mosseae	۲/۱۶ a	۶۷/۴۴ a
G .intraradices	۱/۸۸ b	۵۸/۸۳ b
LSD٪۵	۰/۰۹	۱/۱۴
اسیدهیومیک		
عدم مصرف	۱/۷۴ b	۴۱/۴۰ b
مصرف	۱/۹۴ a	۴۲/۷۷ a

جدول ضمیمه ۱۹- تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک بر روند تغییرات ماده خشک در طول دوره رشد

تجمع ماده خشک (TDM)	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰	۱۰۵	۱۲۰
تنش کم آبی							
FC(بدون تنش آب) ۱۰۰ ٪	۱۸/۹۷	۳۱/۲۲	۷۹/۱۷	۱۲۹/۱۳	۲۰۹/۱۴	۳۲۸/۱۷	۳۴۵/۰۴
FC(تنش متوسط) ۶۶٪	۱۷/۲۲	۲۸/۱۲	۷۶/۲۲	۱۱۶/۳۴	۱۹۶/۲	۲۹۰/۷۳	۳۰۱/۲۱
FC(تنش شدید) ۳۳٪	۱۶/۳۲	۲۶/۱۳	۶۲	۱۰۰/۲۲	۱۸۲/۳۴	۲۴۰/۱۸	۲۴۰/۳۹
میکوریزا							
شاهد	۱۸/۴۷	۳۰/۲۴	۷۹/۲۳	۱۰۰/۲۳	۱۸۰/۱۴	۲۳۱/۴۸	۲۳۵/۵۶
G. mosseae	۱۷/۳۱	۳۳/۱۲	۸۶/۷۲	۱۳۸/۷۸	۲۰۰/۱۴	۳۲۶/۵۷	۳۴۴/۴۵
G .intraradices	۱۶/۲۲	۳۱/۱۸	۸۱/۲۲	۱۳۲/۴۴	۱۸۷/۳۴	۳۰۲/۳۸	۳۰۶/۸۴
اسیدهیومیک							
عدم مصرف	۱۳/۳۶	۲۶/۲۳	۷۶/۶۵	۱۰۵/۰۳	۱۷۶/۵۶	۲۷۱/۹۵	۲۸۰/۰۸
مصرف	۱۵/۶۵	۳۲/۴۵	۸۳/۴۴	۱۳۵/۴۵	۱۹۳/۲۳	۳۰۲/۴۵	۳۱۲/۳۴

جدول ضمیمه ۲۰- تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک بر روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول دوره رشد

شاخص سطح برگ (LAI)	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰	۱۰۵	۱۲۰
تنش کم آبی							
۱۰۰ ٪ (بدون تنش FC آب)	۱/۴۸	۲/۰۳	۳/۶۸	۴/۰۶	۵/۱۱	۳/۶	۲/۷۸
۶۶٪ (تنش متوسط)FC	۱/۴۶	۱/۸۰	۳/۱۴	۳/۷۴	۴/۷۸	۳/۵۴	۲/۶۸
۳۳٪ (تنش شدید)FC	۱/۴۴	۱/۵۲	۳/۴۰	۳/۶۰	۴/۶۴	۳/۳۱	۲/۶۷
میکوریزا							
شاهد	۱/۳۷	۱/۵۸	۳/۲۳	۳/۴۱	۴/۶۳	۳/۵۸	۲/۶۸
G. mosseae	۱/۳۹	۲	۳/۶۱	۳/۸۰	۵/۰۵	۳/۹۸	۲/۷۲
G .intraradices	۱/۳۸	۱/۷۶	۳/۳۸	۳/۵۸	۴/۸۹	۳/۸۵	۲/۶۹
اسیدهیومیک							
عدم مصرف	۱/۴۰	۱/۶۶	۳/۲۹	۳/۴۳	۴/۶۶	۳/۵۹	۲/۶۸
مصرف	۱/۴۲	۱/۸۹	۳/۵۱	۳/۷۴	۵/۰۱	۳/۹۹	۲/۶۹

جدول ضمیمه ۲۱- تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک بر روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد

سرعت رشد نسبی (RGR)	۳۰-۴۵	۴۵-۶۰	۶۰-۷۵	۷۵-۹۰	۹۰-۱۰۵	۱۰۵-۱۲۰
تنش کم آبی						
۱۰۰FC ٪ (بدون تنش آب)	۰/۱۴۲	۰/۰۷۸	۰/۰۳۹	۰/۰۳۸	۰/۰۲۵	۰/۰۱۷
۶۶FC٪ (تنش متوسط)	۰/۱۴	۰/۰۶۶	۰/۰۳۵	۰/۰۳۷	۰/۰۲۲	۰/۰۱۵
۳۳FC٪ (تنش شدید)	۰/۱۳۸	۰/۰۵۷	۰/۰۳	۰/۰۳۵	۰/۰۱۹	۰/۰۱
میکوریزا						
شاهد	۰/۱۱۲	۰/۰۶۸	۰/۰۳۵	۰/۰۳	۰/۰۲۴	۰/۰۱۵
G. mosseae	۰/۱۶۱	۰/۰۸۱	۰/۰۴	۰/۰۳۸	۰/۰۲۷	۰/۰۱۷
G .intraradices	۰/۱۵۸	۰/۰۷۷	۰/۰۳۴	۰/۰۳۳	۰/۰۲۵	۰/۰۱۶
اسیدهیومیک						
عدم مصرف	۰/۱۱۸	۰/۰۵۸	۰/۰۳۷	۰/۰۳۳	۰/۰۲۴	۰/۰۱۴
مصرف	۰/۱۵۹	۰/۰۷۹	۰/۰۴۱	۰/۰۳۵	۰/۰۲۶	۰/۰۱۵

