

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کنجد در تنش کم آبیاری در حضور پلیمر سوپر
جاذب و قارچ مایکوریزا

دانشجو:

علیرضا گیلانی

اساتید راهنما:

دکتر احمد غلامی

دکتر علی درخشان شادمهری

اساتید مشاور:

دکتر حمید عباس دخت

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای علیرضا گیلانی

تحت عنوان:

بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کنجد در تنش کم آبیاری در حضور پلیمر سوپر جاذب و قارچ
مایکوریزا

در تاریخ ۱۳۹۲/۱۱/۲۱ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه عالی
مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	دکتر عباس روحانی		دکتر حسن مکاریان
	دکتر حمید عباس دخت		دکتر علی درخشان شادمهری

هر آنکه خلق را پاس نکرده بی شک خدای یگانه را شکر به جای نیاورده است

پاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش را بنمونان شد و به هم نشینی رحروان علم و دانش مستخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت. و سلام و درود بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجدوان و امدار وجودشان است...

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه می او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، پاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تا این می کند و سلامت امانت بانی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب "من لم یسکر المنعم من المخلوقین لم یسکر الله عزوجل؛

از پدر و مادر عزیزم این دو معلم بزرگوارم که همواره بر کوتاهی و درستی من، قلم عفو کشیده و کرمیانه از کنار غفلت بایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاور بی چشم داشت برای من بوده اند؛ از اساتید با کمال و شایسته؛ جناب آقای دکتر احمد غلامی و جناب آقای دکتر علی درخشان شاد مهری که در کمال سه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از بیچ لگی در این عرصه بر من دریغ نمودند و زحمت را بهمانی این پایان نامه را بر عهده گرفتند؛ از اساتید صبور و باتقوا، جناب آقای دکتر حمید عباس دخت و جناب آقای دکتر مهدی برادران، که زحمت مشاوره این پایان نامه را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید؛ کمال تشکر و قدرانی را دارم.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را پاس گوید.

علیرضا کیلانی

تعهد نامه

اینجانب علیرضا گیلانی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته کشاورزی گرایش زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کنجد در تنش کم آبیاری در حضور پلیمرسوپر جاذب و قارچ مایکوریزا تحت راهنمایی دکتر احمد غلامی متعهد می شوم .

- 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 University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای 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 ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

به منظور بررسی اثر تنش کم آبیاری، قارچ مایکوریزا و مقادیر مختلف سوپرجاذب بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی کنجد (*Sesamum indicum* L.) آزمایشی با استفاده از اسپیلیت پلات فاکتوریل و در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شد. سطوح تیمار آبیاری براساس تبخیر تجمعی از تشت تبخیرشامل (I₁) ۸۰ میلی متر تبخیر، (I₂) ۱۶۰ میلی متر تبخیر و (I₃) ۲۴۰ میلی متر تبخیر به عنوان کرت اصلی و فاکتورهای فرعی مقادیر سوپرجاذب با سه سطح صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (Z₀, Z₁, Z₂) و قارچ مایکوریزا در دو سطح بدون تلقیح (M₀) و تلقیح (M₁) در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد کلیه صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد دانه به جز شاخص برداشت، درصد روغن و درصد پروتئین دانه در رژیم های مختلف آبیاری تفاوت معنی داری داشتند، همچنین تمام صفات به جز شاخص برداشت، درصد روغن، کلروفیل a و سرعت رشد در مرحله پنجم نمونه گیری تحت تأثیر سوپرجاذب قرار گرفتند، به طوری که بیشترین مقدار صفات اندازه گیری شده از سطح ۲۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار بدست آمد. همچنین صفاتی نظیر شاخص سطح برگ، محتوی نسبی آب، کلروفیل a، کلروفیل b و سرعت رشد مراحل اول تا سوم نمونه گیری گیاه تحت تاثیر تلقیح قارچ مایکوریزا واقع شد؛ تفاوت معنی داری داشتند. اثر متقابل آبیاری و سوپر جاذب تاثیر معنی داری بر روی ارتفاع، بیوماس، محتوی آب نسبی، کلروفیل a و سرعت رشد در مرحله چهارم نمونه گیری گیاه داشت. همچنین بر همکنش آبیاری و سوپرجاذب و مایکوریزا تاثیری معنی دار بر صفات درصد روغن، کلروفیل a و مرحله سوم نمونه گیری سرعت گیاه داشت. نتایج این تحقیق نشان داد که امکان استفاده از مقادیر مختلف پلیمر سوپرجاذب و قارچ مایکوریزا برای افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه و جلوگیری از اثرات سوء تنش های کم آبیاری وجود دارد.

کلمات کلیدی: تنش خشکی، سوپرجاذب، مایکوریزا، کنجد، محتوی نسبی آب

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱. گیلانی، ع.، غلامی، ا.، درخشان شادمهری، ع.، عباس دخت، ح. و برادران فیروزآبادی، م. ۱۳۹۲. بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کنجد در تنش کم آبیاری در حضور پلیمر سوپرجاذب. اولین همایش ملی آبیاری و بهره‌وری آب کشاورزی. ۱۰ بهمن. دانشگاه فردوسی مشهد.
۲. گیلانی، ع.، غلامی، ا.، درخشان شادمهری، ع.، عباس دخت، ح. و برادران فیروزآبادی، م. ۱۳۹۲. بررسی شاخص سطح برگ، محتوی نسبی آب برگ و سرعت رشد کنجد در تنش کم آبیاری در حضور پلیمر سوپرجاذب. اولین همایش ملی آبیاری و بهره‌وری آب کشاورزی. ۱۰ بهمن. دانشگاه فردوسی مشهد.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲	۱-۱ مقدمه.....
	فصل دوم: بررسی منابع
۸	۱-۲ خشکی.....
۸	۱-۱-۲-۱ تعریف تنش خشکی.....
۹	۱-۲-۲ تأثیرات خشکی روی گیاهان.....
۹	۱-۲-۱-۲ رشد محصول و عملکرد.....
۹	۱-۲-۱-۲ روابط آب.....
۱۰	۱-۲-۱-۲ روابط غذایی.....
۱۰	۱-۲-۱-۲ اثر تنش خشکی بر فتوسنتز.....
۱۲	۱-۲-۳ مکانیسم های مقاومت به خشکی.....
۱۲	۱-۳-۱-۲ مکانیسم های مورفولوژیکی.....
۱۳	۱-۳-۱-۲ فرار.....
۱۳	۱-۳-۱-۲ اجتناب.....
۱۴	۱-۳-۱-۲ انعطاف پذیری فنولوژیکی.....
۱۴	۱-۳-۱-۲ مکانیسم های فیزیولوژیکی.....
۱۵	۱-۳-۱-۲ حفظ آب سلول و بافت.....
۱۵	۱-۳-۱-۲ نقش آنزیم های آنتی اکسیدانت در مکانیسم های مهار رادیکال آزاد.....
۱۶	۱-۴ مدیریت تنش.....
۱۶	۱-۴ سوپر جاذب.....
۱۹	۱-۲-۲ مزایای استفاده از سوپر جاذب.....
۲۱	۱-۲-۲ موارد کاربرد.....
۲۱	۱-۲-۲ روش کاربرد سوپر جاذبها.....
۲۲	۱-۲-۲ مایکوریزا.....
۲۳	۱-۳-۲ طبقه بندی قارچ های مایکوریزا.....
۲۵	۱-۳-۲ نقش مایکوریزا در تغذیه گیاهان.....
۲۶	۱-۳-۲ نقش مایکوریزا در بهبود جذب آب.....
۲۶	۱-۳-۲ افزایش تحمل گیاه زراعی در برابر تنش های محیطی با حضور قارچ مایکوریزا.....
۲۷	۱-۴-۲ کنگد.....

