بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت و اصلاح نباتات

پایان نامه کارشناسی ارشد

تأثیر پیش تیمار اسید سالیسیلیک و همزیستی میکوریزایی بر خصوصیات رشد، عملکرد و کیفیت گاوزبان اروپایی در شرایط کم آبی

دانشجو:

نفیسه مسلمی

استاد راهنما :

دکتر احمد غلامی

اساتید مشاور:

دکتر فائزه زعفریان

دکتر حمید عباسدخت

بهمن ۹۴

پیشکش می شود به تک تک شکوفه ها و شاخه ها

و همه زیست نگاه داران، محیط بانان و همه انسان های سبزاندیش

که وجودشان سبب ریشه دار شدن و شکوفه دادن من در این وادیست. . .

تشکر و قدردانی

بسی شایسته است از استاد فرهیخته و فرزانه جناب آقای دکتر غلامی و اساتید مشاورم، دکتر زعفریان و دکتر عباسدخت که با کرامتی چون خورشید، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و دانش را با راهنمایی های کارساز و سازنده بارور ساختند؛ تقدیر و تشکر نمایم.

و در پایان یاد میکنم از مادرم که همیشه برایم مشوق و یاور بود و یادش همواره سبب دلگرمی ست، و همچنین از همراهی همسر مهربانم، و عزیزانی که در تدوین این تحقیق مرا یاری نمودند متشکرم و از خداوند منان سلامت و سعادت ایشان را خواستارم.

تعهد نامه

اینجانب **نفیسه مسلمی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **آگرواکولوژی** دانشکده کشاورزی **دانشگاه صنعتی شاهرود** نویسنده پایان نامه **تأثیر پیش تیمار اسید سالیسیلیک و همزیستی میکوریزایی بر خصوصیات رشد، عملکرد و کیفیت گاوزبان اروپایی در شرایط کم آبی** تحت راهنمائی دکتر **احمد غلامی** متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood Industrial University» به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج ازپایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافته‌های آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن(مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای ، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامهبدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

*** متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .**

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- بررسی تأثیر پیش تیمار اسید سالیسیلیک و همزیستی میکوریزایی بر میزان فسفر و پتاسیم بذر گاوزبان اروپایی در شرایط کم آبی. همایش ملی کشت ارگانیک و ازدیاد گیاهان دارویی. ۲۲ و ۲۳ مهر ماه ۱۳۹۴. دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.

۲- بررسی تأثیر پیش تیمار اسید سالیسیلیک و همزیستی میکوریزایی بر شاخص کلروفیل گاوزبان اروپایی در شرایط کم آبی. همایش ملی کشت ارگانیک و ازدیاد گیاهان دارویی. ۲۲ و ۲۳ مهر ماه ۱۳۹۴. دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.

چکیده:

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر تنش کم آبی همراه با پیش تیمار بذری سالسیلیک اسید بر خصوصیات کیفی و کمی گیاه گاو زبان اروپایی در شرایط همزیستی میکوریزایی در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه ای واقع در شهرستان سیمرغ (کیاکلا) استان مازندران به اجرا در آمد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. در این تحقیق عامل اصلی سطوح مختلف تنش کم آبی در سه سطح شامل۱) بدون تنش (۵ روز یکبار)، ۲) تنش متوسط (۸ روز یکبار)، ۳) تنش شدید (۱۱ روز یکبار) بود و ترکیب سطوح پرایم (پرایم و عدم پرایم بذور با اسید سالیسیلیک) و همزیستی میکوریزا (تلقیح و عدم تلقیح) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. بر اساس نتایج تجزیه واریانس برهمکنش تیمارهای سطوح مختلف تنش کم آبی و پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک بر صفات وزن خشک کل، عملکرد روغن و میزان گامالینولنیک اسید معنی‌دار بود. نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار برهمکنش تیمارهای سطوح مختلف تنش کم آبی و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفات وزن خشک کل، کلونیزاسیون ریشه و میزان گامالینولنیک اسید بود. این نتایج نشان داد که برهمکنش پیش تیمار بذر + همزیستی قارچ میکوریزا و همچنین برهمکنش سطوح مختلف تنش کم آبی، پیش تیمار بذر و همزیستی قارچ میکوریزا صفات وزن خشک کل، عملکرد روغن و میزان لینولنیک اسید را تحت تاثیر قرار داد. ترکیب تیماری بدون تنش + پیش تیمار بذر توانست وزن خشک کل گیاه گاوزبان را ۶۰ درصد، عملکرد روغن را ۷۰ درصد و مقدار گامالینولنیک اسید را ۴/۶۱ درصد در مقایسه با تیمار تنش شدید + عدم پیش تیمار بذر افزایش دهد. بعلاوه، ترکیب تیماری بدون تنش + تلقیح قارچ میکوریزا موجب افزایش در مقادیر صفات ذکر شده شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که ترکیب تیماری پیش تیمار بذر + تلقیح قارچ میکوریزا توانست میزان عملکرد روغن و لینولنیک اسید را نسبت به تیمار عدم پیش تیمار بذر + عدم تلقیح قارچ میکوریزا افزایش دهد. همچنین نتایج شاخص برداشت (بر اساس عملکرد سرشاخه) از (۴۳/۷۷ درصد) در شرایط پیش تیمار بذر و عدم تلقیح میکوریزا به (۴۸/۵۹ درصد) در تیماری عدم پیش تیمار بذر و عدم قارچ میکوریزا افزایش یافته است. بعلاوه، نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ترکیب تیماری بدون تنش + پیش تیمار بذر + تلقیح قارچ میکوریزا سبب افزایش وزن خشک کل (۶۵ درصد) و عملکرد روغن (۸۰ درصد) در مقایسه با ترکیب تیماری تنش شدید + عدم پیش تیمار بذر+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها ترکیب تیماری بدون تنش + پیش تیمار بذر + تلقیح قارچ میکوریزا لینولنیک اسید را ۵/۵۳ درصد در مقایسه با ترکیب تیماری تنش شدید + عدم پیش تیمار بذر+ تلقیح قارچ میکوریزا افزایش داد. به طور کلی اعمال شرایط بدون تنش + پیش تیمار بذر با سالیسیلیک اسید + همزیستی میکوریزایی جهت حصول حداکثر عملکرد در زراعت گاو زبان اروپایی قابل توصیه است.

کلمات کلیدی: پیش تیمار، تنش کم آبی، عملکرد، گاوزبان، لینولنیک اسید، میکوریزا

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

مقدمه: ۱

۲-۱- کلیات ۹

۲-۲- گاو زبان اروپایی ۱۰

۲-۲-۱- ترکیبات شیمیایی ۱۲

۲-۲-۲- خواص درمانی ۱۲

۲-۲-۳- صور دارویی ۱۳

۲-۳- وضعیت آب و هوا در ایران و جهان ۱۴

۲-۴- تنش ۱۵

۲-۴-۱- اهمیت و اثر محدودیت آب بر فرآیند های رشدی گیاه ۱۶

۲-۴-۲- تنش خشکی و خصوصیات برگ ۱۷

۲-۴- ۳- اثر تنش خشکی بر بیوماس و عملکرد ۱۸

۲-۴-۴- تاثیر تنش کم آبی بر کلروفیل و فتوسنتز ۱۹

۲-۴-۵- تنش خشکی و جذب عناصر ۲۰

۲-۴-۶- تاثیر تنش بر جذب فسفر ۲۱

۲-۴-۷- تاثیر تنش بر جذب پتاسیم ۲۲

۲-۴-۸- تنش آب و گیاهان دارویی ۲۳

۲-۵- کودهای زیستی ۲۳

۲-۶- قارچ های میکوریزا ۲۴

۲-۷- گیاهان میکوریزایی و اثرات تنش خشکی ۲۵

۲-۸- اثرات میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد ۲۷

۲-۹- پرایمینگ بذر ۲۸

۲-۱۰- فواید پرایمینگ ۳۰
۲-۱۰-۱- بهبود جوانه زنی و عملکرد در شرایط نامطلوب ۳۰
۲-۱۱- انواع پرایمینگ ۳۱
۲-۱۱-۱- اسموپرایمینگ ۳۱
۲-۱۲- معرفی اسید سالیسیلیک ۳۲
۲-۱۲-۱- بیوسنتز اسید سالیسیلیک ۳۳
۲-۱۲-۲- اثرات سالیسیلیک اسید بر جوانه زنی، رشد و تولید گیاه ۳۳
۲-۱۲-۳- مکانیسم عمل و تاثیر سالیسیلیک اسید در شرایط نامطلوب گیاه ۳۵
۳-۱- مواد و روش ۳۶
۳-۱-۱- زمان و محل اجرای آزمایش ۳۶
۳-۲- خصوصیات خاک زراعی مورد آزمایش ۳۶
۳-۳- مشخصات مواد آزمایشی ۳۷
۳-۳-۱- تیمار تنش کم آبی ۳۷
۳-۳-۲- تیمار پرایمینگ ۳۷
۳-۳-۳- تیمار قارچ میکوریزا ۳۷
۳-۴- مشخصات طرح آزمایشی ۳۸
۳-۵- نقشه کاشت ۳۸
۳-۶- عملیات آماده سازی زمین و کاشت ۳۸
۳-۷- تنک کردن ۳۹
۳-۸- عملیات داشت ۳۹
۳-۸-۱- آبیاری ۳۹
۳-۸-۲- مبارزه با علف های هرز ۴۱
۳-۹- نمونه برداری و اندازه گیری ها ۴۰
۳-۱۰- صفات زراعی و مورفولوژیک ۴۱
۳-۱۰-۱- ارتفاع بوته ۴۱

۳-۱۰-۲- وزن خشک بوته ۴۱
۳-۱۰-۳- سطح برگ ۴۱
۳-۱۰-۴- عملکرد و اجزای عملکرد ۴۱
۳-۱۰-۵- محتوای نسبی آب برگ ۴۴
۳-۱۰-۶- شاخص کلروفیل بر مبنای (SPAD) ۴۴
۳-۱۰-۷- اندازه گیری عناصر دانه ۴۵
۳-۱۰-۷-۱- اندازه گیری فسفر دانه ۴۵
۳-۱۰-۷-۲- اندازه گیری پتاسیم دانه ۴۶
۳-۱۰-۸- اندازه گیری روغن دانه ۴۶
۳-۱۰-۹- شناسایی اسید های چرب ۴۷
۳-۱۰-۹- ۱- تعیین پروفایل اسید های چرب ۴۸
۳-۱۰-۱۰- کلونیزاسیون ریشه ۴۸
۳-۱۱- تجزیه و تحلیل داده ها ۴۹
۴-۱- ارتفاع بوته ۵۱
۴-۲- شاخص سطح برگ ۵۳
۴-۳- عملکرد سرشاخه ۵۶
۴-۴- وزن هزار دانه ۵۸
۴-۵- عملکرد دانه ۶۰
۴-۶- وزن خشک کل ۶۳
۴-۷- شاخص برداشت بر اساس عملکرد سرشاخه ۶۵
۴-۸- شاخص برداشت بر اساس عملکرد دانه ۶۷
۴-۹- محتوای نسبی آب برگ ۶۹
۴-۱۰- میزان شاخص کلروفیل ۷۲
۴-۱۱- پتاسیم دانه ۷۴
۴-۱۲- فسفر دانه ۷۷

۴-۱۳- کلونیزاسیون ریشه ۷۹
۴-۱۴- روغن دانه ۸۲
۴-۱۵- عملکرد روغن دانه ۸۴
۴-۱۶- اسید لینولنیک ۸۶
نتیجه گیری ۸۸
پیشنهادات ۹۲
منابع ۱۰۴

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل۴-۱- اثر متقابل تنش کم آبی و پیش تیمار بذور بر ارتفاع بوته ۵۳

شکل ۴-۲- اثر متقابل پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر ارتفاع بوته..... ۵۳

شکل۴-۳- اثر تنش کم آبی بر وزن هزار دانه ۵۹

شکل۴-۴- اثر متقابل پیش تیمار بذور بر وزن هزار دانه..... ۶۰

شکل۴-۵- اثر قارچ میکوریزا بر وزن هزار دانه ۶۰

شکل۴-۶- اثر تنش کم آبی بر عملکرد دانه ۶۲

شکل۴-۷- اثر پیش تیمار بذور بر عملکرد دانه..... ۶۲

شکل۴-۸- اثر قارچ میکوریزا بر عملکرد دانه..... ۶۲

شکل۴-۹- اثر متقابل تنش کم آبی و پیش تیمار بذور بر شاخص برداشت (بر مبنای عملکرد دانه) ۶۹

شکل۴-۱۰- اثر متقابل تنش کم آبی و قارچ میکوریزا بر شاخص برداشت (بر مبنای عملکرد دانه)..... ۶۹

شکل۴-۱۱- اثر متقابل تنش کم آبی و پیش تیمار بذور بر محتوای نسبی آب برگ ۷۱

شکل۴-۱۲- اثر متقابل قارچ میکوریزا و پیش تیمار بذور بر محتوای نسبی آب برگ..... ۷۱

شکل۴-۱۳- اثر متقابل پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر شاخص کلروفیل ۷۴

شکل۴-۱۴- اثر متقابل تنش کم آبی و پیش تیمار بذور بر میزان پتاسیم دانه..... ۷۶

شکل ۴-۱۵- اثر متقابل تنش کم آبی و قارچ میکوریزا بر میزان پتاسیم دانه ۷۶

شکل۴-۱۶- اثر متقابل قارچ میکوریزا و پیش تیمار بذور بر میزان پتاسیم دانه ۷۷

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱- نتایج تجریه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش..... ۳۶

جدول ۴-۱- تأثیر تنش کم آبی ، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر صفت شاخص سطح برگ..... ۵۳

جدول ۴-۲- تأثیر تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر عملکرد سرشاخه..... ۵۸

جدول ۴-۳- تأثیر تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر صفت وزن خشک کل..... ۶۴

جدول ۴-۴- تأثیر تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر شاخص برداشت بر اساس عملکرد سرشاخه..... ۶۷

جدول ۴-۵- تأثیر تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر میزان فسفر دانه..... ۷۹

جدول ۴-۶- تأثیر تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر میزان کلونیزاسیون ریشه..... ۸۲

جدول ۴-۷- تأثیر تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر میزان روغن بذر..... ۸۴

جدول ۴-۸- تأثیر تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر میزان عملکرد روغن..... ۸۶

جدول ۴-۹- تأثیر تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر میزان لینولنیک اسید..... ۸۹

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات خصوصیات کمی صفات مورد مطالعه در گیاه گاو زبان اروپایی..... ۹۶

جدول پیوست ۲- میانگین مربعات خصوصیات کیفی صفات مورد مطالعه در گیاه گاو زبان اروپایی..... ۹۷

جدول پیوست ۳- تأثیر تنش کم آبی و پیش تیمار با اسید سالیسیلیک بر صفات شاخص برداشت (بر اساس عملکرد دانه و سرشاخه) و درصد روغن دانه گیاه گاو زبان..... ۹۸

جدول پیوست ۴- تاثیر تنش کم آبی و همزیستی میکوریزایی بر میزان کلونیزاسیون ریشه گیاه گاو زبان..... ۹۸

جدول پیوست ۵- تأثیر تیمارهای تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفات ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، عملکرد سرشاخه، وزن خشک کل گیاه گاو زبان..... ۹۹

جدول پیوست ۶- تأثیر تیمارهای تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفات محتوای نسبی آب برگ، شاخص کلروفیل، پتاسیم و فسفر دانه، عملکرد روغن و لینولنیک اسید گیاه گاو زبان..... ۱۰۰

جدول پیوست ۷- اثر متقابل سطوح تنش کم آبی و پیش تیمار بذر با استفاده از اسید سالیسیلیک روی برخی از خصوصیات کمی و کیفی گیاه گاوزبان ۱۰۱

جدول ۸ – اثر متقابل روش های متفاوت تنش کم آبی و همزیستی قارچ میکوریزا روی برخی از خصوصیات کمی و کیفی گیاه گاو زبان..... ۱۰۲

جدول ۹ – اثر متقابل سطوح تنش کم آبی و همزیستی میکوریزا روی برخی از خصوصیات کمی و کیفی گیاه گاوزبان۱۰۳

فصـــل اول

مقدمـــه

مقدمه:

تمایل به تولید گیاهان دارویی و تقاضا برای این محصولات در جهان روز به روز در حال افزایش می باشد . از اواسط قرن بیستم و به دنبال مشخص شدن پیامدهای منفی ناشی از مصرف داروهای شیمیایی، گیاهان دارویی در بسیاری از موارد جایگزین داروهای شیمیایی شدند (خواجه پور، ۱۹۸۸). ایران نیز به واسطه داشتن تنوع اقلیمی و سابقهٔ زیاد در استفاده و فرآوری گیاهان دارویی، توانمندیهای بالایی در تولید این گیاهان دارد، اما تنها سهم بسیار اندکی را در بازار جهانی گیاهان دارویی به خود اختصاص داده است (آنونیمس،۲۰۰۶؛ امیدبیگی، ۲۰۰۰)، نکته حائز اهمیت در تولید و پرورش گونه های ارزشمند گیاهان دارویی، افزایش تولید آنها بدون کاربرد نهاده های شیمیایی می باشد (عبدالجلیل، ۲۰۰۷).

گاوزبان (***Borago officinalis*** **L**) گیاهی علفی، یکساله، بومی نواحی مدیترانه ای و متعلق به خانواده Boraginaceae است که بیشتر به منظور استفاده های درمانی، در برخی نقاط کشت می یابد، به این صورت که از گل و برگ این گیاه به عنوان یک ماده معرق، آرام کننده و تصفیه کننده خون استفاده می شود(زرگری، ۱۹۸۲ ؛ وتاسینگ و همکاران، ۲۰۰۵). ارتفاع این گیاه ۳۰ تا ۶۰ سانتی متر و ساقه های آن از تار پوشیده شده است. گل آذین این گیاه ستاره ای شکل است وگل ها ابتدا صورتی رنگ، سپس آبی روشن و به ندرت به رنگ سفید می باشند و در انتهای ساقه قرار می گیرند.

از مواد خام مورد استفاده در طب گیاهی می توان از دانه گاو زبان، روغن دانه گاوزبان و همچنین از شاخ و برگ این گیاه نام برد، اگرچه امروزه در طب گیاهی استفاده از روغن دانه گاو زبان بیشتر مورد تاکید است (اوزاروسکی، ۱۹۹۰). روغن دانه گاوزبان غنی ترین منبع گیاهی اسید چرب گامالینولنیک است که بیش از ۲۰ درصد روغن دانه این گیاه را تشکیل می دهد و همچنین به عنوان مکمل غذایی

و دارویی برای درمان بیماری های قلبی، اگزمای موضعی، دیابت و ورم مفاصل استفاده می گردد (نقدی بادی و همکاران، ۲۰۰۷).

ادمیدس و همکاران (۱۹۸۹) یکی از رایج ترین تعاریف خشکی را در کشاورزی مطرح نمودند. آنها بیان کردند که تنش رطوبتی هنگامی افزایش می یابد که تقاضای تبخیر اتمسفری بالای برگ از ظرفیت توانایی ریشه‌ها برای استخراج آب از خاک فراتر رود. بخش اعظم اراضی کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه خشک طبقه بندی می شود. تنش خشکی شایع ترین تنش غیر زنده بوده و به عنوان عامل محدود کننده تولید محصولات زراعی و باغی به شمار می رود. تأثیر کمبود آب بر رشد، نحوه جذب عناصر غذایی و انجام فرآیندهای متابولیسمی گیاهان متفاوت است. حکمت شعار (۱۳۷۲) بیان نمود که تنش آب می تواند با کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه ها، کاهش در آبگیری کلروپلاست و سایر بخش های پروتوپلاسم (که به نحوی کارآیی فتوسنتز را کاهش می دهد) و همینطور کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل بر فرآیند بیوشیمیایی فتوسنتز اثر گذاشته و سبب تقلیل آن گردد.

از آنجا که رشد گیاه نتیجه بزرگ شدن و تقسیم سلول هاست، تنش خشکی می تواند به طور مستقیم با کاهش دادن میزان جذب دی اکسید کربن و در نتیجه تقسیم سلولی سبب کاهش رشد گیاه شود. بنابراین با توجه به مرحله رشدی گیاه، تنش خشکی می تواند از نظر بیوشیمی، مورفولوژی، آناتومی و فیزیولوژی گیاه را تحت تاثیر قرار دهد.کمبود آب تغییرات زیادی در رشد گیاه به وجود می آورد که میتواند سبب کاهش آن گردد. این در حالی است که میزان این کاهش رشد همواره با تغییرات مهمی در خواص کیفی گیاهان زراعی و باغی و از جمله گیاهان دارویی همراه است، به همین دلیل شناخت ارتباط کمبود آب با رشد محصولات در مراحل مختلف رشدی گیاه و بررسی راهکار هایی مناسب جهت برخورد با این موضوع برای کشاورزان اهمیتی اساسی دارد(کاروبا و همکاران، ۲۰۰۳ ؛ لالاند و همکاران، ۲۰۰۰). کم آبیاری راهبردی بهینه برای به عمل آوردن محصولات زراعی تحت شرایط

کمبود آب است که با کاهش محصول همراه است. از کم آبیاری به نام های دیگری مانند آبیاری بخشی و ناقص و کم آبیاری تنظیم شده نیز یاد می شود.

استقرار زودتر گیاهچه ها همراه با سبز کردن سریع بذر با تسریع در بسته شدن کانوپی، از عوامل موثر در عملکردی موفق می باشد (ریچارد و لوکاس، ۲۰۰۲ ؛ پلتونن ساینیو، ۱۹۹۷ ؛ بتورایت و همکاران، ۲۰۰۲). تنش خشکی عامل بسیار مهمی است که مرحله اول رشد گیاهان و جوانه زنی و استقرار گیاهچه که از مراحل حساس در فرآیند تولید محصولات گیاهی به شمار می رود را محدود می کند(ریاضی و همکاران، ۱۹۸۱). این امر به ویژه در عرض های شمالی که شرایط محیطی برای رشد گیاهان کمتر از حد شرایط مطلوب بوده و دوره رشد از کاشت تا برداشت، بطور نسبی کوتاه است و میزان رشد یا تجمع روزانه زیست توده در یک دوره زمانی کوتاه متمرکز است، اهمیت بیشتری دارد (پلتونن ساینیو، ۱۹۹۹ ؛ پلتونن ساینیو و همکاران، ۱۹۹۷). در چنین شرایطی دوره های تنش خشکی مقطعی که گاه گاهی در طول دوره رشد در فصول مرطوب در مناطق نیمه خشک موجب تاخیر موقتی رشد گیاه می شوند، در مراحل بعدی نمی توانند به طور کامل جبران شوند (مقصودی، ۲۰۰۸). آن دسته از عملیات مدیریت گیاه زراعی که رشد اولیه را حمایت و تقویت می کنند، احتمالا منجر به تولید بیشتر زیست توده در گیاهان می شوند (پلتونن ساینیو، ۱۹۹۷). در همین راستا به کارگیری روش های مختلف برای افزایش سرعت و قدرت جوانه زنی بسیار ضروری به نظر می رسد.

یکی از تکنیک های ساده ای که قدرت و استقرار گیاهچه ها و در نتیجه کارایی گیاه را در مزارع بهبود می بخشد، پرایمینگ بذر می باشد(یارنیا و همکاران، ۱۹۸۷). در میان روش های پرایمینگ، پرایمینگ مزرعه ای یکی از انواع پرایمینگ می باشد که به دلیل کم هزینه بودن به طور وسیعی استفاده می شود. در پرایمینگ مزرعه ای، بذرها برای یک مدت از قبل مشخص شده در آب معمولی یا نوعی محلول غذایی قرار می گیرند اما مانند دیگر روش های پرایمینگ بذر تا حد برگشت به رطوبت اولیه خود خشک نمی شود و تنها قبل از کاشت به منظور تسهیل در استفاده و انتقال به

صورت سطحی خشک می شود. این روش به وسیله کشاورزان برای تعدادی از محصولات مانند گندم، نخود و ذرت به کار گرفته می شود (هریس، ۲۰۰۶). کید و وست (۱۹۱۸)، برای اولین بار ثابت نمودند که خیساندن بذرها برای دوره های زمانی کوتاه بر درصد جوانه زنی و رشد گیاهچه ها در مراحل بعدی اثر مطلوبی دارد و این اثر مثبت پس از خشک کردن مجدد بذر نیز حفظ می شود. مطالعات جدید این امر را تایید کرده اند، به طوری که بذرهای خیس شده در مقایسه با بذرهای خیس نشده با سرعت بیشتری جوانه می زنند. جوانه زنی سریع و سبز شدن یکنواخت برای استقرار موفقیت آمیز گیاه زراعی در هر دو شرایط تنش و بدون تنش ضروری است (اشرف و فولاد، ۲۰۰۵). پرایمینگ بذر می تواند تحت شرایط تنش های محیطی سبب بهبود روند واکنش های فیزیولوژیکی در بذر شده و در نتیجه مقاومت به تنش های محیطی در این بذور را به طور قابل ملاحظه ای ارتقا دهد. در بذور پرایم شده ای که در بستر خود با شرایط تنش زا روبرو هستند، تخریب ماکرومولکول ها، اسیدهای هسته ای و واکنش های اکسیداتیو که منجر به تولید مواد سمی و خسارت زایی چون رادیکال های آزاد می شود به مراتب کمتر از بذور تیمار نشده می باشد(دمیر کایا و همکاران، ۲۰۰۶)

یکی از ارکان اساسی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستمهای زراعی با هدف حذف یا کاهش مصرف نهاده های شیمیایی است(ولنتین و همکاران، ۲۰۰۶). کودهای زیستی متشکل از میکروارگانیسم های مفیدی هستند که هریک به منظور خاصی مانند تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون های فسفات، پتاسیم، آهن و غیره تولید می شوند . این میکروارگانیسم ها معمولاً در اطراف ریشه مستقر شده و گیاه را در جذب عناصر یاری می کنند(وو و همکاران، ۲۰۰۵). میکوریزا یکی از مجموعه عوامل زیستی است که بخش مهمی از موجودات خاک زی را شامل می شود (بارئا و همکاران، ۲۰۰۵). همزیستی این قارچ با ریشه گیاهان میزبان و تشکیل سیستم میکوریزایی، نقش مهمی در حاصلخیزی و پایداری اکوسیستم خاک دارد (داد، ۲۰۰۰ و گوسلینگ و همکاران، ۲۰۰۶ ؛ میلر و همکاران، ۲۰۰۰). مهم ترین نقش قارچ های میکوریزا در نظام های زراعی عبارت است از: افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی به ویژه فسفر برای گیاهان (کاردوسو و همکاران، ۲۰۰۶) افزایش

فتوسنتز (استرادا و همکاران، ۲۰۰۳ ؛ لالاند و همکاران، ۲۰۰۰) افزایش کارایی مصرف آب در گیاه میزبان(مارولاندا و همکاران، ۲۰۰۶ ؛ اوگ، ۲۰۰۴) افزایش مقاومت به تنش خشکی و تنش شوری (وتاسینگ و همکاران، ۲۰۰۵) افزایش غلظت هورمون های گیاهی و محتوای کلروفیل (بارئا و همکاران، ۲۰۰۵) کاهش اثر سوء مواد شیمیایی (ضدعفونی کننده ها، قارچ کش ها، آفت کش ها و علف کش ها) (بتلن فالوی و همکاران، ۱۹۹۲ ؛ کوتاماسی و همکاران، ۲۰۰۱) و بهبود ساختمان خاک و تشکیل خاکدانه (میلر و همکاران، ۲۰۰۰).

در سالهای اخیر برای مقابله با کم آبی و تنش های خشکی در بسیاری از گیاهان رابطه همزیستی میکوریزایی مورد استفاده قرار گرفته است. مطالعات بوم شناسی و فیزیولوژیکی اثبات کرده است که اغلب، همزیستی میکوریزایی باعث جذب بهتر آب از خاک می شود. این قارچ ها، با افزایش سطح جذب ریشه به گیاه میزبان کمک می کنند تا میزان آب بیشتری از خاک جذب نماید (سانگ، ۲۰۰۵؛ اوگ و همکاران، ۲۰۰۱). از آنجا که هدف جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت بهبود کیفیت، کمیت و سلامت ماده موثره می باشد ، به نظر می رسد که تغذیه سالم این گیاهان از طریق کاربرد کودهای زیستی دارای تطابق بیشتری با اهداف تولید گیاهان دارویی داشته باشد .از طرف دیگر استفاده از کودهای زیستی به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد گیاهان یک مسئله مهم در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار می باشد که تحت تنش آب می تواند از اهمیت مضاعفی برخوردار باشد (عباس زاده، ۱۳۸۴).

هدف از این تحقیق بررسی تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی، همزیستی با میکوریزا و پیش تیمار بذور روی برخی از خصوصیات کمی و کیفی گیاه گاوزبان اروپایی است.

اهداف این پژوهش شامل موارد زیر می باشد:

۱- تاثیر قارچ میکوریزا و پیش تیمار بذور بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک گیاه گاوزبان اروپایی در شرایط متفاوت تنش کم آبی

۲- بررسی همزیستی قارچ میکوریزا و پیش تیمار بذور بر برخی از پارامتر های کمی گاوزبان

۳- بررسی تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گاو زبان اروپایی

فصـــل دوم

کلیـــات و بررســـی منابـــع

۲-۱- کلیات

تیره گاوزبان شامل گیاهان غالبا علفی و مخصوص نواحی معتدله و گرم کره زمین است. در بین آنها تعداد کمی به صورت درختچه و ندرتا انواعی به صورت درخت یافت می گردند. از مشخصات آنها این است که عموما به استثنای معدودی مانند cerinthe ها، از کرک های خشن پوشیده شده اند به طوری که این صفت خود بهترین وسیله تشخیص آنها از گیاهان تیره های دیگر می باشد. تیره گاوزبان دارای حدود ۲۰۰۰ نوع گیاه است که در ۱۰۰ جنس جای داده شده اند. عموماً دارای برگ‌های متناوب بدون استیپول و پهنکی کامل و لوب دار می‌باشند.

گل های آنها غالبا منظم، ۵ قسمتی (به ندرت ۴ یا ۳ قسمتی) و مجتمع به صورت گرزن‌های ۲ سویه است. در بعضی از آن ها، زوائد فلسی مانند زبانه‌ای در انحنای لوله یا پهنک جام دیده می‌شود که به در برخی گونه ها از جمله Borogo ها و Myusutis ها ، شباهت به تاج دارد. رنگ جام گل در غالب گیاهان تیره گاو زبان، آبی است و این مربوط به ماده رنگی بنام آنتوسیانین است که در واکوئل سلول‌ها محلول بوده و در مقابل تغییرات pH شیره واکوئلی، تغییر حاصل می‌نماید و به همین دلیل است که رنگ جام گل در هنگامی که هنوز گل به صورت غنچه است یا در موقعی که کاملا شکسته و یا در حال پژمرده شدن می‌باشد یکسان نیست (زرگری، ۱۳۶۸).

پرچم‌های این گیاهان معمولا به تعداد قطعات جام گل است. مادگی آنها از ۲ برچه تشکیل می‌یابد. در قاعده تخمدان آن ها، مولد نوش به صورت حلقه‌ای مشاهده می‌شود به طوری که قاعده تخمدان واقع بر روی این حلقه به نظر می‌رسد. میوه گیاهان این تیره به صورت شفت و یا خشک، با ظاهر چهار فندقه‌ای است. دانه آنها جنین راست و لپه‌های ضخیم دارد.

از اختصاصات تشریحی گیاهان این تیره آن است که عموما فاقد آبکش می‌باشند. کرک های آن ها عموما یک سلولی و در غالب آن ها بلورهای کربنات کلسیم به صورت سیستولیت و مخروطی شکل در قاعده دیده می‌شود. عده‌ای از گیاهان این تیره به علت دارا بودن موسیلاژ فراوان دارای اهمیت‌اند.

برخی دیگر نیز اثر قابض و تلخ دارند. تعداد زیادی از آن ها در طب عوام مورد استفاده قرار می‌گیرند و دارای شهرت درمانی فراوان می‌باشند.

از جمله نمونه‌های داروئی این تیره شامل: (*Cynoglossum officinale* L.) ،

(*Symphytum officinale* L.) و (*Borago officinalis* L.) می باشد (زرگری ۱۳۶۸؛ رضوی ۱۳۸۱).

۲-۲- گاوزبان اروپایی:

***Borago officinalis* L.**

فرانسه: Bourrache officinale, Bourrache commune Bourrache.

انگلیسی: Borage ؛ ایتالیایی: Buglossa vera, Borrana, Borragine

آلمانی: Boretsch ؛ عربی: لسان الثور ؛ فارسی: گاو زبان

گاوزبان اروپایی از جمله گیاهان دارویی مهم است. گاوزبان اروپایی گیاهی است علفی، یک ساله به ارتفاع ۱۰ تا ۷۰ سانتی متر و دارای ساقه منشعب شیاردار و پوشیده از کرک های خشن که امروزه در غالب نقاط اروپا مانند منطقه مدیترانه و فرانسه و آفریقای شمالی و بعضی از نواحی آسیا و احتمالا در ایران (آذربایجان) می‌روید به علاوه به منظور استفاده‌های درمانی، در برخی نقاط پرورش می‌یابد.

گاوزبان، برگ هایی منفرد، ساده و پوشیده از تارهای خشن دارد. در قاعده ساقه گیاه، برگ ها دارای دمبرگ مشخص ولی در قسمت های انتهائی آن تقریبا بدون دمبرگ است. گل های آن که به تناسب محل رویش، در فاصله فروردین و تیر ظاهر می‌شود، رنگ آبی زیبا و به ندرت سفید یا گلی دارد (نقدی بادی و همکاران، ۱۳۸۶). کاسه و جام گل آن منقسم است. از اختصاصات جام گل آن این

است که قطعات پهنک جام، به لوله‌ای که در غالب این گیاهان تیره دیده می‌شود، منتهی نمی‌گردد و این خود بهترین وسیله تشخیص آن از گیاهان مختلف این تیره است. پنج پرچم با بساک نزدیک به هم دارد که در قاعده میله آن ها، یک زائده زبانه‌ای شکل به وضع قائم دیده می‌شود. مادگی آن دارای تخمدانی فوقانی است وپس از رسیدن نیز به میوه قندقه‌ای مبدل می‌گردد که درون هر یک از آن ها، یک دانه تیره رنگ بدون آلبومن جای دارد. از دانه های گاوزبان به عنوان یکی از منابع اصلی اسید چرب گامالینولئیک اسید یاد می شود. قسمت مورد استفاده این گیاه، گل، برگ و یا سر شاخه گلدار آن است. برگ گاوزبان تقریبا بدون بو و بدون مزه است (خاتم ساز، ۲۰۰۳؛ مظفریان، ۲۰۰۵؛ زرگری، ۱۹۸۹؛ یزدانی و همکاران، ۲۰۰۴ و نقدی بادی و همکاران، ۱۳۸۶).

منشا اصلی این گیاه، در گذشته به آسیای صغیر و سوریه نسبت داده می‌شده است در حالی که این گیاه در نواحی مذکور جز در مزارع، آن هم به حالت نادر یافت می‌شود. به نظر می‌رسد که گاوزبان از نواحی غربی مدیترانه، اسپانیا و آفریقای شمالی منشا گرفته از آنجا به نقاط دیگر انتقال یافته باشد. سوابق تاریخی نشان می‌دهد که مردمان دوران قدیم آن را نمی‌شناخته‌اند و احتمال می‌رود که نخستین بار این گیاه توسط مایورها که مردمانی از طوایف شمال آفریقا بوده‌اند، به اسپانیا جهت پرورش، انتقال یافته و از آنجا به نواحی دیگر نفوذ یافته باشد (زرگری، ۱۳۶۸).