جدول ضمیمه ۲۲- تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا و اسید هیومیک بر روند تغییرات سرعت رشد محصول در طول دوره رشد

سرعت رشد محصول (CGR)	۳۰-۴۵	۴۵-۶۰	۶۰-۷۵	۷۵-۹۰	۹۰-۱۰۵	۱۰۵-۱۲۰
تنش کم آبی						
۱۰۰FC ٪ (بدون تنش آب)	۶/۵۸	۱۱/۵۵	۲۵/۷۱	۵۲/۹۳	۲۲/۸۷	۶/۶۸
۶۶٪FC (تنش متوسط)	۶/۰۷	۱۱/۴۵	۲۱/۳۹	۵۱/۶۲	۱۹/۰۴	۴/۱۵
۳۳٪FC (تنش شدید)	۵/۵۸	۱۱/۳۷	۱۹/۱۴	۴۱/۴۸	۱۵/۱۳	۰/۰۷
میکوریزا						
شاهد	۵/۵۰	۱۰/۹۷	۱۷/۹۳	۴۲/۶۶	۱۴/۷۶	۲/۵۰
G. mosseae	۶/۴	۱۱/۶۶	۲۶/۱۵	۵۴/۷۵	۲۱/۲۹	۶/۵۴
G .intraradices	۶/۱۲	۱۱/۵۳	۲۳/۰۸	۴۷/۳۲	۲۳/۹۴	۱/۹۹
اسیدهیومیک						
عدم مصرف	۵/۵۸	۱۱/۳۱	۱۹/۳۹	۴۷/۷۸	۱۸/۴۱	۳/۳۷
مصرف	۶/۲۳	۱۱/۶۶	۲۴/۵۴	۴۹/۸۱	۱۹/۲۵	۳/۶۴

منابع مورد استفاده

آستارایی، ع و کوچکی، ع . ۱۳۷۵. کاربرد کودهـای بیولوژیـک در کـشاورزی پایـدار. انتـشارات جهـاد دانشگاهی مشهد.

ایران نژاد، ح. شهبازیان، ن.۱۳۸۴. زراعت غلات (جلد دوم). انشارات کارنو.

تاج بخش، م. ۱۳۷۵. ذرت. انتشارات احرار تبریز.

حـاج رسـولیها، ش.، بهـران، ش و مختـارزاده، ع.ا. ۱۳۶۱. کـاربرد روش سـریع انـدازه گیـری رطوبـت خاک(روش فلاسک) برای تعدادی از خاکهای ایران. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۱۳. شماره هـای ۱،۲،۳،۴: ۳۸-۳۰.

خدابنده، ن.۱۳۷۷. غلات. انتشارات دانشگاه تهران.

خرم دل، س.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی،م و قربانی، ر. ۱۳۸۷. اثـر کـاربرد کودهـای بیولوژیـک بـر شاخص های رشدی سیاهدانه(*Nigella sativa* L). مجله پژوهـشهای زراعـی ایـران. جلـد۶. شـماره۲: ۲۹۴-۲۸۵.

خزاعی، ح.، سبزواری، س و کافی، م. ۱۳۸۸. اثر اسید هیومیک بر رشـد ریـشه و بخـش هـوایی ارقـام سایونز و سبلان گندم. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد۲۳. شماره ۲ : ۹۴-۸۷.

شعاع حسینی، س.، فارسی، م و خاوری خراسـانی، س. ۱۳۸۷. بررسـی اثـرات تـنش کمبـود آبـی بـر عملکرد و اجزای عملکرد در چنـد هیبریـد ذرت دانـه ای بـا اسـتفاده از تجزیـه علیـت. مجلـه دانـش کشاورزی. جلد ۱۸. شماره ۱ : ۸۵-۷۱.

کـافی، م و مهـدوی دامغـانی، ع. ۱۳۷۹. مکانیـسم هـای مقاومـت بـه تـنش هـای محیطـی در گیاهان(ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

کریمی، ه. ۱۳۸۳. گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه تهران.

کوچکی، ع.، حسینی، م و نصیری محلاتی، م.۱۳۷۶. رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

ملکوتی، م . ج . ۱۳۷۸ . کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران . دانشگاه تربیت مدرس و تحقیقات آب و خاک .

وفا بخش، ج.، نصیری محلاتی، م.، کوچکی، ع و عزیزی، م. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی بر کارایی مصرف آب و عملکرد در ارقام کلزا. مجله پژوهشهای زراعی ایران. جلد ۷. شماره ۱ : ۳۰۲-۲۹۵.

ولدآبادی، س.، لباسچی، م و علی آبادی فراهانی، ح. ۱۳۸۸. تاثیر قارچ میکوریز آرباسکولار (AMF)، کود P_2O_5 و دور آبیاری بر شاخصهای فیزیولوژیک رشد گشنیز(*Coriandrum sativum* L.). فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۲۵. شماره ۳: ۴۲۸-۴۱۴.