۲۷	.....	۱-۴-۲ اهمیت کنجد
۲۸	.....	۲-۴-۲ مبدأ
۲۹	.....	۳-۴-۲ گیاه شناسی
۲۹	.....	۱-۳-۴-۲ ریشه
۳۰	.....	۲-۳-۴-۲ ساقه
۳۱	.....	۳-۳-۴-۲ برگ
۳۱	.....	۴-۳-۴-۲ گل
۳۲	.....	۵-۳-۴-۲ میوه
۳۳	.....	۶-۳-۴-۲ دانه
۳۳	.....	۵-۴-۲ سازگاری های اقلیمی
۳۳	.....	۱-۵-۴-۲ ارتفاع و عرض جغرافیایی
۳۴	.....	۲-۵-۴-۲ طول فصل رشد
۳۴	.....	۳-۵-۴-۲ حرارت و رطوبت
۳۵	.....	۴-۵-۴-۲ خاک
۳۶	.....	۵-۵-۴-۲ ارقام
۳۷	.....	۶-۵-۴-۲ مصارف

فصل سوم: مواد و روش ها

۴۰	.....	۱-۳ زمان و محل آزمایش
۴۰	.....	۲-۳ موقعیت جغرافیایی شهرستان بسطام
۴۰	.....	۳-۳ شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش
۴۰	.....	۴-۳ مشخصات خاک مزرعه
۴۱	.....	۵-۳ مشخصات طرح آزمایشی
۴۲	.....	۶-۳ مشخصات کرت ها
۴۲	.....	۷-۳ عملیات آماده سازی زمین و اعمال تیمارها
۴۳	.....	۸-۳ تیمار آبیاری
۴۳	.....	۹-۳ تیمار سوپر جاذب
۴۴	.....	۱۰-۳ تیمار مایکوریزا
۴۴	.....	۱۱-۳ کاشت
۴۴	.....	۱۲-۳ داشت
۴۴	.....	۱۳-۳ برداشت

۴۴.....	۱۴-۳ تعیین کلروفیل.....
۴۵.....	۱۵-۳ محتوی نسبی آب.....
۴۶.....	۱۶-۳ سرعت رشد.....
۴۶.....	۱۷-۳ محاسبات آماری.....

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴۸.....	۱-۴ کپسول در بوته.....
۵۰.....	۲-۴ دانه در کپسول.....
۵۳.....	۳-۴ وزن هزار دانه.....
۵۶.....	۴-۴ ارتفاع.....
۵۸.....	۵-۴ عملکرد دانه.....
۶۱.....	۶-۴ عملکرد بیولوژیکی.....
۶۳.....	۷-۴ شاخص برداشت.....
۶۴.....	۸-۴ روغن دانه.....
۶۶.....	۹-۴ عملکرد روغن.....
۶۸.....	۱۰-۴ پروتئین دانه.....
۶۹.....	۱۱-۴ عملکرد پروتئین.....
۷۱.....	۱۲-۴ شاخص سطح برگ.....
۷۴.....	۱۳-۴ محتوی نسبی آب (درصد).....
۷۶.....	۱۴-۴ کلروفیل a.....
۸۰.....	۱۵-۴ کلروفیل b.....
۸۲.....	۱۶-۴ سرعت رشد.....
۸۸.....	۱۷-۴ همبستگی بین صفات.....
۹۰.....	نتیجه گیری کلی.....
۹۰.....	پیشنهادات.....
۹۱.....	پیوست ها.....
۹۸.....	منابع.....

فهرست جداول

- جدول ۱-۳ نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه..... ۴۱
- جدول ۲-۳ نقشه اجرای طرح آزمایشی..... ۴۲
- جدول ۷-۴ اثر متقابل آبیاری × سوپر جاذب × مایکوریزا روی درصد روغن دانه..... ۶۵
- جدول ۸-۴ اثر متقابل آبیاری × سوپر جاذب × مایکوریزا بر کلروفیل a..... ۷۹
- جدول ۱-۴ تجزیه واریانس سطوح مختلف آبیاری، پلیمر سوپر جاذب و مایکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد کنگد..... ۹۲
- جدول ۲-۴ تجزیه واریانس سطوح مختلف آبیاری، پلیمر سوپر جاذب و مایکوریزا بر بر صفات فیزیولوژیک کنگد..... ۹۳
- جدول ۳-۴ اثر سطوح مختلف آبیاری، سوپر جاذب و مایکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد کنگد..... ۹۴
- جدول ۴-۴ اثر سطوح مختلف آبیاری، سوپر جاذب و مایکوریزا بر صفات فیزیولوژیک کنگد..... ۹۵
- جدول ۵-۴ جدول همبستگی بین صفات..... ۹۶
- جدول ۶-۴ معادلات منحنیهای مربوط به اثر اصلی تیمار..... ۹۷

فهرست اشکال

- شکل ۱-۲ طبقه بندی قارچ های میکوریزا..... ۲۴
- شکل ۱-۴ اثر آبیاری بر تعداد کپسول..... ۴۸
- شکل ۲-۴ اثر سوپر جاذب بر تعداد کپسول..... ۵۰
- شکل ۳-۴ اثر آبیاری بر تعداد دانه در کپسول..... ۵۱
- شکل ۴-۴ اثر سوپر جاذب بر تعداد دانه در کپسول..... ۵۲
- شکل ۵-۴ اثر آبیاری بر وزن هزار دانه..... ۵۳
- شکل ۶-۴ اثر سوپر جاذب بر وزن هزار دانه..... ۵۴
- شکل ۷-۴ اثر میکوریزا بر وزن هزار دانه..... ۵۵
- شکل ۸-۴ اثر متقابل آبیاری × سوپر جاذب بر ارتفاع بوته..... ۵۸
- شکل ۹-۴ اثر آبیاری بر عملکرد دانه..... ۵۹
- شکل ۱۰-۴ اثر سوپر جاذب بر عملکرد دانه..... ۶۰
- شکل ۱۱-۴ اثر میکوریزا بر عملکرد دانه..... ۶۱
- شکل ۱۲-۴ اثر متقابل آبیاری × سوپر جاذب بر عملکرد ماده خشک..... ۶۳
- شکل ۱۳-۴ اثر آبیاری بر عملکرد روغن..... ۶۶
- شکل ۱۴-۴ اثر سوپر جاذب بر عملکرد روغن..... ۶۷
- شکل ۱۵-۴ اثر میکوریزا بر عملکرد روغن..... ۶۷
- شکل ۱۶-۴ اثر سوپر جاذب بر پروتئین دانه..... ۶۸
- شکل ۱۷-۴ اثر آبیاری بر عملکرد پروتئین..... ۶۹
- شکل ۱۸-۴ اثر سوپر جاذب بر عملکرد پروتئین..... ۷۰

- شکل ۴-۱۹ اثر مایکوریزا بر عملکرد پروتئین..... ۷۰
- شکل ۴-۲۰ اثر آبیاری بر شاخص سطح برگ..... ۷۱
- شکل ۴-۲۱ اثر سوپر جاذب بر شاخص سطح برگ..... ۷۲
- شکل ۴-۲۲ اثر مایکوریزا بر شاخص سطح برگ..... ۷۳
- شکل ۴-۲۳ اثر متقابل آبیاری × سوپر جاذب بر محتوی آب نسبی..... ۷۵
- شکل ۴-۲۴ اثر متقابل آبیاری × سوپر جاذب بر کلروفیل a..... ۷۸
- شکل ۴-۲۵ اثر آبیاری بر کلروفیل b..... ۸۰
- شکل ۴-۲۶ اثر سوپر جاذب بر کلروفیل b..... ۸۱
- شکل ۴-۲۷ اثر مایکوریزا بر کلروفیل b..... ۸۲
- شکل ۴-۲۸ روند تغییرات (CGR) تحت سطوح مختلف آبیاری..... ۸۵
- شکل ۴-۲۹ روند تغییرات (CGR) تحت سطوح سوپر جاذب..... ۸۶
- شکل ۴-۳۰ روند تغییرات (CGR) در حضور مایکوریزا..... ۸۶
- شکل ۴-۳۱ اثر متقابل آبیاری × سوپر جاذب بر سرعت رشد در مرحله چهارم..... ۸۷
- شکل ۴-۳۲ اثر متقابل آبیاری × سوپر جاذب × مایکوریزا بر سرعت رشد در مرحله سوم..... ۸۷

فصل ۱

مقدمه

مقدمه

در کشور ایران اقلیم خشک و نیمه خشک اغلب مناطق را تحت تأثیر قرار داده و خصوصاً خشکسالی های اخیر بر مشکل کم آبی افزوده است. در اکثر مناطق کشور ما نزولات جوی بسیار اندک و به صورت پراکنده است که میانگین بارشهای سالانه آن ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی متر بوده، به طوری که اکثراً درغیر فصل زراعی اتفاق می افتد (عابدی کوپایی، ۱۳۸۵). از نقطه نظر کشاورزی، خشکی عبارت از ناکافی بودن آب قابل دسترس شامل بارش نزولات و ذخیره ی آب زیرزمینی است که باعث محدود شدن پتانسیل ژنتیکی عملکرد گیاه زراعی می شود (وینوکور و آلتامان، ۲۰۰۵). خشکی شایع ترین تنش محیطی است و تقریباً تولید ۲۵ درصد زمین های جهان را محدود می کند. البته خشکی تنها کمبود آب در محیط رشد ریشه گیاه نمی باشد بلکه در اثر تعدادی از عوامل محیطی دیگر مانند درجه حرارت زیاد، کمبود رطوبت نسبی هوا، سرعت شدید جریان هوا و روزهای آفتابی به وجود آمده و تحت تاثیر این عوامل تشدید می گردد (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۷۹).