۲-۲-۱- ترکیبات شیمیایی

گل و بطور کلی اعضای مختلف گیاه دارای لعاب نسبتا فراوان در حدود ۳۰ درصد است. قسمت های سبز گیاه دارای نیترات پتاسیم می‌باشد. مواد دیگری نیز نظیر رزین‌ها، سالات کلسیم، مقدار بسیار جزئی اسانس، املاح منگنز، منیزیوم، اسید فسفریک و مقدار بسیار جزئی از آلانتوئین در آن یافت می‌شود.

بذر گاوزبان دارای ۳۰ تا ۴۰ درصد روغن است، عمده اسید های چرب دانه گاو زبان شامل اولئیک، استئاریک، گامالینولنیک، پالمتیک و لینولئیک اسید است. ۲۰ تا ۳۰ درصد از روغن بذر را گاما - لینولنیک اسید[1] تشکیل می‌دهد (نقدی بادی و همکاران، ۱۳۸۶) که ارزش تغذیه ای آن به واسطه حضور در غشای سلول های مختلف انسان و حیوان و تولید اسید های چرب چند غیر اشباعی می باشد. این اسید قابلیت دارویی و صنعتی شدن نیز دارد (زرگری، ۱۳۷۵ ؛ بایا و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین این اسید به عنوان پیش ماده پروستاگلاندین[2] که انجام فعالیت‌های حیاتی را در بدن بر عهده دارد، حائز اهمیت است (برتی و همکاران، ۲۰۱۰). علاوه بر بذر، قسمت مورد استفاده این گیاه، گل و برگ و یا سرشاخه‌های گل‌دار می‌باشد که حاوی ترکیبات مختلف نظیر موسیلاژ، تانن و آلکالوئید می‌باشد (شمس و همکاران، ۱۳۸۸).

۲-۲-۲- خواص درمانی

گل و برگ گاو زبان، اثر نرم کننده، معرق، مدر، آرام کننده و تصفیه کننده خون دارد. مصرف آن در هنگام مواردی که احتیاج به تقویت اعمال کلیه و پوست باشد، زکام، سرفه، برونشیت، ذات‌الریه، بی اختیاری دفع ادرار، سودا و همچنین تورم اندام ها، توصیه گردیده است (صمصام شریعت، ۲۰۰۳؛ اسبرن، ۲۰۰۳).

از گاوزبان به علت مدر بودن، در آغاز بیماری های سرخک و مخملک، به منظور دفع بیماری از راه عرق و ادرار استفاده می نمودند. در استعمال خارجی، له شده و برگهای تازه گاوزبان اگر بر روی ورم ها وسوختگی های بدن قرار گیرد و یا جوشانده گرم آن بر روی آبسه‌ها اثر داده شود، حالت تسکین دردی بهبود ظاهر می‌یابد (زرگری ۱۳۶۸؛ رضوی، ۱۳۸۱).

[1]- Gamma-linolenic acid (GLA)
[2] - Prostaglandin

تحقیقات بالینی موثر بودن مصرف مکمل های غذایی حاوی گامالینولئیک اسید در درمان بیماری هایی نظیر اگزمای موضعی، دیابت ها، عفونت های ویروسی و بعضی سرطان ها را نشان داده است . گامالینولئیک اسید بعنوان مکمل غذایی و جهت بهبود و درمان بیماریهای قلبی (آترواسکلروزیس یا تصلب شرائین) و بیماری MS استفاده می شود (باری، ۲۰۰۱ ؛ میبر و همکاران، ۱۹۹۹).

از روغن بذر گاوزبان اروپایی جهت درمان اگزما استفاده می شود همچنین این روغن ضد التهاب کلیه و مثانه نیز می باشد (نقدی بادی و همکاران، ۲۰۰۸؛ حسینی و همکاران، ۲۰۰۷؛ رضایی و همکاران، ۲۰۰۳). عصاره های گاوزبان با داشتن خواص آنتی اکسیدانی قابل استفاده در فرمولاسیون های غذایی و نیز محصولات بهداشتی پوست هستند که می توانند طول موج ماورائ بنفش نور خورشید را جذب کنند (وتاساین و همکاران، ۲۰۰۱).

۲-۲-۳- صور دارویی

دم کرده ۲۰ تا ۹۰ گرم برگ یا گل در یک لیتر آب به مقدار ۲ تا ۳ وعده در روز، در فاصله غذاها (برای آنکه دم کرده گاوزبان دارای همان رنگ طبیعی خود باشد باید عمل دم کردن سریعا انجام شود). در استعمال خارجی، برگ تازه گاوزبان اگر با گل قاصد به صورت له شده در آید و سپس شیره آنها تحت اثر فشار گرفته شود، عصاره‌ای به دست می‌آید که به عنوان تصفیه کننده خون می‌تواند مصرف گردد. از مصارف دیگر گاوزبان آن است که از برگ‌های جوان آن در بسیاری نواحی به صورت سالاد استفاده به عمل می‌آید (زرگری، ۱۳۶۸).

۲-۳- وضعیت آب و هوا در ایران و جهان

مطالعات اخیر نشان می دهد که طی سال های گذشته دمای کره زمین در سطح جهانی افزایش یافته است. مناطق خشک و نیمه خشک که در حدود ۴۰ درصد از اراضی جهان را شامل می شوند بالغ بر ۷۰۰ میلیون نفر از جمعیت دنیا را در خود جای داده اند (شکاری، ۱۳۸۰). اگرچه آب فراوان ترین ماده روی زمین است ولی، کمبود آب شیرین مهم ترین عامل محدودیت تولید محصولات کشاورزی در جهان می باشد. چنین تضاد عمیقی می تواند به علت چگونگی توزیع جغرافیایی و کیفیت مصرف آب آبیاری باشد (خواجه پور، ۱۳۸۳). محدودیت منابع آب شیرین توانسته است رشد اقتصادی بسیاری از کشور ها از جمله منطقه خاورمیانه را تحت الشعاع خود قرار دهد، به گونه ای که بسیاری از کارشناسان پیش بینی می کنند که در آینده درگیری فراوانی بر سر تصاحب منابع آب شیرین منطقه صورت خواهد گرفت (علیزاده،۱۳۸۲ و ۱۳۸۴).

کشور ایران در نیمکره شمالی در عرض جغرافیایی ۲۵ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و ۴۴ درجه و ۶۳ دقیقه شرقی، در یکی از خشک ترین مناطق جهان واقع شده است. ایران از جمله کشور هایی است که اقلیم بسیار متنوعی دارد و در کمربند مناطق خشک و بیابانی جهان قرار گرفته است. حدود ۶۴ درصد مساحت ایران در آب و هوای خشک و ۲۰ درصد از این مساحت تحت تاثیر آب و هوای نیمه خشک قرار دارد. ایران در پهنه اقلیمی خشک و نیمه خشک دنیا قرار گرفته و میزان تبخیر سالیانه در برخی از نقاط آن ۲۰ تا ۴۰ برابر میزان بارندگی می باشد. این موضوع نشان دهنده این است که پتانسیل تبخیر در ایران زیاد است (شکاری، ۱۳۸۰).

مطالعات نشان می دهد که در حال حاضر از کل منابع آب تجدید شونده ایران حدود ۸۳ میلیارد متر مکعب (۹۳ درصد) به بخش کشاورزی اختصاص دارد. تجزیه و تحلیل شاخص های مصرف آب در بخش کشاورزی نشان دهنده تلفات زیاد آب در این بخش است که قسمت زیادی از آن را می توان با اتخاذ راهبردهای صحیح و کارآمد، اصلاح نمود (علیزاده، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۴).

۲-۴- تنش

آب و هوا یکی ار مهم ترین عوامل رشد و تغذیه گیاهان محسوب می شود. گیاهان همیشه برای تکمیل مراحل مختلف نمو (از جوانه زنی بذر تا تولید دانه) شرایط متغیری را تجربه نموده و به رخداد های فیزیکی و شیمیایی اطراف خود واکنش نشان می دهند، اما خصوصیت اصلی سیستم زنده مقاومت به تغییر و خود تنظیمی می باشد. در سیستم خود تنظیم قابلیت انعطاف وجود دارد که از قانون تحمل شلفورد تبعیت می کند (سالیسبوری و راس، ۱۹۹۲). بر اساس این قانون، زمانی که واکنش به عامل محیطی افزایش می یابد، به عنوان کمبود در نظر گرفته می شود و زمانی که واکنش بیشتری وجود ندارد شرایط مطلوب است. وقتی واکنش کاهش می یابد، بازدارندگی یا سمیت اتفاق می افتد. بنابراین آشکار است که گیاهان در سطوح کمبود، بازدارندگی ومسمومیت دچار تنش می شوند.

واژه تنش به معانی مختلفی مورد استفاده قرار می گیرد. در بیشتر موارد، تنش به معنای تغییر و دور شدن از شرایط مطلوب در نظر گرفته می شود (استوکر، ۱۹۹۶). به عبارتی دیگر هر تغییری در محیط که به رشد و تولید کمتر از حد پتانسیل ژنتیکی گیاه منجر شود (تا جایی که تولید آن غیر اقتصادی گردد)، تنش نامیده می شود. هر گونه اختلال محیطی (بدون توجه به طبیعت آن) که تعادل آب و کربن را تحت تاثیر قرار دهد، قابلیت تولید را نیز متاثر می سازد. گیاهان دارای پتانسیل تولید بالایی هستند، اما تنش های محیطی از مهمترین عوامل کاهش عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهان می باشند. اثر تنش های محیطی بر قابلیت تولید گیاهان زراعی به منبع ایجاد تنش بستگی دارد. در محیط فاقد تنش های محیطی، عملکرد های واقعی باید برابر با عملکرد پتانسیل گیاهان باشد در حالی که در بسیاری از گیاهان زراعی متوسط عملکرد واقعی گیاهان کمتر از ۱۰ تا ۲۰ درصد عملکرد پتانسیل آن ها است (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱). بر طبق نظر بویر (۱۹۸۲) تنش های محیطی قابلیت تولید کشاورزی آمریکا را نسبت به پتانسیل آن ۲۵٪ کاهش می دهند.

۲-۴-۱- اهمیت و اثر محدودیت آب بر فرآیندهای رشدی گیاه

از بین عوامل مورد نیاز برای رشد و فعالیت گیاه، آب به عنوان مهمترین و در عین حال محدود ترین منبع برای کشاورزی محسوب می شود (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). آب جزء تشکیل دهنده سلول های زنده گیاه است. در گیاهان چوبی حدود ۵۰٪ و در گیاهان علفی حدود ۸۰٪ گیاهان را آب تشکیل می دهد.آب برخلاف تعداد دیگر از مواد درون گیاهی، یک جزء موقت نیز محسوب می شود، چرا که گیاه همواره آب را جذب کرده و از دست می دهد. تقریبا ۹۵٪ آب از طریق تعرق گیاهی از پیکره گیاه خارج می شود و تنها کمتر از ۵٪ آب در معادلات مختلف گیاهی شرکت می کنند (سلطانی، ۱۳۸۶ ؛ علیزاده، ۱۳۸۲)

بنا به نظر کرامر و بویر، (۱۹۹۵) آب علاوه بر حلال بودن، در تعدادی از واکنش های بیوشیمیایی حیاتی به عنوان واکنش گر عمل می کند، به عنوان مثال آب دهنده الکترون در فتوسنتز است . همچنین از نظر فیزیولوژیکی عامل کلیدی در حفظ آماس سلولی می باشد.

در مناطقی که امکان رشد برای گیاه از نظر دمایی وجود دارد، آب از جمله عوامل محدود کننده تولید گیاهان است و سرعت رشد متناسب با آب قابل دسترس می باشد. به خاطر نقش اساسی آب در متابولیسم گیاه (هم در سطح سلولی و هم در سطح کل گیاه)، هر گونه کاهش در آب قابل دسترس، اثر آنی و سریع بر رشد گیاه دارد و فرآیندهای مختلف، از فتوسنتز تا انتقال و انباشت املاح به طور جدی تحت تاثیر قرار می گیرند (هسیائو و همکاران، ۱۹۷۶).

در دسترس بودن آب در تنظیم رشد گیاه و نمو بذر نقش اساسی دارد (بردفورد، ۱۹۹۴). تنش آبی بیشتر از سایر عوامل محیطی رشد و عملکرد گیاه را تحت تاثیر قرار می دهد و زمانی اتفاق می افتد که آب خارج شده از گیاه بیشتر از آب وارد شده به آن باشد. سرعت رشد گیاه معمولا با کاهش آب در دسترس محدود می شود.

۲-۴-۲- تنش خشکی و خصوصیات برگ

برگ ها به عنوان واحدهای فتوسنتزی در گیاه نقش ویژه ای دارند (کافی و همکاران، ۱۳۸۸). نخستین پاسخ گیاه به تنش آب، بسته شدن روزنه هاست که متعاقب آن رشد برگ ها کاهش می یابد (نیلسن، ۲۰۰۱). یکی از راهکارهای گیاه در زمان وقوع تنش کاهش سطح برگ و تعداد برگ می باشد (پالد و همکاران، ۱۹۸۵). تنش خشکی در طول دوره رویشی موجب کوچک شدن برگ ها می شود. همچنین شاخص سطح برگ، دوره رسیدن محصول و میزان جذب نور توسط گیاه کاهش می یابد (لویت، ۱۹۸۰). کاهش تعداد برگ به هنگام تنش به علت پیری زودرس گیاه و تجمع زیاد اتیلن راهی برای کاهش تعرق و رسیدگی زودتر گیاه برای فرار از تنش می باشد (ساکسنا و همکاران، ۱۹۹۳). از لحاظ تئوری، کاهش سطح برگ یک فرآیند سازگاری مهم محسوب می شود چرا که اولین راهبردی است که گیاه زراعی در مواجهه با محدودیت آب انتخاب می کند (حسین و همکاران، ۱۹۹۰). تغییر سطح برگ فرآیند مهمی است که محصولات زراعی تحت تنش از طریق آن کنترل خود را برای استفاده از آب حفظ می کنند.. خشکی از طریق کاهش تعداد برگ های فعال، سطح جذب دی اکسید کربن را نیز کاهش می دهد (بلوم، ۱۹۹۶).

۲-۴-۳- اثر تنش خشکی بر بیوماس و عملکرد

توانایی تولید بیوماس بالا در شرایط کم آبی از صفات مطلوب در گیاه به شمار می رود. زیرا تنش خشکی موجب کاهش در میزان بیوماس گیاه می شود (فروغ و همکاران، ۲۰۰۹). بسیاری از فرآیندهای تعیین کننده عملکرد تحت تاثیر تنش خشکی قرار می گیرند. کمبود آب موجب کاهش در صفات مربوط به عملکرد می شود که دلیل آن را می توان اختلال در تبادلات گازی برگ دانست که

نه تنها سبب محدودیت در اندازه منبع و مخزن می شود بلکه در جذب و انتقال مواد و تسهیم ماده خشک ایجاد اختلال می کند (انجوم و همکاران، ۲۰۱۱). مشاهدات نشان داده اند که تنش خشکی در مراحل رویشی بیشترین اثر را روی ارتفاع و بیوماس گیاه شوید دارد. اگرچه درصد اسانس گل و دانه شوید با کاهش دسترسی به آب افزایش می یابد، بیشترین عملکرد اسانس در واحد سطح تحت تنش ملایم کم آبی تولید می شود. محدودیت متوسط آب در طول گلدهی و پر شدن دانه می تواند عملکرد اسانس شوید را در واحد سطح بهبود بخشد. با این حال، کمبود شدید آب در مراحل زایشی می تواند عملکرد اسانس را در نتیجه کاهش زیاد عملکرد دانه در واحد سطح کاهش دهد (قاسمی گلعذانی و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین در گیاه دارویی سیاه دانه، با افزایش فواصل آبیاری از ۵۰ به ۱۵۰ میلی متر تبخیر از تشتک کلاس A ، به طور معنی داری از میزان بیوماس تولیدی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس کاسته شده و بر میزان تجمع پرولین و کربوهیدرات در بافت سبز گیاه افزوده می شود (رضاپور و همکاران، ۱۳۹۰).

۲-۴-۴- تاثیر تنش کم آبی بر کلروفیل و فتوسنتز

مهم ترین اثر فیزیولوژیکی کمبود آب، محدود شدن فتوسنتز است. رابطه نزدیک بین بازدارندگی فتوسنتز در شرایط تنش و تغییرات ساختمانی در کلروپلاست دلیلی بر اثر مستقیم تنش بر کلروپلاست ها می باشد (کوچکی و خواجه حسینی، ۱۳۸۷). در شرایط تنش همراه با کاهش در ظرفیت بیوشیمیایی کربن گیری، محدودیت انتشار گازی نیز مشاهده می شود. در مطالعه در برگ انگور در شرایط تنش مشاهده شد که کاهش فتوسنتز هم ناشی از کاهش جذب دی اکسید کربن و هم به دلیل کاهش فعالیت آنزیم ها بوده است (چاوز و همکاران، ۲۰۰۲). انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تاثیر خشکی قرار می گیرد و موجب اشباع شدن برگ ها از این مواد می شود که فتوسنتز را محدود می کند. تنش خشکی ضمن کاهش سطح برگ، پیری آن ها را هم تسریع و بدین وسیله می

تواند میزان تولید را، خیلی بیشتر از آنچه که به علت اثرات ناشی از کاهش شدت فتوسنتز خالص تقلیل می یابد، کاهش دهد (تایز و زایگر،۲۰۰۶). احمدی و بیکر (۱۳۷۹) کاهش فتوسنتز ناشی از تنش خشکی شدید یا طولانی مدت را تحت تاثیر عوامل غیر روزنه ای (به خصوص کاهش غلظت کلروفیل) دانسته و عنوان کرده اند که شدت و یا طول دوره تنش باید به حد معینی برسد تا کلروفیل برگ بالغ تحت تاثیر قرار گیرد. پایداری کلروفیل به عنوان شاخصی از تنش خشکی و معیاری برای انتخاب ارقام مقاوم به خشکی شناخته شده است و شاخص پایداری بالا به معنای بی تاثیر بودن تنش بر گیاه می باشد و موجب دسترسی بهتر به نور می گردد (پزشک پور و همکاران، ۱۳۸۴). با افزایش تنش خشکی در مرحله رشد رویشی، میزان کلروفیل برگ کاهش می یابد (میرزایی و همکاران، ۱۳۸۸).

یکی دیگر از عوامل کاهش کلروفیل ها، رقابت و پیشی گرفتن آنزیم گلوتامین کیناز (آنزیم کاتالیز کننده پرولین) به هنگام تنش آب از آنزیم گلوتامات لیگاز (اولین آنزیم مسیر بیوسنتز کلروفیل) می باشد که باعث می شود تا پیش ساز گلوتامات بیشتر به مصرف پرولین برسد و بیوسنتز کلروفیل با محدودیت مواجه شود (خان و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-۴-۵- تنش خشکی و جذب عناصر

تحت تنش خشکی جذب مواد غذایی توسط گیاه معمولا به علت کاهش قابل توجه میزان انتقال، اختلال در انتقال فعال، نفوذپذیری غشا (لویت، ۱۹۸۰) و در نتیجه کاهش قدرت جذب ریشه افت می یابد. جذب مواد غذایی از محلول خاک به مقدار زیادی به وضعیت ریشه گیاه و آب خاک مربوط است. کاهش میزان رطوبت خاک در کاهش میزان انتشار مواد غذایی از بافت خاک به سطح جذب ریشه موثر است. وضعیت آبی گیاه و کمبود داخلی آب با نمو سیستم ریشه ای مرتبط است و در جریان تنش کم آبی ممکن است فعالیت ریشه و نفوذپذیری آن بسیار کاهش یابد. افت جذب آب و تعرق بر

کاهش میزان آب ساقه و روزنه اثر داشته و حاکی از توسعه تنش در برگ است (گراکیس و همکاران، ۱۹۷۵).

مطالعات متعدد روی تنش خشکی مشخص نموده اند که معمولا کمبود آب، جذب عناصر غذایی توسط گیاهان زراعی را محدود می سازد. جذب یون ها از بستر رشد با مقدار رطوبت و میزان تعرق گیاه مرتبط است. مدتی که ریشه های گیاه بدون آسیب دائمی در معرض تنش بوده اند، به روش مورد استفاده برای القای تنش خشکی، شدت تنش و گونه گیاهی بستگی داشته است. سیستم های انتقال فعال گیاهان زراعی تحت تنش شدید خشکی مختل گردیده یا نابود می شوند (علم، ۱۹۹۹).

ناهار و گریتزماچر (۲۰۰۲) گزارش کردند که تنش خشکی جذب گوگرد را توسط گوجه فرنگی کاهش می دهد. همچنین گزارش شده است که تنش خشکی معمولا به افزایش نیتروژن، کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر و کاهش آهن منجر می گردد (عبدالرحمان و همکاران، ۱۹۷۱). کاهش نسبی تجمع نیتروژن با افزایش بیشتر شدت تنش خشکی، کمتر از عملکرد ماده خشک و کاهش تجمع سایر مواد غذایی می باشد (گراکیس و همکاران، ۱۹۷۵). کاهش جذب پتاسیم و کلسیم بر اثر کم آبی در گوجه فرنگی گزارش گردیده است (ناهار و گریتزماچر، ۲۰۰۲). افزایش تنش خشکی در بستر رشد نه تنها جذب و قابلیت انحلال عناصر غذایی را کاهش می دهد، بلکه نسبت کلسیم به پتاسیم و کلسیم به فسفر را در شاخ و برگ گیاه افزایش می دهد.

۲-۴-۶- تاثیر تنش بر جذب فسفر

فسفر برای رشد گیاهان ضروری می باشد، چون در بسیاری از فعالیت های متابولیکی نقش اساسی دارد. فسفر از اجزای نوکلئیک اسیدها، فسفولیپیدها، فسفوپروتئین ها، دی نوکلئوتیدها و آدنوزین تری فسفات می باشد. بنابراین فسفر برای ذخیره و انتقال انرژی، فتوسنتز، تنظیم برخی آنزیم ها و انتقال

کربوهیدارت ها مورد نیاز است. فسفر در آوند آبکش حرکت می کند و علایم ارغوانی کمبود فسفر ابتدا در برگ های پیر ظاهر می شود، چون فسفر دوباره به برگ های جوان هدایت می گردد (علم، ۱۹۹۹). شرایط کم آبی بستر رشد، اثرات طولانی بر غلظت و جذب فسفر توسط گیاهان زراعی دارد. گراکیس و همکاران (۱۹۷۵) گزارش کردند که در بسیاری از مطالعات انجام شده تنش خشکی غلظت فسفر را در گیاهان کاهش داده است و در تعدادی از بررسی ها کمبود آب بر وضعیت فسفر در گیاهان بی تاثیر بوده است. مویوات و نس (۱۹۸۶) پیشنهاد کرده اند که فسفات زمانی به اندازه کافی در دسترس است که مقدار زیادی آب در بستر رشد وجود داشته باشد. جین و همکاران، (۲۰۰۶) در بررسی اثر تنش خشکی روی سویا مشاهده کردند کمبود رطوبت، تجمع فسفر را محدود کرد و سبب کاهش انتقال فسفر به بذر شد. به طور معمول پذیرفته شده است که جذب فسفر توسط گیاهان زراعی در شرایط خشکی خاک کاهش می یابد (خلیلی، ۱۳۸۹).

۲-۴-۷- تاثیر تنش بر جذب پتاسیم

پتاسیم نقش فیزیولوژیک مهمی در شرایط نامساعد محیطی در سلول ایفا کرده و زیاد بودن آن موجب افزایش تحمل گیاه می شود. افزایش نیاز به پتاسیم در گیاهان در معرض تنش خشکی وابسته به این حقیقت است که پتاسیم در حفظ تثبیت دی اکسید کربن فتوسنتزی موثر است. تنش خشکی با بستن روزنه ها ضمن کاهش تثبیت دی اکسید کربن سبب تولید فرم های فعال اکسیژن شده که شرایط فراهمی پایین پتاسیم تشکیل آن ها تشدید می گردد (کاک مک، ۲۰۰۵).

از نقش های حیاتی پتاسیم نقش اسمزی این عنصر در بالا بردن کارایی مصرف آب در گیاه است، به طوری که در حضور مقدار کافی از پتاسیم، وظیفه سلول های روزنه که باز و بسته شدن آن ها با توجه به شرایط رطوبتی گیاه است، به درستی صورت می گیرد که راندمان مصرف آب را بالا می برد. پتاسیم با تنظیم فشار اسمزی سلول های روزنه برگ، گیاه را در شرایط کم آبی در برابر خشکی مقاوم

می سازد. در شرایط عدم حضور پتاسیم کافی و کمبود آب، روزنه ها به موقع بسته نشده و منجر به پژمردگی و پلاسیدگی گیاه می گردد (ملکوتی، ۱۳۷۳).

۲-۴-۸- تنش آب و گیاهان دارویی

با افزایش تقاضا برای گیاهان دارویی در طب سنتی و داروسازی، برخی از آن ها در سطح اقتصادی کشت می شوند، اما کمبود آب یک مشکل جدی در کشت این گیاهان می باشد (عبد الجلال و همکاران، ۲۰۰۷). در بین تنش های غیر زیستی خشکی و شوری بیشترین اثر را روی گیاهان دارویی دارند (حیدری و همکاران، ۲۰۰۸). رشد و تولید اسانس این گیاهان توسط عوامل مختلف محیطی مانند تنش خشکی تحت تاثیر قرار می گیرد (گلعذانی، ۱۳۹۲). اگرچه تولید متابولیت های ثانویه گیاهان دارویی معمولا وابسته به ژنوتیپ است، ولی بیوسنتز آن ها تحت تاثیر عوامل محیطی قرار گرفته و تغییر می کند (یزدانی و همکاران، ۲۰۰۲). برای درک زنده مانی گیاهان دارویی در مناطق خشک، بایستی واکنش آن ها به تنش خشکی ارزیابی شود و شرایط رشد مناسب این گیاهان تعیین گردد (لتچامو و گوسلین ۱۹۹۶).

۲-۵- کود های زیستی

در بحث تولید گیاهان دارویی، ارزش واقعی به کیفیت محصول و پایداری تولید داده می شود و کمیت محصول در درجه دوم اهمیت قرار می گیرد. مطالعات انجام شده گویای آن است که استفاده از نظام کشاورزی پایدار به دلیل تطابق با شرایط طبیعی و اصالت کیفیت محصول، بهترین شرایط را برای تولید این گیاهان فراهم می آورد و حداکثر ماده مؤثره در چنین شرایطی تولید می شود (درزی و

همکاران، ۲۰۰۸). یکی از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار، استفاده هرچه بیشتر از نهاده های درون مزرعه ای از جمله کودهای زیستی در اکوسیستم های زراعی با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه در مصرف نهاده های شیمیایی است (آرانکون و همکاران، ۲۰۰۴ ؛ کاپور و همکاران، ۲۰۰۴ ؛ شارما، ۲۰۰۲). کودهای زیستی، شامل مواد نگهدارنده ای با جمعیت متراکم یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاک زی و یا فرآورده متابولیک این موجودات می باشند. تأمین عناصر غذایی به صورتی کاملا متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به تنوع زیستی، تشدید فعالیت های حیات، بهبود کیفیت و حفظ سلامت محیط زیست و در مجموع حفظ و حمایت از سرمایه های ملی (خاک، آب، منابع انرژی غیر قابل تجدید) از مهم ترین مزایای کودهای زیستی محسوب می شود (شارما، ۲۰۰۲).

از سویی دیگر یکی از عناصر ضروری برای بهبود رشد و دسترسی به عملکرد مطلوب گیاهان دارویی، فسفر می باشد. (وانس و همکاران، ۲۰۰۳) بیان داشتند که کمبود فسفر باعث کاهش ۳۰ تا ۴۰ درصدی عملکرد شد. بنابراین، اگر چه استفاده از کودهای شیمیایی می تواند باعث بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد گیاهان شود، ولی با توجه به افزایش هزینه های تولید، آلودگی های زیست محیطی و همچنین تأثیر سوء کودهای شیمیایی بر خصوصیات کیفی گیاهان دارویی، استفاده از کودهای آلی برای بهبود حاصلخیزی خاک مفید به نظر می رسد. لذا در سال های اخیر، توجه ویژه ای به کاربرد کودهای بیولوژیکی شده است. کودهای بیولوژیکی که در قالب میکروارگانیسم های خاک زی و مواد حاصل از فعالیت آن ها به خاک افزوده می شوند و رابطه همزیستی با گیاه میزبان برقرار می کنند، به دلیل تثبیت نیتروژن، فراهمی فسفر و سایر عناصر غذایی از جمله روی و گوگرد (منافی و همکاران، ۱۹۹۴) موجب رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی می شوند.

۲-۶- قارچ های میکوریزا

استفاده از ریز موجودات مفید علاوه بر بهبود شرایط تغذیه ای گیاه، می تواند مقاومت گیاه به تنش های مختلف محیطی مانند کمبود آب، عناصر غذایی و سمیت عناصر سنگین را افزایش دهد (وو و همکاران، ۲۰۰۵). مصرف کودهای زیستی شامل باکتری های تثبیت کننده ازت و قارچ میکوریزا موجب بهبود برخی خصوصیات رشدی سیاه دانه از جمله شاخص سطح برگ، وزن خشک و سرعت رشد محصول گردید (خرم دل و همکاران، ۲۰۰۸).

میکوریزا به رابطه همزیستی بین ریشه گیاهان و برخی از قارچ های موجود در خاک گفته می شود (فرانک، ۱۸۸۵، استال، ۱۹۹۰) اهمیت قارچ های میکوریزا در کشاورزی پایدار، اساسا به نقش این قارچ ها به عنوان عامل رابط بین گیاه و خاک مربوط می شود. این قارچ ها عامل انتقال مواد غذایی بین گیاه و خاک بوده و در حفاظت و تغذیه خاک همانند تغذیه گیاه تاثیر دارند (بتلن فالوی , و همکاران، ۱۹۹۲). بیش از ۱۰۰ سال تحقیق در زمینه قارچ های میکوریزا نشان می دهد که برای شناخت پویایی اکوسیستم، درک کامل وظایف میکوریزا ضرورت دارد (رید، ۱۹۹۱).

قارچ های میکوریزا به عنوان یکی از مهم ترین ریز جانداران خاک با برقراری همزیستی با گستره وسیعی از گیاهان سبب بهبود جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاهان میزبان خود می شوند (اسمیت و رید، ۱۹۹۷).

۲-۷- گیاهان میکوریزایی و اثرات تنش خشکی:

یکی از راه های افزایش تحمل کم آبی و افزایش عملکرد در گیاهان زراعی استفاده از قارچ های میکوریزا است (موس و همکاران، ۱۹۸۱).

میکوریزا یکی از عوامل زیستی در خاک های زراعی است، کـه ویژگی مفید آن در همزیستی با گیاهان موجب افزایش مطالعات علمی در این زمینه شده و علاقه مندی بیشتری در استفاده تجاری از

این قارچ به عنوان کودهای زیستی 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 گیاه و ریسه قارچ در یک محدوده معین از خاک ممکن می سازد (آلن و بوسالیس، ۱۹۸۳) و از این طریق موجب تغییراتی در روابط آبی گیاه و بهبود مقاومت به کم آبی و یا تحمل در گیاه میزبان می شود. از جمله از این تغییرات افزایش هدایت هیدرولیکی آب در درون گیاه میکوریزایی است که می تواند به علت های زیر باشد:

۱) افزایش مجموع سطح ریشه به دلیل ایجاد پوشش وسیع میسیلیومی در منطقه ریشه و تارهای کشنده، ۲) نفوذ هیف به درون پوست ریشه و از آنجا به منطقه آندودرم یک مسیر کم مقاومتی را در عرض ریشه برای حرکت آب فراهم آورده و آب با مقاومت کمتری در عرض ریشه تا رسیدن به آوند چوبی رو به رو میشود، ۳) هیف از راه افزایش جذب عناصر غذایی مقاومت به انتقال آب را در ریشه کاهش می دهد و ۴) ذخیره آب در هیف و انتقال آن به گیاه در زمان تنش خشکی.

اثرات متقابل بین وضعیت آب گیاه، مصرف آب و میکوریزا در برخی از مقالات ذکر شده است (اوگ و استودولا، ۱۹۹۰). کلونیزاسیون ریشه ها توسط قارچ های میکوریزا بر مکانیسم هایی مانند کنترل روابط آب و گیاه، هدایت هیدرولیکی ریشه (نیلسن، ۱۹۸۷)، هدایت برگ (اوگ و همکاران، b ۱۹۸۶)، تبادل گازی برگ، توسعه برگ (کویید، ۱۹۸۵)، تنظیم اسمزی (اوگ و همکاران، b ۱۹۸۶) و تولید هورمون های گیاهی اثر میگذارد (گوگالا، ۱۹۹۱).

قارچ های میکوریزا با بهبود وضعیت هورمونی در درون گیاهان در کنترل عمل باز و بسته شدن روزنه های برگ و نیز افزایش جذب آب در اثر گستردگی شبکه هیف های خود مشکلات کاهش جذب آب در شرایط کمبود رطوبت در محیط ریشه را کنترل میکنند (رولدان فاگاردو و همکاران، ۱۹۸۲).

همچنین مشخص شده راندمان مصرف آب در گیاهان همزیست با قارچ های میکوریزایی افزایش و از میزان تعرق آنها کاسته میشود (رویز لوزانو وهمکاران، ۱۹۹۶). همزیستی میکوریزایی اغلب منجر به

ایجاد تغییراتی در سرعت حرکت آب به داخل، سراسر و یا خارج گیاه میزبان شده و برروی آبگیری بافت و فعالیت های فیزیولوژیکی برگ تأثیر گذارد (اوگ، ۲۰۰۱) و حتی سطح جذب ریشه را تا ۴۷ برابر افزایش دهد (اسمیت و رید، ۱۹۹۷).

نقش فعال هیف این قارچ ها در انتقال آب (فابر و همکاران، ۱۹۹۱) و ارتباط این پدیده ها با توانایی بهره برداری از آب خاک گیاهان تلقیح شده به قارچ در پتانسیل هایی پایین تر از حدی که گیاهان تلقیح نشده به آن دسترسی دارند (بتلن فالوی و همکاران، ۱۹۸۸ ؛ هاردی و لیتون، ۱۹۸۱) سبب شده است که همزیستی با این قارچ به عنوان یک تکنولوژی جالب در کشاورزی مناطق خشک مورد توجه قرار گیرد.

۲-۸- اثرات میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد

افزایش سطح فعال سیستم ریشه های برای بهبود جذب آب و عناصر غذایی به ویژه در شرایط کمبود فسفر (کاپور و همکاران، ۲۰۰۷)، افزایش فتوسنتز (کوپتا و همکاران، ۲۰۰۶) و بهبود مقاومت نسبت به بروز تنش های محیطی (فنگ و همکاران، ۲۰۰۲ ؛ پینییر و همکاران، ۲۰۰۵)، بهبود خصوصیات خاک (سلیک و همکاران، ۲۰۰۴). نمونه هایی از نقش این نوع قارچ همزیست می باشد. کاپور و همکاران (۲۰۰۴) گزارش نمودند که تلقیح با میکوریزا باعث افزایش معنی دار تعداد چتر، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه رازیانه شد. نتایج مطالعه (کوپتا و همکاران، ۲۰۰۶) نشان داد که ارتفاع ساقه، تعداد و سطح برگ، زیست توده، طول و میزان انشعابات جانبی ریشه و محتوی اسانس ریحان در شرایط تلقیح با سه گونه میکوریزا بهبود یافت .