Abbott, L.K. and Robson, A.D. 1984a. The effect of mycorrhizae on plant growth. P.113-130. In C.LI. Powell and D.J. Bagyaraj (ed.) VA mycorrhiza. *CRC Press, Boca Raton, FL.*

Abbott, L.K. and Robson, A.D. 1984b. Colonization of the root system of subterranean clover by three species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol,* 96:275-281.

Abbott, L.K. and Robson, A.D.1991. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. *Agric. Ecosyst. Environ,* 35:121-150.

Acquaah, G. 2002. Principals of Crop production (theory, technical and technology). *Prentice- Hall of India, New Delhi,* PP:460.

Adani, F., Genevi, P., Zocchi, G. 1998. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition . *Journal of plant nutrition,* 21:561-575.

Albuzio,A., Concheri, G., Nardi, S., Dellagnola, G.1994. Effect of humic fractions of different molecular size on the development of oat seedling grown in varied nutritional

condition.In:Senesi,N,T,M,Mianom(eds).Humic substances in the global environment and implications on human health.*Elsevier Science,Amsterdam,* PP, 199-204.

Aliabadi Farahani, H., Lebaschi, H., Hussein, M., Shiranirad, A.,Valadabadi, A. and Daneshian, J. 2008. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi different levels of phosphorus and drought stress on water use efficiency relative wate content and praline accumulation rate of coriander *(Coriandrum Sativum L.)*. *Journal of Medicinal Plants Research,* 2(6):125-131.

Al–Karaki, G.N., Al-Raddad, A. 1997. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on growth and nutrient uptake of two wheat genotypes differing in drought resistance.*Mycorrhiza,* 7:83-88.

Allen, M.F.1991.The ecology of mycorrhizae, *Cambridge.Un.Press.*

Allen, E.B. and Allen, M.F. 1990.The mediation of competition by mycorrhizal fungi in successional and patchy environments. P.367-389.In: Perspectives in plant competition, J.B. Grace and G.D. Tilman (ed.). *Academic Press, New York.*

Allen, M.F., Boosalis, M.G. 1983. Effect of two species vesicular arbuscular mycorrhizal fungi on drought tolerance of winter wheat. *New Phytopathol,* 93:67.

Allen, M.F., Moore. and Christensen, M. 1980. phytohormone, changes in Bouteloua gracilis infected by vesicular arbuscular mycorrnizae.I.cytokinin increase in the host plant. *Canadian Journal of Botany,* 58:371-374.

Allen, M.F., Sexton, J.C., Moore, T.S. and Christensen, M.1981. Influence of phosphate source on vesicular arbuscular mycorrhizae of Bouteloua gracilis. *New Phytologist,* 87:687.

Amerian, M.R., Stewart, W.S., Griffiths, H. 2001. Effect of two species of arbuscular mycorrhizal fungi on growth assimilation and leaf water relation in maize. *Aspect of Applied Biology,* 63:73-76.

An, Z.Q., Hendrix, J.W., Hershman, D.E., Ferriss, R.S., Henson, G.T. 1993. The influence of crop rotation and soil fumigation on a mycorrhizal Fungal community associated with soybean. *Mycorrhiza,* 3:171-182.

Auge,R.M.2001.Water Relation,drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal Symbiosis. *Mycorrhiza,* 11:3-42.

Auge,R.M., Moore,J.L., Sylvia,D.M., Cho,K. 2004. Mycorrhizal promotion of host stomatal conductance in relation to irradiance and temperature. *Mycorrhiza,* 14:85-92.

Auge,R.M., and Stodola, A.J.W. 1990. An apparent increase in symplastic water contributes to greater turgor in mycorrhizal roots of droughted Rosa plants. *New Phytol,* 115:285-295.

Ayuso, M., Hernandez, T., Garcia, C. and pascual, J.A.1996. Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. *Bioresource Technology*, 57:251-257.

Aziz, T., and Habte, M. 1989. Influence of inorganic Non mycorrhizal activity, nodulation, and growth of *Leucaena leucocephala* in an oxisol subjected to simulated erosion. *Commun. Soil Sci. Plant Anal,* 20:239-251.

Bagyaraj,D.J. 1992.Vesicular arbuscular mycorrhiza: Application in agriculture. *Methods Microbiol,* 24:360-373.

Barron, P.F., Wilson, M.A. 1981. HA and coal structure study with magic angle spinning 13 CCP-NMR. *Nature,* 289:275-276.

Bath, S.A., Thenua, O.V.S., shivakumar, B.G. and Malik, J.K. 2005. Performance of summer green gram (Vigna radiate (L)Wilczek) as influenced by biofertilizers and phosphorus nutrition Haryana. *journal of Agronomy,* 21:203-205.

Bethlenfalvay, G.J., Brown, M.S. and Stafford, A.E. 1985. *Glycine-Glomus-Rhizobium* symbiosis: ll.Antagonistic effects between mycorrhizal colonization and nodulation. *Plant Physiol,* 79:1054-1058.

Bethlenfalvay, G.J., Linderman, R.G. 1992 . Mycorrhizae in sustainable agriculture. *American Society of Agronomy* No.54. Madison .Wis, 124p.

Bi, Y.L., Li, X.L.L. and Christie, P. 2003. Influence of early stages of arbuscular mycorrhiza on uptake of zinc and phosphorus by red clover from a low-phosphorus soil amended with zinc and phosphorus. *Chemosphere ,* 50:831-837.

Bohme,M., Thi Lua, H. 1997. Influence of mineral and organic treatments in the rhizosphere on the growth of tomato plants. *Acta Hortic,* 450:161-168.