کمبود منابع آبی یکی از عوامل اصلی محدود کننده ی تولید در سیستم های کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک می باشد که محدوده ی تامین سایر منابع و همچنین کارآیی مصرف آنها را نیز متاثر می سازد (کنان و همکاران، ۲۰۰۷). با توجه به کمبود منابع آبی، در شرایط کشت همزمان چند گیاه زراعی، در بسیاری از مناطق لازم است آب موجود جهت آبیاری تنظیم شود که این امر موجب آبیاری ناکافی می گردد. بنابراین، جهت بدست آوردن حداکثر محصول از واحد سطح، استفاده کارآمد از آب در دسترس و جلوگیری از اتلاف آن ضروری است. به عبارت دیگر، دستیابی به عملکرد مطلوب، نیازمند تعیین برنامه آبیاری مناسب است. در مطالعات آبیاری، روش تبخیر از تشک می تواند مورد استفاده قرار می گیرد. چون علاوه بر هزینه کم و کاربرد آسان، یکی از مناسب ترین سیستم ها برای تعیین رابطه ی بین گیاه، آب و اقلیم می باشد (استان هیل، ۲۰۰۲).

دانه های روغنی جهت تغذیه انسان و همچنین تولید مواد فرعی مورد استفاده در تغذیه دام از اهمیت زیادی برخوردار هستند. روغن، محصول فرآوری شده ی این گیاهان، به لحاظ اهمیت در ترکیب مواد غذایی، جزو مواد اولیه اساسی هر کشور محسوب می شود (ناصری، ۱۳۷۰).

ایران از جمله کشورهایی است که کاشت برخی از دانه های روغنی مانند کنجد، کرچک، گلرنگ و آفتابگردان در آن قدمتی طولانی دارد (بهدانی و راشد محصل، ۱۳۷۷). اما به رغم این سابقه دیرینه و وجود پتانسیل های فراوان در زمینه تولید دانه های روغنی، پیشرفت چندانی در این زمینه حاصل نشده است. کنجد (*Sesamum indicum* L) یکی از دانه های روغنی و خوراکی مهم در کشاورزی سنتی نواحی گرم و نیمه گرم است و ظاهراً قدیمی ترین دانه روغنی در جهان می باشد. کنجد گیاهی دانه روغنی است که سطح زیرکشت آن در ایران و جهان به ترتیب در حدود ۶۵۰۰ و ۴۲ هزار هکتار است (گلستانی و پاک نیت، ۱۳۸۶). مجموع چربی و پروتئین دانه کنجد نزدیک به ۷۵ درصد بوده و از این رو، اهمیت اقتصادی بالایی چه از نظر تغذیه انسان و چه مصارفی نظیر کنجاله دارد (گلستانی و پاک نیت، ۱۳۸۶). میزان روغن دانه کنجد بیش از ۴۵ درصد بوده و تابع رقم و محیط می باشد (خواجه پور، ۱۳۸۳). دانه کنجد دارای ۳۲-۵۴ درصد اسید اولئیک و ۳۷-۵۹ درصد اسید لینولنیک است و از اسید لینولئیک و کلسترول چندانی برخوردار نمی باشد، بنابراین کیفیت روغن دانه این گیاه برای تغذیه بسیار مناسب می باشد.

کنجد به عنوان یک گیاه دانه روغنی مقاوم به کم آبی مطرح است، ولی هم در مرحله استقرار گیاهچه و هم دوره گلدهی تا پر شدن دانه، حساس به تنش کم آبی است (ویز، ۲۰۰۰).

برخی مواد نظیر، بقایای گیاهی، کود دامی، کمپوست و هیدروژل های پلیمری سوپرجاذب می توانند مقادیر متفاوتی آب در خود ذخیره نموده و قابلیت نگهداری و ذخیره سازی آب را در خاک

افزایش دهند. آب ذخیره شده در این مواد در مواقع کم آبی در خاک آزاد شده و مورد استفاده ریشه گیاه قرار می گیرد (چاتزوپولوس، ۲۰۰۰).

سوپرجاذب به صورت ماده خشکی توصیف می شود که چندصد برابر وزن خود آب و محلول آبی جذب کند. این پلی مرها کاربردهای متنوعی یافته اند و از مهمترین موارد مصرف آنها در صنایع کشاورزی است (کبیری، ۱۳۸۴). این پلی مرها تنش رطوبتی را از بین برده و به سازگاری گیاهان کشت شده در محیط های خشک کمک می کند (الله دادی و همکاران، ۲۰۰۵).

پلیمرهای سوپر جاذب مواد اصلاح کننده جدیدی هستند که ضمن برخورداری از سرعت و ظرفیت زیاد جذب آب مانند انبارهای مینیاتوری آب عمل کرده و در موقع نیاز ریشه، به راحتی آب را در اختیار آن قرار می دهند. برای امور کشاورزی و باغبانی، بهتر است که از سوپر جاذب با میانگین ذرات بزرگتر که استحکام بیشتری دارد استفاده گردد. علت این امر این است که ذرات کوچک یا ژل های نرم فضاهای خالی در خاک را پر می کنند و از تنفس و جذب آب توسط ریشه جلوگیری می نمایند. از جمله نکاتی که در مورد سوپر جاذب ها مطرح این است که این ترکیبات جایگزین کودهای شیمیایی و آبیاری نمی باشند. این مواد تنها قابلیت نگهداری آب و برخی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را در خاک افزایش می دهند. سوپر جاذب ها بر اساس نوع ترکیب شیمیایی می توانند عناصری مانند: N, P, K, Zn, Fe و B را در خود نگهداری نموده و از آبشویی و هدر رفتن آن ها جلوگیری به عمل آورند (روستایی و همکاران، ۱۳۸۹). پلی مرهای سوپر جاذب از جنس هیدرو کربن هستند. پلی مرهای جاذب در سه دسته کوپلی مرهای نشاسته آکریلات، پلی اکریل آمیدها و پلی واینیل الکل ها دسته بندی می شوند (ناخدا و همکاران، ۱۳۷۹). پلیمرهای سوپر جاذب می توانند مقادیر زیادی آب یا محلولهای آبی را جذب نموده و متورم شوند (گراهام، ۱۹۹۷). این مخازن ذخیره کننده آب وقتی در داخل خاک قرار می گیرند آب آبیاری و بارندگی را به خود جذب نموده و از هدر رفت آب جلوگیری می نمایند و پس از خشک شدن محیط، آب داخل پلیمر به تدریج تخلیه شده و بدین

ترتیب خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد، مرطوب می ماند (کوچک زاده و همکاران، ۱۳۷۹). این مواد بی بو، بی رنگ و بدون خاصیت آلاینده‌ی خاک، آب و بافت گیاه می باشند (روشن، ۱۳۸۱). مقدار جذب آب در این پلیمرها بسته به فرمولاسیون، ناخالصی ها و میزان نمک موجود در آب از مقادیر بسیار کم حدود ۲۰ برابر تا بیش از ۲۰۰۰ برابر وزنی متغیر است (عسگری، ۱۳۷۳). آب حاصل از آبخوبی در خاک حاوی پلی مر سوپر جاذب مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که این آب از EC پایین تری نسبت به آب در خاکی که پلی مر سوپر جاذب استفاده نشده برخوردار است که علت آن جذب و نگهداری کودها و نمکهای اضافه شده به ماتریکس خاک توسط پلی مر سوپر جاذب است (وانگ و همکاران، ۱۹۸۷).

در طی سال های اخیر به استفاده از کشاورزی زیستی توجه زیادی شده است. برای داشتن یک سیستم کشاورزی پایدار استفاده از نهاده هایی که جنبه اکولوژیکی سیستم را بهبود دهند و خطرات زیست محیطی را کاهش بخشند ضرورت دارد. در بسیاری از موارد کاربرد کود های شیمیایی باعث آلودگی های محیطی و صدمات اکولوژیکی می شود که خود هزینه تولید را افزایش می دهد. برای کاهش این مخاطرات باید از نهاده هایی استفاده کرد که علاوه بر تامین نیاز های فعلی گیاه، باعث پایداری سیستم کشاورزی در دراز مدت شود. بنابراین استفاده از کود های زیستی و انتخاب بهترین گونه میکروارگانیسم ها که بیشترین سازگاری را به اقلیم منطقه داشته باشند می تواند در پایداری سیستم کشاورزی مفید باشد. استفاده از کودهای زیستی که حاوی سویه های قارچی مختلف است موجب کاهش مصرف کودهای شیمیایی می شود.