در تعداد زیادی از آزمایشات نشان داده شده است که سرعت فتوسنتز (رویز لوزانو وهمکاران، ۱۹۹۶) و همچنین میزان فتوسنتز در حضور قارچ های میکوریزا در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده بالاتر است

(اسمیت و جیانینازی پیرسون، ۱۹۸۸). اثر این قارچ ها علاوه بر اینکه در پدیده تبادل گازی برگ مشاهده شده است، شامل بهبود راندمان مصرف فسفر (برون و بتلن فالوی، ۱۹۸۸) و راندمان مصرف آب می شود (بتلن فالوی و همکاران، ۱۹۸۷).

نتایج بعضی تحقیقات نشان داده که سرعت جریان فسفر به درون گیاه میکوریزایی ۳ الی ۶ مرتبه بیشتر از گیاهان غیر میکوریزایی است (ساندرس، ۱۹۷۳ ؛ بولان، ۱۹۹۱). علاوه بر فسفر، نیتروژن نیز از عناصری است که تحقیقات نشان داده گیاهان میکوریزایی جذب آن را افزایش بخشیدند (علیزاده، ۱۳۸۶ ؛ هامل، ۱۹۹۱) ، چرا که اثرات مثبت قارچ های مایکوریزای وزیکولار آرباسکولار (VAM) بر تثبیت N_2 عموما به تغذیه فسفر نسبت داده شده است. از طرف دیگر، قارچ های (VAM) می توانند بر عملکرد همزیستی از طریق تحریک گیاه میزبان برای تولید متابولیت های ثانویه (سیکوریا و همکاران، 1991 ؛ تاسایی و فیلیپس، ۱۹۹۱) اثر بگذارند.

۲-۹- پرایمینگ بذر

یکی از تکنیک های ساده که قدرت و استقرار گیاهچه ها و در نتیجه کارایی گیاه را در مزارع بهبود می بخشد پرایمینگ بذر می باشد (یارنیا و همکاران، ۲۰۰۸). از حدود چهل سال پیش پرایمینگ بذر با مواد مختلف شروع شده و این تیمار برای افزایش سرعت و یکنواختی سبز شدن در تعدادی از سبزیجات، گل ها و برخی از گیاهان زراعی مورد استفاده قرار گرفت. این تکنیک به عنوان عاملی سودمند در کیفیت بذر، جوانه زنی، استقرارمحصول، رشد و عملکرد در شرایط طبیعی و تنش مطرح می باشد (باسرا و همکاران، ۲۰۰۲). در جریان پرایمینگ، بذرها معمولا اجازه می یابند تا حد کمی آب جذب کنند (تا قبل از خروج ریشه چه) و سپس ار محیط آب خارج می شوند. مقدار آب جذب شده در حدی است که مانع از جوانه زنی می شود، اما امکان وقوع یکسری فرآیندهای فیزیولوژیکی و

بیوشیمیایی پیش از جوانه زنی را فراهم می سازد. گزارشات فراوانی حاکی از آن است که تکنیک پرایمینگ دوره کاشت تا استقرار گیاهچه را کوتاه کرده و صدمات ناشی از قرارگیری بذر در شرایط نامساعد محیطی را کاهش بخشیده و باعث افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه زنی و سبز شدن بذر می گردد (مورونگو و همکاران، ۲۰۰۳ ؛ اشرف و رئوف، ۲۰۰۱). همچنین گزارش شده است که این تکنیک باعث افزایش دامنه جوانه زنی بذرها در شرایط محیطی تنش زا از قبیل تنش شوری، خشکی و دما می شود (دمیر کایا و همکاران، ۲۰۰۶ ؛ اشرف و فولاد، ۲۰۰۵).

هاس و سانگ (۱۹۹۷) گزارش کردند که پرایمینگ باعث افزایش آنز یم های آنتی اکسیدانت از قبیل گلوتاتیون و آسکوربات در بذر می گردد که این آنزیم ها فعالیت پراکسیداسیون لیپید را در طی جوانه زنی کاهش می دهند و در نتیجه باعث افزایش درصد جوانه زنی میشوند. علت تسریع جوانه زنی در بذرهای پرایم شده هم می تواند ناشی از افزایش فعالیت آنزیم های تجزیه کننده مثل آلفا- آمیلاز، افزایش سطح شارژ انرژی زیستی در قالب افزایش مقدار ATP، افزایش سنتز RNA و DNA، افزایش تعداد و در عین حال ارتقا عملکرد میتوکندری ها باشد (افضل و همکاران، ۲۰۰۲). در بذر های پرایم شده، عملکرد و ساختار غشاء سلولی در مقایسه با بذرهای شاهد در وضعیت مطلوب تری می باشد. این موضوع از طریق مطالعه هدایت الکتریکی عصاره بذری قابل بررسی است، به طوری که تراوش متابولیت های درون سلولی از غشاء بذرهای پرایم شده کمتر بوده و به تبع آن هدایت الکتریکی عصاره این بذرها نیز کمتر می باشد (هریس و موترام، ۲۰۰۴).

سود مندی پرایمینگ بر رشد و نمو گیاهان مربوط به اثرات مستقیم و غیر مستقیم این فرآیند می باشد. تاثیر پرایمینگ بر جوانه زنی، سبز شدن و سرعت رشد گیاهان از اثرات غیر مستقیم این فرآیند است (هریس و همکاران، ۱۹۹۹، ۲۰۰۱، ۲۰۰۲). این اثرات غیر مستقیم پرایمینگ نسبت به اثرات مستقیم آن بر رشد و سرعت رشد گیاهان بیشتر است.

۲-۱۰- فواید پرایمینگ

۱) افزایش جوانه زنی و سبز شدن در گیاه، ۲) افزایش همزمانی و یکنواختی سبز شدن و استقرار گیاهچه، ۳) بهبود تغذیه گیاهان زراعی، ۴) بهبود عملکرد در شرایط نامطلوب و تنش های محیطی، ۵) افزایش مقاومت به آفات و بیماری ها، ۶) افزایش میزان و سرعت رشد و در پی آن عملکرد گیاه، ۷) تاثیر مطلوب بر زودرسی گیاه

۲-۱۰-۱- بهبود جوانه زنی و عملکرد در شرایط نامطلوب

یکی از راه های افزایش مؤلفه های جوانه زنی وسبز شدن بذر استفاده از تکنیک پرایمینگ می باشد (دمیر کایا و همکاران، ۲۰۰۶). از مزایای این تیمارمی توان به افزایش درصد جوانه زنی، خروج سریع تر و یکنواخت تر گیاهچه ها، تسریع بلوغ، همانند سازی سریع DNA، فراهم شدن بیشتر ATP، دامنه وسیع تر دمایی برای جوانه زنی، اصلاح سلول های آسیب دیده، رشد سریع جنین (داهال و بردفورد، ۱۹۹۰)، افزایش سنتز پروتئین، حذف خفتگی بذر، افزایش مقاومت به تنش های محیطی هنگام کشت و افزایش قدرت نمو گیاه اشاره کرد (پاررا و کانتیلیف، ۱۹۹۴). در توجیه عملکرد ناشی از پرایمینگ همچنین، می توان به استقرار سریع و مطلوب گیاه و استفاده بیشتر آنها از عناصر غذایی، رطوبت خاک و تشعشع خورشیدی اشاره داشت (شکاری و همکاران، ۲۰۱۰).

گزارشات فراوانی حاکی از این است که پرایمینگ بر گیاهانی از قبیل: اسفرزه (قاسمی گلعذانی و دلیل، ۲۰۱۱) ، گل همیشه بهار (گنجی و همکاران، ۲۰۱۱)، کلزا (محمدی و امیری، ۲۰۱۰)، نخود (قاسمی گلعذانی و همکاران، ۲۰۰۸)، کدو حلوایی (شاهی و همکاران، ۲۰۰۹) تاثیر مثبتی داشته است. هیدروپرایمینگ بذور ذرت باعث بهبود استقرار، رشد و عملکرد گیاه در شرایط تنش خشکی و درجه حرارت های بالا گردید (کلارک و همکاران، ۲۰۰۰). همچنین گزارش شده است که پرایمینگ باعث بهبود مقاومت به خشکی در مرحله جوانه زنی در گیاهان می گردد. (مارانگو و همکاران، ۲۰۰۳)

در تحقیقات خود مشاهده کردند که با افزایش شدت خشکی، درصد سبز شدن و رشد گیاهچه ذرت و پنبه کاهش یافت اما پرایمینگ باعث افزایش این دو مولفه در سطوح تنش خشکی نسبت به بذرهای شاهد (بدون تیمار) گردید. (کایا و همکاران، ۲۰۰۶) گزارش کردند که پرایمینگ باعث افزایش درصد و سرعت جوانه زنی و وزن خشک گیاهچه و کاهش گیاهچه های غیرنرمال آفتابگردان در شرایط تنش خشکی گردید. همچنین پرایمینگ بذر می تواند تحت شرایط تنش های محیطی سبب بهبود روند واکنش های فیزیولوژیکی در بذر شده و در نتیجه مقاومت به تنش های محیطی در این بذور را به طور قابل ملاحظه ای ارتقا دهد .در بذور پرایم شده ای که با شرایط تنش زا روبرو هستند، تخریب ماکرومولکول ها، اسیدهای هسته ای و واکنش های اکسیداتیو که منجر به تولید مواد سمی و خسارت زایی چون رادیکال های آزاد می شود به مراتب کمتر از بذور تیمار نشده می باشد.

۲-۱۱- انواع پرایمینگ بذر

از انواع روش های پرایمینگ میتوان به موارد زیر اشاره نمود:

۱) هیدرو پرایمینگ، ۲) هیدروترمال پرایمینگ، ۳) اسمو پرایمینگ، ۴) هالو پرایمینگ، ۵) بیو پرایمینگ، ۶) ماتریک پرایمینگ، ۷) ترمو پرایمینگ، ۸)هورمون پرایمینگ و... .

۲-۱۱-۱- اسمو پرایمینگ

از معمول ترین روش های پرایمینگ استفاده از پتانسیل کم آب (اسموپرایمینگ) می باشد. در این روش بذرها در محلول اسمزی خیس می شوند تا آبنوشی کنند و فرآیندهای متابولیکی شان فعال گردد، اما شرایط اسمزی اجازه رشد سلول را نمی دهد. فرآیندی که باعث کنترل جذب آب به وسیله

بذر تحت محلول اسمزی که محتوی اسمزی متنوعی دارند صورت می گیرند و در ادامه بذور خشک می گردند، می گردد را اسمو پرایمینگ گویند. این مواد از قبیل سوربیتول یا مانیتول، پلی اتیلن گلیکول، اسید سالیسیلیک و غیره می باشد (باسرا، ۲۰۰۳). فاروق و همکاران (۲۰۰۶)، اثر تیمار های قبل از کاشت (خیساندن معمولی و خیساندن در شرایط اسمزی را بر خصوصیات جوانه زنی و قوه نامیه برنج ارزیابی کردند. آن ها بیان داشتند که اسمو پرایمینگ به طور معنی داری سرعت جوانه زنی، وزن تر و خشک ریشه و ساقه و طول ساقه چه را تحت تاثیر قرار داد.

۲-۱۲- معرفی اسید سالیسیلیک

در سال ۱۸۲۸ شیمی دان های آلمانی ماده فعال پوست بید سفید را استخراج کردند و از آنجا که نام لاتین درخت بید Salix بود، این ترکیب را سالیسیلیک اسید نامیدند (هایات و همکاران، ۲۰۱۰؛ ساین، ۲۰۰۴). اسید سالیسیلیک گروهی از هورمون های گیاهی است که به وسیله ریشه و میکروارگانیسم های مختلف تولید شده و به اشکال مختلف در هوا، سطح برگ و اطراف سلول های ریشه وجود دارد. اسید سالیسیلیک یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید، یک تنظیم کننده رشد درونی از گروه ترکیبات فنلی طبیعی است. این ماده در گیاهان به مقادیر کم (راسکین، ۱۹۹۲) و به فرم آزاد و گلیکوزیل نیز وجود دارد (اقبال و همکاران، ۲۰۰۶) که دارای یک حلقه آروماتیک همراه با یک گروه هیدروکسیل می باشد (الطیب، ۲۰۰۵). این اسید در حالت آزاد به صورت پودر کریستاله سفید رنگ موجود است که نقطه ذوب آن ۱۵۷ تا ۱۵۹ درجه سانتی گراد، pH آن ۲/۴ و سوزش آور می باشد. فرمول مولکولی این ماده $C7H6O3$ بوده و جرم مولکولی آن ۱۳۸/۱۲ گرم بر مول و همچنین چگالی آن ۱/۴۴۳ گرم بر سانتی متر مکعب است.

۲-۱۲-۱- بیوسنتز اسید سالیسیلیک

اسید سالیسیلیک از مجموعه ای از مولکول های مختلف تشکیل شده است. ترکیبی از اسید سالیسیلیک به نام بتا- گلوکوزید- اسید سالیسیلیک در ریشه های گیاهچه های یولاف شناسایی شده است (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). آنزیمی که فرآیند متابولیسم اسید سالیسیلیک به ترکیب بتا- گلوکوزید اسید سالیسیلیک را کاتالیز می کند، اسید سالیسیلیک گلوکوزیل ترانسفراز (Gtase) نام دارد (یالپانی و همکاران، ۱۹۹۴). حدود سال ۱۹۶۰ سنتز اسید سالیسیلیک در گیاهان از اسید سینامیک توسط دو مسیر مهم پیشنهاد شد. مسیر اول دکربوکسیلاسیون اسید سینامیک از اسید بنزوئیک است که در برنج و تنباکو وجود دارد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰ و یالپانی و همکاران، ۱۹۹۴). مسیر دیگر، ۲- هیدروکسیلاسیون از سینامیک اسید به ۱-کوماریک اسید و سپس دکربوکسیله شدن به اسید سالیسیلیک است که توسط آنزیم ترانس – سینامات- ۴- هیدروکسیلات کاتالیز می شود و ابتدا در گیاهچه های نخود فرنگی مشاهده شده است. این ماده می تواند به ۲ و ۳- هیدروبنزوئیک اسید یا ۲ و ۵- دهیدرو بنزوئیک اسید متابولیزه شود که در برگ های *Astibe sinesis* شناسایی شده است. (هایات و همکاران، ۲۰۱۰).

۲-۱۲-۲- اثرات سالیسیلیک اسید بر جوانه زنی، رشد و تولید گیاه

کات و کلسیگ (۱۹۹۲)، نشان دادند که اسید سالیسیلیک در جوانه زنی نقش دارد. کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک باعث تحریک جوانه زنی بذر می شود (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). گزارش شده است که درصد جوانه زنی بذر های جو در محلول یک میلی مولار اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد افزایش معنی داری نشان داد (الطیب، ۲۰۰۵). فاروق و همکاران (۲۰۰۶) بنا به نتایج به دست آمده از تحقیقات خود بیان داشتند که تیمار اولیه با سالیسیلیک اسید توانست قوه نامیه بذر برنج را در شرایط تنش خشکی افزایش بخشد.

سالیسیلیک اسید و سایر سالیسیلات ها در بررسی فعالیت فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان شناسایی شده اند و نقش کلیدی در رشد و تولید گیاهان ایفا می کنند (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). اسید سالیسیلیک در بسیاری از گیاهان وجود دارد و نقشی محوری در تنظیم فرآیند های فیزیولوژیکی مختلف مانند رشد، تکامل گیاه، فتوسنتز و جوانه زنی ایفا می کند (الطیب، ۲۰۰۵). این ماده بسته به غلظت به کار رفته در گیاه، گونه، دوره رشدی و شرایط محیطی تاثیرات متفاوتی را از نظر فرآیند های مختلف فیزیولوژیک به جا می گذارد. در تحقیقی روی یولاف مشخص شد که میزان مهارکنندگی اسید سالیسیلیک به غلظت این ماده و pH وابسته است چرا که جذب اسید سالیسیلیک تحت تاثیر pH است به طوری که با کاهش pH خاصیت مهارکنندگی اسید سالیسیلیک افزایش می یابد (هارپر و بالک، ۱۹۸۱). این ماده در جوانه زنی بذرها، عملکرد میوه، گلدهی و گلیکولیز در گیاهان، جذب و انتقال یون، سرعت فتوسنتز و هدایت روزنه ای و تعرق نقش دارد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰ ؛ هارپر و بالک، ۱۹۸۱). همچنین اسید سالیسیلیک یک مولکول سیگنالی اساسی در مقاومت به بیماری در گیاهان در پاسخ به حملات عوامل بیماری زا گوناگون است (آلورز، ۲۰۰۰). این ماده به عنوان تنظیم کننده درونی رشد است که سطح برگ و تولید ماده خشک در ذرت و سویا را افزایش می دهد (خان و همکاران، ۲۰۰۳).

۲-۱۲-۳- مکانسیم عمل و تاثیر سالیسیلیک اسید در شرایط نامطلوب گیاه

گیاهان به تنش های محیطی و زنده با سنتز مولکول های سیگنالی پاسخ می دهند. این مولکول های سیگنالی راه های انتقال پیام را فعال می کنند. تا کنون چندین مولکول سیگنالی در گیاهان شناسایی شده اند، از جمله کلسیم، ژاسمونیک اسید، اتیلن، اسید سالیسیلیک و پراکسید هیدروژن. امروزه نقش اسید سالیسیلیک نیز به عنوان یک سیگنال دفاعی در گیاهان به اثبات رسیده است. طی سال های گذشته محققان توجه خاصی به توانایی اسید سالیسیلیک در القای مقاومت سیستمیک اکتسابی در

گیاهان در مقابل انواع تنش های زنده نظیر عوامل بیماری زا و تولید پروتئین مرتبط با این پاتوژن ها داشته اند. سالیسیلیک اسید در طی این فرآیند به عنوان یک مولکول سیگنالی برای القای بیان این ژن عمل میکند (اکبری، ۱۳۹۰).

کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک در تولید زیستی، رشد و فعالیت آنزیم های گوناگون در گیاهان در مقابل تنش های زیستی و غیر زیستی مختلف و همچنین پاسخ گیاهان در مقابل این تنش ها نقش دارد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). گزارشات متعددی حاکی از آن است که اسید سالیسیلیک با اثر بر آنزیم های آنتی اکسیدان مانند کاتالاز (اسلای مارکر و همکاران، ۲۰۰۲)، سوپراکسید دیسموتاز، پلی فنل اکسیداز (دت و همکاران، ۱۹۹۸)، اثرات ناشی از تنش های خشکی (سنارانتا و همکاران، ۲۰۰۲)، گرما (دت و همکاران، ۱۹۹۸)، سرما (تاسجین و همکاران، ۲۰۰۳)، شوری (الطیب، ۲۰۰۵)، فلزات سنگین (چادوری و پاندا، ۲۰۰۴) و بیماری های گیاهی (دیویس، ۲۰۰۵) را کاهش می دهد. ارسلان و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند که کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک رشد، فرآیند فیزیولوژیک و فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه هویج را تحت تنش شوری افزایش داد. اسید سالیسیلیک در گوجه فرنگی و لوبیا سبب افزایش مقاومت به دمای بالا و پایین می شود. همچنین سبب کاهش آسیب عناصر سنگین در برنج و تغییر در فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی در زمان سرمازدگی در ذرت می شود (سنارانتا و همکاران، ۲۰۰۲ ؛ هایات و همکارن، ۲۰۱۰). سالیسیلیک اسید از طریق افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی، گیاه را از صدمات به دست آمده از واکنش های اکسیداتیو حفظ می کند. همچنین کاربرد سالیسیلیک اسید میزان پلی آمین های پوترسین و اسپرمین را در گیاه افزایش می دهد که می تواند به یکپارچگی و حفظ غشا تحت شرایط تنش خشکی کمک کند (نمت و همکاران، ۲۰۰۲).

فصـــل ســـوم

مـــواد و روش

۳-۱- مواد و روش

۳-۱-۱- زمان و محل اجرای آزمایش:

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه شخصی واقع در شهرستان سیمرغ با موقعیت جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی، ۵۲ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۵۱ متری از سطح دریا اجرا شد. بر اساس تقسیم بندی شهرستان سیمرغ دارای اقلیم معتدل و مرطوب و میانگین بارندگی سالانه ۷۲۴ میلیمتر می باشد. همچنین میانگین سالانه دما در این منطقه ۱۶/۷ درجه سانتی گراد گزارش شده است.

۳-۲- خصوصیات خاک زراعی مورد آزمایش:

قبل از انجام عملیات آماده سازی و اجرای نقشه آزمایش به منظور تعیین بافت خاک و عناصر غذایی موجود در آن از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری خاک در ۱۰ نقطه از خاک مزرعه نمونه برداری به روش شبکه صورت گرفت. سپس نمونه ها جمع آوری شده و مخلوط شدند. در نهایت یک نمونه یک کیلوگرمی از خاک که در برگیرنده کل نمونه ها بود به آزمایشگاه منتقل گشت. نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک در جدول (۳-۱) نشان داده شده است.

جدول ۳-۱- نتایج تجریه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

اسیدیته گل اشباع	هدایت الکتریکی	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	کربن آلی	ماده آلی	نیتروژن کل	رس	لای	شن	کلاس بافت
	dsm^{-1}	Ppm			%					
۷/۲۹	۰/۴۲	۲۹	۲۴۶	۱/۰۹۲	۱/۸۸۲	۰/۰۴	۲۶	۵۰	۲۴	سیلتی لومی

۳-۳- مشخصات مواد آزمایشی:

۳-۳-۱- تیمار تنش کم آبی:

اعمال تیمار های تنشکم آبی پس از استقرار گیاهچه ها در بستر خود طبق نقشه کاشت و در سه سطح: بدون تنش یا شاهد (۵ روز یکبار)، تنش متوسط (۸ روز یکبار) و تنش شدید (۱۱ روز یکبار) تا مرحله برداشت اعمال گردید.

۳-۳-۲- تیمار پرایمینگ:

در این مرحله به منظور بررسی تاثیر پرایمینگ با سالیسیلیک اسید پس از تهیه غلظت مورد نظر، بذور گاو زبان اروپایی از شرکت تولید محصولات کشاورزی یاوری خریداری شده و به مدت ۲۴ ساعت در محلول ۵۰۰ میکرو مولار سالیسیلیک اسید غوطه ور شدند، بعد از خارج کردن بذور از محلول اسید سالیسیلیک برای اینکه بذور به میزان رطوبت اولیه برسند به مدت ۴۸ ساعت در سایه قرار داده شدند و سرانجام جهت کاشت به مزرعه منتقل گردیدند (خوشه کار و شکاری، ۱۳۹۲).

۳-۳-۳- تیمار قارچ میکوریزا:

گونه قارچ میکوریزای مورد استفاده در این تحقیق از نوع *Glomus mossea* بود و از شرکت زیست فناور توران واقع در شهرستان شاهرود تهیه گردید. مایه تلقیح میکوریزایی بصورت اندام فعال قارچی شامل (اسپور، هیف و ریشه) به همراه ماسه بادی بود، قبل از کاشت حدود ۸ گرم قارچ در حفره کاشت بذور در عمق ۲ سانتیمتری پایین تر از بذور گاوزبان در بستر کاشت قرار داده شد.

۳-۴- مشخصات طرح آزمایشی:

این آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام گرفت.

فاکتورهای مورد مطالعه در این آزمایش عبارتند از: سه سطح شرایط کم آبی به عنوان عامل اصلی که شامل (بدون تنش، تنش متوسط و تنش شدید) و ترکیبات تیماری سطوح پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و عدم پیش تیمار بذر و تلقیح قارچ میکوریزا در دو سطح به عنوان عوامل فرعی

۳-۵- نقشه کاشت:

کرت بندی زمین شامل ۳۶ کرت و در ۳ تکرار انجام شد. هر تکرار از ۱۲ کرت، هر کرت اصلی از ۴ کرت فرعی و هر کرت با ابعاد (۵/۵×۳ متر)، از ۴ ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتیمتر از یکدیگر و به طول ۵ متر تشکیل شد. فاصله دو بوته روی خطوط کاشت ۲۰ سانتیمتر و عمق کاشت بذور ۱ سانتیمتر در نظر گرفته شد.

۳-۶- عملیات آماده سازی زمین و کاشت:

قطعه زمین مورد نظر به مدت یکسال به صورت آیش بوده است. تقریبا از اوایل خرداد ماه عملیات آماده سازی مزرعه شامل شخم زدن، دیسک جهت تسطیح زمین، کلوخ شکنی و غلطک سبک برای بستر سازی مناسب انجام گردید.. عملیات آماده سازی زمین مطابق نقشه کاشت جهت اعمال تیمارهای مختلف انجام شد. سپس با استفاده از فارویر زمین به صورت جوی و پشته در آمد. در نهایت توسط نهر کن، جوی آبیاری و زهکشی برای هر تکرار به عرض ۴ متر ایجاد شد. آنگاه عملیات پته بندی خطوط کاشت و جوی های آبیاری برای سهولت در فرایند آبیاری انجام گرفت. عملیات کاشت در تاریخ بیستم خرداد ماه و به روش دستی و با استفاده از بیلچه شیارهای کاشت در خطوط کاشت ایجاد شد بذور گیاه گاوزبان در عمق ۱ سانتیمتر خاک، به گونه ای که بذور بالاتر از مایه تلقیح

قارچ در خاک قرار گرفتند و در هر حفره ۳ عدد بذر قرار گرفت. به منظور جلوگیری از تداخل آلودگی مربوط به قارچ بین هر کرت، یک خط به صورت نکاشت در نظر گرفته شد. همچنین به منظور جداسازی کرت های اصلی و فرعی در هر بلوک فاصله یک متری در نظر گرفته شد.

۳-۷- تنک کردن:

سه هفته پس از کاشت عملیات تنک کردن صورت گرفت، به گونه ای که در نقاطی که هر سه بوته کشت شده سبز شده بودند، بوته های ضعیف تر حذف گردیدند.

۳-۸- عملیات داشت:

۳-۸-۱- آبیاری:

پس از کاشت بذور، بلافاصله آبیاری سنگینی به صورت نشتی انجام گرفت، به گونه ای که پشته ها کاملا خیس شده و سیاه شدند. آبیاری های بعدی با توجه به شرایط اقلیمی و خاک به صورت هر ۳ روز یکبار تا زمان استقرار گیاهچه انجام شد و سپس جهت اعمال شرایط کم آبی برای تیمار بدون تنش هر ۵ روز یکبار، تیمار تنش متوسط هر ۸ روز یکبار و تیمار تنش شدید هر ۱۱ روز یکبار صورت پذیرفت.

۳-۸-۲- مبارزه با علف های هرز:

علف های هرز مهم در مزرعه شامل مرغ یا بندواش[۳]، و تاج خروس[۴] بودند. از آنجا که عملیات کنترل علف هرز، در ابتدای رشد تا استقرار کامل گیاهچه امری ضروری است، این فرآیند طی ۱۰ مرحله به

[3] Cynodon dactylon
[4] Pottentila reptens

صورت ۵ تا ۶ روز یکبار از ابتدای کاشت تا زمان استقرار گیاهچه به صورت وجین دستی روی ردیف ها و همچنین بین ردیف ها صورت گرفت.

در این آزمایش فرآیند کود دهی انجام نشده و همچنین لازم به ذکر است که به دلیل عدم وجود آفت و بیماری های خاص و در نظر گرفتن تاثیرپذیری منفی ماده موثره گیاه بر اثر استعمال سموم شیمیایی از هیچگونه سم حشره کش، علف کش و قارچ کش در کرت های آزمایش مورد نظر استفاده نگردید.

۳-۹- نمونه برداری و اندازه گیری ها:

در طول فصل رشد چندین مرحله نمونه برداری با هدف مطالعه و بررسی خصوصیات کمی و کیفی گیاه گاوزبان اروپایی صورت گرفت. به منظور بررسی صفات کمی در هر نمونه برداری از هر کرت آزمایشی، تعداد ۴ بوته (۲ بوته از هر خط کاشت) با احتساب نیم متر اثر حاشیه از ابتدا و انتهای هر کرت و یک ردیف کاشت از کناره ها، به طور تصادفی انتخاب و قطع بوته ها از سطح خاک و از ناحیه طوقه انجام گرفت و سپس بوته ها در پاکت های شماره گذاری شده و دارای اتیکت شناسایی قرار گرفت و به آزمایشگاه منتقل شد. پس از آن بسته به مرحله ی رشدی قسمت های مختلف گیاه (برگ، ساقه گل دهنده) مجدد در پاکت های مخصوص قرار داده شد و سپس جهت حفظ مواد موثره به صورت سایه خشک تا رسیدن به وزن ثابت، منتقل شدند. همچنین به منظور بررسی صفات کیفی نمونه برداری از بوته های خطوط کاشت وسط با احتساب اثر حاشیه انجام گرفت و پس از نمونه برداری، نمونه ها سربعا به داخل یخچال صحرایی حاوی یخ انتقال داده شده و پس از آن برای انجام آزمایشات لازم به آزمایشگاه منتقل شدند. صفات مورد ارزیابی شامل موارد زیر است:

۳-۱۰- صفات زراعی و مورفولوژیک:

۳-۱۰-۱- ارتفاع بوته:

در هنگام برداشت، تعداد ۴ بوته از هر کرت پس از در نظر گرفتن اثر حاشیه انتخاب و اقدام به اندازه گیری ارتفاع بوته به وسیله متر گردید. سپس داده ها برای میانگین گیری ثبت و توسط نرم افزار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

۳-۱۰-۲- وزن خشک بوته:

بوته ها به نحوی انتخاب شدند که بتوانند تا حد زیادی خصوصیات واحد آزمایشی مربوط را نشان دهند. قطع بوته ها نیز از سطح خاک و از ناحیه طوقه گیاه انجام پذیرفت. سپس بوته ها در پاکت های کاغذی که از قبل برای این منظور شماره گذاری شده بودند قرار داده شدند و به آزمایشگاه منتقل و به منظور تعیین وزن خشک، در دمای معمولی و در محیطی به دور از آفتاب قرار گرفتند. پس از آن نمونه ها با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ وزن شدند. مقادیر به دست آمده بر حسب کیلوگرم بر هکتار محاسبه گردید.

۳-۱۰-۳- سطح برگ:

پس از جدا سازی برگ ها از ساقه سطح برگ آنها توسط دستگاه leaf area meter تعیین شد.

۳-۱۰-۴- عملکرد و اجزای عملکرد:

در انتهای فصل رشد و رسیدگی بذر ها از هر کرت آزمایشی ۴ بوته با در نظر گرفتن حاشیه و به منظور تعیین عملکرد نهایی برداشت گردید. مساحت اشغال شده توسط این بوته ها محاسبه و عملکرد نهایی بر حسب کیلوگرم بر هکتار محاسبه شد. اجزای عملکرد در گاو زبان شامل عملکرد دانه، وزن هزار دانه و عملکرد سرشاخه گل دهنده در بوته می باشد که مورد اندازه گیری قرار گرفتند.

۳-۱۰-۵- محتوای نسبی آب برگ:

محتوی نسبی آب در برگ به روش ریچی و نگویان (۱۹۹۰)، اندازه گیری شد. برگ گیاه گاو زبان بین ساعت هشت تا نه صبح و در ۵۰ درصد گلدهی مزرعه گرفته شده و بلافاصله نمونه ها در کلمن حاوی یخ قرار داده شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از توزین نمونه ها (وزن تازه)، به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر و در دمای ۵ درجه سانتی گراد قرار داده شد و مجدد وزن (وزن تورژسانس) اندازه گیری شد و در نهایت به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد در آون قرار گرفت و وزن (وزن خشک) اندازه گیری گردید. در نهایت میزان آب نسبی برگ با استفاده از معادله ی زیر اندازه گیری شد:

۱۰۰ × (وزن خشک برگ - وزن اشباع برگ) / (وزن خشک برگ - وزن تازه برگ) = درصد محتوای نسبی آب برگ

۳-۱۰-۶- شاخص کلروفیل بر مبنای (SPAD):

نمونه برداری کلروفیل نیز در ۵۰ درصد گلدهی، به وسیله دستگاه کلروفیل سنج (SPAD) انجام شد. بدین صورت که برای هر پلات سه بوته و از هر بوته سه برگ، و از هر برگ نیز در در سه نقطه (یکی

در ابتدای برگ یکی در مرکز برگ و یک نقطه در انتهای برگ). در مجموع از هر بوته در ۲۷ نقطه کلروفیل برگ ها اندازه گیری شد. ملاک برای هر بوته میانگین داده ها می باشد.

۳-۱۰-۷- اندازه گیری عناصر دانه:

برای اندازه گیری عناصر، نمونه بذر ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با حرارت ۷۰درجه سانتیگراد خشک و سپس آسیاب شد. نمونه آسیاب شده از الک ۰/۵میلی متری عبور داده شد و میزان جذب عناصر غذایی آن (فسفر و پتاسیم) اندازه گیری شد.

از نمونه بذرهای آماده شده از طریق هضم به روش سوزاندن خشک و ترکیب با اسید هیدروکلریدریک عصاره گیری شد (واهینگ و همکاران، ۱۹۸۹). بدین شکل که ۲ گرم از نمونه بذر خشک شده را با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و در کروزه چینی ریخته شد و در کوره تا ۵۵۰ درجه به مدت ۴ ساعت حرارت داده و خاکستر حاصل را با آب مقطر کمی خیس کرده و ۱۰ میلی لیتر اسید هیدروکلریک ۲ مول اضافه و بعد از اتمام فعل و انفعالات محتویات کروزه از کاغذ صافی ریز به داخل بالن ژوژه ۱۰۰ میلی لیتر صاف شد و سپس عصاره نهایی به حجم ۱۰۰میلی لیتر رسانیده شد.

۳-۱۰-۷-۱- اندازه گیری فسفر دانه:

اندازه گیری فسفر به روش کالریمتری (رنگ زرد مولیبدات وانادات) انجام شد (چاپمن و پرت، ۱۹۶۱). مقدار ۵ سی سی از محلول عصاره حاصل از هضم را به داخل بالن ژوژه ۲۵ میلی لیتر ریخته و ۵ سی سی به آن محلول آمونیوم مولیبدات- وانادات اضافه کرده و به حجم رسانده شد. سپس میزان جذب را با دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت شده و میزان فسفر در نمونه خشک گیاه بر حسب گرم درصد از رابطه زیر بدست آمد:

$$A \times b \times V / 2000W \times 100 / D.M$$

a= غلظت فسفر نمونه ؛ b = غلظت فسفر شاهد ؛ v= حجم نهایی محلول ؛ w= وزن نمونه خشک گیاه

۳-۱۰-۷-۲- اندازه گیری پتاسیم دانه:

محلول حاصل از عصاره گیری به روش هضم به نسبت ۹+۱ با کلرور سزیم (CS) رقیق گردید و جذب به وسیله دستگاه فلیم فوتومتر و در طول موج ۷۶۶/۵ نانومتر برای پتاسیم خوانده شد (واهینگ و همکاران، ۱۹۸۹).

$$A \times b \times V / 1000W \times 100 / D.M$$

۳-۱۰-۸- اندازه گیری روغن دانه

برای اندازه گیری درصد روغن دانه از روش سوکسله استفاده شد . مقدار ۱۰ گرم از را به مدت ۳ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد قرار داده شد تا رطوبت بطور کامل خارج شود چون رطوبت دانه ها در حین آزمایش ایجاد خطا می کند. دانه های خشک شده را در هاون چینی خرد و مخلوط کرده، سپس مقدار ۲ گرم از نمونه خرد شده در داخل کارتوش قرار داده شد. یک بالن ۲۵۰ سی سی را توسط استون شسته و تا حصول وزن ثابت، به همراه چند پرل شیشه ای در آون ۱۰۵ سی سی قرار داده شد. سپس دقیقا وزن شده و دو سوم حجم بالن از اتر دوپترول پر شد و به دستگاه وصل گردید. شیر آب سرد متصل به سرد کننده را باز گذاشته شد تا جریان مداوم آب برقرار شود، سپس آن را به مدت ۳ ساعت حرارت داده بطوریکه تعداد قطرات ریخته شده از مبرد روی نمونه در

سوکسله، حداکثر حدود ۶۰ قطره در دقیقه باشد. بدیهی است که با سرعت بیشتر مدت استخراج متناسبا کاهش می یابد، بعد از این مدت حرارت را قطع و پس از متوقف شدن ریختن قطرات حلال از مبرد، تمام قسمت حلال موجود در سوکسله را به بالن برگردانده و کارتوش حاوی نمونه را از داخل اکستراکتور خارج کرده و زمان داده شد تا حلال تبخیر و وارد اکستراکتور شود. قبل از رفلاکس شدن حلال، حرارت را قطع کرده و بالن از دستگاه جدا گردید. سپس اتر بازیافت شده از درون اکستراکتور خارج شد. بالن حاوی روغن به مدت ۴۵ دقیقه در آون با درجه حرار ت ۱۰۵درجه سانتیگراد قرار گرفت تا حلال باقی مانده بطور کامل تبخیر شود. بالن پس از سرد کردن در دسیکاتور وزن شد (نجفی و شریف، ۱۳۸۶).