Bolandnazar, S., Aliasgarzad, N., Neishabury, M.R. and Chaparzadeh, N. 2007. Mycorrhizal colonization improves onion *(Allium cepa l.)*yield and water use efficiency under water deficiet condition. *Scientia Horticulturae,* 114:11-15.

Boyer, I.S. 1982. Plant productivity and environment. *Sci,* 218:443-448.

Bronick, E.J., R. Lai. 2005. Soil structure and management : a review. *Geoderma,* 124:3-22.

Brussard, L. and Ferrera-Cenato, R. 1997. *Soil Ecology in sustainable Agricultural Systems*. NewYork:Lewis Publishers, U.S.A, P.168.

Bryla. D.R., Duniway, J.M. 1997. Effect of mycorrhizal infection on drought tolerance and recovery in sunflower and wheat. *Plant soil,* 197:95-103.

Cakir, R. 2004. Effect of water Stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field. Crop.Res,* 89:1-16.

Celik, I., Oratas, I. and kilic, S. 2004. Effect of compost ,mycorrhiza, manure and Fertilizer on some physical properties of a chromoxerert soil. *soil and Tillage Research,* 78:59-67.

Chen,Y. and Aviad,T. 1990. Effects of humic Substances on plant growth.In:MC carhty,P.,calpp,C.E., Malcdm , R.L.,Bloom, P.R.(eds). *Humic substances in soil and crop sciences:selected Readings ASA and SSSA, Madison, W,* PP.161-186.

Coelho, D.T. and Dale, R.F. 1980. An energy-crop growth variable and temperature Function for prediction corn growth and development. *planting to silking. Agron. J,*72:503-510.

Cooper, K.M. 1984. Physiology of VA mycorrhizal associations. In C.Ll. Powell and D.J. Bagyaraj (ed.) VA mycorrhiza. *CRC Press, Boca Raton, FL,* P. 155-186.

David, P.P., Nelson P.V., Sanders, D.C. 1994. A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *Journal of Plant Nutrition,* 17: 173-184.

Davidson, H.R. and Campbell, C.A. 1984. Growth rates, harvest index and moisture use of manitu spring wheats influenced by nitrogen tempreture and moisture. *Can. J.Plant Sci,* 64:825-839.

Davies,F.J., Potter, J.R., Linderman, R.G.1992. Mycorrhiza and repeated drought exposure affects drought resistance and extra radical hyphae development of pepper plants. *Journal of plant physiology*, 139:289-29.

Dexter, A.R. 2004. Soil physical quality.part I.Theory effects of soil texture, density,and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma,* 120:201-214.

Diepenbrock,W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape *(Brassica napus L.),* Areview.*Field CropsRes,* 67:35-49.

Dixon,R.K.,Rao,M.V.,Gary,V.K.1994.Water relations and gas exchanges of mycorrhizal leucaena Leucocephala seedlings. *Journal of Tropical Forestry and Sicence,* 4:542-552.

Dodd. J.C.2000. The role of arbuscular mycorrhizal fungi in agronatural ecosystems. *Outlook on Agriculture,*29:63-70.

Dodd, J.C., Jeffries, P. 1986. Early development of vesicular arbuscular mycorrhizas in autumn sown cereals. *soil Biol. Biochem,* 8:140-154.

Dogan, E., Demir, K. 2004.Determination of yield and fruit characteristics of tomato crop grown in humic acids-added aggregate culture in greenhouse conditions. *VI. National Vegetable Symposium 21Á24 September, Canakkale, Turkey,* 218-224.

Dueck, T.A., Visser, P. Ernest, W.H.O. and Schat, H. 1986.Vesicular-arbuscular mycorrhizae decrease zinc toxicity to grasses in zinc-polluted soil. *Soil Biol. Biochem,* 18:331-333.

Dursun, A., Guvenc, I., Turan, M. 2002. Effects of different levels of humic acid on seedling growth and macro and micronutrient contents of tomato and eggplant. *Acta Agro- botanica,* 56: 81-88.

Ebel, R.C., Duan, x., Still, D.W., Auge, R.M. 1997. Xylem Sap abscisic acid concentration and stomatal conductance of mycorrhizal vinga unguiculata in drying soil. *Newphytol,* 135:755-761.

Edmeades, Go., Bolanos,J., Banziger, M., Chapmans, C. and Ortega, A. 1998. Developing drought and low-nitrogen tolerant Maize symposium Abstracts. *Dept.Agriculture,university of Queenslan,Brisbane 4072. Australia*.

Eerens, J.P.J., Lucas, R.J., Easton, S. and White, J.G.H. 1998. Influence of the endophyte (Neotyphodiumlolii) on morphology,physiology and alkaloid synthesis of

perennial ryegrass during high temperature and water stress. *New Zealand y.Agri.Res,* 41:219-226.

Eitzinger, J., Stastna, M., Zaludad, Z., Dubrovsky, M. 2003. A Simulation study of the effect of soil water balance and water stress on winter wheat production under different climate change seenarios. *Agricultural water Management,* 61:195-217.

Evans., D.G., Miller, M.H. 1988. Vesicular arbuscular mycorrhizas and the soil disturbance induced reduction of nutrients absorption in maize. 1. causal relation. *New phytol,* 110: 67-74.