مایکوریزا یکی از مجموعه عوامل بیولوژیک است که بخش مهمی از موجودات خاکزی را شامل می شود. همزیستی این قارچ با ریشه گیاه میزبان و تشکیل سیستم مایکوریزایی نقش مهمی در حاصلخیزی و پایداری اکوسیستم خاک دارد (دود، ۲۰۰۰؛ جهان و همکاران، ۱۳۸۶). همزیستی قارچ مایکوریزایی بیشتر به منظور جذب عناصر غذایی کم تحرک در خاک مثل فسفر، مس، روی و منیزیم

صورت می گیرد (فابر و همکاران، ۱۹۹۰). نقش این قارچها در کمک به افزایش جذب آب و کارایی بیشتر مصرف آب به دلیل افزایش سطح جذب و توان جذب بیشتر میسلیموم ها نسبت به سیستم ریشه ای گیاه و کمک به کاهش تنش های محیطی مثل شوری و خشکی، حائز اهمیت می باشد (نادیان، ۱۳۷۷). این امر بخصوص در مناطقی نظیر ایران که با کم آبی شدید مواجه است، از اهمیتی خاص برخوردار است. این قارچها اثر چشمگیری بر افزایش جذب عناصر غذایی، رشد و سازگاری گیاهان میزبان در شرایط تنشهای محیطی دارند (نادیان و همکاران، ۲۰۰۹).

با توجه به اینکه تأثیر همزمان عوامل آبیاری و پلی مر سوپرجاذب و مایکوریزا بر کنجد گزارش نشده است، لذا در این آزمایش کاربرد همزمان این عوامل بر رشد و عملکرد گیاه کنجد مورد بررسی قرار گرفت.

فصل ۲

بررسی منابع

۲-۱ خشکی

به طور کلی در بین تمام تنش‌ها، تنش خشکی یکی از مهمترین و شایع ترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌آید (تورهان و باسر، ۲۰۰۴). بسیاری از گیاهان حداقل یک بار در سیکل زندگی خود با خشکی مواجه می‌گردند و این زمانی است که بذر آنها رسیده و خشک می‌شود (آرمند پیشه و همکاران، ۱۳۸۸). خشکی یک عامل مهم برای کاهش محصول در سرتاسر جهان است که میانگین عملکرد را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد (افوگلو و همکاران، ۲۰۰۹) و تقریباً تولید ۲۵ درصد زمین‌های جهان را محدود می‌کند (آرمند پیشه و همکاران، ۱۳۸۸). خشکی تنها کمبود آب در محیط رشد گیاه نمی‌باشد بلکه در اثر تعدادی از عوامل محیطی دیگر مانند درجه حرارت زیاد، کمبود رطوبت نسبی هوا، سرعت شدید جریان هوا و روزهای آفتابی به وجود آمده و تحت تأثیر این عوامل تشدید می‌گردد (کافی و همکاران، ۱۳۷۹). آب یکی از مهمترین عوامل موثر در عملکرد است و تنش آب در گیاهان سبب کاهش سرعت رشد، کاهش سطح برگ و نهایتاً کاهش تولید می‌شود (راهنما و همکاران، ۱۳۸۷).

۲-۱-۱ تعریف تنش خشکی

از نقطه نظر کشاورزی، خشکی عبارت از ناکافی بودن آب قابل دسترس شامل بارش نزولات و ذخیره ی آب زیرزمینی است که باعث محدود شدن پتانسیل ژنتیک و عملکرد گیاه زراعی می‌شود (وینوکور و آلتامان، ۲۰۰۵). این محدودیت به همراه سایر تنش های غیر زنده از جمله شوری، سرما، گرما، و تنش های زنده، پتانسیل ژنتیکی عملکرد گیاهان زراعی را به مقدار قابل توجهی کاهش می‌دهند (پریش و همکاران، ۲۰۰۶؛ پینگ و همکاران، ۲۰۰۶؛ ورسولوز و همکاران، ۲۰۰۶؛ مارتینز و همکاران، ۲۰۰۷). از لحاظ فیزیولوژی تنش آب یا کمبود آب به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن سلول ها و بافت های گیاه در وضعیتی قرار گرفته اند که آماس آنها کامل نیست (دانشمندی و عزیزی، ۱۳۸۸). همچنین خشکی را می‌توان اینگونه تعریف کرد که کمبود نسبتاً شدید آب موجب

جلوگیری از رشد گیاهان و برقرار شدن فشار تورگر کمتر از حداکثر فشار پتانسیل می شود (بی بی و همکاران، ۲۰۱۰).

۲-۱-۲ تأثیرات خشکی بر گیاهان

خشکی تقریباً تمام فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی شامل روابط آب، استفاده از عناصر غذایی، تثبیت CO_2 و ... اثر می گذارد. (بی بی و همکاران، ۲۰۱۰؛ دیازپرز و همکاران، ۱۹۹۵). اثر تنش خشکی به مدت زمان، دوام و اندازه کمبود آن بستگی دارد (پاندی و همکاران، ۲۰۰۱). اهمیت و تأثیرات مختلف تنش خشکی و وسعت آن در بخش های بعد شرح داده شده است.

۲-۱-۲-۱ رشد محصول و عملکرد

اولین و مهمترین تأثیر خشکی آسیب زدن به جوانه و استقرار ضعیف آن است. رشد عبارت از تقسیم سلول، طولی شدن سلول و تمایز، فرآیندهای ژنتیکی، فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی و ترکیب اثرات متقابل این رویدادها می باشد. کیفیت و کمیت رشد گیاه وابسته به فرآیندهایی است که بوسیله کمبود آب متأثر هستند. رشد سلول یک فرآیند فیزیولوژیکی حساس به خشکی است که دلیل آن کاهش فشار تورگر می باشد. در کمبود شدید آب، طولی شدن سلول بیشتر گیاهان بوسیله قطع جریان آب از آوند چوب به سلول های در حال رشد اطراف متوقف می شود (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹). تخریب تقسیم میتوز، منجر به کاهش طولی شدن سلول و در نهایت کاهش ارتفاع، سطح برگ و رشد محصول تحت تنش خشکی می شود (حسین و همکاران، ۲۰۰۸؛ کایا و همکاران، ۲۰۰۶). در مورد تنش آب شدت، مدت و زمان تنش به علاوه پاسخ های گیاهان بعد از برطرف شدن تنش و اثر متقابل بین تنش و دیگر فاکتورها به شدت مهم هستند (پلاوت، ۲۰۰۳).

۲-۱-۲-۲ روابط آب

محتوای نسبی آب برگ، مقاومت روزنه ای، نسبت تعرق، درجه حرارت برگ و درجه حرارت کانوپی خصوصیات مهمی هستند که روی روابط آب - گیاه تأثیر می گذارند. اگرچه روابط آب و گیاه از کاهش یافتن آب قابل دسترس متأثر می شود، اما در حقیقت باز و بسته بودن روزنه تأثیری

بیشتری نسبت به کاهش آب دارد. به علاوه تغییر در درجه حرارت برگ می تواند فاکتور مهمی در کنترل وضعیت آب برگ در تنش خشکی باشد. گونه های متحمل به خشکی¹ WUE را بوسیله کاهش تلفات آب حفظ می کنند (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-۱-۲-۳ روابط غذایی

کاهش آب قابل دسترس در اثر خشکی معمولا منجر به محدودیت جذب عناصر غذایی و تقلیل غلظت عناصر در بافت گیاهان زراعی می شود. مهمترین تأثیر کمبود آب روی جذب عناصر غذایی بوسیله ریشه و انتقال آنها به اندام هوایی می باشد. جذب پایین عناصر غذایی معدنی می تواند در نتیجه تداخل در جذب عناصر غذایی و مکانیسم تخلیه و کاهش سرعت تعرق باشد (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹). به طور کلی تنش رطوبتی موجب افزایش در نیتروژن، کاهش معین فسفر و تأثیرات نا معین روی فسفر را تحریک می کند (گراگ و همکاران، ۲۰۰۳).

نیاز های آب و عناصر غذایی به هم وابسته هستند، کاربرد کود احتمالا کارآیی گیاهان را در بهره برداری از آب قابل دسترس افزایش می دهد. این نشان دهنده اثر متقابل معنی دار بین کمبود رطوبت خاک و جذب عناصر غذایی می باشد. واضح است که عملکرد محصول می تواند بوسیله بالا بردن کارآیی عناصر غذایی گیاه در کمبود عرضه آب بهبود پیدا کند (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-۱-۲-۴ اثر تنش خشکی بر فتوسنتز:

کاهش تدریجی مقدار آب سلولی منجر به کاهش میزان فتوسنتز و در نهایت سبب توقف آن می شود (لاولر و کورنیک، ۲۰۰۲). یکی از عوامل مهم در کاهش فتوسنتز بسته شدن روزنه ها در شرایط کسر آب می باشد، که نتیجه آن کاهش هدایت روزنه ای و در نهایت کاهش میزان فتوسنتز می باشد. مسدود بودن روزنه سبب کاهش میزان فتوسنتز و غلظت CO₂ در فضای بین سلولی برگ می شود، که به نوبه خود سبب جلوگیری از متابولیسم می شود (لاولر، ۲۰۰۲). هنگامیکه مقدار آب سلول از ۱۰۰ درصد به ۷۵ درصد کاهش می یابد، هدایت روزنه ای کاهش یافته و در نتیجه فتوسنتز