درصد روغن از رابطه زیر محاسبه گردید:

۱۰۰ * (وزن دانه های گاوزبان / وزن بالن خالی – وزن بالن با روغن) = درصد روغن

۳-۱۰-۹- شناسایی اسید های چرب:

با استفاده از متیلاسیون و بر اساس روش مت کالف و همکاران (۱۹۶۶)، در یک لوله آزمایش ۵ میلی متری در پوش دار، حدود ۰/۰۴ گرم روغن خالص توزین و ۵ میلی لیتر محلول سود متانولی ۲ درصد (۲ گرم سود سوزآور در متانول خالص حل شده به حجم نهایی ۱۰۰) به آن افزوده شد. پس از آن، لوله آزمایش به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب در حال جوش قرار گرفت و سپس در دمای محیط سرد شد. سپس ۲/۲ میلی لیتر محلول متانولی تری فلورید بور (BF_3) ۲۰ درصد به محتویات لوله اضافه شد و به مدت ۳ دقیقه در حمام آب در حال جوش قرار داده شد. پس از خنک کردن مجدد در دمای محیط، ۱/۵ میلی لیتر حلال هگزان و سپس ۱ میلی لیتر محلول نمک طعام اشباع (محلول ۳۰ درصد نمک در آب) به لوله افزوده، کاملا مخلوط و هم زده شد. پس از مخلوط کردن و سپس دو فاز شدن کامل، با استفاده از میکروپیپت فاز بالایی که حاوی متیل استرهاست به ویال های یکبار مصرف

منتقل شده و در دمای نزدیک صفر درجه تا زمان تزریق به دستگاه کروماتوگرافی گازی نگهداری گردید.

۳-۱۰-۹-۱- تعیین پروفایل اسید چرب:

از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC[5]) (اجیلنت[6] 7890A، آمریکا)، مجهز به آشکار ساز FID[7] و ستون کاپیلاری (CPSill-88، وارین[8]، آمریکا، طول ۱۰۰ متر و قطر ۰/۲۲ میلی متر و قطر خارجی ۰/۳۳ میلی متر) استفاده شد. برنامه دمایی استفاده شده جهت جداسازی اجزای اسیدهای چرب به ترتیب زیر تنظیم شد؛ دمای تزریق ۲۷۰ درجه سانتی گراد، دمای آشکار ساز ۲۶۰ درجه سانتی گراد و برای ستون از برنامه دمایی بشرح زیر استفاده شد: ۵ دقیقه در دمای ۱۹۰ درجه سانتی گراد، افزایش دمای ستون با سرعت ۵ درجه در هر دقیقه به دمای ۲۳۵ درجه سانتی گراد (۱۴/۰ دقیقه). در نهایت از طریق مقایسه مساحت پیک‌های مربوط به مخلوط استاندارد اسیدچرب با سطح زیر پیک‌های نمونه، پروفایل اسیدهای چرب موجود در نمونه علاوه بر شناسایی، غلظت سنجی نیز شدند.

۳-۱۰-۱۰- کلونیزاسیون ریشه:

اندازه گیری درصد کلونیزاسیون به روش اسلاید انجام شد. برای این کار ابتدا ۲ بوته به صورت تصادفی از هر کرت انتخاب شد، ریشه های آنها به دقت جداسازی شد و مقدار ۵ گرم از آن به آزمایشگاه منتقل شد. ریشه ها آب مقطر به صورتی که هیچ گونه گلی روی آنها نماند شسته می شود و به مدت ۳ روز در محلول KOH ۱۰ درصد جهت رنگبری ریشه ها نگهداری شدند. پس از آن جهت خنثی کردن محیط قلیایی ریشه های رنگبری شده حاصل از روش قبل، ریشه ها با آب مقطر شسته شده و به مدت ۱ الی ۲ دقیقه در محلول HCl یک نرمال قرار گرفت. جهت رنگ آمیزی ریشه

[5] Gas Chromatography
[6] Agilent
[7] Flame Ionization Detector
[8] Varian

ها از روش تغییر یافته Philips and Hayman, (1970) استفاده گردید. در این روش ریشه ها رنگبری شده به مدت ۶ الی ۱۲ ساعت در محلول رنگی آمیزی تریپان بلو ۰/۰۱ درصد در درجه حرارت آزمایشگاه نگهداری شدند. برای تعیین میزان کلونیزاسیون قارچ میکوریزا ریشه گیاه گاو زبان از روش اسلاید استفاده شد. بر اساس این روش ریشه ها به قطعات یک سانتی متری تقسیم شده و روی لام قرار گرفتند. سپس با استفاده از میکروسکوپ اندام های قارچی در ریشه شناسایی شد و کلونیزاسیون قارچ بر حسب درصد محاسبه گردید (بیرمن و لیندرمن،۱۹۸۰).

۳-۱۱- تجزیه و تحلیل داده ها:

داده های حاصل از آزمایش و نمونه برداری های مختلف هر یک به صورت جداگانه تجزیه واریانس شد که برای این منظور از نرم افزار MSTAT-C استفاده گردید. مقایسه میانگین های صفات مورد مطالعه با آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد انجام گرفت. نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردید.

فصـــل چهـــارم

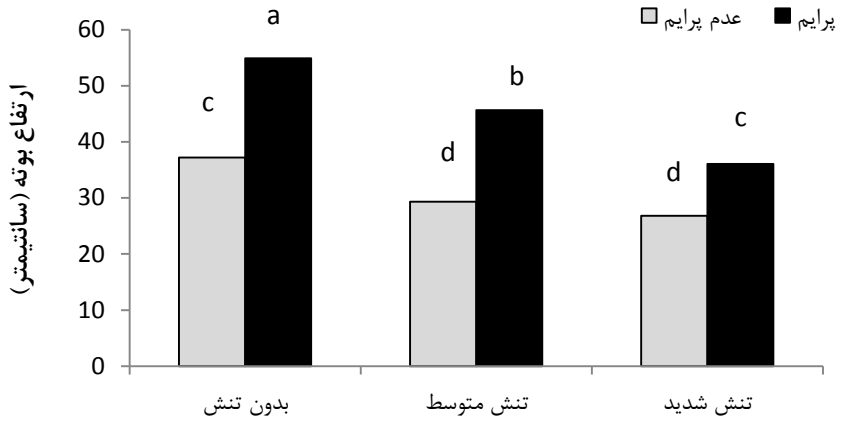
نتایـــج و بحـــث

۴-۱- ارتفاع بوته

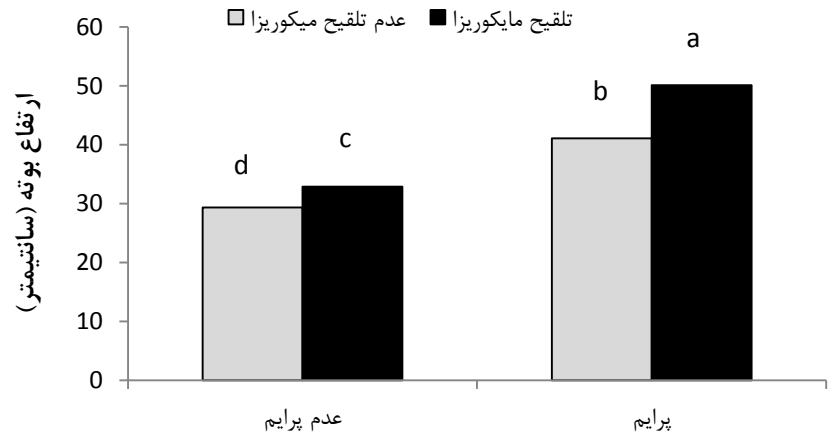
نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱پیوست) صفت ارتفاع بوته نشان می دهد که هر سه فاکتور تنش کم آبی، پیش تیمار بذر، تلقیح قارچ میکوریزا و همچنین اثرات متقابل تنش کم آبی با پیش تیمار و همچنین قارچ میکوریزا با پیش تیمار بذر در سطح احتمال ۱ درصد تاثیر معنی داری بر این صفت داشتند. نتایج آنالیز داده ها نشانگر این بود که ارتفاع گیاه گاوزبان تحت تاثیر تیمار تنش کم آبی قرار گرفت. در بین تیمار ها، تیمار شاهد تاثیر بیشتری بر افزایش ارتفاع بوته گاوزبان نشان داد و توانست ارتفاع گیاه را از ۳۱/۴۵ سانتیمتر در تنش شدید کم آبی به ۴۶/۰۶ سانتیمتر افزایش دهد (جدول ۵ پیوست). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که میزان ارتفاع بوته در شرایط اعمال پیش تیمار بذر (۴۵/۵۷ سانتیمتر) نسبت به تیمار بدون پیش تیمار (۳۱/۱۳ سانتیمتر) افزایشی حدودا ۳۰ درصدی را دارا بوده است (جدول ۵ پیوست). همچنین این نتایج نشان دادند که این صفت تحت تاثیر همزیستی میکوریزایی نیز قرار گرفت، به گونه ای که تیمار تلقیح قارچ میکوریزا (۴۱/۴۸ سانتیمتر) توانست ارتفاع بوته را ۱۵ درصد نسبت به شرایط عدم تلقیح میکوریزا (۳۵/۲۱ سانتیمتر) افزایش بخشد (جدول ۵ پیوست).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبی و پیش تیمار بذر بر ارتفاع بوته نشان داد که شرایط بدون تنش (شاهد) و اعمال پیش تیمار (۵۴/۹۳ سانتیمتر) که بیشترین میزان ارتفاع را شامل بود این صفت را حدود ۳۲ درصد نسبت به تیمار بدون تنش و عدم پیش تیمار بذر (۳۷/۲۰ سانتیمتر) و ۵۲ درصد نسبت به تیمار تنش شدید + عدم پرایم بذر (۲۶/۸۳ سانتیمتر) که کمترین میزان ارتفاع بوته بود، افزایش داد (شکل۴-۱). همچنین مقایسات میانگین ارتفاع بوته بیانگر افزایش ۴۰ درصدی این صفت در تیمار اعمال پیش تیمار بذر و تلقیح قارچ میکوریزا (۵۰/۰۸ سانتیمتر) نسبت به تیمار عدم پیش تیمار بذر و عدم تلقیح قارچ میکوریزا (۲۹/۳۷ سانتیمتر) بوده است (شکل۴-۲).

از اولین نشانه های کمبود آب، کاهش فشار آماس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول به ویژه در ساقه و برگ ها است. با کاهش رشد سلول، اندازه ی اندام محدود می شود و به همین دلیل اولین اثر محسوس کم آبی بر گیاهان را می توان از روی اندازه ی کوچک تر برگ ها و ارتفاع کمتر گیاهان تشخیص داد. ارتفاع گیاه معمولا تحت عوامل ژنتیکی است ولی محیط نیز می تواند مقدار آن را تا حدودی تغییر دهد. ارتفاع بوته جز مهمی در عملکرد گیاه نیست ولی به دلیل اینکه معمولا گیاهی که ارتفاع بیشتری دارد ماده خشک بیشتری نیز دارد، این صفت نیز اهمیت می یابد (کوچکی و سرمدنیا، ۲۰۰۴). ارتفاع بوته مانند دیگر اندام های رویشی یا زایشی می تواند شدیدا تحت تاثیر مقدار فراهمی عناصر غذایی و آب قرار می گیرد (ارکوسا و همکاران، ۲۰۰۲). دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی، به خصوص نیتروژن از طریق تاثیر بر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول ها در افزایش ارتفاع بوته بسیار موثر می باشد. وو و همکاران (۲۰۰۵) علت بهبود ارتفاع گیاه ذرت تلقیح شده با کودهای زیستی را افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود فتوسنتز عنوان کردند. از طرفی دیگر کرمی و همکاران (۱۳۹۰) طی آزمایشات خود بر روی گاوزبان اروپایی بیان نمودند که ارتفاع بوته در تیمار بدون تنش دارای بالاترین میزان و گیاهانی که علاوه بر تنش رویشی در مرحله زایشی هم در معرض تنش قرار گرفته بودند کمترین مقدار ارتفاع را داشتند. همچنین هریس و موترام (۲۰۰۴) بیان کردند که پیش تیمار بذر می تواند ارتفاع گیاه را افزایش بخشد. نتایج این تحقیقات با یافته های حاصل از این پژوهش مطابقت دارد. بنابراین با توجه به اثر متقابل بین تیمارها، اختلاف ارتفاع را می توان به تاثیر مثبت کاربرد تلقیح میکوریزایی و اعمال پیش تیمار بذر در بهبود جذب آب و عناصر غذایی در شرایط تنش در نظر گرفت.



شکل۴-۱- اثر متقابل تنش کم آبی و پیش تیمار بذور بر صفت ارتفاع بوته



شکل۴-۲- اثر متقابل پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر صفت ارتفاع بوته

۴-۲- شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس (پیوست۱) شاخص سطح برگ نشان داد که اثر اصلی تنش کم آبی، پیش تیمار بذر و میکوریزا و نیز اثر متقابل پیش تیمار بذر و میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد. تجزیه واریانس شاخص سطح برگ همچنین نشان داد که برهمکنش تنش کم آبی و پیش تیمار بذور و نیز ترکیب تیماری سه گانه تنش کم آبی، پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۵

درصد معنی دار گردید. اثر تنش کم آبی بر صفت شاخص سطح برگ (پیوست ۵) نشان داد که تیمار بدون تنش با شاخص برگی معادل ۴/۳۰ دارای بیشترین و تیمار تنش شدید با مقداری معادل ۲/۴۷ دارای کمترین میزان شاخص سطح برگ بود. نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که شاخص سطح برگ تحت تأثیر پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک قرار گرفت. این نتایج (پیوست ۵) نشان داد که پیش تیمار بذر، میزان شاخص سطح برگ را نسبت به حالت عدم پیش تیمار بذر ۱۳ درصد افزایش داد و مقدار آن را از ۲/۹۷ به ۳/۶۴ رساند. نتایج بیانگر افزایش شاخص سطح برگ در نتیجه همزیستی قارچ میکوریزا بود به گونه ای که همزیستی میکوریزایی توانست شاخص سطح برگ گیاه گاو زبان را افزایش دهد و مقدار این صفت را از ۳/۱۲ در شرایط عدم حضور قارچ میکوریزا به ۳/۴۹ در شرایط حضور قارچ میکوریزا برساند (پیوست ۵).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین (پیوست ۷) برهمکنش تنش کم آبی و پیش تیمار بذور، ترکیب تیماری بدون تنش + پیش تیمار بذور با ۴/۵۸ واحد بیشترین شاخص سطح برگ و ترکیب تیماری تنش شدید + عدم پیش تیمار بذور با ۲/۱۹ کمترین مقدار شاخص برگ را داشتند. طبق مقایسات میانگین صفت شاخص سطح برگ در ترکیب تیماری پیش تیمار بذر + کاربرد قارچ میکوریزا با ۳/۹۲ واحد و ترکیب تیماری عدم پیش تیمار بذر + عدم کاربرد قارچ میکوریزا با ۲/۸۸ واحد در برهمکنش پیش تیمار و قارچ میکوریزا به ترتیب بهترین و ضعیف ترین ترکیب تیماری بودند (پیوست ۹). نتایج مقایسه میانگین (جدول۴-۱) نشان داد که در برهمکنش تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا، ترکیب های تیماری بدون تنش + پیش تیمار بذور + کاربرد قارچ میکوریزا و تنش شدید + عدم پیش تیمار بذور + عدم کاربرد قارچ میکوریزا به ترتیب با ۴/۹۹۳ و ۲/۰۵۷ بیشترین و کمترین میزان شاخص سطح برگ را داشتند.

طبق نتایج این تحقیق پیش تیمار بذر و کاربرد قارچ میکوریزا همراه با دسترسی کافی به آب در شرایط بدون تنش توانسته است شرایطی را فراهم سازد تا حداکثر میزان شاخص سطح برگ حاصل

شود. به نظر می رسد پیش تیمار بذور سبب افزایش استقرار گیاه شده و وجود آب کافی در دسترس گیاه در دوره رویشی سبب افزایش رشد اندام هوایی و برگ ها گشته است. همچنین با وجود همزیستی میکوریزایی احتمال می رود که قارچ میکوریزا از طریق برقراری همزیستی با ریشه گیاه می تواند فسفر و آب را از بافت خاک جذب کند و آن را در اختیار گیاه قرار دهد و در نتیجه رشد گیاه بهبود یابد. گزارش شده است که تنش های مختلف محیطی از جمله تنش خشکی از طریق کاهش تولید و سرعت بخشیدن به پیری برگ ها، شاخص سطح برگ گیاهان زراعی را کاهش می دهند (کاکیر، ۲۰۰۴). همچنین در تحقیقی که توسط محمدی (۲۰۰۹) انجام گرفت، افزایش شاخص سطح برگ را در اثر پیش تیمار بذر در گیاه سویا گزارش کرد. همچنین در پژوهشی که تاکور و پنوار (۱۹۹۷) روی گیاه لوبیا انجام دادند، مشخص گردید همزیستی میکوریزایی عامل افزایش شاخص سطح برگ بود که با نتایج حاصل از این پژوهش هماهنگی دارد.

جدول ۴-۱- تأثیر تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر صفت شاخص سطح برگ

تنش کم آبی	پیش تیماربذر	همزیستی میکوریزایی	شاخص سطح برگ
بدون تنش	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۴/۰۱۷ b
		کاربرد قارچ میکوریزا	۴/۰۳۸ b
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۴/۱۷۳ ab
		کاربرد قارچ میکوریزا	۴/۹۹۳ a
تنش متوسط	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲/۵۷۷ cd
		کاربرد قارچ میکوریزا	۲/۸۲۹ cd
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۳/۲۸۳ bc
		کاربرد قارچ میکوریزا	۳/۸۹۲ b
تنش شدید	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲/۰۵۷ d
		کاربرد قارچ میکوریزا	۲/۳۲۸ d
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲/۶۲۹ cd
		کاربرد قارچ میکوریزا	۲/۸۸۰ cd

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد.

۴-۳- عملکرد سرشاخه

نتایج تجزیه واریانس (جدول پیوست ۱) حاکی از آن بود که اثرات اصلی تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا و اثرات متقابل تنش کم آبی با پیش تیمار بذور و تنش کم آبی با قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل پیش تیمار بذور با قارچ میکوریزا و برهمکنش سه گانه تنش کم آبی، پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا بر صفت عملکرد سرشاخه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد. اثر تنش کم آبی بر صفت عملکرد سرشاخه (پیوست ۵) نشان داد که تیمار بدون تنش با ۲۲۹۸/۵۳ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین مقدار و تیمار تنش شدید با ۱۱۲۰/۵۸ کیلوگرم در هکتار دارای کمترین میزان عملکرد سرشاخه بود. نتایج تجزیه داده ها (پیوست ۵) نشان داد که عملکرد سرشاخه گیاه گاوزبان در شرایطی که بذور گیاه با اسید سالیسیلیک پیش تیمار شدند نسبت به شرایط عدم پیش تیمار بذر (معادل ۱۷۸۱/۸۹ کیلوگرم در هکتار) افزایش یافت و به رقم ۱۳۹۵/۳۳ گرم رسید. این نتایج بیانگر افزایش عملکرد سرشاخه در نتیجه همزیستی قارچ میکوریزا بود. همزیستی میکوریزایی توانست عملکرد سرشاخه گیاه گاوزبان را به میزان قابل توجهی افزایش دهد و مقدار این صفت را از ۱۴۳۷/۴۳ کیلوکرم در هکتار در شرایط عدم حضور قارچ میکوریزا به ۱۷۳۹/۷۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط حضور قارچ میکوریزا برساند.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (پیوست ۷) مشخص شد که در برهمکنش تنش کم آبی و پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک، ترکیب تیماری بدون تنش + پیش تیمار بذر با ۲۶۵۶/۶۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین مقدار و ترکیب تیماری تنش شدید + عدم پیش تیمار بذر با ۱۰۸۰/۹۱ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند. همچنین در برهمکنش تنش کم آبی و همزیستی قارچ میکوریزا ترکیب های تیماری بدون تنش + تلقیح با قارچ میکوریزا و تنش شدید + عدم تلقیح با قارچ میکوریزا به ترتیب با ۲۶۱۴/۹ و ۱۰۹۵/۱۳ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین و کمترین میزان

عملکرد سرشاخه در گیاه گاوزبان بودند (جدول پیوست ۸). در مورد اثر متقابل پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا (جدول پیوست ۹) نیز بیشترین مقدار مربوط به ترکیب تیماری پیش تیمار بذر + تلقیح قارچ میکوریزا با عملکرد سرشاخه ۲۰۱۷/۰۶ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به ترکیب تیماری عدم پیش تیمار بذر + عدم تلقیح با قارچ میکوریزا با عملکرد سرشاخه ۱۳۲۸/۳۳ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین نتایج مقایسه میانگین ها (جدول ۴-۲) حاکی از آن بود که ترکیب تیماری بدون تنش + پیش تیمار بذور+ تلقیح با قارچ میکوریزا دارای ۳۱۷۴/۶۶ کیلوگرم در هکتار بود که بیشترین عملکرد سرشاخه را داشت و تیمار تنش شدید + عدم پیش تیمار بذور + عدم تلقیح با قارچ میکوریزا کمترین مقدار را عملکرد سرشاخه را نشان داد.

به نظر می رسد برخورداری گیاه از آب کافی و همچنین پیش تیمار بذر و در نتیجه کاهش زمان جوانه زنی و بهبود استقرار گیاهچه سبب شد تا در گیاهان دور از تنش فرآیند گلدهی گیاه که از مراحل زایشی است، بهبود یابد. همچنین احتمال می رود ریشه گیاه گاو زبان توانسته است از طریق همزیستی میکوریزایی سطح جذب خود را افزایش داده و به ویژه فسفر بیشتری را به اندام زایشی منتقل سازد. کرمی و همکاران (۱۳۹۰) در آزمایشات خود دریافتند که بیشترین عملکرد سرشاخه گلدار گیاه گاو زبان اروپایی در شرایط بدون تنش بود و در گیاهانی که علاوه بر تنش رویشی در مرحله زایشی هم در معرض تنش قرار گرفته بودند، کمترین میزان عملکرد سرشاخه به دست آمد. اردکانی و همکاران (۱۳۸۶) بیان کردند در شرایط بدون تنش بیشترین عملکرد اندام هوایی و سرشاخه گلدار بادرنجبویه به دست می آید.

جدول ۴-۲- تأثیر تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر عملکرد سرشاخه

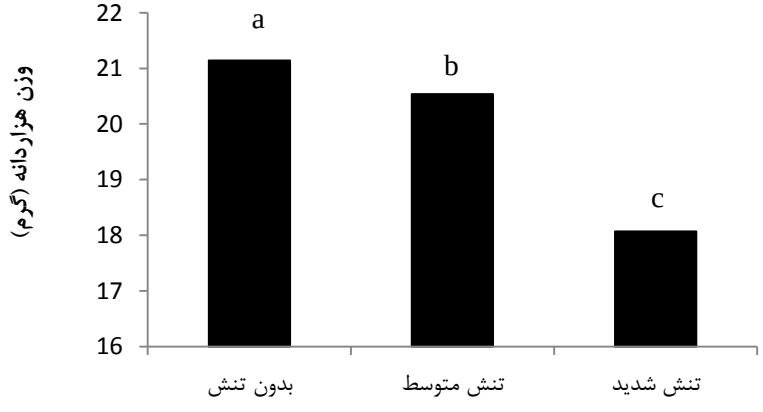
تنش کم آبی	پیش تیماربذر	همزیستی میکوریزایی	عملکرد سرشاخه (کیلوگرم در هکتار)
بدون تنش	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱۸۲۵/۶۶ c
		کاربرد قارچ میکوریزا	۲۰۵۵/۱۳ b
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲۱۳۸/۶۶ b
		کاربرد قارچ میکوریزا	۳۱۷۴/۶۶ a
تنش متوسط	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱۰۹۷/۵۳ ef
		کاربرد قارچ میکوریزا	۱۲۳۱/۸۶ de
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱۳۷۲/۴۶ d
		کاربرد قارچ میکوریزا	۱۶۸۴/۵۰ c
تنش شدید	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱۰۶۱/۸۰ f
		کاربرد قارچ میکوریزا	۱۱۰۰/۰۳ ef
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱۱۲۸/۴۶ ef
		کاربرد قارچ میکوریزا	۱۱۹۲/۰۳ ef

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد.

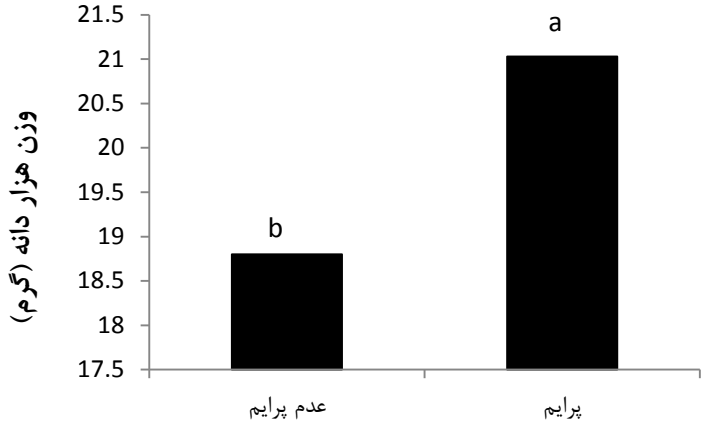
۴-۴- وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۱) صفت وزن هزار دانه نشان دهنده این بود که هر سه اثر اصلی تنش کم آبی، پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا دارای اثر معنی داری روی این صفت بودند. به طوری که اثرات اصلی پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱درصد و اثر اصلی تنش کم آبی در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن هزار دانه معنی دار بودند. در بررسی اثر تنش کم آبی بر صفت وزن هزار دانه، نتایج (شکل ۴-۳) نشان داد که شرایط بدون تنش بیشترین میزان وزن هزار دانه (۲۱/۱۴ گرم) را داشته و تنش شدید دارای کمترین مقدار از وزن هزار دانه (۱۸/۰۷ گرم) بوده است. نتایج تجزیه داده ها (شکل ۴-۴) نشان داد که وزن هزار دانه گیاه گاو زبان در شرایطی که بذور گیاه با اسید سالیسیلیک پیش تیمار شدند نسبت به شرایط عدم پیش تیمار بذر (۱۸/۰۸ گرم) افزایش داشته و به رقم ۲۱/۰۳ گرم رسید. همچنین همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه گاوزبان بر این صفت تاثیر گذار بود به گونه ای که در شرایط حضور قارچ میکوریزا وزن هزار دانه ۲۰/۸۵ گرم بود اما در شرایط عدم حضور قارچ میکوریزا وزن هزار دانه گیاه گاوزبان به ۱۸/۹۸ گرم کاهش یافت (شکل ۴-۵).

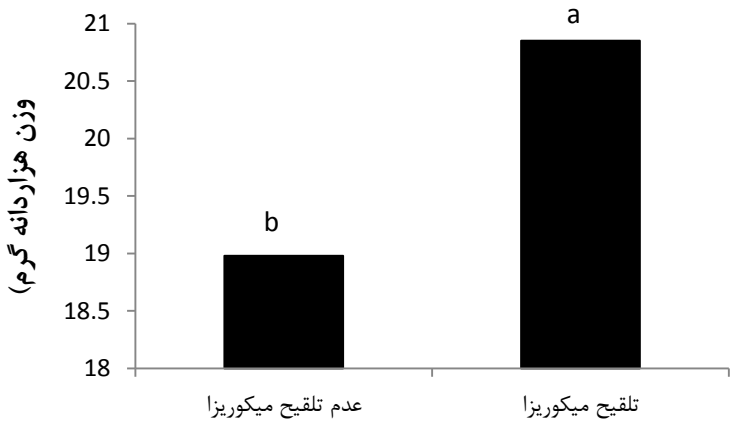
وزن هزار دانه یکی از شاخص های مهم زراعی در بذور گیاهان محسوب می شود. این شاخص بیان کننده میزان تخصیص مواد غذایی به ازای هر واحد بذر است. وزن هزاردانه در هر گیاه تحت تاثیر عوامل متفاوتی است. مهم ترین این عوامل توانایی گیاه برای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه ها و شرایط محیطی در زمان پر شدن دانه ها است. از طرفی وجود تنش در مرحله نمو دانه که مصادف با مرحله انتقال مواد ذخیره ای به دانه می باشد، سبب کاهش سرعت انتقال مواد به دانه می شود. به نظر می رسد تلقیح میکوریزایی سبب گردید که در زمان پر شدن دانه ها انتقال شیره پرورده و در نتیجه وزن هزاردانه بهبود یابد که این نتایج با نتایج کاپور و همکاران (۲۰۰۴) مطابقت دارد. همچنین احتمال می رود که پیش تیمار بذر باعث شود که گیاه سریع تر رشد کرده و بتواند مواد فتوسنتزی بیشتری را تولید کند. افزایش وزن هزار دانه گیاهان مختلف در نتیجه پیش تیمار بذر توسط برخی پژوهشگران گزارش شده است (هریس و همکاران، ۲۰۰۷؛ باسرا و همکاران، ۲۰۰۳). رستمی (۱۳۸۳) گزارش نمود کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی به علت کوتاه شدن دوره پرشدن دانه و پیری زودرس می باشد.



شکل۴-۳- اثر تنش کم آبی بر وزن هزار دانه



شکل۴-۴- اثر پیش تیمار بذور بر وزن هزار دانه



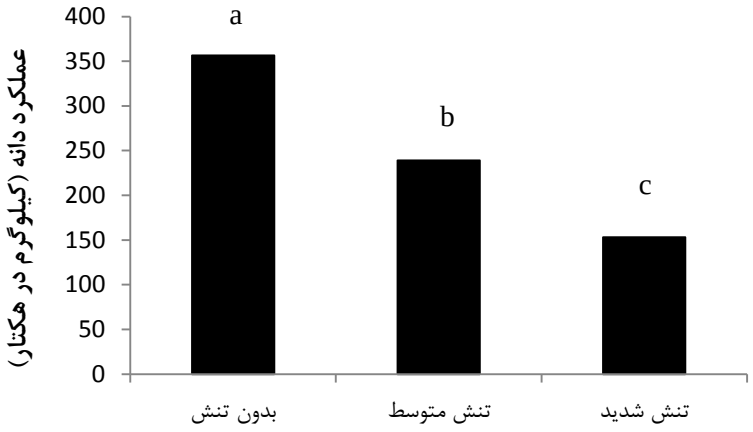
شکل۴-۵- اثر قارچ میکوریزا بر وزن هزار دانه

۴-۵- عملکرد دانه

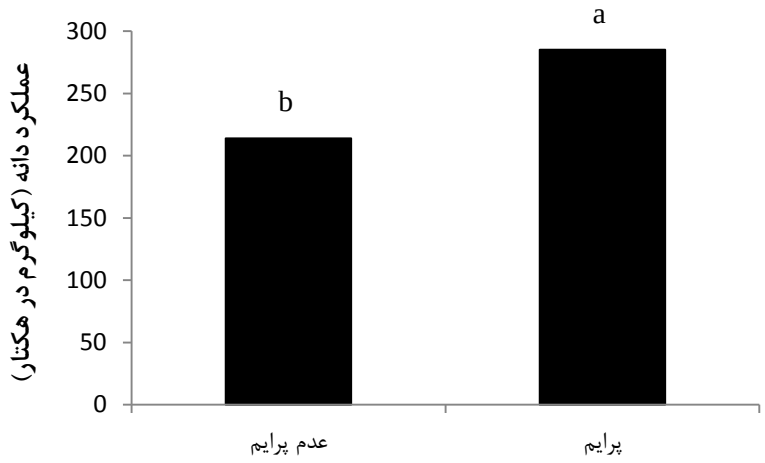
بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱ پیوست) اثر هر سه فاکتور اصلی تنش کم آبی، اعمال پیش تیمار و کاربرد قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد تاثیر معنی داری بر میزان عملکرد دانه داشتند. مقایسه میانگین تیمارها نشان دهنده تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر میزان عملکرد دانه بود، به طوری که عملکرد دانه در گیاهان تحت تنش شدید (۱۵۲/۹۵ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با

سطح بدون تنش (۳۵۶/۶۳ کیلوگرم در هکتار) کاهش ۳۰ درصدی را نشان داد (شکل۴-۶). مقایسات میانگین نشان داد که میزان عملکرد دانه تحت تاثیر سطوح اعمال پیش تیمار و بدون پیش تیمار بذر قرار گرفته است به نحوی که عملکرد دانه در تیمار پرایم شده (۲۸۵/۱۰ کیلوگرم در هکتار) نسبت به تیمار بدون اعمال پرایمینگ بذر (۲۱۳/۹۷ کیلوگرم در هکتار) حدود ۲۵ درصد بیشتر بوده است (شکل۴-۷). همچنین مقایسات میانگین عملکرد دانه نشان داد که میزان آن در شرایط تلقیح میکوریزایی (۲۷۰/۰۱ کیلوگرم در هکتار) نسبت به تیمار عدم تلقیح میکوریزایی (۲۲۹/۰۶ کیلوگرم در هکتار) کاهشی ۱۵ درصدی داشته است (شکل۴-۸).