Evans, D.G., Miller, M.H. 1990. The role of the external mycelial network in the effect of soil disturbance upon vesicular arbuscalar mycorrhizal colonisation of maize.*New phytol,* 114: 65-71.

Faber, B.A., Zasoski, R.J., Munns, D.A. and Shackei, K. 1991. A method of measuring hyphal nutrient and water uptake in mycorrhizal plants. *Can. J. Bot,* 69:87-94.

Feng, G., Zhang, F.S., Li, x.L., Tian, C.Y., Tang, C. and Rengel, Z. 2002. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. *Mycorrhiza,* 12:185-190.

Fitter, A.H. 1986. Effect of benomyl on leaf phosphorus concentration in alpine grasslads: A test of mycorrhizal benefit. *New Phytol,* 103:767-776.

Fredrick, j.R., Below, F.E. and Hesketh, j . D. 1990. carbohydrate, nitrogen and dry matter accumulation and partitioning of maize hybridsunder drought stress.*Ann. Bot. (London),* 66:407-415.

Ghazi, N and Karaki, AL. 1998. Benefit Cost and Water use efficiency of arbuscular mycorrhizal durum wheat grown under drought stress..*Mycorrhizae,* 8:41-45.

Ghosh, P.K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal Fodder intercropping systems in the semi arid tropics of India.*Field.crop.Res,* 88:227-237.

Gianinazzi-Pearson,V., Gianinazzi, S., Dexheimer, J., Morandi, D., Trouvelot, A.and Dumas, E. 1988. Recherche sur les mecanismes intervenant dans les interactions symbiotiques plante-champignons endomycorhizogenes VA. *Cryptogam. Mycol,* 9: 201-209.

Green, C.D., Stodola, A.J.W., Auge, R.M. 1998. Transpiration of detached leaves from mycorrhiza and non-mycorrhizal cowpea and rose plants given varying abscisic acid pH. *Calcium and phosphorus Mycorrhiza,* 8:93-99.

Grossl, P.R., Inkseep, W.P. 1991. Precipitation of dicalcium phosphate dihydrate in the presence of organic acids. *Soil Science Society of America Journal,* 94:186-198.

Hardie. K., Leyton, L. 1981. The influence of vesicular arbusculary mycorrhizae on growth and water relations of red clover.*New phytologist ,* 89:599-608.

Harley, J.L. and Smith, S.E. 1983. Mycorrhizal symbiosis. *Academic Press, New York.*

Harris, D., Pacovsky, R.S. and Paul, E.A. 1985b. C.flow and N_2 fixation in Sorghum-*Azospirillum-Glomus* associations.P.374.In R. Molina (ed.)Proc. 6th North Am. Conf. on Mycorrhizae, Bend, OR. 25-29. June 1984. *Forest Res. Lab., Corvallis, OR.*

Hay, R.K.M. and walker,A.J. 1989. An introduction to the physiology of crop yield. *Longman, Essen.GB,* 292 P.

Henderson. J.C ., Davis, F.T. 1999. Drought acclimation and the morphology of mycorrhizal *Rosa Hybrida L.* cv.Ferdy is independent of leaf elemental content. *New phytol,* 115:503-510.

Hepper,C.M. 1983. The effect of nitrate and phosphate on the vesicular-arbuscular mycorrhizal infection of lettuce. *New Phytol,* 93:389-399.

Hong Bo, S., Zong Suo, L. and Mingan,S. 2005. Changes of antioxidative enzymes and MDA content under soil water deficiets among 10 wheat genotypes at maturation stage colloids and surfaces B. *Biointer faces,* 45:7-13.

Jeffries, P., Spyropoulos, T. and Vardavarkis, E. 1988.Vesicular-arbuscular mycorrh-izal status of various crops in different agricultural soils in northern Greece.*Biol.Fert. Soils,* 5:333-337.

Jensen, A., Jakobsen, I. 1980. The occurance of vesicular arbuscular mycorrhiza in barley and wheat grown in some Danish soils with different Fertiliser treatments. *Plant soil,* 55:403-414.

Kabir, Z., O'Halloran, I.P., Fyles, I.W., Hamel, C. 1998. Dynamics of the mycorrhizal symbiosis of corn *(Zea mays* L.*)* effects of host physiology tillage practice and fertilization on Spatial distribution of extra-radical mycorrhizal hyphae in the field. *Agric.Ecosyt.Environ,* 68:151-163.

Kaya , C., Higges, D ., Kirnak, H ., Tas, I. 2003. Mycorrhizal colonization improves fruit yield and water use efficiency in water melon *(Citrullus lanatus thumb*)grown under well watered and water stressed conditions.*Plant and soil,* 253:287-292.

Khalvati, M.A., Mozafar, A. and Schmidhalter,V. 2005. Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth water relations and gas exchange of barley subjected to drought stress. *Plant Biology Stuttgart,* 7(6): 706-712.

Khan, I.A ., Ahmad, Sh., Mirza, S. 2003. Yield and water use efficiency of *Avena Sativa* as influenced by vesicular arbuscular mycorrhizae(VAM). *Asian Journal of plant sciences,* 2(4):371-373.

Khan. I.A., Ayub, N., Mirza, S.N., Nizami, S.M. and Azam, M. 2008. Yield and water use efficiency of *Cenchrus Ciliaris* as influenced by vesicular arbuscular. *Mycorrhizae Pakistan journal botany,* 40(2):931-937.