¹ Water Use Efficiency

کاهش می یابد. به طور کلی میزان فتوسنتز بالقوه^۱ (حداکثر میزان فتوسنتز تحت شرایط اشباع CO₂ و نور و برگهای کاملاً اشباع از آب) با مقدار آب سلول دو نوع رابطه کلی دارد که نوع^۱ و نوع^۲ نامیده می شوند. نوع ۱ دو مرحله اصلی دارد. هنگامیکه مقدار آب نسبی سلول از ۱۰۰ درصد تقریباً به ۷۵ درصد می رسد، فتوسنتز بالقوه تحت تأثیر قرار نمی گیرد، اما کاهش هدایت روزنه ای منجر به کاهش فتوسنتز، پایین رفتن غلظت CO₂ در داخل برگ و در کلروپلاست می شود. اگر مقدار آب نسبی به پایین تر از ۷۵ درصد برسد، بازدارندگی متابولیکی برای فتوسنتز بالقوه و سپس توقف فتوسنتز رخ می دهد. پیشنهاد شده که این مرحله تنش واقعی است، که کاهش فتوسنتز بالقوه بوسیله کاهش سنتز ATP و متعاقب آن کاهش سنتز ریبولوز بی فسفات (RuBP) بوجود می آید. عکس العمل نوع ۲ زمانی رخ می دهد که فتوسنتز بالقوه تدریجاً از مقدار آب نسبی ۱۰۰ درصد تا ۷۵ درصد کاهش می یابد و میزان فتوسنتز با بالا بردن میزان CO₂ کمتر به مقدار اولیه (حالت بدون تنش) باز می گردد. در این مرحله کاهش هدایت روزنه ای منجر به کاهش CO₂ داخل برگ و داخل کلروپلاست می شود و احتمالاً به نقطه جبرانی نمی رسد، در این مرحله هدایت روزنه ای به تدریج کم اهمیت تر می شود و محدودیت های متابولیکی با کاهش مقدار آب نسبی پر اهمیت تر می شوند. در تنش خشکی متوسط، محتوای آب برگها کاهش می یابد ولی در ظرفیت فتوسنتزی گیاه تغییری مشاهده نمی شود. در تنش خشکی شدید سلولها تا حد زیادی آب خود را ازدست می دهند و تا زمانی این امر ادامه پیدا می کند که فقط آب پیوندی باقی می ماند و در نتیجه خسارات شدیدی به سلولها وارد شده و رشد و فتوسنتز گیاه به شدت محدود می گردد (روحی و همکاران، ۲۰۰۷).

گیاهان مقاوم به خشکی وظایف روزنه ای خود را به نحوی تنظیم می نمایند که حتی در شرایط تنش نیز قادر به تثبیت مقداری دی اکسید کربن نیز هستند و در نتیجه راندمان فتوسنتزی خود را می توانند در حد بالا حفظ نمایند (جوادی و همکاران، ۱۳۸۹).

1 - Photosynthetic Potential

2 - Type 1

3 - Type 2

وجود مقدار کافی آب برای حفظ فتوسنتز، عملکرد و رشد ضروری است (جوادی و بهرام نژاد ۱۳۸۹). مقاومت انتشار روزنه به ورود CO₂ احتمالاً فاکتور اصلی محدود کننده فتوسنتز در شرایط خشکی است. مطمئناً در تنش خشکی ملایم یا متوسط بسته شدن روزنه (به علت کاهش غلظت CO₂ داخل برگ) دلیل مهم برای کاهش نسبت فتوسنتز برگ است. تنش خشکی شدید همچنین از فتوسنتز گیاه به علت تغییر در مقدار کلروفیل، با تأثیر روی ترکیبات کلروفیل از خسارت به دستگاه فتوسنتز جلوگیری می کند (مفاخری، ۲۰۱۰).

۳-۱-۲ مکانیسم های مقاومت به خشکی

گیاهان زراعی بطور پیوسته در معرض تنش کمبود آب بوده و به روش های گوناگونی به تنش واکنش نشان می دهند. فهم و درک این واکنش ها کمک های زیادی را به تشریح نحوه رشد و میزان تولید آنها در شرایط تنش زای محیطی خواهد کرد (یونسی و همکاران، ۱۳۸۹). پاسخ و سازگاری گیاهان و زنده ماندن تحت تنش خشکی بوسیله پاسخ های مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی ایجاد می شود. تحمل به خشکی توانایی رشد، گلدهی و ارائه عملکرد اقتصادی گیاه در شرایط کاربرد کمتر از حد مطلوب آب تعریف می شود. تأثیرات تنش خشکی روی روابط آب سلول های گیاهی، بافت، سطح اندام ها، موجب واکنش های خسارتی و سازگاری می شود (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹). گیاهان در چنین شرایطی با عکس العمل های مختلف مانند کاهش اندازه و منافذ سلولی، کاهش سطح برگ، افزایش مقدار کیتین، کرک ها و لایه های پارانشیمی، تغییر مرحله رویشی به زایشی و ریزش زود هنگام برگ ها به این کمبود واکنش نشان می دهد. این فرایندها ناشی از سه مکانیسم اجتناب، تحمل و فرار است که گیاهان معمولاً در شرایط تنش به آن متوسل می شوند (راهنما و همکاران، ۱۳۸۷).

۳-۱-۲-۱ مکانیسم های مورفولوژیکی

مطالعات نشان داده که تنش خشکی می تواند روی رشد اندام های مختلف گیاه تأثیر بگذارد، که می تواند منجر به تغییر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه شود (لیو و استوتوزل، ۲۰۰۴). گیاهان

متحمل به خشکی در کل گیاه ، بافت، سطوح مولکولی و فیزیولوژیکی تغییرات ایجاد می کنند. ظهور یک یا ترکیبی از تغییرات اصلی توانایی گیاهان را به تحمل کاربرد محدود آب تعیین می کند.

۲-۱-۳-۱-۱ فرار^۱

فرار از خشکی عبارت از رسیدن از طریق کوتاه کردن چرخه زندگی یا فصل رشد و شروع گل دهی قبل از خشک شدن محیط می باشد. زمان گلدهی از ویژگی های مهم سازگاری با خشکی است، چرخه زندگی کوتاه می تواند منجر به فرار از خشکی شود (آرائوس و همکاران، ۲۰۰۲). بقاء گیاه عبارت است از فعالیت در داخل خاک که بوسیله ژنوتیپ و محیط تعیین می شود و همچنین توانایی محصول به فرار از تنش های مربوط به آب و هوا از جمله خشکی، تعریف می شود (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹). تطبیق دوره رشد گیاه با رطوبت قابل دسترس برای بدست آوردن عملکرد بالا مهم است (صدیقی و همکاران، ۲۰۰۳). فرار از خشکی زمانی اتفاق می افتد که توسعه فنولوژیکی با موفقیت با دوره های رطوبت قابل دسترس خاک تطبیق پیدا می کند، فصل رشد کوتاه تر است و در نهایت بر تنش خشکی غلبه می کند (آرائوس و همکاران، ۲۰۰۲).

۲-۱-۳-۱-۲ اجتناب^۲

اجتناب از خشکی عبارت است از مکانیسمی که تلفات آب از گیاه را ، در نتیجه کنترل تعرق روزنه ها و همچنین حفظ جذب آب از طریق سیستم ریشه ای فراوان و گسترده کاهش می دهد (تورنر و همکاران، ۲۰۰۱ و کاوار و همکاران، ۲۰۰۷). خصوصیات ریشه مانند بیومس، طول، تراکم و عمق ویژگی های اجتناب از خشکی اصلی هستند که به عملکرد نهایی در محیط های خشک کمک می کنند (تورنر و همکاران، ۲۰۰۱). تغییر در نسبت ماده خشک ریشه به اندام هوایی به عنوان یک مکانیسم پیچیده در سازگاری گیاهان به خشکی مطرح شده است (لیو و استوتوزل، ۲۰۰۴). عمق و ضخامت سیستم ریشه برای استخراج آب از اعماق مهم است (کاوار و همکاران، ۲۰۰۷). رشد موم

1- Escape

2 - Avoidance

روی برگ ها به نگهداری پتانسیل آب بالای بافت کمک می کند، بنابراین یک ویژگی مطلوب برای تحمل به خشکی مطرح می شود (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-۱-۳-۱-۳ انعطاف پذیری فنولوژیکی^۱ (تحمل)