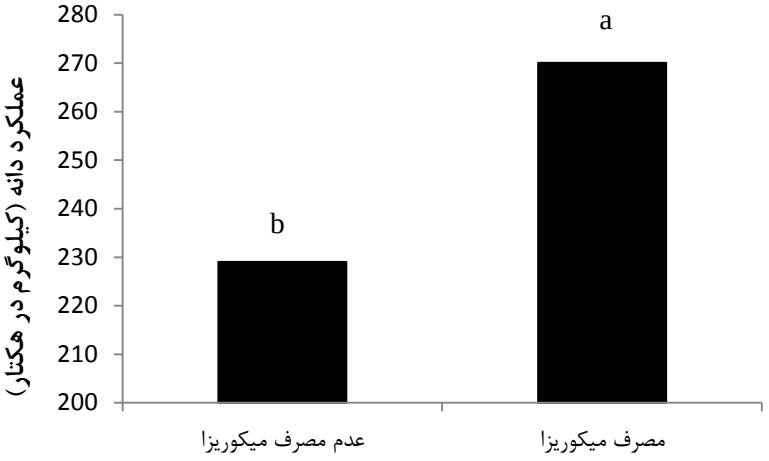
هنگامی که پتانسیل آب برگ کاهش می یابد، غلظت ABA در برگ ها افزایش پیدا می کند. هدایت روزنه ای به علت کمبود پتانسیل آب برگ کاهش می یابد، افزایش ABA در گیاهان به ویژه در ریشه ها به میزان رطوبت خاک بستگی دارد. هنگامی که گیاهان با دوره تنش خشکی مواجه می شوند، بیوسنتز ABA در ریشه ها افزایش یافته و از طریق آوند های چوبی به اندام های هوایی منتقل و موجب بسته شدن روزنه ها می گردد. بسته شدن روزنه ها میزان فتوسنتز و در نتیجه میزان تولید در گیاه را کاهش می دهد. حال اگر این پدیده در دوران گلدهی و دانه دهی در گیاه صورت بگیرد، بر میزان محصول گیاه اثر گذاشته و موجب کاهش عملکرد می گردد (گومس و همکاران، ۲۰۰۴). تنش خشکی با کوتاه کردن طول دوره رویشی گیاه و همچنین آسیب به مرحله زایشی با تاثیر منفی بر میزان تولید و در نتیجه کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی در جهت دانه بندی باعث کاهش تولید دانه میگردد، اما به نظر می رسد پیش تیمار بذر با افزایش قدرت و استقرار گیاه و همچنین بالا رفتن توانایی جذب عناصر ریشه بر اثر همزیستی میکوریزایی سبب افزایش اجزای عملکرد و در نتیجه افزایش میزان عملکرد دانه شده است.



شکل۴-۶- اثر تنش کم آبی بر عملکرد دانه



شکل۴-۷- اثر پیش تیمار بذور بر عملکرد دانه



شکل۴-۸- اثر قارچ میکوریزا بر عملکرد دانه

۴-۶- وزن خشک کل

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (پیوست ۱) صفت وزن خشک کل اثر اصلی تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد بر این صفت معنی دار بود. اثر متقابل تنش کم آبی با پیش تیمار بذر و نیز برهمکنش تنش کم آبی با قارچ میکوریزا نیز در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار گردید. جدول تجزیه واریانس همچنین بیانگر معنی دار شدن اثر متقابل تنش کم آبی، پیش تیمار بذر و کاربرد قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۵ درصد بر صفت وزن خشک کل بود. نتایج (پیوست ۵) نشان داد که تیمار بدون تنش تأثیر مثبتی بر میزان وزن خشک کل گیاه دارد. به طوری که وزن خشک کل در سطح بدون تنش از سایر تیمارها بیشتر و میزان آن معادل ۴۶۲۴/۴۴ کیلوگرم در هکتار بود و تیمار تنش شدید نیز کمترین مقدار وزن خشک کل گیاه را داشت و مقدار آن برابر ۲۲۹۴/۱۲ کیلوگرم در هکتار بوده است. نتایج (پیوست ۵) نشان دهنده افزایش میزان وزن خشک کل گیاه در اثر پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا بود. پیش تیمار بذر توانست وزن خشک کل را از ۲۹۸۷/۳۶ کیلوگرم در هکتار در سطح بدون پیش تیمار به ۳۸۹۳/۷۸ کیلوگرم در هکتار در تیمار پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک افزایش دهد. همزیستی قارچ میکوریزا نیز توانست وزن خشک کل را از ۳۱۵۶/۹۸ کیلوگرم در هکتار در شرایط عدم مصرف قارچ میکوریزا به ۳۷۲۴/۱۶ کیلوگرم در هکتار در تیمار کاربرد قارچ میکوریزا افزایش دهد.

طبق مقایسه میانگین ها (پیوست ۷) ترکیب تیماری بدون تنش + اعمال پیش تیمار بذور به میزان ۵۳۶۲/۵۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان وزن خشک کل را تولید کرد و در مقابل ترکیب تیماری تنش شدید + عدم پیش تیمار بذور با ۲۱۲۶/۸۱ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار از وزن خشک کل گیاه را دارا بود. مقایسه میانگین ها (پیوست ۸) همچنین نشان داد که در برهمکنش تنش کم آبی و قارچ میکوریزا ترکیب تیماری بدون تنش + کاربرد قارچ میکوریزا با ۵۰۴۱/۲۱ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان وزن خشک کل را داشت و توانست مقدار این صفت را نسبت به ترکیب تیماری تنش

شدید + عدم کاربرد قارچ میکوریزا با ۲۱۷۳/۸۰ کیلوگرم در هکتار که کمترین میزان وزن خشک کل را دارا بود، حدود ۵۷ درصد افزایش دهد. در برهمکنش تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا (جدول۴-۳) نیز بیشترین مقدار وزن خشک کل مربوط به تیمار بدون تنش + پیش تیمار بذر + تلقیح قارچ میکوریزا به میزان ۵۷۶۵/۱۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به تیمار تنش شدید + عدم تلقیح پیش تیمار + عدم تلقیح قارچ میکوریزا به میزان ۲۰۱۹/۴۳ کیلوگرم در هکتار بود.

به نظر می رسد کمبود آب احتمالا از طریق کوتاه کردن دوره رشد و تسریع در رسیدگی، فنولوژی گیاه را تحت تاثیر قرار داده و موجب کاهش تولید ماده خشک و کاهش گسترش سطح برگ شده و پیری آن راتسریع می نماید. این در صورتی است که در شرایط در دسترس بودن آب کافی و از طرف دیگر کاهش مدت زمان کاشت تا جوانه زنی در گیاهان پیش تیمار شده، رشد در گیاه تسریع گردیده و منجر به افزایش اندام هوایی آن شده است. در این بین از اثر تلقیح قارچ میکوریزا نیز نمی توان چشم پوشی نمود زیرا این قارچ ها می توانند نیاز گیاه به عناصر غذایی را تأمین کنند و از طریق بهبود میزان فتوسنتز و رشد موجب افزایش بیوماس گیاهی و در نهایت افزایش مقدار وزن خشک کل گیاه گردند. در همین زمینه کاپور و همکارانش (۲۰۰۴) به نتایج مشابهی دست یافتند. سینگ (۱۹۹۱) نیز در آزمایشی روی نخود گزارش کرد که تنش کم آبی موجب کاهش وزن خشک کل گردید.

جدول ۴-۳- تأثیر تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر صفت وزن خشک کل

تنش کم آبی	پیش تیماربذر	همزیستی میکوریزایی	وزن خشک کل (کیلوگرم در هکتار)
بدون تنش	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۳۴۵۵/۳۳۳ d
		کاربرد قارچ میکوریزا	۴۳۱۷/۳۰۰ c
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۴۹۶۰ b
		کاربرد قارچ میکوریزا	۵۷۶۵/۱۳۳ a
تنش متوسط	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲۷۲۲/۴۰۰ f
		کاربرد قارچ میکوریزا	۳۱۷۵/۵۰۰ e
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۳۴۵۶/۶۰۰ d
		کاربرد قارچ میکوریزا	۴۲۵۸/۱۳۳ c
تنش شدید	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲۰۱۹/۴۳۳ h
		کاربرد قارچ میکوریزا	۲۲۳۴/۲۰۰ g
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲۳۲۸/۱۶۷ g
		کاربرد قارچ میکوریزا	۲۵۹۴/۷۰۰ f

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد.

۴-۷- شاخص برداشت بر اساس عملکرد سرشاخه

طبق نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۱) اثرات اصلی تنش کم آبی و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد و پیش تیمار بذر در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان شاخص برداشت بر اساس عملکرد سر شاخه معنی دار گردید. این نتایج حاکی از آن است که اثر متقابل تنش کم آبی و قارچ میکوریزا، همچنین اثر متقابل پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا و نیز اثر ترکیب تیماری تنش کم آبی + پیش تیمار بذر + قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد بر مقدار شاخص برداشت معنی دار شد.

بر اساس مقایسات میانگین اثر سطوح تنش کم آبی بر میزان شاخص برداشت به گونه ای بوده است که سطح بدون تنش (۴۹/۶۵ درصد) بیشترین میزان را نسبت به تیمار تنش شدید (۴۹/۰۷ درصد) به خود اختصاص داد (جدول پیوست ۵). نتایج حاصل از آنالیز داده ها نشان دهنده افزایش میزان شاخص برداشت در شرایط بدون پیش تیمار بذر (۴۶/۹۰ درصد) نسبت به شرایط اعمال پیش تیمار (۴۵/۳۱ درصد) بوده است. همچنین طبق این نتایج (پیوست ۵) میزان شاخص برداشت در شرایط بدون تلقیح قارچ میکوریزا (۴۶/۱۸ درصد) نسبت به تلقیح قارچ میکوریزا (۴۶/۰۴ درصد) افزایش

نشان داده است. مقایسه میانگین های اثر متقابل تنش کم آبی و قارچ میکوریزا بر میزان شاخص برداشت (پیوست ۸) نشان داد که ترکیب تیماری بدون تنش و کاربرد تلقیح میکوریزا (۵۱/۳۴ درصد) توانسته است مقدار این شاخص را نسبت به ترکیب تیماری بدون تنش و عدم تلقیح میکوریزا (۴۷/۹۶ درصد) به طور معنی داری افزایش دهد در حالیکه کمترین میزان شاخص برداشت بر مبنای عملکرد سرشاخه مربوط به ترکیب تیماری تنش متوسط + همزیستی قارچ (۳۹/۱۸ درصد) بوده است. بر اساس مقایسه میانگین ها (جدول پیوست ۹) اثر متقابل پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا نشان داد که میزان شاخص برداشت در شرایط عدم پیش تیمار بذر و عدم تلقیح میکوریزا (۴۸/۵۹ درصد) نسبت به ترکیب تیماری پیش تیمار بذر و عدم قارچ میکوریزا (۴۳/۷۷ درصد) که کمترین میزان شاخص برداشت را داشت افزایش داشته است. نتایج مقایسات میانگین حاکی از آن است که مقدار شاخص برداشت در ترکیب تیماری بدون تنش + اعمال پیش تیمار بذر + تلقیح قارچ میکوریزا (۵۵/۰۷ درصد) دارای بیشترین مقدار و ترکیب تیماری تنش متوسط + عدم پیش تیمار بذر + تلقیح قارچ میکوریزا (۳۸/۸۰ درصد) دارای کمترین مقدار شاخص برداشت بر اساس عملکرد سرشاخه بود (جدول ۴-۴). مظفری و همکاران (۱۳۷۵) در مطالعه خود روی آفتابگردان دلیل کاهش شاخص برداشت در تنش کم آبی را کاهش قطر طبق، تعداد دانه در طبق و افزایش درصد پوکی دانه اعلام کردند. سیدهارا و پراساد (۲۰۰۲) نیز یک رابطه بسیار خوب و خطی بین شاخص برداشت و عملکرد اقتصادی پیدا کردند. چیمنتی و همکاران (۲۰۰۲) نیز اذعان داشتند که تنش رطوبتی در مرحله رشد زایشی مانند گرده افشانی ورسیدگی فیزیولوژیکی تاثیر معنی داری روی شاخص برداشت آفتابگردان گذاشت. شاخص برداشت از جمله صفاتی است که تحت تاثیر چند صفت قرار می گیرد. در گیاه دارویی گاو زبان اروپایی اغلب سر شاخه گلدار هم علاوه بر دانه از جمله عملکرد اقتصادی محسوب می گردد. در این تحقیق نیز علاوه بر عملکرد دانه، شاخص برداشت بر اساس عملکرد سرشاخه نیز تحت تاثیر تیمار های مذکور در گیاه بررسی گردیده است. در حالت کلی تنش کم آبی موجب کاهش طول دوره رویش گیاهان میگردد. از دلایل کاهش عملکرد اقتصادی در اثر تنش کم آبی کوتاه شدن دوره رشد و تسریع

پیری برگهاست. البته کاهش سطح فتوسنتر کننده، تولید اسیمیلات فتوسنتزی و نهایتاً رشد کمتر گیاه در شرایط تنش زا می تواند به کاهش عملکرد اقتصادی و متعاقب آن در کاهش شاخص برداشت موثر باشند. به نظر می رسد پیش تیمار بذر از طریق افزایش قدرت گیاه و همزیستی میکوریزایی با بهبود جذب عناصر در نتیجه بهبود رشد باعث افزایش عملکرد بیولوژیک و کاهش شاخص برداشت گردیده اند.

جدول ۴-۴.- تأثیر تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر شاخص برداشت بر اساس عملکرد سرشاخه

تنش کم آبی	پیش تیماربذر	همزیستی میکوریزایی	شاخص برداشت بر مبنای عملکرد سرشاخه (درصد)
بدون تنش	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۵۲/۸۰۷ a
		کاربرد قارچ میکوریزا	۴۷/۶۰۷ b
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۴۳/۱۱۷ cd
		کاربرد قارچ میکوریزا	۵۵/۰۷۷ a
تنش متوسط	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۴۰/۳۹۳ de
		کاربرد قارچ میکوریزا	۳۸/۸۰۳ e
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۳۹/۷۱۷ e
		کاربرد قارچ میکوریزا	۳۹/۵۷۳ e
تنش شدید	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۵۲/۵۸۳ a
		کاربرد قارچ میکوریزا	۴۹/۲۵۳ b
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۴۸/۴۹۰ b
		کاربرد قارچ میکوریزا	۴۵/۹۴۰ bc

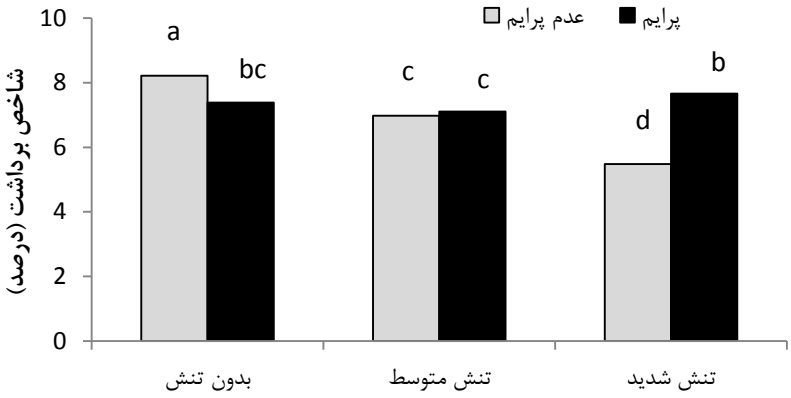
*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد.

۴-۸- شاخص برداشت بر اساس عملکرد دانه

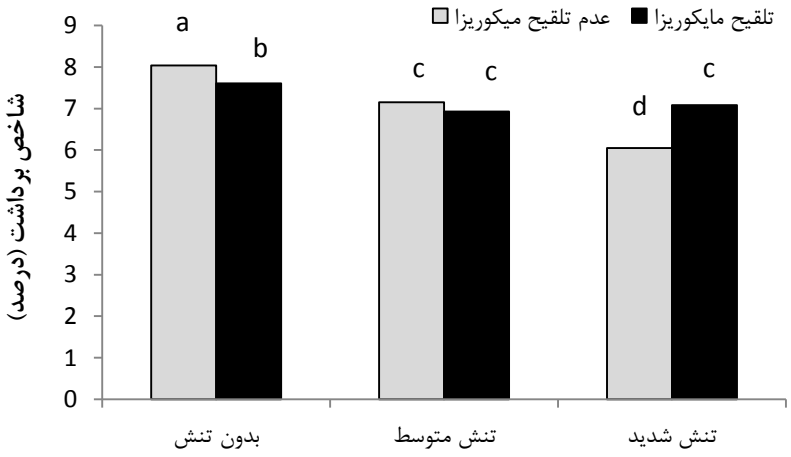
نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۱) شاخص برداشت (بر اساس عملکرد دانه) حاکی از آن است که اثرات اصلی تنش کم آبی و پیش تیمار بذر در سطح احتمال ۱ درصد بر این صفت معنی دار شد. همچنین اثر متقابل تنش کم آبی با پیش تیمار و برهمکنش تنش کم آبی با قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد بر شاخص برداشت معنی دار شد.

با توجه به نتایج مقایسات میانگین (جدول ۳ پیوست) اثر تنش کم آبی بر شاخص برداشت مشخص گردید که میزان این صفت در سطح بدون تنش (۷/۸۲ درصد) و در سطح تنش شدید (۶/۵۷ درصد) بوده است. در خصوص اثر پیش تیمار بذر با سالیسیلیک اسید بر شاخص برداشت هم بیشترین مقدار مربوط به اعمال پیش تیمار بذر (۷/۳۸ درصد) و کمترین مقدار آن مربوط به عدم پیش تیمار (۶/۹۱ درصد) بوده است. نتایج مقایسات میانگین اثر متقابل تنش کم آبی و پیش تیمار بذر بر شاخص برداشت نشان داد که میزان این صفت در شرایط بدون تنش و عدم پیش تیمار (۸/۲۲ درصد) نسبت به ترکیب تیماری تنش شدید و عدم پیش تیمار بذر (۵/۴۸ درصد) افزایش معنی داری داشته است (شکل ۴-۹). همچنین طبق مقایسات میانگین میزان شاخص برداشت در ترکیب تیماری بدون تنش و عدم قارچ میکوریزا (۸/۰۴ درصد) نسبت به شرایط تنش شدید و عدم کاربرد قارچ میکوریزا (۶/۰۵ درصد) افزایش داشته است (شکل ۴-۱۰).

شاخص برداشت عبارت است از نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیکی، که شاخصی از توانایی گیاه برای اختصاص منابع بین ساختارهای رویشی و زایشی است (کلهری و همکاران، ۱۳۸۱). در آزمایشی روی آفتابگردان که توسط رشدی و همکاران (۱۳۸۵) انجام گرفت مشاهده شد که با افزایش تنش کم آبی شاخص برداشت کاهش یافت. نامبردگان دلیل این مسئله را کاهش عملکرد دانه در اثر تنش اعلام کردند. کاهش شاخص برداشت در تیمار تنش کم آبی در مرحله رویشی و زایشی می تواند به دلیل کاهش سطح فتوسنتز کننده و در نتیجه کاهش انتقال مواد فتوسنتز شده در مرحله پر شدن دانه ها باشد. از آنجایی که شاخص برداشت می تواند بیانگر مقدار انتقال مواد آلی ساخته شده از منبع به مخزن باشد در نتیجه گیاهان با شاخص برداشت بالا قادرند کربوهیدارت بیشتری را از اندام های سبز به دانه ها منتقل کنند و به همین دلیل عملکرد بالایی را از خود نشان می دهند. افزایش شاخص برداشت در شرایط بدون تنش می تواند به دلیل وجود آب بیشتر در طول فصل رویش باشد که باعث افزایش جذب عناصر غذایی شده و ساخت و انتقال مواد پرورده در اثر وجود آب در زمان دانه بندی و پر شدن دانه ها بیشتر می گردد.



شکل ۴-۹- اثر متقابل تنش کم آبی و پیش تیمار بذور بر شاخص برداشت (بر مبنای عملکرد دانه)



شکل۴-۱۰- اثر متقابل تنش کم آبی و قارچ میکوریزا بر شاخص برداشت (بر مبنای عملکرد دانه)

۴-۹- محتوای نسبی آب برگ

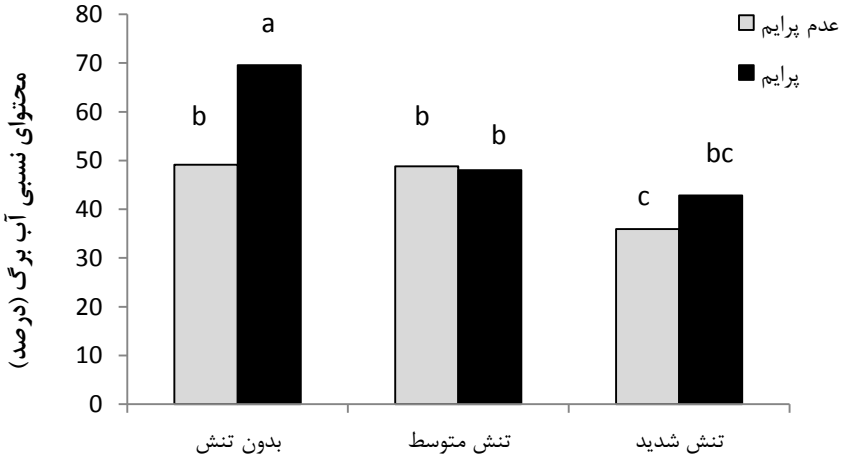
نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲ پیوست) نشان می دهد که اثرات اصلی تنش کم آبی و پیش تیمار بذر در سطح احتمال ۱ درصد و تلقیح قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۵ درصد بر محتوای

نسبی آب برگ معنی دار بوده است. همچنین اثرات متقابل تنش کم آبی و پیش تیمار در سطح احتمال ۱ درصد و نیز اثر متقابل قارچ میکویزا و پیش تیمار بذر در سطح احتمال ۵ درصد تاثیر معنی داری بر صفت محتوای نسبی آب برگ داشتند.

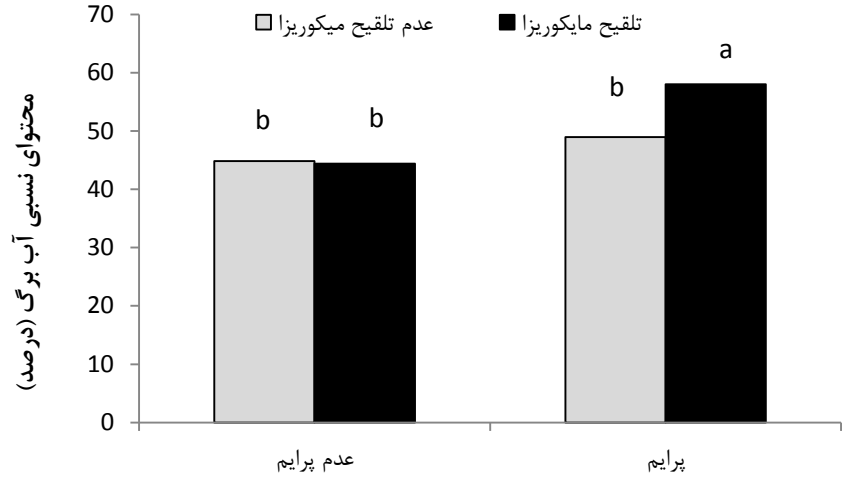
نتایج مقایسات میانگین نشانگر این بود که محتوای نسبی آب برگ گیاه تحت تاثیر تیمار تنش کم آبی قرار گرفت. در بین تیمار ها، تیمار شاهد تاثیر بیشتری بر افزایش میزان این صفت دارا بود به گونه ای که توانست محتوای نسبی آب برگ گیاه گاوزبان را از (۳۹/۴۰ درصد) در تیمار تنش شدید کم آبی به (۵۹/۳۵ درصد) افزایش دهد (جدول ۶ پیوست). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که محتوای نسبی آب برگ در شرایط اعمال پیش تیمار بذر (۵۳/۴۸ درصد) نسبت به شرایط بدون پیش تیمار (۴۴/۶۴ درصد) افزایش معنی داری داشته است (پیوست ۶). این نتایج نشان داد که این صفت تحت تاثیر همزیستی میکوریزایی قرار گرفت، به گونه ای که تیمار تلقیح قارچ میکوریزا (۵۱/۲۱ درصد) توانست محتوای نسبی آب برگ را نسبت به شرایط عدم تلقیح میکوریزا (۴۶/۹۱ درصد) به طور معنی داری افزایش بخشد. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبی و پیش تیمار بذر بر محتوای نسبی آب برگ نشان داد که تیمار بدون تنش و اعمال پیش تیمار بذر (۶۹/۵۵ درصد) این صفت را نسبت به تیمار تنش شدید و بدون پیش تیمار بذر (۳۵/۹۴ درصد) که کمترین میزان محتوای نسبی آب برگ بود به طور معنی داری افزایش داد (شکل ۴-۱۱). همچنین مقایسات میانگین محتوای نسبی آب برگ بیانگر این بود که تیمار اعمال پیش تیمار بذر و تلقیح قارچ میکوریزا (۵۸/۰۱ درصد) توانسته است این ویژگی را نسبت به تیمار عدم پیش تیمار بذر و تلقیح قارچ میکوریزا (۴۴/۴۱ درصد) از نظر آماری افزایش بخشد، البته این ترکیب تیماری با سایر تیمارها در یک گروه آماری قرار گرفته است (شکل۴-۱۲).

محتوای نسبی آب برگ یکی از پارامتر های فیزیولوژیکی گیاهی به خصوص در پاسخ به شرایط تنش است. اگر پتانسیل آب کاهش پیدا کند تقسیم سلولی و رشد اندام ها متوقف می شود. همچنین

فتوسنتز خالص و سنتز پروتئین نیز کاهش می یابد (ما و همکاران، ۲۰۰۶). شواهد نشانگر این است است که بذر گندم تیمار شده با اسید سالیسیلیک محتوای رطوبتی بالاتری را در مقایسه با گیاهچه های تیمار نشده در شرایط نرمال و تنش داشتند (سینگ و اوشا، ۲۰۰۳). در تحقیق هایات و همکاران (۲۰۰۸) کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم آبی، مقدار نسبی آب برگ در گوجه فرنگی را افزایش داد. بر اساس نتایج این تحقیق به نظر می رسد در شرایط پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک احتمالا به دلیل رشد سریع تر ریشه چه و در نهایت افزایش طول ریشه گیاهان پیش تیمار شده این گیاهان می توانند به حجم بیشتری از خاک و در نتیجه آب دسترسی داشته باشند. همچنین به نظر می رسد همزیستی میکوریزایی می تواند بر جذب آب و توسعه سطح ریشه تاثیر مثبتی را به همراه داشته باشد.



شکل ۴-۱۱- اثر متقابل تنش کم آبی و پیش تیمار بذور بر محتوای نسبی آب برگ



شکل ۴-۱۲- اثر متقابل قارچ میکوریزا و پیش تیمار بذور بر محتوای نسبی آب برگ

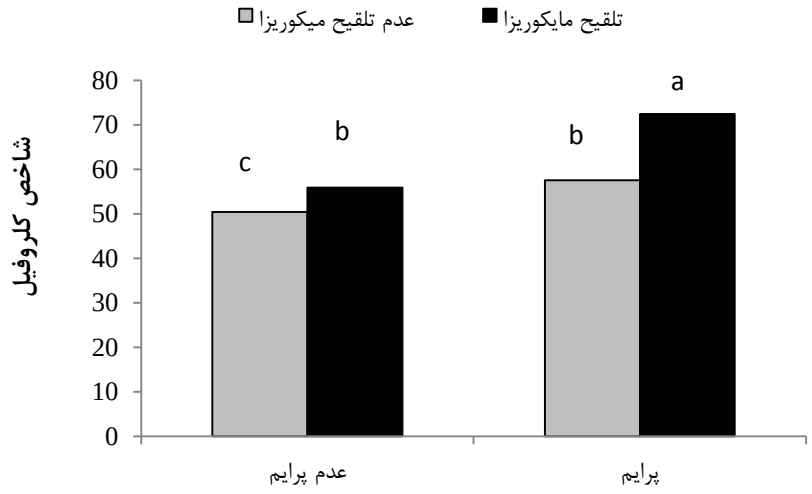
۴-۱۰- میزان شاخص کلروفیل (عدد SPAD)

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (پیوست ۲) هر سه فاکتور اصلی تنش کم آبی، اعمال پیش تیمار و کاربرد قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد تاثیر معنی داری بر شاخص کلروفیل داشتند. طبق نتایج این جدول اثر متقابل پیش تیمار بذر و کاربرد قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد نیز بر میزان شاخص کلروفیل معنی دار بود.

مقایسه میانگین تیمارها نشان دهنده تاثیر سطوح مختلف تنش کم آبی بر میزان شاخص کلروفیل بود، به طوری که شاخص کلروفیل در گیاهان تحت تنش شدید (۵۳/۹۵) در مقایسه با سطح بدون (۶۳/۸۳) و سطح متوسط از تنش (۵۹/۴۵) به ترتیب کاهش ۱۵ و ۷ درصدی را نشان داد (پیوست ۶). مقایسات میانگین بیانگر تاثیر معنی دار تلقیح میکوریزایی (۶۴/۱۵) برمیزان این شاخص بود، به گونه ای که شاخص کلروفیل در شرایط عدم تلقیح میکوریزایی حدود ۱۶ درصد کمتر از تیمار تلقیح شده با میکوریزا بود. نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که میزان شاخص کلروفیل تحت تأثیر پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک قرار گرفت. این نتایج نشان داد (پیوست ۶) که شرایط اعمال پیش تیمار بذر، شاخص کلروفیل را نسبت به حالت عدم پیش تیمار بذر به طور معنی داری افزایش داده است. طبق

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا بر میزان محتوای کلروفیل نشان داد که ترکیب تیماری تلقیح میکوریزا با اعمال پرایمینگ بذور (۷۲/۴۲ عدد اسپد) بیشترین و شرایط عدم پیش تیمار بذور با عدم کاربرد میکوریزا (۵۰/۴۲ عدد اسپد) کمترین میزان شاخص کلروفیل را داشتند (شکل ۴-۱۳).

علت این امر می تواند بهینه شدن شرایط رشد در اثر اعمال تیمارها باشد، طوری که گیاه توانسته است انرژی لازم برای افزایش محتوای کلروفیل در برگ ها را فراهم کند. در همین رابطه آنتولین و یولر (۱۹۹۵) دریافتند که با افزایش تنش خشکی، میزان کلروفیل برگ کاهش می یابد و به تبع آن کاهش درصد نیتروژن برگ میشود و بیان نمودند که آنزیم های کلروفیلاز و پراکسیداز از عوامل مؤثر در کاهش کلروفیل در شرایط تنش رطوبتی هستند. کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش خشکی توسط غلام حسینی و فلاوند (۲۰۰۸) در گیاه آفتابگردان نیز گزارش شده است. کاهش میزان کلروفیل می تواند به دلیل فعالیت بیشتر آنزیم کلروفیلاز درشرایط تنش باشد. از طرف دیگر در هنگام تنش غلظت مواد تنظیم کننده رشد از جمله آبسزیک اسید، اتیلن و اکسین افزایش می یابند و این موجب تحریک فعالیت آنزیم کلروفیلاز می شوند.کاهش میزان کلروفیل می تواند بواسطه کاهش سنتز کلروفیل و همچنین ناشی از تخریب آن باشد (حیدری، ۱۳۸۰). تانگ و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی خود روی گیاه ذرت مشاهده کردند که تلقیح ذرت با قارچ گلوموس موسه آ، سنتز کلروفیل در گیاه را بهبود بخشید و فتوسنتز گیاه را افزایش داد. آنها علت این امر را به افزایش جذب نیتروژن توسط گیاهان میکوریزایی نسبت داده اند. همچنین گمس و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند پیش تیمار کردن گیاهان گوجه فرنگی با سالیسیلیک اسید موجب افزایش فتوسنتز، محتوای کلروفیل در گیاهان تحت تنش و غیر تنش گردید.



شکل ۴-۱۳- اثر متقابل پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر شاخص کلروفیل

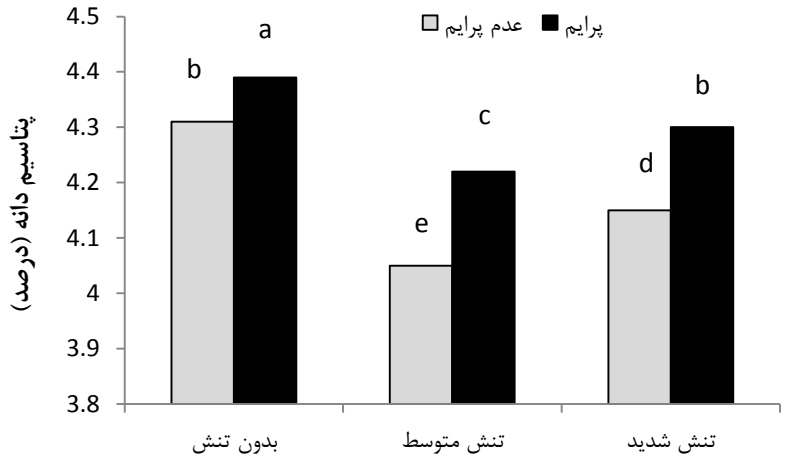
۴-۱۱- پتاسیم دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲ پیوست) پتاسیم بذر نشان دهنده تاثیر معنی دار هر سه فاکتور اصلی تنش کم آبی، اعمال پیش تیمار و کاربرد قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان این صفت بوده است. طبق نتایج به دست آمده از این جدول تاثیر برهمکنش ترکیب های تیماری تنش کم آبی + پیش تیمار بذر و نیز پیش تیمار بذر + کاربرد قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان محتوای پتاسیم معنی دار گردید. همچنین بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس میزان پتاسیم بذر تحت تاثیر اثر متقابل تنش کم آبی و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد.

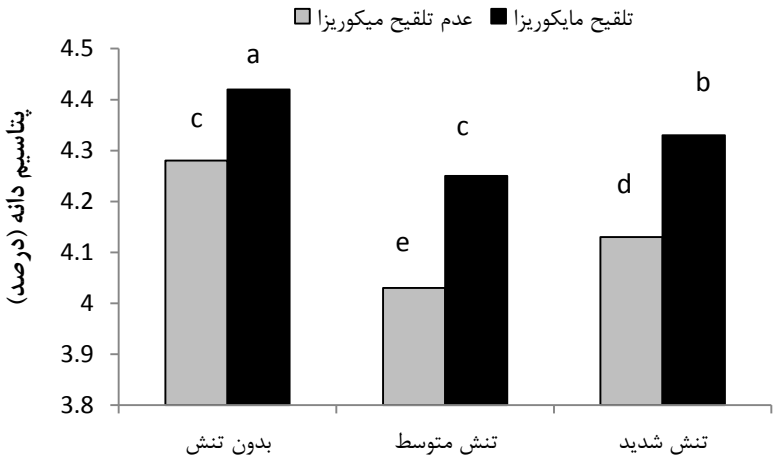
مقایسه میانگین اثر تنش کم آبی بر صفت پتاسیم بذر (پیوست ۶) نشان داد که سطح بدون تنش با ۴/۳۵ درصد دارای بیشترین میزان و سطح تنش متوسط با ۴/۱۴ درصد دارای کمترین میزان محتوای پتاسیم بذر بود. نتایج تجزیه داده ها (پیوست ۶) نشان داد که میزان پتاسیم دانه گیاه گاو زبان در شرایطی که بذور گیاه با اسید سالیسیلیک پیش تیمار شدند (۴/۳۰ درصد) نسبت به شرایط عدم

پیش تیمار بذر (۴/۱۷ درصد) افزایش یافته است. همچنین همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه گیاه گاو زبان بر این صفت تاثیر گذار بود به گونه ای که در شرایط حضور قارچ میکوریزا درصد پتاسیم دانه ۴/۳۳ درصد بود اما در شرایط عدم حضور قارچ میکوریزا میزان پتاسیم دانه گیاه به ۴/۱۵ درصد کاهش یافت. با توجه به مقایسه میانگین ها (شکل ۴-۱۴) میزان پتاسیم بذر در ترکیب تیماری بدون تنش کم آبی + اعمال پیش تیمار بذور با ۴/۳۹ درصد و ترکیب تیماری تنش متوسط + عدم پیش تیمار بذور با ۴/۰۵ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین میزان پتاسیم بذر دانه را نشان دادند. همچنین مقایسه میانگین های اثر برهمکنش تنش کم آبی و قارچ میکوریزا بر میزان پتاسیم دانه گیاه گاو زبان (شکل ۴-۱۵) نشان داد سطح بدون تنش + تلقیح قارچ میکوریزا با ۴/۴۲ درصد بهترین ترکیب تیماری بود و ترکیب تیماری تنش متوسط + عدم تلقیح با قارچ میکوریزا با ۴/۰۳ درصد کمترین میزان پتاسیم بذر را داشت. در مورد اثر متقابل پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا (شکل ۴-۱۶) بر محتوای پتاسیم دانه نیز بیشترین مقدار مربوط به ترکیب تیماری پیش تیمار بذر + کاربرد قارچ میکوریزا (۴/۳۸ درصد) و کمترین آن مربوط به ترکیب تیماری عدم پیش تیمار بذر + عدم مصرف قارچ میکوریزا با (۴/۰۶ درصد) بود.