Killham, K., and Firestone, M.K. 1983. Vesicular-arbuscular mycorrhizal mediation of grass response to acidic heavy metal depositions. *Plant Soil,* 72:39-48.

Kramer, P.J., Boyer, J.S. 1995. Water Relation of Plants and Soils. *Academic Press, San Diego,CA.*

Krishna, K.R., Balakrishna, A.N. and Bagyaraj, D.J. 1982. Interactions between a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus and *Streptomyces cinnamomeous* and their effects on finger millet. *New Phytol,* 92:401-405.

Lambert, D.H., Cole, H. Jr. and Baker, D.E. 1980.Adaptation of vesicular arbuscular mycorrhizae to edaphic factors. *New Phytol,* 85:513-520.

Lee, Y.S., Bartlett, R.J. 1976. Stimulation of plant growth by humic substances. *Soil science*. *Soc.Amer.J,* 40:876-879.

Liu, C., Cooper, R.J. and Bowman D.C. 1996. Humic acid application affects photosynthesis, root development , and nutrient content of creeping bentgrass. *Crop science.*

Lud Low, M.M., Muchow, R.C. 1990. Acritical evaluation of the traits for improving Crop yield in water Limited environments. *Adv. Agron,* 43:107-153.

Malcolm, R.E. and vaghuan D.V. 1979. Humic substances and phosphatase activies in plant tissues. *Soil Biology. Biochem,* 11:253-259.

Marulanda, A., Porcel, R., Barea, J.M. and Azcon, R. 2007. Drought tolerance and antioxidant activities in lavender plants colonized by native drought tolerant or drought-sensitive *Glomus* Species. *Microbial ecology,* 54:543-552.

Mc Gonigle, T., Miller, M., Swan, J. 1990. A new method that gives an objective measure of colonization of roots by vesicular arbuscalar mycorrhizal Fungi. *New phytol,* 115:495-501.

Medve, R.J. 1984. The mycorrhizae of pioneer species in disturbed ecosystems of western Pennsylvania. *Am. J. Bot,* 71:247-256.

Miller, M.H. 2000. Arbuscular Mycorrhizae and the phosphorus nutrition of maize: Areview of guelph studies.*Canadian journal of plant scencei,* 80:47-52.

Miller, R.L., Jackson, L.E. 1998. Survey of vesicular arbuscular mycorrhizae in lettuce production in relation to management and soil Factors. *Y.Agric.Sci,* 130:173-182.

Miyauchi, M.Y.H., Lima, D.S., Nogueira, M.A ., Lovato, G.M., Murate, L.S., Cruz M.F., Ferreira, J.M., Zangaro, W. and Andrade, G. 2008. Intractions between diazotrophic bacteria and mycorrhizal fungus in maize genotypes. *Science.Agriculture,* 65: 527-531.

Mosse, B. 1975. Specificity in VA mycorrhizas. In F.E.Sanders et al. (ed). Endomycorrhizas. *Academic Press,New York,* P.469-484.

Mosse, B.D., Stribley, P ., Letacon, F. 1981. Ecology of mycorrhizae and mycorrhi-zal fungi.*Advance microbial ecology,* 5: 137.

Muscolo, A. Bavolo, F., Gion Friddo, F. and Nardi, S. 1999. Earth worm humic matter produced auxin-like effects on Daucus carota cell growth and nitrate metabolism. *Soil Biol.Biochem,* 31:1303-1311.

Muscolo, A., Felicim, M., Concheri, G. and Nardi, S. 1993. Effect of earth worm humic substances on estrase and peroxidase activity during growth of leaf explants of Nicotiana plumbaginifiolia. *Biol.Fert.Soils,* 15:127-131.

Nagarathna, T.K., Prasad, T.G., Bagyaraj, D.J. and Shadakshar, Y.G.i. 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus levels on growth and water use efficiency in Sunflower at different soil moisture stress. *Journal of agricultural technology,* 3(2):221-229.

Nelson, C.E ., Safir, G.K. 1982 . Increased drought tolerance of mycorrhizal onion plants caused by improved phosphorus nutrition . *Planta ,* 154: 407-473.

Nisar, A., Mir, S. 1989. Lignitic coal utilization in the form of HA as fertilizer and soil conditioner. *science Technology.DEV,* 8(1): 23-26.

Ouattar, S.R., Jones, J. and Crookston, R.K. 1987. Effect of Water deficit during grain filling on the pattern of maize kernel growth and development, *Crop Sci,* 27: 726-730.

Padem, H., Ocal, A. 1999. Effects of humic acid applications on yield and some characteristics of processing tomato. ISHS 6th International Symposium on the Processing Tomato. Pamplona, Navarra, Spain, 25Á28 May 1998. *Acta Horti-culturae,* 487: 159-163.

Pai, G., Bagyaraj, D.J., Ravindra, T.P. and Prasad, T.G. 1994. The water relations of mycorrhizal and non mycorrhizal cowpea *(Vigna ungiculata)*grown at three soil moisture regimes .*Journal of microbiology,* 34:317-322.

Panwar, J.D.S. 1993. Response of VAM and Azospirillum inoculation to water status and grain yield in wheat under water stress conditions. *Indian Journal of plant physiology,* 1:41-43.

Pattinson, G.S., Warton, D.I., Misman, R., Mcgee, P.A. 1997.The Fungicides Terrazole and Terraclor and the nematicide Fenamiphos have little effect on root colonization by Glomus mosseae and growth of cotton seedlings. *Mycorrhiza,* 7:155-159.