رشد گیاه عمدتاً از کمبود آب متأثر است. در سطح مورفولوژیکی اندامهای هوایی و ریشه تأثیر پذیر هستند و هر دو اجزای مهم سازگاری گیاه به خشکی هستند. گیاهان معمولاً تعداد و سطح برگهایشان را در پاسخ به تنش خشکی محدود می کنند (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹). از آنجائیکه ریشهها تنها منبع گرفتن آب از خاک هستند، رشد ریشه، تراکم، ازدیاد و اندازه آن از پاسخهای مهم گیاهان به تنش خشکی هستند. برگهای کرک دار درجه حرارت برگ و تعرق را کاهش می دهند (کاوار و همکاران، ۲۰۰۷). تحت تنش تشعشعی و درجه حرارت بالا، کرکها افزایش یافته و بازتاب نور و تلفات آب را توسط افزایش مقاومت لایه مرزی به حرکت بخار آب از طریق سطح برگ به حداقل می رسانند (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹). ریشهها اندام گیاهی مهمی برای سازگاری به خشکی هستند. اگر تعریف تحمل توانایی حفظ سطح برگ و طولانی کردن مرحله رشد تحت تنش خشکی است، مبنای اصلی ظهور پراکندگی ساختمان سیستم ریشه است که وضعیت آب گیاه را مطلوب تر نگه می دارد (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-۳-۱-۲ مکانیسم های فیزیولوژیکی

اولین نتایج فیزیولوژیکی تنش آبی ملایم شامل کاهش توسعه سلولی، سنتز دیواره سلولی، سنتز پروتئین، بسته شدن روزنه ای و فتوسنتز است. (جوادی و بهرام نژاد ۱۳۸۹)

تنظیم فشار اسمزی، حفظ تراوش، آنتی اکسیداسیون و تنظیم سیستم دفاعی در تحمل به خشکی بیشتر اهمیت دارند (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹).

1 - Phenotypic flexibility

۲-۱-۳-۲-۱ حفظ آب سلول و بافت

تنظیم اسمزی به سلول اجازه می دهد تا پتانسیل اسمزی را کاهش دهد و در نتیجه، شیب نفوذ آب و حفظ تورم افزایش می یابد. بهبود وضعیت آب بافت می تواند از طریق تنظیم اسمزی و یا تغییر در قابلیت ارتجاع دیواره سلولی نائل شود. این برای فعالیت فیزیولوژیکی در دوره های توسعه یافته خشکی ضروری است (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹). در میان مکانیسم های مختلف تنظیم اسمزی، آبسزیک اسید و مکش آب می تواند تحمل دوباره به خشکی را بوسیله حفظ پتانسیل آب بالای بافت برقرار کنند (تورنر و همکاران، ۲۰۰۱). با تجمع املاح، پتانسیل اسمزی در سلول کاهش می یابد و با جذب آب به داخل سلول به حفظ تورگر کمک می کند. تنظیم اسمزی به حفظ بالانس آب سلول با تجمع فعال املاح در سیتوپلاسم کمک می کند، بدین وسیله اثرات مضر خشکی به حداقل می رسد. تنظیم اسمزی ویژگی مهمی در به تاخیر انداختن خسارت از دست دادن آب در محیط هایی که کمبود آب دارند، بوسیله حفظ دائم تورم سلول و فرآیندهای فیزیولوژیکی می باشد (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹). تنظیم اسمزی همچنین جا به جایی بهتر کربوهیدرات های جدا شده قبل از گل دهی طی پر شدن دانه را تسهیل می کند در حالیکه حفظ تورگر بالا به نسبت فتوسنتز بیشتر و رشد منجر می شود (سوبرا و همکاران، ۲۰۰۰).

۲-۱-۳-۲-۲ نقش آنزیم های آنتی اکسیدانت در مکانیسم های مهار رادیکال آزاد

قرار گرفتن در معرض تنش های محیطی (شامل خشکی، سرما، شوری و ...) منجر به تولید رادیکال های آزاد^۱ شامل اکسیژن واحد (O_2^{\cdot})، پرهیدروکسیل رادیکال (H_2O)، هیدروکسیل رادیکال ($O_2^{\cdot 2}$)، پر اکسید هیدروژن (H_2O_2) و آلوکسی رادیکال (RO) می شود. رادیکال های آزاد می توانند با پروتئین ها، چربی ها و DNA، واکنش نشان دهند و منجر به خسارت اکسیداتیو و آسیب زدن به فعالیت نرمال سلول ها شوند. سیستم دفاع آنتی اکسیدانی در سلول گیاه شامل اجزاء (سازنده های

1 - Reactive Oxygen Species (ROS)

آنزیمی و غیر آنزیمی می باشد. اجزاء آنزیمی عبارتند از سوپر اکسید دیسماتاز، کاتالاز، پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و گلوکاتیون ریداکتاز. به محض قرار گرفتن در معرض تنش های غیر زنده، سلول های متحمل، سیستم آنتی اکسیدان آنزیمی شان را فعال می کنند که پس از شروع، رادیکال های آزاد فروکش می کنند و سلول حفاظت می شود (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹).

۴-۱-۲ مدیریت تنش

مدیریت تنش در مناطقی با آب و هوایی مدیترانه ای همانند ایران از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده و لزوم استفاده صحیح از منابع آبی را امری اجتناب ناپذیر ساخته است. اثرات تنش خشکی می تواند بوسیله تولید بیشتر ژنوتیپ های گیاهی مناسب به علاوه تنظیم شیوه های کشاورزی (زمان کاشت، تراکم گیاه و مدیریت خاک) مدیریت شود. از استراتژی های مهم مدیریت تنش می توان اصلاح ژنتیک گیاهان، تحریک تحمل به خشکی گیاه با پیش تیمار کردن و کاربرد هورمون و همچنین استفاده از موادی که بتوان آب را برای مدت بیشتری در خاک ذخیره کرد نام برد (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹). چنانچه به توان با مدیریت صحیح کم آبیاری و کاشت گیاهان متحمل به خشکی در میزان آب آبیاری صرفه جویی کرد، می توان با میزان آب موجود سطح زیر کشت را افزایش و به افزایش تولید کمک کرد (راهنما و همکاران ۱۳۸۷).

۲-۲ سوپر جاذب^۱

اعمال مدیریت صحیح و به کارگیری تکنیک های پیشرفته به منظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک از جمله اقدامات مؤثر برای افزایش راندمان آبیاری و در نتیجه بهبود بهره برداری از منابع محدود آب می باشد. یکی از راهکارهای استفاده بهینه از منابع آب و حفظ آن استفاده از پلی مرهای سوپر جاذب است (سید دراجی و همکاران ۱۳۸۹). کاربرد مواد جاذب رطوبت در کشورهای آمریکا، آلمان، استرالیا و ژاپن دارای قدمت زیادی است. شروع تحقیقات علمی بر روی این مواد به دهه ۱۹۸۰ میلادی بر می گردد. پس از شناخت تأثیر سوپر جاذب ها روی خصوصیات خاک و رشد گیاهان، تولید

1 - Super absorbent

تجاری و انبوه آن از اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰ آغاز گردید و حدود سال ۲۰۰۰ میلادی اغلب کشورها به خصوص مناطق خشکی نظیر آفریقا، آمریکای جنوبی، خاورمیانه و برخی مناطق خاور دور نسبت به آن شناخت بیشتری پیدا نمودند (منتظر ۱۳۸۷).

ماده‌ای که قابلیت جذب آب حداقل ۲۰ برابر وزن خود را داشته باشد به عنوان سوپر جاذب ارزیابی می‌شود (کریمی و نادری ۱۳۸۶). پلیمرهای سوپر جاذب می‌توانند مقادیر زیادی آب یا محلول های آبی را جذب نموده و متورم شوند (امیدیان و همکاران، ۲۰۰۵؛ امیدیان و پارک، ۲۰۱۰؛ مون و همکاران، ۲۰۱۰؛ ظهوریان مهر، ۲۰۱۰). این مخازن ذخیره کننده آب وقتی در داخل خاک قرار می‌گیرند آب آبیاری و بارندگی را به خود جذب نموده و از فرونشست آن جلوگیری می‌نمایند (کوچک زاده و همکاران، ۱۳۷۹؛ راجو و همکاران، ۲۰۰۲؛ امیدیان و همکاران، ۲۰۰۵) و پس از خشک شدن محیط، آب داخل پلیمر به تدریج تخلیه شده و بدین ترتیب خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد، مرطوب می‌ماند (مونینگ، ۲۰۰۵؛ لیانگ و لیو، ۲۰۰۶؛ وو و همکاران، ۲۰۰۸؛ ویدیاستوتی و همکاران، ۲۰۰۸). ذرات هیدروژل سوپر جاذب تا رسیدن به حجم تعادلی خود متورم شده و به دلیل داشتن اتصالات عرضی در شبکه پلیمری خود، تورم باعث انحلال آن‌ها نمی‌شود. برخلاف مواد اسفنجی که جذب آب در آن‌ها فیزیکی است، جذب آب در پلیمرها به صورت شیمیائی است و به همین دلیل پلیمرها حتی تحت فشار هم، آب را به مدت طولانی تری حفظ می‌کنند (فاضلی رستم پور و همکاران ۱۳۸۹). مقدار جذب آب در این پلی مرها بسته به فرمول بندی، آب، ناخالصی‌ها و مقدار نمک موجود، از مقادیر بسیار کم حدود ۲۰ برابر وزنی تا بالاتر از ۲۰۰۰ برابر وزنی متغیر است (کریمی و نادری، ۱۳۸۶؛ سید دراجی و همکاران، ۱۳۸۹). ۳ گروه پلی مرهای آبدوست عموماً می‌توانند استفاده شوند؛ پلی مرهای طبیعی، نیمه مصنوعی و پلی مرهای مصنوعی (عابدی و کوپایی، ۲۰۰۶). پلی مرهای مصنوعی ترکیبات آلی بوده که به صورت مصنوعی تولید می‌شوند و از پلی آکریلات پتاسیم و کوپلی مرهای پلی اکریل آمید ساخته شده اند (رحمانی و همکاران، ۱۳۸۸). این مواد بی بو، بی رنگ و بدون خاصیت آلاینده‌گی خاک، آب و بافت گیاه می‌باشند (اله دادی،