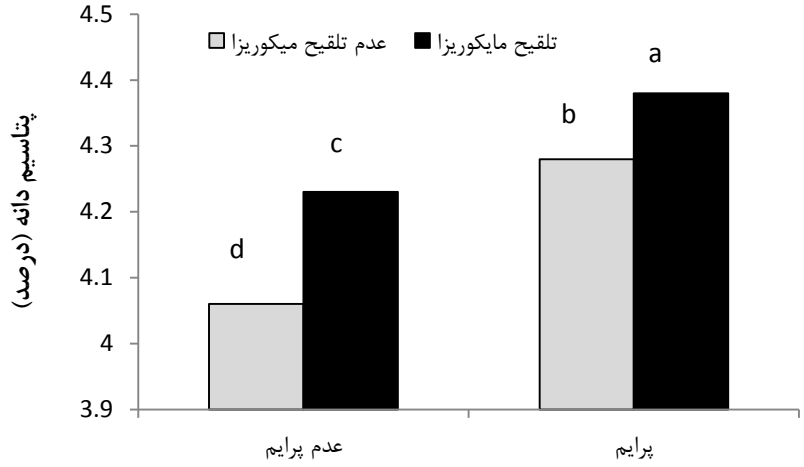
کوچنبوچ و همکاران (۱۹۸۶) دریافتند که کاهش محتوای آب خاک، سبب کاهش جذب پتاسیم توسط ریشه های پیاز شد. احتمالا علت کاهش پتاسیم در شرایط تنش خشکی کاهش میزان حلالیت پتاسیم و متعاقبا کاهش جذب آن توسط ریشه های گیاه است از طرف دیگر کلویید های خاک با قدرت بیشتری پتاسیم را جذب می کنند و مانع جذب آن توسط ریشه می شوند. مارچنر (۱۹۹۵) نیز در همین راستا به نتایج مشابهی دست یافتند.



شکل ۴-۱۴- اثر متقابل تنش کم آبی و پیش تیمار بذور بر میزان پتاسیم دانه



شکل ۴-۱۵- اثر متقابل تنش کم آبی و قارچ میکوریزا بر میزان پتاسیم دانه



شکل ۴-۱۶- اثر متقابل قارچ میکوریزا و پیش تیمار بذور بر میزان پتاسیم دانه

۴-۱۲- فسفر دانه

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲ پیوست) میزان فسفر بذر به طور معنی داری توسط هر ۳ فاکتور اصلی تنش کم آبی در سطح احتمال ۵ درصد، اعمال پیش تیمار و نیز کاربرد قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد تحت تاثیر قرار گرفت. طبق نتایج جدول تجزیه واریانس اثر متقابل پیش تیمار بذر و کاربرد قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد و همچنین اثر متقابل سه گانه شامل تنش کم آبی و پیش تیمار بذر و تلقیح قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شدند.

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که میزان فسفر بذر در تیمار تنش شدید (۰/۶۹ درصد) نسبت به سطح بدون تنش (۰/۸۳ درصد) حدود ۱۷ درصد کاهش داشته است (جدول ۶ پیوست). همچنین نتایج بیانگر این بوده است که پیش تیمار بذور با سالیسیلیک محتوای فسفر بذر را تحت تاثیر قرار داده به گونه ای که فسفر بذر در شرایط اعمال پیش تیمار (۰/۸۲ درصد) بیشترین و تیمار عدم پیش تیمار بذور (۰/۷ درصد) کمترین مقدار از فسفر بذر را دارا بود. مقایسه میانگین تیمارها همچنین بیانگر تاثیر همزیستی میکوریزایی بر میزان فسفر دانه بوده است به گونه ای که تیمار تلقیح میکوریزا

توانست میزان فسفر بذر را نسبت به تیمار عدم تلقیح قارچ میکوریزا افزایش دهد و مقدار آن را از (۰/۶۸ درصد) در تیمار عدم تلقیح به (۰/۸۳ درصد) برساند (جدول ۶ پیوست). در مورد اثر متقابل پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا (جدول ۹ پیوست) بر محتوای فسفر دانه نیز بیشترین مقدار مربوط به ترکیب تیماری پیش تیمار بذر + کاربرد قارچ میکوریزا (۰/۹۳ درصد) و کمترین آن مربوط به ترکیب تیماری عدم پیش تیمار بذر + عدم مصرف قارچ میکوریزا با (۰/۶۵ درصد) بود. مقایسات میانگین صفت فسفر بذر همچنین نشان داد که در برهمکنش تنش کم آبی، پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا ترکیب تیماری بدون تنش + تلقیح میکوریزایی + اعمال پیش تیمار بذر (۱/۰۷ درصد) میزان فسفر دانه را نسبت به تیمار تنش شدید + عدم پرایم + عدم تلقیح (۰/۵۹ درصد) که کمترین مقدار فسفر را داشت افزایش داده است (جدول ۴-۵).

فسفر بعد از نیتروژن مهمترین عنصر غذایی ضروری و پر مصرف مورد نیاز گیاه می باشد و مهمترین نقش آن در فرآیند تولید و انتقال انرژی است. در این تحقیق وجود آب کافی در دسترس گیاه همزمان با اعمال پیش تیمار بذور و کاربرد قارچ میکوریزا بیشترین مقدار فسفر بذر را به همراه داشته است که علت این امر می تواند بهینه شدن شرایط رشد در اثر اعمال تیمارها باشد طوری که گیاه توانسته است انرژی لازم برای حداکثر جذب فسفر را فراهم کند. مهمترین عنصری که در اثر همزیستی با قارچ میکوریزا افزایش می یابد فسفر است (رویزلورزنو، ۲۰۰۳). در این پژوهش نیز به نظر می رسد که حضور قارچ میکوریزا توانست فسفر قابل جذب خاک را افزایش دهد و از طریق ریشه گیاه گاو زبان و هیف های قارچی آن را به گیاه انتقال دهد. مهمترین مخزن فسفر در گیاه دانه است و گیاه این عنصر را از تمام قسمت ها به دانه خود منتقل می کند. پیش ازین هم اصلاح تغذیه فسفر توسط قارچ های میکوریزا در طی دوره های خشکی سازوکاری اولیه برای افزایش مقاومت به خشکی گیاهان میزبان فرض شده است (سابرامانیان، ۱۹۹۷). همچنین پیترسو و همکاران (۲۰۰۴) بیان داشتند تلقیح ریشه گیاهان با میکوریزا از طریق افزایش سطح جذب و با افزایش ناحیه تخلیه فسفر به وسیله هیف های خارجی، این عنصر را در اختیار گیاه قرار می دهد. در همین راستا محققان دیگر نیز

افزایش فسفر دانه را در اثر همزیستی قارچ میکوریزا در گیاهان ذرت، جو، پیاز و پسته اعلام کردند (غلامی، ۱۳۷۹؛ فلاحیان و همکاران، ۲۰۰۵؛ محمد و همکاران، ۲۰۰۳). به نظر می رسد در شرایط کمبود رطوبت و افزایش تنش کم آبی احتمالا به دلیل نقصان در فرآیند جذب فسفر از ریشه گیاه میزان این عنصر کاهش پیدا کرده است، کافی و همکاران (۱۳۸۸)، نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. در همین راستا جین و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی اثر تنش خشکی روی سویا مشاهده کردند کمبود رطوبت تجمع فسفر را محدود کرد و سبب کاهش انتقال فسفر به بذر شد.

جدول ۴-۵- تأثیر تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر میزان فسفر دانه

تنش کم آبی	پیش تیماربذر	همزیستی میکوریزایی	فسفر بذر (درصد)
بدون تنش	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۰/۷۳۷ ^{def}
		کاربرد قارچ میکوریزا	۰/۷۸۷ ^{cd}
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۰/۷۶۳ ^{cde}
		کاربرد قارچ میکوریزا	۱/۰۷۰ ^{a}
تنش متوسط	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۰/۶۴۷ ^{fg}
		کاربرد قارچ میکوریزا	۰/۷۵۰ ^{cde}
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۰/۷۳۰ ^{def}
		کاربرد قارچ میکوریزا	۰/۹۰۷ ^{b}
تنش شدید	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۰/۵۹۳ ^{h}
		کاربرد قارچ میکوریزا	۰/۶۹۰ ^{efg}
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۰/۶۶۳ ^{fgh}
		کاربرد قارچ میکوریزا	۰/۸۲۰ ^{c}

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد.

۴-۱۳- کلونیزاسیون ریشه

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲ پیوست) کلونیزاسیون ریشه، فاکتورهای اصلی تنش کم آبی و تلقیح میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شدند. طبق این نتایج اثر متقابل تنش کم آبی و تلقیح میکوریزا در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار گردید. همچنین بر اساس نتایج به دست

آمده از جدول تجزیه واریانس اثر متقابل تنش کم آبی و پیش تیمار بذر و همچنین اثر متقابل سه گانه شامل تنش کم آبی و تلقیح میکوریزا و پیش تیمار بذر در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار گردید.

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که میزان همزیستی ریشه در تیمار تنش کم آبی شدید (معادل ۴۷/۰۸ درصد) نسبت به تیمار شاهد (معادل ۳۳/۷۵ درصد) افزایش یافت. در حالیکه کمترین مقدار کلونیزاسیون ریشه مربوط به تیمار تنش متوسط (۳۱/۶۶ درصد) بود (جدول ۴ پیوست). همچنین این نتایج بیانگر این بود که همزیستی ریشه در تیمار تلقیح میکوریزا (۶۳/۳۳ درصد) نسبت به تیمار عدم مصرف قارچ میکوریزا (۱۱/۶۶ درصد) افزایش معنی داری داشته است. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبی و پیش تیمار بذر بر میزان درصد کلونیزاسیون نشان داد که ترکیب تیماری تنش شدید و اعمال پیش تیمار بذر بیشترین میزان همزیستی ریشه (معادل ۵۳/۳۳ درصد) و ترکیب تیماری تنش متوسط + پیش تیمار بذر کمترین مقدار همزیستی (۲۶/۶۶ درصد) را داشت (پیوست ۷). همچنین در برهمکنش تنش کم آبی و قارچ میکوریزا میزان کلونیزاسیون در ترکیب تیماری تنش کم آبی شدید + تلقیح میکوریزا (معادل ۷۶/۶۶ درصد) بیشترین همزیستی و ترکیب تیماری بدون تنش + عدم مصرف میکوریزا (۸/۳۳ درصد) کمترین میزان کلونیزاسیون را داشت اما با ترکیب تیماری تنش متوسط + عدم همزیستی میکوریزا در یک گروه آماری قرار گرفت (پیوست ۸). مقایسات میانگین بیانگر تاثیر معنی دار تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و تلقیح میکوریزا بر کلونیزاسیون ریشه بوده است. میزان کلونیزاسیون ریشه در ترکیب تیماری تنش شدید کم آبی + تلقیح میکوریزا + اعمال پیش تیمار بذر (۹۰ درصد) دارای بیشترین مقدار و ترکیب های تیماری بدون تنش کم آبی + عدم تلقیح + عدم پیش تیمار بذر (۸.۳۳ درصد) دارای کمترین میزان بوده است که البته با ترکیب های تیماری بدون تنش + پیش تیمار بذر + عدم مصرف میکوریزا و همچنین تنش متوسط + عدم پیش تیمار بذر + عدم تلقیح قارچ میکوریزا در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴-۶). به نظر می رسد در شرایط تنش محیطی گیاه جهت بهبود جذب مواد لازم از طریق ریشه و فراهم نمودن نیازهای خود

تمایل بیشتری به همزیستی نشان می دهد. همچنین اعمال پیش تیمار بذر با کم کردن زمان کاشت تا سبز شدن و در نتیجه بهبود بخشیدن استقرار و درنتیجه توسعه ریشه ای گیاه توانسته است بر میزان کلونیزاسیون ریشه تاثیر مثبتی داشته باشد. همچنین تلقیح میکوریزایی، شرایط مناسبی برای بهبود میزان همزیستی ریشه در گاوزبان اروپایی فراهم نمود. در همین راستا گاویتو و همکاران (۱۹۹۸) و ال کاراکی و همکاران (۱۹۹۸) اظهار داشتند که یکی از شاخص های مهم فعالیت قارچ های میکوریز، میزان کلونیزاسیون سیستم ریشه ای توسط این قارچ ها است که توسط عوامل مختلفی ازجمله خصوصیات ظاهری و ساختمانی سیستم ریشه ای، مقدار و کیفیت ترشحات ریشه ای، مصرف کودهای شیمیایی فسفره و غلظت های بالای عناصر سنگین تحت تأثیر قرار می گیرد. عبدالفتاح و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که با تلقیح گیاه باقلا با قارچ میکوریزا، کلونیزاسیون ریشه به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش می یابد. مارولاندا و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی دیگر بر روی گیاه اسطوخودوس میکوریزایی شده نشان دادند که گونه های بومی گلوموس موسه آ کلونیزاسیون ریشه را تا ۱۰۰٪ افزایش بخشیدند. کاپور و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند تلقیح ریشه دو گیاه شوید و نوعی زیره با گونه های مختلف میکوریزا، موجب افزایش بارز درصد همزیستی گردید. شاه حسینی (۲۰۱۳) نیز به نتایج مشابهی دست یافت، وی مشاهده نمود که درصد کلونیزاسیون ریشه در شرایط تنش متوسط (FC 66%) و تنش شدید (FC 33%) به ترتیب ۴۰/۳۳ درصد و ۵۲/۲۸ درصد بوده است.

جدول ۴-۶- تأثیر تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر میزان کلونیزاسیون ریشه

تنش کم آبی	پیش تیماربذر	همزیستی میکوریزایی	کلونیزاسیون ریشه (درصد)
بدون تنش	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۸/۳۳ e
		کاربرد قارچ میکوریزا	۵۶/۶۷ b
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۸/۳۳ e
		کاربرد قارچ میکوریزا	۶۱/۶۷ de
تنش متوسط	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۸/۳۳ e
		کاربرد قارچ میکوریزا	۶۵/۰۰ b
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱۰/۰۰ de
		کاربرد قارچ میکوریزا	۴۳/۳۳ c
تنش شدید	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱۸/۳۳ d
		کاربرد قارچ میکوریزا	۶۳/۳۳ b
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱۶/۶۷ g
		کاربرد قارچ میکوریزا	۹۰/۰۰ a

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد.

۴-۱۴- روغن دانه

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲ پیوست) درصد روغن بذر گاوزبان اروپایی بیانگر معنی دار بودن اثرات اصلی تنش کم آبی و پیش تیمار بذر در سطح احتمال ۱ درصد بوده است. اثر متقابل پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا و همچنین اثر متقابل سه گانه تنش کم آبی و پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا بر اساس نتایج تجزیه واریانس در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد.

مقایسات میانگین تیمار ها نشان داد که درصد روغن بذر در تیمار تنش کم آبی شدید (۲۰/۴۰ درصد) کمترین مقدار را داشت و تیمار شاهد (۲۳/۷۱ درصد) بیشترین مقدار را دارا بود (جدول ۳ پیوست). همچنین این مقایسات نشان داد که درصد روغن در صورت اعمال پیش تیمار بذر (۲۳/۱۲ درصد) نسبت به عدم پیش تیمار (۲۰/۶۱ درصد) افزایش معنی داری داشته است. مقایسه میانگین تیمارها افزایش معنی دار درصد روغن را در ترکیبات تیماری اعمال پیش تیمار + تلقیح قارچ میکوریزا

(۲۴/۱۴ درصد) نسبت به ترکیب تیماری عدم پیش تیمار بذور و عدم تلقیح میکوریزا (۲۱/۱۴ درصد) نشان داد (جدول ۹ پیوست). مقایسات میانگین همچنین نشان داد که ترکیب تیماری بدون تنش + پیش تیمار بذور + کاربرد قارچ میکوریزا با ۲۶/۶۰ درصد بیشترین مقدار و ترکیب تیماری تنش کم آبی شدید + بدون پیش تیمار بذور + عدم کاربرد قارچ میکوریزا با ۱۸/۸۶ درصد کمترین مقدار روغن بذر را داشتند (جدول ۴-۷). به نظر می رسد اعمال پیش تیمار بذر و کاربرد قارچ میکوریزا با فراهم نمودن شرایط مناسب تر برای رشد و جذب عناصر لازم توسط ریشه توانسته اند شرایط مطلوبی را برای افزایش درصد روغن بذر فراهم سازند. از سویی دیگر تنش های محیطی سبب اختلال در ماده سازی گیاهان می شوند و احتمالا کاهش درصد روغن در اثر تنش خشکی نیز به همین دلیل بوده است. در مطالعه کریم زاده اصل و همکاران (۲۰۰۳) تنش خشکی باعث کاهش درصد روغن دانه های آفتابگردان گردید. نتایج مطالعات پاتل و همکاران (۱۹۹۳) نیز بیانگر آن است که تنش خشکی باعث کاهش درصد روغن دانه می شود که این تغییرات معنی دار بود. محققین دیگری گانسکرا و همکاران (۲۰۰۱) نیز کاهش درصد روغن و عملکرد روغن در اثر تنش خشکی را گزارش نمودند که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

جدول ۴-۷- تأثیر تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر میزان روغن بذر

تنش کم آبی	پیش تیماربذر	همزیستی میکوریزایی	روغن دانه (درصد)
بدون تنش	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲۴/۸۰۰ b
		کاربرد قارچ میکوریزا	۲۰/۹۳۳ ef
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲۲/۵۳۳ cd
		کاربرد قارچ میکوریزا	۲۶/۶۰ a
تنش متوسط	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱۹/۷۶۷ fg
		کاربرد قارچ میکوریزا	۲۰/۱۳۳ fg
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲۲/۵۶۷ cd
		کاربرد قارچ میکوریزا	۲۳/۴۶۷ bc
تنش شدید	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱۸/۸۶۷ g
		کاربرد قارچ میکوریزا	۱۹/۱۶۷ g
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲۱/۲۳۳ def
		کاربرد قارچ میکوریزا	۲۲/۳۶۷ cde

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد.

۴-۱۵- عملکرد روغن دانه

نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۲) عملکرد روغن دانه حاکی از معنی دار شدن هر سه اثر اصلی تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد و اثرات متقابل تنش کم آبی و پیش تیمار بذور در سطح احتمال ۵ درصد بوده است. اثر متقابل پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا و همچنین اثر متقابل سه گانه تنش کم آبی، پیش تیمار بذر و قارچ میکوریزا بر صفت عملکرد روغن دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد.

نتایج بیانگر افزایش میزان عملکرد روغن در تیمار بدون تنش کم آبی بود. تیمار بدون تنش توانست عملکرد روغن دانه گیاه گاوزبان را به میزان قابل توجهی افزایش دهد و مقدار این صفت را از ۳۱/۷۹ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش شدید که کمترین مقدار عملکرد روغن بود به ۸۴/۹۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط بدون تنش افزایش دهد (پیوست ۶). نتایج نشان دهنده افزایش عملکرد روغن دانه

در اثر پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک بود. پیش تیمار بذر توانست عملکرد روغن را از ۴۵/۳۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد به ۶۷/۰۹ کیلوگرم در هکتار در شرایط پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک افزایش دهد (پیوست ۶). بر اساس مقایسه میانگین اثر همزیستی میکوریزایی بر میزان عملکرد روغن دانه مشخص گردید تیمار کاربرد قارچ میکوریزا با ۶۱/۴۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین مقدار عملکرد روغن را به خود اختصاص داد. این در حالی است که تیمار عدم کاربرد قارچ میکوریزا با ۵۰/۹۰ کیلوگرم در هکتار دارای کمترین مقدار عملکرد روغن دانه بود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (پیوست ۷) مشخص شد که در برهمکنش سطوح تنش کم آبی و پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک، عملکرد روغن در ترکیب تیماری بدون تنش + پیش تیمار بذر با ۹۷/۲۸ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین مقدار و ترکیب تیماری تنش شدید + عدم پیش تیمار بذر با ۲۲/۳۰ کیلوگرم در هکتار دارای کمترین مقدار بوده است. همچنین در برهمکنش پیش تیمار بذور و همزیستی قارچ میکوریزا (پیوست ۹) عملکرد روغن در ترکیب های تیماری پیش تیمار بذر + تلقیح با قارچ میکوریزا و عدم پیش تیمار بذور + عدم تلقیح با قارچ میکوریزا به ترتیب با ۷۵/۴۱ و ۴۳/۰۴ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین و کمترین مقدار عملکرد روغن است. همچنین نتایج مقایسه میانگین ها(جدول ۴-۸) حاکی از آن بود که ترکیب تیماری بدون تنش + پیش تیمار بذور + تلقیح با قارچ میکوریزا دارای ۱۱۱/۴۸ کیلوگرم در هکتار بود که بیشترین میزان عملکرد روغن را داشت و نسبت به تیمار تنش شدید + عدم پیش تیمار بذور+ عدم تلقیح با قارچ میکوریزا (۱۸/۸۵ کیلوگرم در هکتار) که کمترین مقدار را نشان داد، توانست عملکرد روغن را حدود ۸۰ درصد افزایش بخشد. عملکرد روغن عبارتست از حاصلضرب عملکرد دانه و درصد روغن دانه که وابسته به ژنتیک نیز می باشد. به نظر می رسد اعمال تنش کم آبی طول دوره پر شدن دانه ها را کاهش داده و فرصت بیشتری برای تجمع پروتئین در دانه فراهم نموده و درنتیجه می تواند سبب کاهش میزان روغن گردد. به عبارت دیگر هزینه هایی که گیاه در برخورد با شرایط تنش خواهد داشت مانند تنظیم اسمزی و افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به ریشه از یک طرف و نیز کاهش فتوسنتز از سوی دیگر موجب کاهش انرژی لازم برای

ساخت موادی مانند روغن که نیاز به انرژی بیشتری دارد می شود و لذا سبب کاهش میزان آن می گردد. از طرفی در این تحقیق کاهش عملکرد روغن در اثر تنش کم آبی و عدم پیش تیمار بذر و عدم کاربرد میکوریزایی می تواند به دلیل اثر این تیمارها بر اجزای تشکیل دهنده عملکرد دانه و میزان درصد روغن باشد. در همین راستا در مطالعه رودرانایک و همکاران (۲۰۰۱) تنش خشکی باعث کاهش وزن دانه و درصد روغن دانه گردید.

جدول ۴-۸- تأثیر تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر میزان عملکرد روغن

تنش کم آبی	پیش تیماربذر	همزیستی میکوریزایی	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
بدون تنش	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۷۳/۴۴۵ c
		کاربرد قارچ میکوریزا	۷۱/۵۹۲ c
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۸۳/۰۸۲ b
		کاربرد قارچ میکوریزا	۱۱۱/۴۸۳ a
تنش متوسط	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۳۶/۸۳۸ g
		کاربرد قارچ میکوریزا	۴۵/۳۲۵ f
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۵۷/۹۲۹ e
		کاربرد قارچ میکوریزا	۶۷/۴۸۵ d
تنش شدید	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱۸/۸۵۲ i
		کاربرد قارچ میکوریزا	۲۵/۷۵۶ h
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۳۵/۳۰۱ g
		کاربرد قارچ میکوریزا	۴۷/۲۹۰ f

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد.

۴-۱۶- اسید لینولنیک

نتایج تجزیه واریانس (پیوست ۲) اسید چرب لینولنیک حاکی از آن بود که اثرات اصلی تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد. نتایج تجزیه واریانس این اسید چرب، معنی داری اثر متقابل تنش کم آبی با پیش تیمار بذور و ترکیب تیماری تنش کم آبی + قارچ میکوریزا و همچنین اثر متقابل پیش تیمار با قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد را نشان

داد. طبق نتایج تجزیه واریانس لینولنیک اسید، اثر متقابل تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا نیز در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار گردید.

مقایسات میانگین (جدول ۶ پیوست) نشان داد که سطوح مختلف تنش کم آبی بر میزان لینولنیک اسید تاثیر گذار بوده است به گونه ای که سطح بدون تنش (۲۲/۳۳ درصد) میزان این اسید چرب را نسبت به تنش شدید به طور معنی داری (۱۸/۷۷ درصد) افزایش بخشید. بر اساس نتایج این پژوهش میزان اسید چرب لینولنیک در گیاهان پیش تیمار شده ۲۰/۳۸ درصد بوده و نسبت گیاهان بدون پیش تیمار (۲۰ درصد) افزایش معنی داری داشته است. همچنین نتایج حاصل نشان می دهد که همزیستی میکوریزایی نیز میزان لینولنیک اسید را افزایش داده است به گونه ای که مقدار این اسید چرب در شرایط تلقیح میکوریزایی ۲۰/۵۸ درصد و در تیمار بدون میکوریزا ۱۹/۸۰ درصد بوده است. طبق مقایسات میانگین (جدول ۷ پیوست) در برهمکنش تنش کم آبی و پیش تیمار بذور، بیشترین مقدار لینولنیک اسید مربوط به ترکیب تیماری بدون تنش + پیش تیمار بذور (۲۲/۹۰ درصد) و کمترین میزان این اسید چرب مربوط به ترکیب تیماری تنش شدید + عدم پیش تیمار بذر (۱۸/۳۰ درصد) بوده است. همچنین مقایسات میانگین (جدول ۸ پیوست) اثر متقابل تنش کم آبی و قارچ میکوریزا بر مقدار لینولنیک اسید نشان داد که ترکیب تیماری بدون تنش + تلقیح قارچ میکوریزا (۲۲/۶۳ درصد) توانست مقدار این اسید چرب را نسبت به ترکیب تیماری تنش شدید + عدم تلقیح میکوریزا (۱۸/۳۷ درصد) به طور معنی داری افزایش دهد. مقایسه میانگین ها نشان داد که برهمکنش پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر میزان لینولنیک اسید تاثیر گذار بوده است به گونه ای که بیشترین مقدار این اسید چرب در شرایط اعمال پیش تیمار بذر و تلقیح میکوریزا (۲۱/۰۷ درصد) و کمترین میزان آن در شرایط پیش تیمار بذور + عدم تلقیح میکوریزا (۱۹/۷۰درصد) بوده است (پیوست ۹). نتایج مقایسات میانگین لینولنیک اسید همچنین نشان داد که ترکیب تیماری بدون تنش + پیش تیمار بذور + کاربرد قارچ میکوریزا (۲۳/۴۳ درصد) بیشترین مقدار از لینولنیک اسید را نشان داد و ترکیب های تیماری تنش متوسط + پیش تیمار بذر + عدم کاربرد قارچ میکوریزا (۱۷/۸۸

درصد) کمترین میزان از این اسید چرب را دارا بود در حالیکه با ترکیب تیماری تنش شدید + عدم پیش تیمار بذر + عدم کاربرد قارچ میکوریزا (۱۷/۹۰ درصد) در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۴-۹).

گامالینولنیک اسید از مهم ترین اسیدهای چرب غیر اشباع دانه گاوزبان می باشد (شمس و همکاران، ۲۰۰۳)، که ارزش تغذیه ای آن به واسطه حضور در غشاء سلول های مختلف انسان و حیوان و تولید اسید های چرب چند غیر اشباعی و پروستو گلاندین هاست. گامالینولنیک اسید حدودا ۲/۴ کل اسید های چرب را تشکیل داده، محدوده این اسید چرب بین ۲۵ - ۱۷ درصد است (زرگری، ۱۳۷۵)، که با نتایج این تحقیق نیز هماهنگی دارد. هارمونی و همکاران (۲۰۰۲) و گومز و مارتینز (۲۰۰۲) نیز دریافتند که محدوده گامالینولنیک در گل گاوزبان ۲۳ - ۲۱ درصد کل اسید های چرب را تشکیل می دهد. اگرچه میزان روغن و اجزای اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع (گاما لینولنیک اسید) آن به واسطه کنترل ژنتیکی صورت می پذیرد ولی شرایط محیطی و به ویژه تغذیه نیتروژن و فسفر بر آنها نیز مؤثر است (بلامی و همکاران، ۱۹۸۱). به نظر می رسد پیش تیمار بذر و همزیستی میکوریزایی توانسته اند به وسیله افزایش قدرت و بهبود روند تغذیه ای و جذب عناصری از قبیل فسفر تاثیر مثبتی بر میزان لینولنیک اسید داشته باشند با این حال تنش کم آبی با صدمه به مراحل پرشدن دانه ها و تکمیل فرآیند انتقال و تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه ها سبب کاهش میزان روغن و همچنین میزان گامالینولنیک شده است.

جدول ۴-۹- تأثیر تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و قارچ میکوریزا بر میزان لینولنیک اسید

تنش کم آبی	پیش تیماربذر	همزیستی میکوریزایی	لینولنیک اسید (درصد)
بدون تنش	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲۱/۶۸ d
		کاربرد قارچ میکوریزا	۲۱/۸۴ c
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲۲/۳۸ b
		کاربرد قارچ میکوریزا	۲۳/۴۳ a
تنش متوسط	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۲۰/۱۵ e
		کاربرد قارچ میکوریزا	۱۹/۷۵ f
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱۷/۸۸ h
		کاربرد قارچ میکوریزا	۲۰/۱۳ e
تنش شدید	عدم پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱۷/۹۰ h
		کاربرد قارچ میکوریزا	۱۸/۷۰ g
	پرایم	عدم قارچ میکوریزا	۱۸/۸۴ g
		کاربرد قارچ میکوریزا	۱۹/۶۶ f

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد.

نتیجه گیری

نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف تنش کم آبی بر تمامی صفات کمی و کیفی اندازه گیری شده بود. طبق نتایج تیمار بدون تنش توانست مقدار تمامی صفات فوق را در مقایسه با تیمارهای تنش شدید افزایش دهد، اما در مورد کلونیزاسیون، سطح بدون تنش باعث کاهش این صفت شد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس تمامی صفات به غیر از کلونیزاسیون ریشه تحت تأثیر پیش تیمار بذر قرار گرفتند و اعمال پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک سبب افزایش در صفات فوق شد. همچنین همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه گاو زبان بر تمامی صفت های کمی و کیفی به غیر از شاخص برداشت (بر اساس عملکرد دانه) و درصد روغن دانه تاثیر معنی داری داشت. اما در خصوص شاخص برداشت (بر اساس عملکرد سرشاخه) پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا سبب کاهش این صفت شدند.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس برهمکنش تیمارهای سطوح مختلف تنش کم آبی و پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک بر صفات محتوای نسبی آب برگ، شاخص برداشت (بر اساس عملکرد دانه)، شاخص سطح برگ، وزن خشک کل گیاه، ارتفاع بوته، کلونیزاسیون ریشه، محتوای پتاسیم بذر، عملکرد روغن دانه و درصد اسید لینولنیک بذر معنی‌دار بود. همچنین نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار برهمکنش سطوح مختلف عملیات تنش کم آبی و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفات وزن خشک کل گیاه، شاخص برداشت (بر اساس عملکرد دانه و عملکرد سرشاخه)، محتوای پتاسیم بذر، کلونیزاسیون ریشه و درصد لینولنیک اسید بود. طبق نتایج تجزیه واریانس برهمکنش پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفات شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته گیاه، شاخص برداشت (عملکرد سرشاخه)، محتوای نسبی آب، شاخص کلروفیل، محتوای فسفر و پتاسیم بذر، درصد و عملکرد روغن، مختوای فسفر بذر و درصد لینولنیک اسید دانه معنی‌دار شد. همچنین برهمکنش سطوح مختلف تنش کم آبی، پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا روی

صفات شاخص سطح برگ، وزن خشک کل گیاه، شاخص برداشت (عملکرد سرشاخه)، کلونیزاسیون ریشه، درصد و عملکرد روغن، مختوای فسفر بذر و درصد لینولنیک اسید دانه معنی‌دار شد.

نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که شرایط بدون تنش (شاهد) و اعمال پیش تیمار توانست ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ رابه ترتیب ۳۲ و ۵۲ درصد نسبت به تیمار بدون تنش و عدم پیش تیمار بذر افزایش بخشد. همچنین طبق مقایسه میانگین ها ترکیب تیماری بدون تنش + اعمال پیش تیمار بذور توانست میزان وزن خشک کل و عملکرد روغن را در مقایسه با ترکیب تیماری تنش شدید + عدم پیش تیمار بذور به ترتیب ۶۲ و ۷۸ درصد افزایش بخشد. نتایج مقایسات میانگین اثر متقابل تنش کم آبی و پیش تیمار بذر بر شاخص برداشت (عملکرد دانه) نشان داد که میزان این صفت در شرایط بدون تنش و عدم پیش تیمار (۸/۲۷ درصد) نسبت به ترکیب تیماری تنش شدید و عدم پیش تیمار بذر (۵/۴۸ درصد) افزایش داشته است. با توجه به مقایسه میانگین ها میزان پتاسیم بذر در ترکیب تیماری بدون تنش کم آبی + اعمال پیش تیمار بذور با ۴/۳۹ درصد و ترکیب تیماری تنش متوسط + عدم پیش تیمار بذور با ۴/۰۵ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین میزان پتاسیم بذر دانه را نشان دادند. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم آبی و پیش تیمار بذر بر میزان درصد کلونیزاسیون نشان داد که ترکیب تیماری تنش شدید و اعمال پیش تیمار بذر (۵۳/۳۳ درصد) بیشترین میزان همزیستی ریشه و ترکیب تیماری تنش متوسط + پیش تیمار بذر (۲۶/۶۶ درصد) کمترین مقدار همزیستی را داشت. طبق مقایسات میانگین برهمکنش تنش کم آبی و پیش تیمار بذور، بیشترین محتوای نسبی آب برگ و مقدار لینولنیک اسید مربوط به ترکیب تیماری بدون تنش + پیش تیمار بذور به ترتیب با مقادیری معادل (۶۹/۵۵ درصد) و (۲۲/۹۰ درصد) و کمترین میزان این اسید چرب مربوط به ترکیب تیماری تنش شدید + عدم پیش تیمار بذر به ترتیب (۳۵/۹۴ درصد) و (۱۸/۳۰ درصد) بوده است.