Pelgado, A., Madrid, A., Kassem, S., Andreu, L. and del Carmen del campillo, M. 2002. Phosphorus Fertilizer recovery from calcareous soils amended with humic and fulvic acids.*Plant and soil,* 245:277-286.

Phillips, J.M., Hayman, D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Brit. Mycol. Soc,* 55:158-161.

Picocolo, A., Pietramellara, G., Mbagwu, J.S.C. 1997. Use of humic substances as soil conditioners to increase aggregate stability. *Geoderma,* 75:267-277.

Pinton, R., Cesco, S., Iacolettig, G., Astolfi, S., and Varanini Z. 1999. Modulation of No_3 uptake by water extractable humic substances: involvement of root plasma membrane HATPase.*plant and soil,* 215:155-161.

Ponder, F. 1983. Soil moisture levels and mycorrhizal infection in black walnut seedlings.*Commun.in soil science .plant anl,* 14:507-511.

Remy, W., Taylor, T.N., Hass, H. and Kerp, H. 1994. Four hundred million year old vesicular arbuscular mycorrhiza. *Proc.Natl.Acad.Sci.USA,* 91:11841-11843.

Ross,J.P. 1980. Effect of nontreated field soil on sporulation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with soybean. *Phytopathology,* 70:1200-1205.

Ruiz-Lozano, J.M., Azcon, R . 1995. Hyphal contribution to water uptake in mycorr-hizal plants as affected by the fungal species and water status.*Physiologia.Plantaru- m,* 95:472-478.

Ruiz-Lozano, J.M., Azcon, R. and Gomez, M. 1995. Effect of arbuscular mycorrhiz- al *Glomus* Species on drought tolerance: physiological and Nutritional plant Respo-nses.*Applied and environmental microbiology,* 456-460.

Ryan, M.H., Graham, J.H. 2002. Is there avole For arbuscular mycorrhizal Fungi in production agriculture? *Plant Soil ,* 244:263-271.

Schussler , j. R . and Westgate, M.E. 1991 . Maize kernel set at low waterpotential: I.Sensitivity to reduced assimilates during early kernel growth . *Crop Sci,* 31:1189-1195.

Serenella, N., Pizzeghelloa, D., Muscolob, A. and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higner plants.*Soil Biology & Biochemistry,* 34:1527-1536.

Sharif, M., Khattak, R.A., Sarir, M.S. 2002 . Effect of different levels of lignitic cool derived humic acid on growth of maize plants.*Communications in soil science and plant analysis,* 33:3567-3580.

Singer, M.J., Bissonnais, Le.Y. 1998. Importance of surface sealing in the erosion of some soils from a Mediterranean climate.*Geomorphology,* 24:79-85.

Smith, S.E. and Read, D.J. 1997. Mycorrhizal symbiosis , 2nd end. *Academic press, New York.*

Sott, D.E., Martin, J.P. 1990. Synthesis and degradation of natural and synthetic humic materials in soils.P.37-63.In P.Maccarthy et al.(ed.) *Humic substances in soil and crop sciences:selected readings ASA and SSSA,Madison,WI.*

Spark,K,M.,J,D,Wells.,B,B,Johnson.1997b.Sorption of heavy metals by mineral-humic acid substrates,Aust.J.*Soil Res,* 35:113-122.

Subramanian, K.S. and Charest, C. 1998. Arbuscular mycorrhizae and nitrogen assimilation in maize after drought and recovery.*physiologia plantarum,* 102:285-296.

Subramanian, K.S., Charest, C ., Dwyer, L. and Hamilton, R.I. 1997. Effects of arbuscular mycorrhizae on leaf water potential sugur content and phosphorus content during drought and recovery of maize.*Canadian journal of botany,* 75:1582-1591.

Stahl, P.D., and Christensen, M. 1991. Population variation in the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*: breadth of environmental tolerance. *Mycol. Res,* 95:303-307.

Stevenson, F.J. 1982. Humus chemistry : Genesis , composition,Reactions;Wiley-Interscience: *New york, 496pp.*

Sylvia, D.M., Hammond, L.C ., Bennet, J.M., Hass, J.H. and Linda, S.B. 1993. Field response of maize to VAM fungus and water management . *Agronomy Journal,* 85:193-198.

Sylvia, D.M., and Neal, L.H. 1990. Nitrogen affects the phosphorus response of VA mycorrhiza. *New Phytol,* 115:303-310.

Sylvia, D.M., and Schenck, N.C. 1983. Soil fungicides for controlling chytridiaceous mycoparasites of *Gigaspora margarita* and *Glomus fasciculatum. Appl. Environ. Microbiol,* 45:1306-1309.

Thakur, A.K. and Panwar, 1.D.S. 1997. Response of Rhizobium vesicular arbuscular mycorrhizal symbionts on photosynthesis, nitrogen metabolism and sucrose transloc-ation in green gram*(phaseolus radiatus) .Ind.J.Agric.Sci,* 67(6):245-248.

Trent, J.D., Wallace, L.L., Svejcar, T.J and Christensen, S. 1998. Effect of grazing on growth carbohydrate pools and mycorrhizae in winter wheat.*Can.J.Plant Sci,* 68:115-120.

Troeh, Z.J., Loynachan, T.E. 2003. Endomycorrhizal Fungal survival in continuous corn, soybean , and Fallow. *Agron. J,* 95: 224-230.