۱۳۸۱؛ پوراسماعیل و همکاران، ۱۳۸۹). نسل جدید پلی مرها با وزن مولکولی بیشتر، با میزان استفاده کمتر، برای محیط زیست و حفاظت خاک مفید بوده و کارایی آبیاری بالا برای کشاورزی عمومی، استفاده از آنها را برای تولید اقتصادی عملی می سازد (سیوآپالان، ۲۰۰۱). کارایی آنها بوسیله ترکیب شیمیایی و شرایط ساخت پلی مر آب دوست و ترکیب شیمیایی محلول خاک یا آب آبیاری تعیین می شود (عابدی کوپایی، ۲۰۰۶).

سرعت تجزیه بیولوژیکی پلیمرهای سوپرچاذب در خاک به ابعاد خاکدانه و میزان مواد آلی بستگی دارد. همچنین با کاهش اکسیژن خاک و در نتیجه کاهش فعالیت باکتریها سرعت تجزیه بیولوژیکی پلیمرهای سوپرچاذب نیز کاهش می یابد (یزدانی و همکاران ۱۳۸۶). زمانی که پلیمرها آب را جذب و رها می کنند، در اثر انبساط و انقباض ساختمان خاک بهبود می یابد و منافذ حاوی هوا در خاک جهت توسعه ریشه بویژه در خاکهای ریز بافت افزایش می یابد (سید دراجی و همکاران ۱۳۸۹). بنا بر نظر دگایورگی (۲۰۰۲) مصرف سوپر جاذبها سبب افزایش فعالیت میکروارگانیسمها و میکوریزا خواهد شد. تحقیقات انجام شده روی تأثیر پلیمرهای سوپرچاذب در خاک و تحت شرایط کم آبی روی برخی گیاهان موفقیت آمیز بوده و این خود به دلیل مناسب بودن قیمت نسبی این مواد در برخی کشورها، سهولت ساخت و مصرف و طیف وسیع کاربرد آنها می باشد (یزدانی و همکاران ۱۳۸۶). نکته مهم این است که قابلیت نگهداری و آزاد سازی آب توسط سوپر جاذب در خاک شن لومی بیشتر است. سوپر جاذب همانند یک تانکر ذخیره عمل می کند و آب را متناسب با مصرف گیاه در اختیار آن قرار می دهد (کریمی و نادری ۱۳۸۶). پلی مر های سوپر جاذب با نگهداری آب در خاک شنی، تغییر توزیع اندازه حفرات خاک و کاهش تبخیر فیزیکی، میزان آب در دسترس گیاه را به طور قابل ملاحظه ای افزایش می دهند (آگابا و همکاران، ۲۰۱۰؛ بای و همکاران، ۲۰۱۰؛ سید دراجی و همکاران، ۱۳۸۹).

۱-۲-۱ مزایای استفاده از سوپر جاذب

خواص این مواد وابسته به عوامل زیادی از جمله خصوصیات ترکیبی و شیمیایی آنها، بافت خاک، گونه گیاهی و نیز فاکتورهای محیطی، می باشد (چاتزوپلوس، ۲۰۰۰؛ سید دراجی و همکاران ۱۳۸۹).

۱- هدف اصلی از افزودن پلی مرهای سوپر جاذب به خاک، بالا بردن ظرفیت نگهداری آب در خاک است (یزدانی و همکاران ۱۳۸۶؛ خادم و همکاران ۱۳۹۰؛ پترسون، ۲۰۰۲؛ مسلمی و همکاران، ۲۰۱۱).

۲- استفاده بهینه از آب، (منتظر، ۱۳۸۷؛ کریمی و نادری، ۱۳۸۶)، عناصر غذایی خاک، (کریمی و نادری، ۱۳۸۶؛ مسلمی و همکاران، ۲۰۱۱؛ نظری و همکاران، ۲۰۱۱)، کود و سموم شیمیایی، (منتظر، ۱۳۸۷)

در برخی شرایط پلی مرهای سوپر جاذب به عنوان عامل آزادکننده کود در ماتریکس خاک مورد استفاده قرار میگیرند. بدین صورت که این پلی مر عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان را جذب نموده و به مرور آنها را آزاد و در اختیار گیاه قرار می دهد و بدین ترتیب مانع از آبشویی این عناصر می گردد (یزدانی و همکاران ۱۳۸۶)

۳- تعداد یا زمان آبیاری را بوسیله افزایش فاصله آبیاری کاهش می دهند، بنابراین در هزینه آب و انرژی صرفه جویی می شود (پترسون، ۲۰۰۲؛ مسلمی و همکاران، ۲۰۱۱) ((کاهش تعداد آبیاری تا ۵۰٪) (نظری و همکاران، ۲۰۱۱)).

۴- باعث رشد بهتر و توسعه گیاهان و در نتیجه افزایش عملکرد تحت آبیاری نرمال و شرایط تنش آب می شوند (مسلمی و همکاران، ۲۰۱۱).

۵- در حضور پلی مرسوپر جاذب دسترسی ریشه گیاه به آب قابل استفاده بیشتر می باشد و گیاه کمتر تحت تأثیر شرایط تنش خشکی قرار می گیرد. (یزدانی و همکاران، ۱۳۸۶؛ خادم و همکاران، ۱۳۹۰؛ سیواپالان، ۲۰۰۱)

۶- افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک‌های با ظرفیت نگهداری محدود آب مانند خاک‌های شنی با استفاده از پلی مرهای آب دوست منجر به کاهش تلفات آب از طریق آبخویی و بهبود کارایی مصرف می شود(منتظر، ۱۳۸۷؛ تابان و موحدی نائینی، ۲۰۰۶؛ مارتینز، ۲۰۰۷).

۷- پلی مرها در خاک قادرند مقدار آب از دست رفته را در خاک از طریق تبخیر کاهش دهند (سیواپالان، ۲۰۰۱؛ مسلمی و همکاران، ۲۰۱۱؛ سید دراجی و همکاران ۱۳۸۹).

۸- ذخیره کاتیون‌های قابل تبادل و افزایش ظرفیت نگهداری نیتروژن، فسفر و گوگرد برای رشد گیاهان(فتحی، ۱۳۷۸).

۹- استفاده از پلی مر سوپرجاذب باعث افزایش جذب و نگهداری آب ثقلی در خاک و طولانی نمودن دور آبیاری برای گیاه می‌گردد (مرادی و همکاران، ۱۳۹۰).

۱۰- بهبود نفوذپذیری خاک (منتظر و همکاران، ۱۳۸۷؛ هلالیا و لیتی، ۱۹۸۸؛ سیواپالان، ۲۰۰۱؛ نظری، ۲۰۱۱).

۱۱- کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک (الهادی و الدوینی، ۲۰۰۶؛ روتشید و بورنچاد، ۲۰۰۵).

۱۲- پایداری ساختمان خاک (هلالیا و لیتی، ۱۹۸۸)، بهبود دانه بندی و افزایش قابلیت ثبات خاک دانه ها (بن هور و لیتلی، ۱۹۸۹).

۱۳- منجر به بهبود تهویه (عابدی و کوپایی، ۲۰۰۶؛ مسلمی و همکاران، ۲۰۱۱؛ نظری و همکاران، ۲۰۱۱) و زهکشی متوسط (عابدی و کوپایی، ۲۰۰۶) خاک می شود.

۱۴- از تشکیل سله ممانعت می‌کند (بن هور و لیتلی، ۱۹۸۹).

۱۵- از ایجاد رواناب در مزرعه ممانعت می‌کند و فرسایش خاک را کاهش می‌دهد، (بن هور و لیتلی، ۱۹۸۹).