مقایسه میانگین ها همچنین نشان داد که ترکیب تیماری بدون تنش + کاربرد قارچ میکوریزا نسبت به توانست میزان وزن خشک کل را ۵۷ درصد نسبت به ترکیب تیماری تنش شدید + عدم تلقیح

میکوریزا فزونی بخشد. همچنین مقایسات میانگین نشان داد که ترکیب تیماری بدون تنش + تلقیح قارچ میکوریزا محتوای پتاسیم دانه و مقدار لینولنیک اسید بذر را به ترتیب با (۲۲/۶۳ درصد) و (۴/۰۶ درصد) نسبت به ترکیب تیماری تنش شدید + عدم تلقیح میکوریزا بهبود بخشید. همچنین میزان کلونیزاسیون در ترکیب تیماری تنش کم آبی شدید + تلقیح میکوریزا (۷۶/۶۶ درصد) بیشترین و ترکیب تیماری بدون تنش + عدم مصرف میکوریزا (۸/۳۳ درصد) کمترین میزان همزیستی را داشتند. مقایسه میانگین های صفت شاخص برداشت نشان داد که ترکیب تیماری بدون تنش و کاربرد تلقیح میکوریزا (۵۱/۳۴ درصد) توانسته است مقدار این شاخص را نسبت به ترکیب تیماری بدون تنش و عدم تلقیح میکوریزا (۴۷/۹۶ درصد) افزایش دهد. همچنین طبق مقایسات میانگین میزان شاخص برداشت (بر اساس عملکرد دانه) در ترکیب تیماری بدون تنش و قارچ میکوریزا (۸/۰۴ درصد) نسبت به شرایط تنش شدید و عدم کاربرد قارچ میکوریزا (۶/۰۵ درصد) افزایش داشته است.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که محتوای نسبی آب برگ و درصد روغن و نیز لینولنیک اسید دانه به ترتیب از ۴۴/۸۷، ۲۱/۱۴، ۱۹/۹۱ درصد در تیمار عدم پیش تیمار بذر+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا به ۵۸/۰۱، ۲۴/۱۴، ۲۱/۰۷ درصد در پیش تیمار بذر+ تلقیح قارچ میکوریزا افزایش یافت. طبق نتایج حاصل پتاسیم و فسفر موجود در دانه در ترکیب تیماری عدم پیش تیمار و عدم تلقیح میکوریزا به ترتیب ۸ و ۲۸ درصد نسبت به ترکیب تیماری اعمال پیش تیمار و تلقیح میکوریزا کاهش یافتند. نتایج مقایسات میانگین نشان داد که شرایط پیش تیمار و تلقیح میکوریزا شاخص سطح برگ و شاخص کلروفیل را نسبت به شرایط بدون پیش تیمار و عدم تلقیح میکوریزا افزایش داده و مقدار آن ها را به ترتیب به ۳/۹۲ و ۷۲/۴۲ رساند. همچنین ترکیب تیماری اعمال پیش تیمار بذر و تلقیح میکوریزا ارتفاع بوته و نیز عملکرد روغن را به ترتیب ۴۰ و ۴۲ درصد نسبت یه ترکیب تیماری عدم پیش تیمار و عدم تلقیح میکوریزا افزایش داد. اما شاخص برداشت (بر اساس عملکرد سرشاخه در ترکیب تیماری عدم پیش تیمار بذر و عدم تلقیح میکوریزا (۴۸/۵۹ درصد) نسبت به ترکیب تیماری اعمال پیش تیمار+ عدم تلقیح میکوریزا (۴۳/۷۷ درصد) کاهش یافت.

بعلاوه، نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ترکیب تیماری بدون تنش + پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک+ تلقیح قارچ میکوریزا سبب افزایش وزن خشک کل و عملکرد روغن به ترتیب به میزان ۴۰ و ۳۵ درصد در مقایسه با ترکیب تیماری تنش شدید + عدم پیش تیمار بذر+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها ترکیب تیماری بدون تنش+ پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک+ تلقیح قارچ میکوریزا توانست درصد روغن بذر و لینولنیک اسید را به ترتیب از ۱۸/۸۶ و ۱۷/۹۰ درصد در ترکیب های تیماری تنش شدید + عدم پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا به ۲۶/۶۰ و ۲۳/۴۳ درصد افزایش داد. همچنین ترکیب تیماری فوق شاخص سطح برگ گیاه گاوزبان را به میزان ۰/۹۸ و فسفر دانه را به مقدار ۰/۴۸ درصد در مقایسه با ترکیب تیماری تنش شدید + عدم پیش تیمار بذر+ عدم تلقیح قارچ میکوریزا افزایش داد. شاخص برداشت (بر اساس عملکرد سرشاخه) نیز در ترکیب تیماری فوق نسبت به ترکیب تیماری تنش متوسط + عدم پیش تیمار بذر + تلقیح میکوریزا ۱۶/۲۷ درصد افزایش یافته است. اما میزان کلونیزاسیون ریشه در شرایط تنش شدید + پیش تیمار بذور + تلقیح میکوریزا (۹۰ درصد) و در شرایط بدون تنش و عدم پیش تیمار و عدم تلقیح (۸/۳۳ درصد) بوده است. لذا با توجه به مطالب فوق و نتایج بدست آمده از این پژوهش اعمال پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک + همزیستی قارچ میکوریزا در زراعت گاو زبان اروپایی جهت حصول حداکثر عملکرد در واحد سطح قابل توصیه است. همچنین طبق نتایج موجود جهت صرفه جویی در هزینه های اقتصادی کشاورزان می توان با اعمال آبیاری مناسب در زمان نیاز آبی گیاه و در کنار آن پیش تیمار بذور گیاه گاو زبان با استفاده از اسید سالیسیلیک با افزایش سرعت جوانه زنی و استقرار گیاهچه به افزایش عملکرد قابل ملاحظه ای دست یافت.

پیشنهادات:

۱- زمان کاشت بذر های گاو زبان به گونه ای تخمین زده شود که دوره زایشی حتی الامکان با فصل گرما مواجه نگردد.

۲- بذر گاو زبان برای سبز شدن در ابتدای فصل نیاز به آب فراوان دارد، جهت بهتر سبز شدن گیاهچه ها بهتر است اعمال تنش پس از چهار برگی شدن و استقرار گیاهچه درخاک آغاز گردد.

۳- این پژوهش در یک سال زراعی و در یک مکان صورت گرفت بنابراین تکرار این آزمایش در مناطق مختلف و می تواند مفید باشد.

پیوست

و

ضمائم

جدول ۱ – میانگین مربعات خصوصیات کیفی صفات مورد مطالعه در گیاه گاو زبان اروپایی

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ	عملکرد سرشاخه	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	وزن خشک کل	شاخص برداشت (عملکرد سرشاخه)	شاخص برداشت (عملکرد دانه)
بلوک (R)	۲	۰/۸۱۵ ns	۰/۰۱۷ ns	۶۵۹۳/۸۶۹ ns	۱/۴۶۳ ns	۵۳/۱۷۴ ns	۳۳۸/۰۸۶ ns	۲/۲۹۲ ns	۰/۳۲۵ ns
تنش کم آبی(A)	۲	۴۴۶/۲۵۴ **	۱۰/۳۰۵ **	۴۶۸۹۶۷۷/۸۳۵ **	۳۱/۶۶۱ *	۱۲۵۴۴۵/۳۹۴ **	۱۶۳۰۳۷/۲۷۶ **	۳۸۰/۳۰۲ **	۴/۸۲۰ **
خطای اول(E)	۴	۳/۶۱۸	۰/۰۲۸	۶۴۹۸/۰۲۱	۲/۷۷۲	۱۲۳/۱۶۶	۱۶۳/۴۱۱	۲/۳۴۱	۰/۱۴۵
پیش تیمار بذر(B)	۱	۱۸۷۸/۲۱۱ **	۴/۰۰۹ **	۱۳۴۴۱۶۹/۷۳۲ **	۴۴/۸۲۳ **	۴۵۵۲۵/۳۳۰ **	۷۳۹۴۵/۰۲۳ **	۲۲/۷۲۱ *	۲/۰۱۲ **
اثر متقابل(AB)	۲	۶۲/۰۰۳ **	۰/۱۰۶ *	۳۰۵۴۲۰/۱۸۲ **	۲/۲۱۳ ns	۶۰/۵۱۷ ns	۹۷۷۵/۰۳۸ **	۱۱/۰۶۳ ns	۷/۳۲۰ **
همزیستی میکوریزا(C)	۱	۳۵۳/۸۷۹ **	۱/۲۳۹ **	۸۲۲۳۱۶/۴۳۷ **	۳۱/۵۶۶ **	۱۵۰۹۶/۲۱۹ **	۲۸۹۵۱/۵۸۶ **	۰/۱۸۲ ns	۰/۱۴۸ ns
اثر متقابل(AC)	۲	۵/۳۰۷ ns	۰/۰۲۷ ns	۲۶۷۹۷۱/۴۰۶ **	۱/۲۷۳ ns	۱۳۹/۱۳۰ ns	۲۷۱۷/۸۶۸ **	۳۱/۱۳۸ **	۱/۸۶۷ **
اثر متقابل(BC)	۱	۶۸/۲۵۵ **	۰/۳۲۳ **	۲۵۴۸۰۶/۲۰۵ **	۰/۲۸۶ ns	۱۴/۹۵۱ ns	۲۹۴/۷۵۱ ns	۹۳/۹۶۱ **	۰/۰۶۵ ns
اثر متقابل(ABC)	۲	۴/۶۷۳ ns	۰/۱۲۶ *	۱۲۸۶۱۵/۰۴۸ **	۰/۱۲۰ ns	۶۹/۸۲۷ ns	۳۳۰/۰۵۸ *	۶۴/۴۵۷ **	۰/۳۹۲ ns
خطای دوم(E)	۱۸	۴/۶۲۲	۰/۰۲۷	۷۵۶۳/۷۰۵	۳/۱۹۸	۵۴/۷۱۵	۸۷/۶۴۰	۳/۷۴۲	۰/۱۱۷
ضریب تغییرات(درصد)		۵/۶۱	۴/۹۵	۵/۴۷	۸/۹۸	۲/۹۶	۲/۷۲	۴/۱۹	۴/۷۸

جدول ۲ – میانگین مربعات خصوصیات کیفی صفات مورد مطالعه در گیاه گاو زبان اروپایی

منابع تغییر	درجه آزادی	محتوای نسبی آب برگ	شاخص کلروفیل	پتاسیم دانه	فسفر دانه	کلونیزاسیون ریشه	روغن دانه	عملکرد روغن دانه	لینولنیک اسید
بلوک (R)	۲	۲۲/۳۰۱ ns	۰/۹۸۸ ns	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۰۱ ns	۲۵/۰۰۰ ns	۱/۰۵۴ ns	۱۵/۴۷۳ *	۶/۸۷۶ *
تنش کم آبی(A)	۲	۱۱۹۶/۸۷۵ **	۲۹۴/۶۱۴**	۰/۱۳۳ **	۰/۰۶۵ *	۸۳۹/۵۸۳ **	۳۴/۱۷۷ **	۸۶۲۵/۸۸۶ **	۴۲/۶۷۲ **
خطای اول(E)	۴	۴۹/۷۳۸	۱۱/۰۹۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۸/۳۳۳	۰/۲۸۸	۱/۰۹۰	۱/۲۷۴
پیش تیمار بذر(B)	۱	۷۰۳/۴۸۷ **	۱۲۶۱/۷۸۹ **	۰/۱۶۰ **	۰/۱۴۱ **	۲۵/۰۰۰ ns	۵۷/۰۰۲ **	۴۲۷۴/۷۹۳ **	۱/۳۱۹ **
اثر متقابل(AB)	۲	۳۴۵/۲۰۱ **	۰/۴۲۸ ns	۰/۰۰۷ **	۰/۰۰۲ ns	۳۸۱/۲۵۰ **	۱/۵۶۱ ns	۲۵/۰۵۵ *	۳/۹۹۶ **
همزیستی میکوریزا(C)	۱	۱۶۶/۱۵۲ *	۹۲۷/۳۰۴ **	۰/۳۱۰ **	۰/۱۹۸ **	۲۴۰۲۵/۰۰۰ **	۲/۱۰۳ ns	۱۰۰۷/۵۵۰ **	۵/۴۶۸ **
اثر متقابل(AC)	۲	۹۱/۶۹۳ ns	۰/۶۲۰ ns	۰/۰۰۵ *	۰/۰۰۲ ns	۱۵۲/۰۸۳ *	۰/۳۳۶ ns	۱۶/۴۵۹ ns	۰/۰۷۹ **
اثر متقابل(BC)	۱	۲۰۴/۰۱۴ *	۱۹۷/۴۴۹ **	۰/۰۱۱ **	۰/۰۳۸ **	۲۵/۰۰۰ ns	۲۱/۶۲۲ **	۳۳۱/۳۶۲ **	۳/۱۷۴ **
اثر متقابل(ABC)	۲	۱۱۸/۸۲۹ ns	۲/۶۵۵ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۰۹ *	۵۰۲/۰۸۳ **	۱۳/۱۵۷ **	۱۸۷/۶۵۹ **	۱/۳۴۴ **
خطای دوم(E)	۱۸	۳۳/۴۵۶	۱۶/۶۷۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۲۸/۷۰۴	۰/۷۵۴	۵/۷۱۹	۰/۰۰۷
ضریب تغییرات(درصد)		۱۱/۷۹	۶/۹۱	۰/۸۱	۵/۶۶	۱۴/۲۹	۳/۹۷	۴/۲۶	۰/۴

*، ** و ns به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و عدم معنی داری می باشد

جدول پیوست ۳ - تأثیر تنش کم آبی و پیش تیمار با اسید سالیسیلیک بر صفات شاخص برداشت (بر اساس عملکرد دانه) و درصد روغن دانه گیاه گاو زبان

تیمار	شاخص برداشت (عملکرد دانه) (درصد)	روغن دانه (درصد)
تنش کم آبی		
بدون تنش	۷/۸۲ a	۲۳/۷۱ a
تنش متوسط	۷/۰۴ b	۲۱/۴۸ b
تنش شدید	۶/۵۷ c	۲۰/۴۰ c
پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک		
عدم پیش تیمار بذر	۶/۹۱ b	۲۰/۶۱ b
پیش تیمار بذر	۷/۳۸ a	۲۳/۱۲ a

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد.

جدول پیوست ۴- تأثیر تنش کم آبی و همزیستی میکوریزایی بر میزان کلونیزاسیون ریشه گیاه گاو زبان

تیمار	کلونیزاسیون ریشه (درصد)
تنش کم آبی	
بدون تنش	۳۳/۷۵ b
تنش متوسط	۳۱/۶۶ c
تنش شدید	۴۷/۰۸ a
همزیستی میکوریزایی	
عدم همزیستی	۱۱/۶۶ b
همزیستی قارچ	۶۳/۳۳ a

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد.

جدول پیوست ۵- تأثیر تیمارهای تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفات ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، عملکرد سرشاخه، وزن خشک کل و شاخص برداشت (عملکرد سرشاخه) گیاه گاو زبان

تیمار	ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ	عملکرد سرشاخه	وزن خشک کل	شاخص برداشت (براساس عملکرد سرشاخه)
	(سانتیمتر)		($kg.ha^{-2}$)	($kg.ha^{-2}$)	(درصد)
تنش کم آبی					
بدون تنش	۴۶/۰۶ a	۴/۳۰ a	۲۲۹۸/۵۳ a	۴۶۲۴/۴۴ a	۴۹/۶۵ a
تنش متوسط	۳۷/۵۳ b	۳/۱۴ b	۱۳۴۶/۵۹ b	۳۴۰۳/۱۵ b	۳۹/۶۲ b
تنش شدید	۳۱/۴۵ c	۲/۴۷ c	۱۱۲۰/۵۸ c	۲۲۹۴/۱۲ c	۴۹/۰۷ a
پیش تیمار بذر باسالیسیلیک اسید					
عدم پیش تیمار	۳۱/۱۳ b	۲/۹۷ b	۱۳۹۵/۳۳ b	۲۹۸۷/۳۶ b	۴۶/۴۰ a
پیش تیمار بذر	۴۵/۵۷ a	۳/۶۴ a	۱۷۸۱/۸۰ a	۳۸۹۳/۷۸ a	۴۵/۳۱ b
همزیستی قارچ میکوریزا					
عدم هزیستی	۳۵/۲۱ b	۳/۱۲ b	۱۴۳۷/۴۳ b	۳۱۵۶/۹۸ b	۴۶/۱۸ a
همزیستی قارچ	۴۱/۴۸ a	۳/۴۹ a	۱۷۳۹/۷۰ a	۳۷۲۴/۱۶ a	۴۶/۰۴ b

جدول پیوست ۶- تأثیر تیمارهای تنش کم آبی، پیش تیمار بذور و همزیستی قارچ میکوریزا بر صفات محتوای نسبی آب برگ، شاخص کلروفیل، پتاسیم و فسفر دانه، عملکرد روغن و لینولنیک اسید گیاه گاو زبان

تیمار	محتوای نسبی آب برگ	شاخص کلروفیل	پتاسیم دانه	فسفر دانه	عملکرد روغن	لینولنیک اسید
	(درصد)	(اسپد)	(درصد)	(درصد)	($kg.ha^{-2}$)	(درصد)
تنش کم آبی						
بدون تنش	۵۹/۳۵ a	۶۳/۸۳ a	۴/۳۵ a	۰/۸۳ a	۸۴/۹۰ a	۲۲/۳۳ a
تنش متوسط	۴۸/۴۴ b	۵۹/۴۵ b	۴/۱۴ c	۰/۷۵ b	۵۱/۸۹ b	۱۹/۴۷ b
تنش شدید	۳۹/۴۰ c	۵۳/۹۵ c	۴/۲۳ b	۰/۶۹ c	۳۱/۷۹ c	۱۸/۷۷ c
پیش تیمار بذر با اسید سالیسیلیک						
عدم پیش تیمار بذر	۴۴/۶۴ b	۵۳/۱۶ b	۴/۱۷ b	۰/۷۰ b	۴۵/۳۰ b	۲۰/۰۰ b
پیش تیمار بذر	۵۳/۴۸ a	۶۵/۰۰ a	۴/۳۰ a	۰/۸۲ a	۶۷/۰۹ a	۲۰/۳۸ a
همزیستی قارچ میکوریزا						
عدم هزیستی	۴۶/۹۱ b	۴۵/۰۰ b	۴/۱۵ b	۰/۶۸ b	۵۰/۹۰ b	۱۹/۸۰ b
همزیستی قارچ	۵۱/۲۱ a	۶۴/۱۵ a	۴/۳۳ a	۰/۸۳ a	۶۱/۴۸ a	۲۰/۵۸ a

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد.

جدول پیوست ۷- اثر متقابل سطوح تنش کم آبی و پیش تیمار بذر با استفاده از اسید سالیسیلیک روی برخی از خصوصیات کمی و کیفی گیاه گاوزبان

تنش کم آبی	پیش تیمار بذر با سالیسیلیک اسید	شاخص سطح برگ	عملکرد سرشاخه	وزن خشک کل	کلونیزاسیون ریشه	عملکرد روغن	لینولنیک اسید
			($kg.ha^{-2}$)	($kg.ha^{-2}$)	(درصد)	($kg.ha^{-2}$)	(درصد)
بدون تنش	عدم پرایم	۴/۰۲ ab	۱۹۴۰/۴۰ b	۳۸۸۶/۳۱ b	۳۲/۵۰ cd	۷۲/۵۱ b	۲۱/۷۶ b
	پرایم	۴/۵۸ a	۲۶۵۶/۶۶ a	۵۳۶۲/۵۶ a	۳۵/۰۰ bc	۹۷/۲۸ a	۲۲/۹۰ a
تنش متوسط	عدم پرایم	۲/۷۰ c	۱۱۴۶/۷۰ d	۲۹۴۸/۹۵ c	۳۶/۶۶ bc	۴۱/۰۸ d	۱۹/۹۵ c
	پرایم	۳/۵۸ b	۱۵۲۸/۴۸ c	۳۸۵۷/۳۶ b	۲۶/۶۶ d	۶۲/۷۰ c	۱۹/۰۰ e
تنش شدید	عدم پرایم	۲/۱۹ c	۱۰۸۰/۹۱ d	۲۱۲۶/۸۱ e	۴۰/۸۳ b	۲۲/۳۰ e	۱۸/۳۰ f
	پرایم	۲/۷۵ c	۱۱۶۰/۲۵ d	۲۴۶۱/۴۳ d	۵۳/۳۳ a	۴۱/۲۹ d	۱۹/۲۵ d

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد.

جدول پیوست ۸- اثر متقابل روش های متفاوت تنش کم آبی و همزیستی قارچ میکوریزا روی برخی از خصوصیات کمی و کیفی گیاه گاو زبان

تنش کم آبی	همزیستی میکوریزا	عملکرد سرشاخه	وزن خشک کل	شاخص برداشت (عملکرد سر شاخه)	کلونیزاسیون ریشه	لینولنیک اسید
		($kg.ha^{-2}$)	($kg.ha^{-2}$)	(درصد)	(درصد)	(درصد)
بدون تنش	عدم همزیستی قارچ	۱۹۸۲/۱۶ b	۴۲۰۷/۶۶ b	۴۷/۹۶ b	۸/۳۳ d	۲۲/۰۳ b
	همزیستی قارچ	۲۶۱۴/۹۰ a	۵۰۴۱/۲۱ a	۵۱/۳۴ a	۵۹/۱۶ b	۲۲/۶۳ a
تنش متوسط	عدم همزیستی قارچ	۱۲۳۵/۰۰ d	۳۰۸۹/۵۰ d	۴۰/۰۵ c	۹/۱۶ d	۱۹/۰۱ e
	همزیستی قارچ	۱۴۵۸/۱۸ c	۳۷۱۶/۸۱ c	۳۹/۱۸ c	۵۴/۱۶ b	۱۹/۹۴ c
تنش شدید	عدم همزیستی قارچ	۱۰۹۵/۱۳ e	۲۱۷۳/۸۰ b	۵۰/۵۳ a	۱۷/۵۰ c	۱۸/۳۷ f
	همزیستی قارچ	۱۱۴۶/۰۳ de	۲۴۱۴/۴۵ e	۴۷/۵۹ b	۷۶/۶۶ a	۱۹/۱۸ d

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد.

جدول پیوست ۹- اثر متقابل سطوح تنش کم آبی و همزیستی میکوریزا روی برخی از خصوصیات کمی و کیفی گیاه گاوزبان

پیش تیمار بذر	همزیستی میکوریزا	شاخص سطح برگ	عملکرد سرشاخه	شاخص برداشت (بر اساس عملکرد سرشاخه)	فسفر دانه	روغن دانه	عملکرد روغن	لینولنیک اسید
			($kg.ha^{-2}$)	(درصد)	(درصد)	(درصد)	($kg.ha^{-2}$)	(درصد)
عدم پیش تیمار بذر	عدم همزیستی قارچ	۲/۸۸ b	۱۳۲۸/۳۳ c	۴۸/۵۹ a	۰/۶۵ c	۲۱/۱۴ c	۴۳/۰۴ d	۱۹/۹۱ c
	همزیستی قارچ	۳/۰۶ b	۱۴۶۲/۳۴ b	۴۵/۲۲ bc	۰/۷۴ b	۲۰/۰۷ d	۴۷/۵۵ c	۲۰/۰۹ b
پیش تیمار بذر	عدم همزیستی قارچ	۳/۳۶ b	۱۵۴۶/۵۳ b	۴۳/۷۷ c	۰/۷۱ b	۲۲/۱۱ b	۵۸/۷۷ b	۱۹/۷۰ d
	همزیستی قارچ	۳/۹۲ a	۲۰۱۷/۰۶ a	۴۶/۸۶ ab	۰/۹۳ a	۲۴/۱۴ a	۷۵/۴۱ a	۲۱/۰۷ a

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد.

منابع

احمدی، ع. و بیکر، د. آ. (۱۳۷۹). عوامل روزنه ای و غیر روزنه ای محدود کننده فتوسنتز گندم در شرایط تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد۴۱. شماره ۴. صفحات ۸۱۳ تا ۸۲۵.

اردکانی، م.، ح .عباس زاده، ب.، شریف عاشورآبادی، ا.، لباسچی، م .ح .و پاکنژاد، ف . (۱۳۸۶). بررسی اثر کمبود آب بر کمیت و کیفیت گیاه بادرنجبویه . فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۳، شماره ۲، صفحات ۲۶۱ – ۲۵۱.

اکبری، م. (۱۳۹۰). تاثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی سویا تحت شرایط تنش کادمیوم، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شاهرود.

پزشکپور، پ.، م. نوری، ع. خورگامی، س. نظری، و م. دانشور، (۱۳۸۴). تاثیر آبیاری تکمیلی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، شاخص کلروفیل برگ و میزان نفوذ نور در کف سایه انداز گیاهی ارقام نخود کابلی. خلاصه مقالات اولین همایش ملی حبوبات، پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، صفحات ۲۰۷- ۲۰۵.

حکمت شعار، ح. (۱۳۷۲). فیزیولوژی گیاهان درشرایط دشوار. (ترجمه). انتشارات نیکنام تبریز،۲۵۱ صفحه.

خلیلی، ر. (۱۳۸۹). تاثیر قارچ میکوریزی AM و باکتری های سودوموناس فلورسنس مقاوم به خشکی و مولد آنزیم ACC-دآمیناز بر شاخص های رشد و عملکرد گیاه گندم در شرایط تنش خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

خواجه پور، م.ر. (۱۳۸۳). گیاهان صنعتی. اصفهان: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی

خواجه پور، م.ر. (۱۹۹۸). اصول و مبانی زراعت جهاد دانشگاهی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. صفحه ۴۰۲.

خوشه کار، ه.، شکاری، ف. (۱۳۹۱). اثر تیمار بذری سالیسیلیک اسید بر برخی وییگی های گیاهچه ای گاوزبان اروپایی. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژیکی گیاهان زراعی، جلد ۶. شماره ۱ (۱۲). صفحه: ۶۹- ۷۸

رستمی، م. (۱۳۸۳). اثر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک ارقام گندم و تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

رشدی م، حیدری شریف آباد ح، کریمی م، نورمحمدی ق و درویش ف، (۱۳۸۵). بررسی اثرات تنش کم آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام آفتابگردان .ویژهنامه علمی -پژوهشی، علوم کشاورزی، سال۱۲، شماره۱، صفحه های ۱۲۲-۱۰۹

رضاپور، ع.، حیدری، م.، گلوی، م. و رمرودی، م. (۱۳۹۰). تاثیر تنش خشکی و مقادیر مختلف کود گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و تنظیم کنندههای اسمزی در گیاه دارویی سیاه دانه . (*Nigella sativa* L.) فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۵۳ ، شماره ۷، صفحات ۳۹۸-۳۸۴

رضوی، م. (۱۳۸۱). گیاهان دارویی. انتشارات موسسه تلاش. صفحه ۷۲ – ۷۱.

ریاضی، الف.، شریف زاده، ف. (۱۹۸۱). تاثیر اسمو پرایمینگ روی جوانه زنی بذور ارزن علوفه ای. پژوهش وسازندگی. ش ۷۷: ۷۲-۸۲.

زرگری، ع. (۱۳۶۸). گیاهان دارویی. انتشارت دانشگاه تهران. جلد سوم. چاپ چهارم. صفحه ۵۴۵-۵۱۰

زرگری، ع. (۱۳۷۵). گیاهان دارویی. انتشارات دانشگاه تهران. جلد سوم، چاپ ششم، صفحه ۵۲۳-۵۱۰ و ۷۶۳-۷۵۲.

سلطانی ا، (۱۳۸۶). رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، صفحه ۲۴۶.

شاه حسینی، ز.، غلامی، ا.، و اصغری، ح.ر. (۱۳۹۱). تاثیر همزیستی میکوریزایی و کاربرد اسید هیومیک بر کارایی مصرف آب و شاخص های فیزیولوژیکی رشد ذرت در شرایط کم آبیاری. دو فصلنامه علمی پژوهشی خشک بوم. جلد ۲، شماره ۱. صفحات ۸-۷

شکاری، ف. (۱۳۸۰). بررسی تاثیر تنش خشکی بر فنولوژی، روابط آبی، رشد، عملکرد و کیفیت محصول کلزا. رساله دکتری. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز.

عباس زاده، ب. (۱۳۸۴). تاثیر سطوح مختلف و روش های مصرف کود نیتروژن بر میزان اسانس بادر نجبویه. پایان نامه کارشناسی ارشد،دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج. صفحات ۶۰-۳۵.

عسگری، م، ح.، علیزاده، ح.، لیاقت، ع. (۱۳۷۸). ارزیابی مدیریت های کم آبیاری (DI) و آبیاری بخشی منطقه ریشه (PRD). مجموعه خلاصه مقالات اولین کنفرانس بین المللی بحران آب، دانشگاه زابل، ایران.

علیزاده، ا. (۱۳۸۴). اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا. ۸۰۰ص.

علیزاده، ا. (۱۳۸۲). رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه اما رضا. ۴۷۲ص.

علیزاده ا. (۱۳۸۶). اصول زراعت. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد، چاپ اول، ص ۱۶۴.

غلامی، ا. (۱۳۷۹). نقش قارچ های میکوریزا وزیکولار آربسکولار در تأمین پایدار عناصر غذایی در ذرت. پایان نامهٔ دکتری زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

قاسمی گلعذانی، ک.، دلیل، ب.، دست برهان، س.، (۱۳۹۲). تنش خشکی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه ارومیه. چاپ اول، ص ۱۵۷.

کافی م، برزویی ا، صالحی م، کمندی ع، معصومی ع و نباتی ح، (۱۳۸۸). فیزیولوژی تنش های محیطی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، چاپ اول، ۵۰۲ صفحه.

کافی، م.، و مهدوی دامغانی، م. (۱۳۸۱). مکانیسم های مقاومت گیاهان به تنش های محیطی. (ترجمه)،انتشارات فردوسی مشهد، ۴۶۷ صفحه.

کرمی، ا.، سپهری، ع.، حمزه ئی، ج.، و سلیمی، ق. (۱۳۹۰). تاثیر کوهای زیستی فسفر و نیتروژن بر صفات کمی و کیفی گاوزبان تحت تنش کم آبی. فناوری تولیدات گیاهی. جلد ۱۱. شماره ۱.

کلهری، ج.، مظاهری، د.، و حسین زاده، ع. (۱۳۸۱). بررسی قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزاء عملکرد ارقام آفتابگردان .پایان نامه کارشناسی ارشد .دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران .صفحه ۱۱۸.

کوچکی، ع.، و م. خواجه حسینی، (۱۳۸۷). زراعت نوین. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

ملکوتی، (۱۳۷۳). حاصلخیزی خاکهای مناطق خشک. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ص ۴۹۴.

مظفری، ک.، عرشی، ی.، و زینالی خانقاه، ح. (۱۳۷۵). بررسی اثر خشکی در برخی از صفات مورفو فیزیولوژیکی و اجزاء عملکرد دانه. آفتابگردان .مجله نهال و بذر .جلد ۱۲، شماره ۳، صفحه های ۲۴-۱.

میرزایی حیدری، م.، م.ح. نوری، ع. خورگامی، پ. پزشکپور، و ا. ارزانی. (۱۳۸۸). بررسی اثرات تراکم بوته و آبیاری تکمیلی بر صفات زراعی، میزان کلروفیل برگ و نفوذ نور در کف سایه انداز گیاهی ارقام نخود. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، جلد ۴۰، شماره ۳، صفحات ۱۲۱ – ۱۱۳.

نجفی، ع.، شریف، ع. (۱۳۸۶). دانه خربزه خاقانی به عنوان منبع روغن، همایش منطقه ای صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان.

نقدی بادی، ح.، سروش زاده، ع.، رضازاده، ش.، شریفی، م.، قلاوند، ا. و امیدی، ح. (۱۳۸۶). مروری بر گیاه گاوزبان (گیاه دارویی با ارزش و غنی از گامالینولنیک اسید) فصلنامه گیاهان دارویی، سال ششم، دوره چهارم، شماره۲۴، صفحات ۱۷-۱.

یارنیا، م.، احمدزاده، الف.، فرج زاده معماری تبریزی .، نوری، ن. (۱۹۸۷). اثر پرایمینگ و اندازه بذر و تیمار با عصاره علف هرز تاج خروس بر جوانه زنی و رشد سویا. خلاصه مقالات اولین همایش ملی علوم و تکنولوژی بذر ایران، گرگان. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

Abdel-Rahman, A.A., A.F. Shalaby, and M.o.e.l. Monayeri, (1971). Effect of moisture stress on metabolic products and ions accumulation. *Plant & Soil*, 34:65-90

Abdel-fattah, G.M., Migaher, F.F. and Ibrahim, A.H. (2002). Interactive effects of endomycorryhizal fungus *Glomus etunicatum* and phosphorus fertilization on growth and metabolic activities of broad bean plants under drought stress conditions. Pakistan Journal of Biological Sciences 5:835-841.

Abdul-Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R. & Panneerselvam, R. (2007). *Pseudomonas fluorescens* enhances biomass yeild and ajmalicine production in Catharanthus reseus under water deficit stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 60, 7-11.

Afzal, I., Ahmad, N., Basra, S. M. A., Ahmad, R., and Iqbal, A. (2002). Effect of different seed vigour enhancement techniques on hybrid maize (*Zea mays* L.). Pak. J. Agri. Sci. 39: 109-112.

Al-Karaki, G.N. and Clark, R.B. (1998). Growth, mineral acquisition and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. Journal of Plant Nutrition 21:263-276.

Allen, M. F., & Boosalis, M. G. (1983). Effect of two species vesicular arbuscular mycorrhizal fungi on drought tolerance of winter wheat. NewPhytopathol, 93: 67-76

Alm, J., L. Schulman, J. Walden, H. Nykanen, P. J. Martikainen, and J. Silvola (1999), Carbon balance of a boreal bog during a year with an exceptionally dry summer, Ecology,80,161–174

Alverez, A.L.(2000). Salicylic acid in machinery of hypersensiyive cell death and disease resistance. Plant Mol. Biol. 44: 429 – 442.

Anjum, S.A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M.F., Man, C. and Wang, L. (2011). A review: Morpholpgical, physiological and biochemical responses of plant to drought stress. Afric. J. Agric., 6,9, 2026 pp 2032.

Antolin, M. and J. Yoller. (1995). Effects of temporary drought on nitrate-fed and nitrogen-fixing alfalfa plants. Plant Science 107: 159-165

Anonymous. (2006). Take on the status of medicinal plants. Unpublished report, Office of Flowers and Ornamental Plants, Medicinal and Edible Fungi, Ministry of Agriculture

Arancon N., Edwards C.A., Arancon N.Q. and Metzger J.D. (2004). Influences of vermicomposts on fielf strawberries: 1. Effects on growth and yield. J. of .Bio. Resource. Technol., 93, pp 145 - 153

Ashraf, M. and Foolad, M. R. (2005). Pre-sowing seed treatment – A shot-gun approach to improve germination, plant growth and crop yield under saline and non-saline conditions. Advances in Agronomy 88: 223- 271.

Ashraf, M., and Rauf, H. (2001). Inducing salt tolerate in maize *(Zea mays* L.) through seed priming with chloride salts: growth and ion transport at early growth stages. Acta Physiologiae Plantarum. 23: 407-414.

Auge, R.M., K. A. Schekel. And R.L. Wample. (1986a). Greater leaf conductance of well-watered VA mycorrhizal rose plants is not related to phosphorus nutrition. New Phytol. 103: 107-116

Auge, R.M., K. A. Schekel. And R.L. Wample. (1986b). Osmotic adjustment in leaves of VA mycorrhizal and nonmycorrhizal rose plants in response to drought stress. Plant Phydiol. 82:765-770

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

Auge, R.M. (2004). Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. Canadian Journal of Soil Science, 84: 373-381.

Auge, R. M. (2001). Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhizae 11: 3-42.

Barea, J.M., Pozo, M.J., Azcon, R., and Azcon-Aguilar, C. (2005). Microbial co operation in the rhizosphere. Journal of Experimental Botany, 56: 1761-1778.