Turkmen,O., Dursun, A,. Turan, M,. Erdinc, C. 2004. Calcium and humic acid affect seed germination growth and nutrient content of tomato*(Lycopersicon esculentum L)*Seedling under saline soil condition. *Acta Agriculturae Scandinavica,Section B,Soil and Plant Science,* 54:168-174.

Udaiyan, K., Greep, S., Muthakumar, T., Chitra, A. 1999. Effect of Fumigation and pesticide drenches on VAM Status and growth in Cereals. *J.Environ. Biol,* 20:167-175.

Valentine, A.J., Mortimer, P.E., lintnoar, A. and Borgo, R. 2006. Drought responses of arbuscular mycorrhizal grapevines. *Symbiosis,* 41:127-133.

Vaughan, D., Macdonald, I.R. 1976. Some effects of HA on cation uptake by paren-chyma tissue. *Biochemical,* 8:415-421.

Vaughan, D., Malcolm, R.E. and ord, B.G. 1985. Influence of humic substances on biochemical processes in plants.In: Vaughan,D.and Malcolm, R.E.(eds). *soil organic Matter and Biological Activity. Martinus Nijhoff/Dr W Junk publishers,Dordrecht, Boston, Lancaster,* PP.77-108.

Wallace, L.L. 1987. Effects of clipping and soil compaction on growth, morphology and mycorrhizal colonization of *Schizachyrium scoparium*, a C_4 bunchgrass. *Oecologia,* 72:423-428.

Wang, X.J., Wang, Z.Q., Li, S.G. 1995. The effect of humic acids on the availability of phosphorus fertilizers in alkaline soils. *Soil use and management,* 11:99-102.

Warnock, A.J., Fitter, A.H. and Usher, M.B. 1982. The influence of a springtail *Folsomia candida* (Insecta, Collembola) on the mycorrhizal aassociation of leek *Allium porrum* and the vesicular-arbuscular mycorrhizal endophyte *Glomus fasciculatus. New Phytol,* 90:285-292.

Wu, S.C., Cao, Z.H., Lisk, Z.G., Chenng, C. and Wong, M.H. 2005. Effect of biofertilizers containing N-Fixer,P and k solubizers and AM Fungi on mize growth:agreenhouse trial.*Geoderma,* 125:155-166.

www.karnet.up.wroc.pl.2010.

www.sabzgostar-co.com.2010.

Yegappan, T.M., Paton, D., Gates, C.T. and Muller,W. 1982. Water Stress in sunflower (responses of Cyptla size). *Annuals of Botony, London,* 49:63-68.

Zhang, X., Ervin, E.H. and Schmidt, R.E. 2003. Plant growth regulators can enhance the recovery of Kentucky bluegrass sod from heat injury. *Crop Sci,* 43:952-956.

Zhang, X. and Schmidt, R.E. 2000. Hormone-containing products impact on antioxidant status of tall fescue and creeping bentgrass subjected to drought. *Crop Sci,* 4:1344-1349.

Zhu, X., Gong, H., Chen, G., Wang, S. and Zhang, C. 2005. Different solute levels in two spring wheat cultivars induced by progressive field water stress at different development stages. *Journal of Arid Enviromental,* 62:1-14.

Abstract

Application of mycorrhizae is a method to improve yield and water deficiency tolerance in crops. Mychorrhizae is one of the biological part in soils. Their useful characteristics have promote scientific investigations and eagerness toward commercial applications of the fungi as biological manures. Incorporating mychorrizhae in soil promotes growth and yield of the crops both in laboratory and farm. Mychorrizhae increase nutrition uptake through promotion of root development in a given area, hence, change the plant-water relations and improve water deficiency tolerance and water use efficiency. In this investigation, the effects of arbuscular Mychorrizhae and humic acid on the yield and water use efficiency of maize crop under three irrigation systems was studied in a field experiment.The research was conducted using a split plot factorial experiment based on randomized complete block design with three replications. The main plot was water deficit condition (100% FC,66% FC,33% FC) and sub plot included application of two species of mycorrhizae, M_0: non application of mycorrhizae, M_1: *Glomus mosseae* and M_2: *Glomus intraradices*. The other factor was humic acid in two levels of application(H1) and non application(H0).Our results showed that water deficit condition decreased plant growth, yield and yield components compared to control, whereas,inoculation with mychorrhizae increased growth, yield , yield components and WUE of the treated crops compared to control. Humic acid led to results approximately similar to those of mychorrhizae. Interaction of mychorrhizae and water deficit condition in final harvest was significant on 100 seed weight and WUE, so that the highest rate of WUE was observed in 33%FC and symbiosis of *G. mosseae.* Interaction of Humic acid and water stress, Humic acid and mychorrhizae and triple interaction (water deficit condition × Humic acid × mychorrhizae) had no significant effect on studied parameters of maize crop through many developmental stages of the crop

Key words: Maize, arbuscular mycorrhizae, humic acid, water use efficiency, yield, water deficit

Shahrood University of technology
Faculty of agriculture
Department of agronomy science
A thesis present for degree of Master of Science (M.Sc)

Subject:

The effects of arbuscular mycorrhizal and humic acid on yield and water use efficiency(WUE) in Maize grown under water deficit condition

By:

Zohreh Shahhoseini

Supervisor:

Dr. A. Gholami
Dr. H.R. Asghari

Adviser:

Dr. M. Gholipoor
Dr. A.R. Fallah

February 2011

.