Barre, DE. (2001). Potential of evening primrose, Borage, black currant, and fungal oils in human health. Ann Nutr Metab. 45:47-57

Basra, S. M. A., Zia, M. N., Mehmood, T., Afzal, I. and Khaliq, A. (2002). Comparison of different invigoration techniques in wheat (*Tiriticum aestivum* L.) seeds. Pakistan Journal of Arid Agriculture. 5: 325-329.

Basra, S.M, Ullah, E, Warriach, E.A, Cheema, M.A, Afzal, I. (2003). Effect of storage on growth and yield of primed canola (*Brassica napus*) seeds, International Journal of *Agriculture and Biology*, 5 (2): 117-120.

Basra, S. M., Ullah, E., Warriach, E. A., Cheema, M. A., and Afzal, I. (2003). Effect of storage on growth and yield of primed canola (Brassica napus) seeds. International Journal of *Agriculture & Biology*, No. 5, Vol. 2: 117-120.

Baya. M., Wissem, A. W., Soumaya. B. and Brahim, M. Biochemical characterization of borage (*borago officinalis* l.) seeds. Food Biochemistry. 33 . (2339); 331 –341 .

Bethenfalvay, G. J., M. S. Brown, R. N. Ames and R. S. Thomas. (1988). Effects of drought on host and endophyte development in mycorrhizal soybeans in relation to water use and phosphate uptake. Plant Physiology 72:565–571.

Bethlenfalvay, G.J., and Linderman, R.G. (1992). Mycorrhizae in sustainable agriculture. American Society of Agronomy, Special Publication, No. 54. Madison, Wis. 124 p. Borage: Herbal Medicines

Bierman, B. and Linderman, R. G. (1980). Quantifying vesicular – arbuscular mycorrhizae: a proposed method towards standardization. New Phytol. 87:63 – 67.

Blamey FPC and Chapman J. Protein, oil, and energy yields as affected by N and P fertilization. Agron. J. 1981; 73: 583 - 7.

Blum, A. (1996). Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. Jurnal of Plant Growth Regulation, 20:135-148.

Bolan, N.S. (1991). A critical review of the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. Plant Soil 134:189-207.

Botwright, T. L., Condon, A. G. Rebetzke, G. J. and Richards, R. A. (2002). Field evaluation of early vigour for genetic improvement of grain yield in wheat. Australian Journal of *Agricultural Research* 53:1137–1145.

Boyer,J.S.(1982). Plant productivity and enviroment. Science,218:443-448.

Bradford, K.J. (1994). Water stress and the water relations of seed development. A critical review. Crop Science, 34:1-11.

Cakir, R. (2004). Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research. 89: 1-16.

Cakmak, I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic atresses in plants, J. *Plant Nut.* Soil Sci., 168,521 pp 530.

Cardoso, M., and Kuyper, TW. (2006). Mycorrhizal and tropical soil fertility. Agriculture Ecosystem Environment. 116: 72-84,.

Carruba, A., La Torre, R., and Matranga, A. (2002). Cultivation trials of aromatic and medicinal plants in semiarid Mediterranean environment. Proceeding of International Conference on MAP. Acta Horticulture.

Celik, I., Ortas, I., and Kilic, S. (2004). Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. Soil and Tillage Research 78(1): 59-67

Chavez, M. M., Pereira, J.P., Rodrigues, M.L., Riccardo, C.P.P., Osorio, M.L., Carvalho, T., Faria, T. and Pincheiro, C. (2002). How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. Ann. of Bot., 89,907 pp 916.

Choudhury, S., Panda, S. (2004). Toxic effects , oxidative stress and ultrastructural changes in moss Taxithelium nepalense (Schwaegr.) Both under chromium and lead phytotoxicity. Water Air Soil Pollut. (Submitted).

Chimenti, C, Pearson, J., and Hall, J. (2002). Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. Field Crops Research 75: 235-246.

Clarck, L. J., walley, W. R., Ellis-Jones, J., Dent, K., Rowse, H. R., Finch-Savage, W. E., Gatsai, T., jasi, L., Kaseke, N. E., Murungu, F. S., Riches, C. R., and Chiduza, C. (2000). On farm seed priming in maize: a physiological evaluation. 7th eastern and southern Africa regional maize conference. 268-273Pp

Copetta, A., Lingua, G., and Berta, G. (2006). Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. Mycorrhiza 16: 485-494.

Dahal, P., Bradford, K. (1990). Effects of priming and en-dosperm integrity on seed germination rates of tomato seeds: II. Germination at reduced water potential. J Exp Bot 41:1441–1453

Darzi, M., Ghalavand, A., Sefidkon, F., and Rejali, F. (2008). The effect of mycorriza, vermicompost and phosphatic biofertilizer application on quantity and quality of essential oil in Fennel (Foeniculum vulgar Mill.). Iranian J. of *Medicinal and Aromatic Plants*; 24 (4): 396 - 413.

Dat, J.F., Foyer C.H. and Scott. I.M. (1998). Changes in salicylic acid and antioxidans during induced thermitolerance in Muustard seedings. *Plant Physiol*. 118: 1455 - 1461

Demir Kaya, M., Okçu, Gamze., Atak, M., Çikili, Y., and Kolsarici, Ö. (2006). Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower *(Helianthus annuus* L.). Eur. J.Agronomy. 24, 291-295.

Dodd, J. C. (2000). The role of arbuscular mycorrhizal fungi in agronatural ecosystems. Outlook on agriculture. 29, 63-70.

Edmeades, G.O., Bolaños, J., Lafitte, H.R., Rajaram, S., Pfeiffer, W. and Fischer, R.A. (1989). Traditional approaches to breeding for drought resistance in cereals In: Baker, F. W. G. (Ed.), pp. 27-52. Drought Resistance in Cereals. Wallingford ICSU and CABI

EL-Tayeb, M. A. (2005). Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regul*. 45:215-224.

Eraslan, F., Inal, A., Gunus, a., and Alpaslan, M. (2007). Impact of exogenous salicylic on growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. Sci. hort. 113, 120-128.

Erkossa, T., Stahr, K. and Tabor, G. (2002). Integration of Organic and Inorganic Fertilizers: Effect on Vegetable Productivity. Ethiopian Agricultural research Organization, Debre Zeit Agricultural Research Centre, Ethiopia 82: 247-256.

Estrada-Luna A., and Davies, A. (2003). Arbuscular Mycorrhizal fungi influence water relations, gas exchange, abscisic acid and growth of micropropagated chile ancho pepper (*Capsicum annuum*) plantlets during acclimatization and post-acclimatization. *Journal of Plant Physiology*, 160: 1073-1083.

Faber, B. A., Zasoske, R. J., Munns, D. N., and Shackel, K. (1991). A method for measuring hyphal nutrition and water uptake in mycorrhizal plants. Canadian Journal of *Botany* 69: 87-94.

Fallahiyan, F., Abbaspur, H., Fahimi, H., and Khavazi Nejad, R. A. (2005). The effect of Endomycorrhizal on mineral nutrition of pistachio (*Pistacia vera* L.) growth, under salinity stress. Agronomy Journal (*Pajouhesh & Sazandegi*) 67: 82-86. (In Persian with English Summary)

Farooq, M., Shahzad, M., and Basra, A. (2006). Priming of field-sown rice enhances seed germination, seedling establishment, allometry and yield. *Plant Growth Regulation*. 49: 285- 294.

Farooq, M., Wahid, A., Kobyashi, N., Fujita, D. and Barsa, S.M.A. (2009). Plant droght stress: effects, mechanisms and management. Aqron. Sustain. Dev., 29, 185 pp 212.

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.

Frank, A.B. (1885). Uber die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernahrunggewisser Baume durch unterirdische Pilze. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 3:128-145

Ganji-Arjenaki F, Amini-Dehaghi M, Jabbari R. (2011). Effects of priming on seed germination of marigold (*Calendula officinalis*). Adv Environ Biol.
5: 276-280.

Gavito, M.E. and Miller, M.H. (1998). Changes in mycorrhiza development, dry matter partitioning and yield of maize, Plant and Soil 199:177-186.

Gerakis, P.A., F.P. Geurrero, and W.A. Williams, (1975). Growth, water relations and nutrition of three grassland annuals as affected by drought. Jurnal of Applied Ecology, 12:125-135.

Ghassemi-Golezani K, Andalibi B, Zehtab-Salmasi S, Saba J, (2008a). Effect of water stress during vegetative
and reproductive stages on seed yield and essential oil content of dill (*Anethum graveolens* L.). J Food, Agric. & Environ. 6: 282-84.

Ghassemi-Golezani K, Dalil B, (2011). Seed ageing and field performance of maize under water stress. African J.Biotech. 10: 18377-18380.

Ghassemi-Golezani K, Mardfar RA, (2008). Effect of limited irrigation on growth andgrain yield of common bean. J. Plant Sci. 3: 230-35.

Gholam Hosseini, M. and A. ghalavand. (2008). The impact of irrigation and fertilizer treatments on yield and metal concentration in leaves and sunflower seeds. Research and Development in Agriculture and Horticulture 79: 91- 100. (In Farsi).

Gemes, K., Poor, P., Szepesi, A., and Tari, I. (2008). Role of salicylic acid pre-treatment on the photosynthetic performance of tomato plants (*Lycopersicon esculentum Mill*. L. cvar. Rio Fuego) under salt stress. Acta Biologica Szegediensis. 52:161-162

Gogala, N. (1991). Regulation of mycorrhizal infection by hormonal factors produced by hosts and fungi. Experientia 47:331-340

Gomes, M.M.A., A.M.M.A. Lagou, C.L. Medina, E.C. Machado, and M.A. Machado. (2004). Interaction between leaf water potential, stomatal conductiance and adscisic acid content of orange tree submitted to drought stress. Braz. J. Plant physiol., 16, 155 pp 161.

Gomez, A. and Martínez, D. L. O. E. Quality of borage seed oil extracted by liquid and supercritical carbon dioxide. Chem. Engeering. 88 , 2332 ; 133 –139

Gosling, P., Hodge, A., Goodlass, G., and Bending, G. D. (2006). Arbuscular mycorrhiza fungi and organic farming. Agriculture, Ecosystems and Environment, 113: 17-35.

Gunasekera, C.P., L.D, Martin, and R.J, French. (2001). Effects of water on realation and yield of Indian mustard (*Brassica Juncea* L.). and canola (*B. napus* L.). Availale in: http://www.regional.org.au/asa/2003/p/30Feb2006.

Hardie, K., and L. Leyton. (1981). The influence of vesicular-arbudcular mycorrhizavon groeth and water relations of red clover: 1. Phosphate deficient soil. New Phytol. 89:599-608.

Harper J.P., and Balke, N.E. (1981). Characterization of the inhibition of K+ absorption in wheat roots by salicylic acid .Plant Physiol 68: 1349-1353.

Harris, D., and Mottram, A. (2004). Practical hydration of seed of tropical crops: on-farm' seed priming. In Seed Science and Technology: Trends and Advances. ed. A.S. Basra. The Howarth Press.

Harris, D., Joshi, A., Khan, P. A., Gothkar, P., and Sodhi, P. S. (1999). Onfaam seed priming in semi-arid agriculture: development and evaluation in maize (*Zea mays* L.), rice (*Oryza sativa*) and chickpea (*Cicer arietinum*) in india using participatory methods. EXP. Agric. 35, 15-29.

Harris D, Pathan AK, Gothkar P, Joshi A, Chivasa W, Nyamudeza P, (2001). Onfarm seed priming: Using participatory methods to revive and refine a key technology. Agric. Sys. 69: 151-164.

Harris, D., (2006). Development and testing of 'on-farm' seed priming. Advanced Agronomy. 90: 129–178

Harris, D., Raghuwanshi, B. S., Gangwar, J. S., Singh, S. C., Joshi, K. D., Rashid, A., and Hollington, P. A. (2001). Participatory evaluation by farmers of 'on-farm' seed priming in wheat in India, Nepal and Pakistan. Exp. Agric. 37: 3. 403-415.

Harris, D., Rashid, A., Hollington, P. A., Jasi, L., and Riches, C. (2002a). prospects of improving maize yield with onfarm seed priming. In sustainable mazie production system in Nepal (rajbhandari,n.p.,

ranson, j.k., adikhari, k, and palmer, a.f.e. Eds.) 180-185pp. proceedings of a maize symposium, December 3-5. 2001. Kathmandu, Nepal. Kathmandu, NARC and CIMMYT.

Harris, D., Rashid A., Miraj, G., and shah, H. (2007). On-farm seed priming whit zinc sulfate solution-A cost-effective way to increase the maize yields of resource-poor farmers. *Field Crops Research*. 102(2): 119-127.

Hamel, C., and D. L. Smith. (1991). Interspecific N transfer and plant development in a mycorrhizal field-grown mixture. Soil Boil. Biochem. 23:661-665

Hamrouni, I., Touati, S. and Marzouk, B. (2002). Evolution des lipids au cours de la formation et de la maturation de la graine de bourrache (*Borago officinalis* L.). Rivista Italiana delle Sostanze Grasse .79 ; 2332 .113 –118

Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., Ahmad, A. (2010). Effect of salicylic acid under changing environment: A review Environ and expri. *Botany*. 68, 14-25.

Hayat, S., Hasan, S., Fariduddin, Q., Ahmad, A. (2008). Growth of tomato in response to salicylic acid under water stress. J Plant Interact 3:297-304

Heidari, F., S. Zehtab Salmasi, A. Javanshir, H. Aliari, and M.R. Dadpoor, (2008). The effects of application microelements and plant density on yield and essential oil of Peppermint (*Mentha piperita* L.) Iranian Journal of Medicinal & Aromatic Plants, 24: 1-9.

Hosseini, M., Emamei, D. (2007). Cultivation and propagation of certain herbs and spices. University Tehran Publication. . Iran:300

Hsiao, T.C., E. Acevedo, E. Fereres, and D.W. Henderson, (1976). Water stress, growth, and osmotic adjustment. Philosophical Transactions of the Royal Society Lond B (*Biological Sciences*), 273: 479-500.

Hsiao, T.C. (2000). Leaf and root growth in relation to water status. *Hort Science*, 35: 1051-1058.

Hus, J.L., AND Sung, J.M., (1997). Antioxidant role of glutathione associated with accelerated agina and hydration of triploid Warermelon seeds. *Physiology Plantarum*, 100: 967-974.

Hussain, M.M., Reid, J.B., Othaman, H. and Gallagher, J.N. (1990). Growth and water use of faba bean (*Vicia faba*) in a sub-humid climate. I. Root and ahoot adaptation to drought stress, Field Crop Research., 23, 1 pp 17.

Iqbal, M., Ashraf, M., Jamil, A., and Shafiq, U. R. M. (2006). Does seed priming induce changes in the levels of some endogenous plant hormones in hexaploid wheat plant under salt stress? J. Integrative plant Biol., 48(2): 181-189.

Jin, J., Wang, G., Liu, X., Pan, X., Herbert, S.J. and Tang, C. (2006). "Interaction between phosphorus nutrition and drought on grain yield and assimilation of phosphorus and nitrogen in two soybean cultivars differing in protein concentration in grains" J. Plant Nutr., 29, 1433 pp 1449.

Kapoor, R., Chaudhary, V., and Bhatnagar, A.K. (2007). Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in Artemisia annua L. Mycorrhiza 17:581-587.

Kapoor R., Giri B. and Mukerji K.G (2002). "Improved growth and essential oil yield and quality in feoniculum vulgare Mill om mycorrhizal inoculation supplemented with P- fertilizer" Bioresource Technology., 18,5, pp459-463

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. (2004). Improved growth and essential oil yield and quality in Foeniculum vulgare Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.

Karimzadeh-Asl, K.H., Mazaheri, D., Peyghambari, S.A., (2003). Effect of four irrigation intervals on the seed yield and quantitative characteristics of three sunflower cultivar. Iranian J. Agric Sci.34(2), 293-301. [In Persian with English summary].

Khan, W., Prithviraj, B., and Smith, D.L. (2003). Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. J. Plant Physiol 160: 485-492.

Khan, A. and P.N. Soltanpour, (1978). Factors associated with Zn chloride in dryland beans. Agronomy Journal, 70:1022-1026.

Khan, M. A., M. U. Shirazi, M. A. Khan, S. M. Mujtaba, E. Islam, S. Mumtaz, A. Shereen, R. U. Ansari and M, Yasin Ashraf. (2009). Role of proline, K/Na ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat *(Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Botany 41: 633-638.

Khatamsaz, M. (2003). Flore of Iran, Boraginacea family, Pub: Research institute of forests and rangelands, No. 39: 504

Kidd, F., and West, C. (1918). Physiological predetermination: The influence of the physiological condition of the seed upon the course of subsequent growth and upon the yield. I. The effect of the soaking seeds in water. Annals of Applied Biology 5: 1- 10.

Koide, R. (1985). The nature of growth depressions in sunflower caused by vesicular-arbuscular mycorrhizal infection. *New Phytol*. 114:365-386.

Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. & Ghorbani, R. (2008). Application effects of biofertilizers on the growth indices of Black Cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Crops Research, 6(2), 285-290. (In Farsi).

Kothamasi, D., Kuhad, R.C., and Babu, C. R. (2001). Arbuscular mycorrhizae in plant survival strategies. Trop. Ecol. 42(1): 1-13

Koocheki, A., and Sarmadnial, G. H. (2004). Crop Physiology. Mashhad University Press. 400p

Kuchenbuch R., Claasen N. and Jungk A. (1986). Potassium availability in relation to soil moisture, II calculations by means of a mathematical simulation model. Plant and Soil, 95: 233-243.

Lalande, R., Gagnon, B. R., Simard, R., and Cote, D. (2000). Soil microbial biomass and enzyme activity following liquid hog manure in a long term field trial. Canadian Journal of Soil Science.80:263-269.

Lee, H., León, J. and Raskin, I. (1995). Biosynthesis and metabolism of salicylic acid. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 92: 4076-4079

Letchamo, W. and A. Gosselin, (1996). Transpiration, essential oil glands, epicuticular wax and morphology of *Thymus Vulgaris* are influenced by light intensity and water supply. *Jurnal of Horticultural Science*, 71:123-134

Levitt, J. (1980). Responses of plants to Enviromental Stress. Academic Press, New York, USA, pp. 479.

Ma, Q. Q., Wang, W., Li, Y. H., Li, D. Q., and Zou, Q. (2006). Allevietion of photoinhibition in drought-stressed wheet (Triticum aestivum) by foliar applied glycinbetaine. J. Plant Physiol. 163: 165-175

Maghsoudi Moud, A. A. (2008). Physiological, morphological and anatomical bases of drought tolerance in wheat. Shahid Bahonar University of Kerman Publications. 233 pp.

Manaffee, W.F., and Kloepper, J.W. (1994). Application of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. In: "Soil biota management in sustainable farming systems". Eds. By C.E. Paankburst, B.M. Doube, V.V.S.R. Gupta, and P.R. Grace. pp. 23-31. CSIRO, Pub. East Melbourne, Australia.

Marulanda, A., Porcel, R., Barea, J. M., & 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

.**Marulanda, A., Barea, J. M., and Azcon, R. (2006).** An indigenous drought tolerant strain of *Glomus* intraradices associated with a native bacterium improves water transport and root development in Retama spaerocarpa. FEMS Microbiology Ecology, 52: 670-678. Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. London, 549-561.

Meyer BJ, Tsivis E, Howe PRC (1999). Tap sell L and Calvert GD. Poly-unsaturated fatty acid content of foods: differentiating between long and short chain omega-3 fatty acids. Food Australia; 51 (3): 82.

Metcalf, LD., Schmitz, AA., Pelka, JR. (1966). Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. Anal Che 38:514-515.

Mohammad, M. J., Malkawi, H. I. and Shibi, R. (2003). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilizetion on growth and nutrient uptake of barley grown on soils with different levels of salts. Journal of Plant Nutrition. 26: 125-137.

Mohammadi, G. R. (2009). The effect of seed priming on plant traits of late-spring seeded soybean (*Glycine max* L.). American-Eurasian Journal of Agriculture & Environmental Science. 5 (3): 322-326.

Miller, R. M., and Jastrow, J. D. (2000). Mycorrhizal fungi influence soil structure In: Arbuscular mycorrhizas: Physiology and function. Kapulnik, Y., Douds, D.D. (Eds). Kluwer academic, Dordrecht. 3-18pp

Mohammadi GR, Amiri f, (2010). The effect of priming on seed performance of canola *(Brassica napus* L.) under drought stress. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 9: 202-207.

Mouatt, M., C.H. and P, Nes. (1986). Influence of soil water content on the supply of phosphate to plants. Australian Jurnal of Soil Research, 24:435-440.

Mosse, B. D., Stribley, P., & Letacon, F. (1981). Ecology of mycorrhizae and mycorrhi-zal fungi. Advance Microbial Ecology, 5, 137.

Mozaffarian, V. (2005). Plants systematic "second Book: Dicotyledonous" Amir Kabir Institute Publications. Tehran, Iran, 610

Murungu, F.S., Nyamugafata, P., Chiduza, C., Clark, L. J., and Whalley, W. R. (2003). Effects of seed priming aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (*Gossypium hirsutum* L) and maize (*Zea mays* L). Soil and Tillage Research, 74: 161- 168.

Naghdi Badi H, Soroshzadeh A, Rezazadeh Sh, Sharifi M, Ghalavand A, Rezai A. Evaluation of Phytochemical and Production Potential of Borage (*Borago officinalis* L.) During the Growth Cycle, Journal of Medicinal Plants. 2008; 7(4).

Naghdi Badi, H., Soroshzadeh, A., Rezazadeh, Sh., Sharifi, M., Ghalavand, A., and Omidi, H. (2007). Review on *Borago officinalis* L. (a medicine plant with *Gamma-linolenic* acid). Journal of *Medicinal Plants*, 24, 1-5. (In Farsi).

Nahar, K. and R, Gretzmacher. (2002). Effect of water stress on nutrient uptake, yield and quality of tomato (*Lycopersicon eseculentum* Mill.) under subtropical conditions. *Die Bodenkultur*, 53:45-51.

Nelson, C. E. (1987). The water relations of vesicular-arbuscular mycorrhizal systems, p. 71-92. In G.R. Safir (ed.) Ecophysiology of VA mycorrhizal plants. CRC Press. Boca Ration. FL.

Nemeth, M., Janda, T., Hovarth, E., Paldi, E. and Szali, G. (2002). Exogenous salicylic acid increases polyamine content but may decrease drought tolerance in maize. Plant Sci. 162: 569-574.

Nilesen, D.S. (2001). Production functions for chickpea field dea, and lentil in the central at plains. Agron. J., 93, 563 pp 569.

Omidbaig, R. (2005). Production and processing of medicinal plants. Astan Godesa Razavei Publication, 1: 346

Omidbeigi, R. (2000). Lemon Balm. Press Office Depart-ment of Agriculture Extension Department, Lecture Notes, pp. 32-36.

Osborne, JL. (1999). Borage. Bee World Publication, 80

Ożarowski, A., Rumińska, A., Suchorska, K., Węglarz, Z.(1990). Leksykon roślin leczniczych. Warszawa.

Palled, A. and K. L. Ponnia, (1985). Response of gram varieties to varyng levels of irrigations. *Indian Jurnal of Agronomy*, 29:573.

Parera, C. A., and Cantlife, D. J. (1994). Presowing seed priming. Univ. florida j. ser. No. r. 032711109, 1141.

Patel, N.C. and Z.G. Patel. (1993). Performance of safflower under different irrigation scheduling sought gajarat. Annual Agricultural Research. 14: 109-110.

Peterso, R. L., and H. B. Massicotte. (2004). Exploring structural definitions of mycorrhizas, with emphasis on nutrient-exchange interfaces. Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne De Botanique, 82 (8): 1074-1088.

Peltonen-Sainio, P. (1997). Leaf area duration of oat at high latitudes. Journal of Agronomy and Crop Sciences 178:149–155.

Peltonen-Sainio, P. (1999). Growth and development of oat with special reference to source-sink interaction and productivity. Pp. 39–66. In: D. L. Smith and C. Hamel (Eds.) Crop yield, physiology and processes. Springer-Verlag, Berlin, Germany. 504pp.

Peltonen-Sainio, P., Forsman, K., and Poutala, T. (1997). Crop management effects on pre- and post-anthesis changes in leaf area index and leaf area duration and their contribution to grain yield and yield components in spring cereals. Journal of *Agronomy and Crop Sciences* 179: 47–61.

Philips, J. M., and Hayman, D. S. (1970). Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular *arbuscular mycorrhizal* fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society 55: 158-161.

Pinior, A., Grunewaldt-Stocker, G., Von Alten, H., and Strasser, R.J. (2005). Mycorrhizal impact on drought stress tolerance of rose plants probed by chlorophyll a fluorescence, praline content and visual scoring. Mycorrhiza 15(8): 596-605.

Raskin, I. (1992). Role of salicylic acid in plants. Annu. Rev. Plant Physiology Plant Mol. Biol. 43:439-463.

Read, D.J. (1991). Mycorrhizas in ecosystems. Experientia 47:376-391

Rezaei M.B., Naderei, M., Hajei Kandei, B. (2003). Extraction and determinant in barrage flower Echium amoenom Fish and May. Medicinal and Aromatic Research Journal, 20 (3): 51-57

Richards, R. A., and Lukacs, Z. (2002). Seedling vigour in wheat: Sources of variation for genetic and agronomic improvement. Australian Journal of Agricultural Research Science 53: 41–50.

Ritchie, S. W., and Nguyen, H. T. (1990). Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science, 30: 105-111.

Roldan-Fajardo, B.E., Barea, J.M., Ocampo, J.A., (1982). The effect of season on VA mycorrhiza of the almond tree and of phosphate fertilization and species of endophyte on its mycorrhizal dependency. Plant soil. 68(3), 361-367.

Rudra Naik, V. and G.G. Gulgangi, and C.P. Mallapupr, and S.G. Raju. (2001). Assosiathion analysis in safflower under rain fed condition. 5th international safflower conference, Montana, Usa. July 23-27. Pp. 56-61.

Ruiz-Lozano, J.M., Azcon, R., Gomez, M., (1996). Alleviation of salt stress by arbuscularmycorrhizal Glomus species in Lactuca sativa plants. Physio. Planta. 98, 767–772.

Ruiz-Lozano, J. M. (2003). Arbuscular mycorrhizal symbiosis and allevietion of osmotic stress. New perspectives for molecular studies. Mycorrhiza 13: 309-317.

Salisbury, F.B. and C.W. Ross, (1992). Plant Physiology. Belmont, Wadsworth, USA, pp. 682.

Samsam Shariat, H.(2003). Medical plants propagation and cultivation. Mani Publication (In PERSIAN). Iran, 420

Sanders F.E., and Tinker P.B. (1973). Phosphorus flow into Mycorrhizal roots. pestic.sci., 4, pp 385 - 395

Saxena, NP., Johansen, C., Saxena, MC., Silim, NS. (1993) . Selection for drought and salinity tolerance in cool-season food legumes. In: Singh, K. B. and M. C. Saxena (eds.): Breeding for stress tolerance in cool season food legumes. ICARDA. A W iley Sayce co- Publication. pp. 245 - 270.

Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E., Dixon, K., (2000). Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plant. Plant Growth Regul. 30,157-161.

Shahi-Gharahlar, A., Farhoudi, R., Mosavi, M. (2009). Effect of seed pretreatment on summer squash (*Cucurbita pepo*) seed germination and seedling characteristics under salinity condition. Seed Sci. Biotech. 3: 15-23.

Sharma, A. K. (2002). Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India. 407 pp.

Shekari, F., Baljani, R., Saba, J., Afsahi, K., and Shekari, F. (2010). Effect of seed priming with salicylic acid on growth characteristics of borage (*Borago officinalis*) plants seedlings. Journal of New Agricultural Science 6:47-53. [In Persian with English Abstract.

Sidhara, S., and T.G. Prasad, (2002). A combination of mechanistic and empirical models to Predict growth and yield of sunflower as influenced by irrigation and moisture stress. Helia 37:39 -50.

Siqueria, J. O., G. R. Safir, and M. G. Nair. (1991a). VA-mycorrhizae. And mycorrhiza stimulating isoflavonoid compounds reduce plant herbicide injury. Plant Soil 134:233-242.

Smith, S.E., Read, D.J., (1997). Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, San Diego, CA.

Smith, S.E., and V. Gianinazzi-Pearson. (1988). Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. Annu. Rev. Plant Physiol. 39:221-244.

Singh,A.P.(2004). Salicin-A natural analgesic medical executive,India-Swift Ltd, Super Speciality Division,Chandigarh.

Singh, P. (1991). Influence of water deficit on phenology, growth and dry matter allocation in Chickpea. Field Crop Research, 28, 1-15.

Singh, B., and Usha, K. (2003). Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Reg*. 39: 137-141.

Song, H. (2005). Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its mechanisms. Journal of Biological Chemistry, 1, 44-48.

Stahl, P .D., and M. Christensen. (1990). Population variation in the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*: Uniform garden experients. Mycol Res. 94:1070-1076

Stocker, O. (1996). "Physiological and morphological changes in plant due to water deficiency. Agron. J., 65, 63 pp 74.

Subramanian, K. S., and Charest, C. (1997). Nutritional, growth, and reproductive responses of maize (Zea mays L.) to arbuscular mycorrhizal inoculation during and after drought stress at tasselling. Mycorrhiza 7: 25-32.

Taiz, L. and Zeiger. (2006). "Plant physiology" Forth edition. Sinauer associates, Inc. Publishers Sunderland Massachusetts., pp 738.

Tang, M., H. Chen, J. C. Huang and Z.Q. Tian. (2009). Arbuscular mycorrhiza fungi effects on the growth and physiology of (*Zea mays* L.) seedlings under diesel stress. Soil Biology Biochemistry 41: 936–940.

Tasgin, E., Atici, O. and Nalbantoglu, B. (2003). Effects of Salycilic acid and cold on freezing tolerance in winter wheat leaves. Plant Growth Regul. 41: 231 – 236

Thakur, A. K., & Panwar, 1. D. S. (1997). Response of rhizobium vesicular arbuscular mycorrhizal symbionts on photosynthesis, nitrogen metabolism and sucrose translocation in green gram (*Phaseolus radiatus*). Indian Journal Agriculture Sciences, 67(6), 245-248

Tsai, S.M., and D.A Phillips. (1991). Flavonoids released naturally from alfalfapromote development of symbiotic Glomus spores in vitro. Appl. Environ. Micobiol. 57:1485-1488.

Valentine, A. J., Mortimer, P. E., Lintnaar, A., and Borgo, R. (2006). Drought responses of arbuscular mycorrhizal grapevines. Symbiosis. 41 127-133.

Vance, C.P., Uhde-Stone, C., and Allan, D.L. (2003). Phosphorus acquisition and use: critical adaptation by plants for securing a non- renewable resource. New Physiology 157: 423-447.

Wahing.I,W.Van,V.J.G.Houba, J.J.Van der lee.(1989).soil and plant analysis,a series of syllabi.part 7,plant analysis procedure.wageningen agriculture university.

Wettasingh M, Shahidi F, Amarowic R, Abou-zaid M. (2001). Phenolic acid in defatted seed of borage (*Borago officinalis* L.). Food chemistry, 75: 49-56

Wettasinghe, M., and Shahidi, F. (2005). "Fe(III) chelation activity of extract of Borago and evening primrose meals". Food Research International, 35, 65-71.

Wu, S. C., Cao, Z. H., Li, Z. G., Cheung, K. C. & Wong ,M. H. (2005). Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma, 125, 155–166

Yalpani, N., eneydi. A. J., leon, J., and Raskin, I. (1994). Ulteraviolent light and ozone stimulate accumulation of saliscylic acid, pathogenesis- related protein and virus resistance in tobacco. Planta. 193, 372-376.

Yarniya, M., Ahmadzadeh, V., Farajzadeh Memari Tabrizi, A. and Noori, N. (2008). Effect of priming and seed size and treated with tumbleweed extract on germination and growth of soybean. In:

Proceedings of the First National Conference on Seed Science and Technology of Iran. University of Agricultural Sciences and Natural Resources of Gorgan, Gorgan, Iran. (In Farsi).

Yazdani, D., H. Jamshidi, and F. Mojab, (2002). Compare of essential oil yield and mentol existent in poppermint (*Mentha piperita* L.) planted in different origin of Iran. *Journal of Medicinal Plants* of Medicinal Plant of *Jahad daneshgahi*, 3:73-78

Yazdani, D., Shahnazi, S., and Seifi, H.(2004). Cultivation of medicinal plnats: Applied guide for cultivation of 40 important medicinal plants in Iran (In Persian). ACECR, Institute of Medicinal Plants, 169

Zargari, A. (1982). Medicinal plants. Tehran University Press, Tehran. (In Persian)

Zargari, A. (1989). Medicinal plants (In Persian). Tehran University Publications Iran. 4th ed. Volume: 3.

Abstract

This study aimed to evaluate the effect of deficit conditions and salicylic acid on growth characteristics and yield quality of borago (*Borago Officinalis* L.*)* at mycorrhizal symbiosis condition in 2013-2014. This experiment was carried out as Split-Plot factorial based on Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replication. In this study, the main Plot was water deficit conditions in three levels: 1- without drought stress (5 days irrigation), 2- moderate stress (8 days irrigation) and 3- severe stress (11 days irrigation), the combination of priming with salicylic acid at 2 levels: (non- priming and priming) and mycorrhizae symbiosis at 2 levels (non-application and application of mycorrhiza) were considered as subplots.

Based on the results, interaction between different levels of deficit conditions and priming with salicylic acid was significant on total dry weight, oil yield and amount of linolenic acid traits. The result showed that, interaction between different levels of deficit conditions and mycorrhizae symbiosis was significant on trait of total dry weight, root colonization and amount of linolenic acid.

The result showed that, total dry weight, oil yield and linolenic acid was affected by interaction between priming with salicylic acid and mycorrhizae symbiosis and also interaction between different levels of deficit condition and priming with salicylic acid and mycorrhizae symbiosis. Based on mean comparisons, treatments combination of without stress + priming with salicylic acid increased total dry weight (60 percent), oil yield (70 percent) and amount of linolenic acid (4.61 percent) in compared with severe stress + non-priming with salicylic acid. Based on mean comparisons, treatments combination of priming with salicylic acid+ Mycorrhizal inoculation increased amount of linolenic acid and oil yield. also HI based on the yield of flowering shoot increased from 43.77 percent in treatments combination of priming with salicylic acid+ non-inoculation of mycorrhiza to 48.59 percent in non-priming with salicylic acid + non-inoculation of mycorrhiza. Mean comparisons showed treatments combination of without stress + priming with salicylic acid + Mycorrhizal inoculation increased total dry weight (65 percent) and oil yield (80 percent) in compared with sever stress + non-priming with salicylic acid+ non-inoculation of mycorrhiza.Also, treatment combination of without stress + priming with salicylic acid+ Mycorrhizal inoculation increased amount of linolenic acid (5.53 percent) in compared with sever stress + non-priming with salicylic acid+ Mycorrhizal inoculation. Generally in order to achieve maximum performance in farming of borago officinalis, it is advisable to apply the condition without stress + priming with priming with salicylic acid + Mycorrhizal inoculation.

Key words: *Borago Officinalis*, Deficit conditions, Linolenic acid, Mycorrhizae, Priming, Yield

University of Shahrood

Faculty of Agriculture

Department of Agronomy

M. Sc. Thesis

The Effects of Salicylic Acid and Mycorrhizal Symboisis on Growth Characteristics Yield and Quality of Borago Officinalis on Water Deficit Conditions

Nafiseh Moslemi

Supervisor:

Dr. A. Gholami

Advisors:

Dr. F. Zafarian

Dr. H. Abbasdokht

January 2016