۱۶- جلوگیری از تنش‌های ناشی از نوسان های رطوبتی،(منتظر، ۱۳۸۷)

۱۷- امکان کشت در مناطق بیابانی و سطوح شیب دار،(منتظر، ۱۳۸۷)

۱۸- تخلیه راحت کربن دی‌اکسید ناحیه ریشه و افزایش رطوبت اسمزی (نظری و همکاران،

(۲۰۱۱)

۱۹- در نهایت افزایش بازده محصول را می‌توان از جمله منافع حاصل از کاربرد سوپرجاذب‌های

کشاورزی نام برد. (منتظر ۱۳۸۷)

۱-۲-۲ موارد کاربرد

در تصفیه آب آشامیدنی و فاضلاب، آبگیری لجن، تجزیه مواد معدنی، عمل آوری مواد غذایی، مراقبت تولیدات شخصی و ذخیره کردن آزمایشگاهی و همچنین در کشاورزی استفاده می‌شوند (عابدی و کوپایی، ۲۰۰۶؛ بارونیک، ۱۹۹۴؛ یزدانی و همکاران، ۱۳۸۶). در کشاورزی از پلی‌مرهای سوپرجاذب به عنوان یک ماده افزودنی به خاک، به عنوان مخزن عناصر غذایی و نیز به عنوان ابر جاذب آب در خاک استفاده می‌شود (یزدانی و همکاران ۱۳۸۶). این مواد همچنین در پزشکی و در ترکیب داروهایی که نیاز به کنترل آزاد سازی مواد موثر دارند به کار می‌روند. همچنین از این مواد می‌توان در تولید پوشک بچه و به عنوان جاذب الرطوبه استفاده نمود (پور اسماعیل و همکاران ۱۳۸۶)

۲-۲-۳ روش کاربرد سوپرجاذب‌ها

پلی‌مر سوپرجاذب می‌تواند به روش کپه‌ای (درون گودال)، نواری و اختلاط کامل با خاک به کار رود. نکته مهم در هنگام کاربرد این مواد این است که باید به خوبی با خاک مخلوط شوند و در سطح خاک استفاده نشوند علت این امر تأثیر اشعه خورشید و اشعه ماوراء بنفش روی سوپرجاذب بوده که موجب شکستگی سریع آن می‌شود. این ترکیب همچنین به عنوان بستر رویش گیاه و به صورت خالص و بدون خاک نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این صورت بهتر است عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به آن اضافه شود. در مزارع پلی‌مر به دو صورت به کار می‌رود. در روش اول پس از پخش سطحی سوپرجاذب، آن را توسط شخم تا عمق زیر ناحیه ریشه بر می‌گردانیم آنگاه می‌توان مبادرت به کاشت گیاه نمود. در روش دوم از کود پاش نواری استفاده می‌کنیم که طی آن سوپرجاذب

جاذب توسط لوله های دستگاه در کنار ردیف های کاشت و در عمق ریشه ها قرار می گیرد (پور اسماعیل و همکاران ۱۳۸۶).

۲-۳ میکوریزا

پژوهشگران میکوریزا (*Mycorrhizae*) را ساختمان هایی زنده می دانند که از همراهی و همزیستی بین ریشه گیاهان و قارچها تحصیل می گردد (غلامی و همکاران، ۱۳۷۸) و منجر به افزایش توان ماندگاری هردو موجود می گردد. کلمه همزیستی اولین بار توسط دی باری (۱۸۸۷) برای زندگی مشترک یک پارازیت با میزبان بکار رفت (علی اصغرزاده و صالح راستین ۱۳۸۰). در این حالت دو موجود زنده با هم رابطه متقابلی دارند که هر دو از آن سود می برند و بدون وجود یکدیگر نمی توانند به زندگی ادامه دهند و در صورت دور بودن از یکدیگر هر دو زیان می بینند (اردکانی، ۱۳۸۴). اصطلاح میکوریزا اولین بار توسط فرانک (گیاه شناس آلمانی) در ۱۸۸۵ برای توصیف رابطه همزیستی بین ریشه گیاهان و قارچها مورد استفاده قرار گرفت. قبل از او نیز برخی بیولوژیست های گیاهی چنین ارتباطاتی را گزارش کرده بودند.

ریسک (۱۸۷۴) وجود ریشه های قارچی را در نهاندانگان مختلف و مخصوصاً ارکیداسه شرح داد. او برای اولین بار عنوان کرد که در همزیستی میکوریزایی، موادی که از خاک جذب گیاه می شوند بایستی از لایه قارچی عبور کنند. فرانک در سال ۱۸۹۴ در مقاله خود نشان داد که درختان کاج میکوریزای سریع تر از غیر میکوریزای رشد می کنند. میکوریزا بصورت تحت لفظی به معنی قارچ ریشه است (اسمیت و رید، ۱۹۹۷).

قارچهای میکوریزا از متنوع ترین قارچ هایی هستند که گسترش جهانی داشته و در تمامی انواع خاکها به رشد و نمو می پردازند (کیانمهر، ۱۹۸۱؛ ویمارد و همکاران، ۱۹۹۹). قارچ های AM¹ نه تنها توانایی برقراری یک رابطه همزیستی با ۸۰ درصد از ریشه گیاهان را دارند، بلکه رشد گیاهان را

1 - Arbuscular Mycorrhiza

از طریق افزایش جذب فسفر قابل دسترس خاک و دیگر مواد غذایی پایدار لازم برای رشد گیاه را بهبود می بخشند، همچنین آنها در حفظ ثبات خاک دانه های خاک، در جلوگیری از فرسایش و کم کردن اثرات ناشی از عوامل زنده و غیر زنده خاک موثر هستند (اسمیت و رید، ۲۰۰۸). این قارچ در داخل سلولهای ریشه میزبان اندام تخصصی به نام آرباسکول تولید کرده، و اعتقاد بر این است که مکان اصلی برای تبادل مواد غذایی بین گیاه و قارچ می باشد. مواد غذایی توسط شبکه ای متراکم بنام میسیلوم (هیف قارچ) که در پروفیل خاک منشعب و در ارتباط با ریشه گیاه که موجب انتقال مواد غذایی به گیاه میزبان می شود.

قارچ های میکوریزا پس از برقراری همزیستی با گیاهان میزبان بر جنبه های مختلف فیزیولوژی و بیوشیمی گیاه تاثیر گذاشته و موجب بهبود رشد و نمو آن می شود. آنها از راه های مختلف بر بهبود خواص کیفی و کمی فراورده های زراعی نیز موثرند (علیزاده، ۱۳۸۶؛ مهربان و همکاران، ۱۳۸۶).

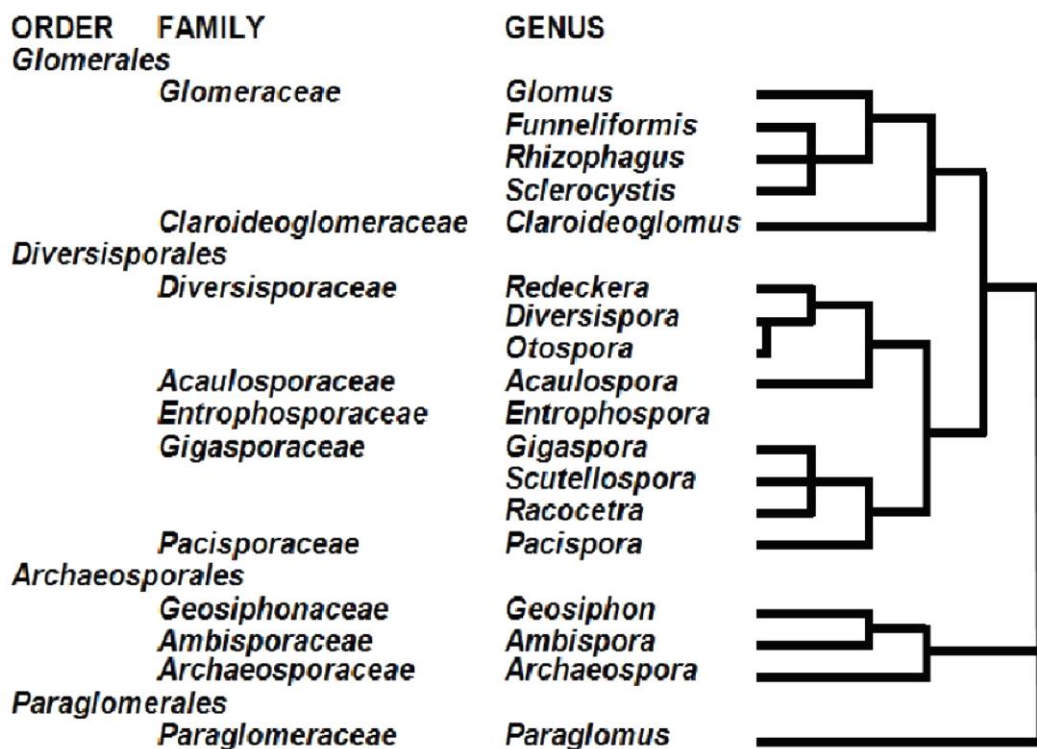
۲-۳-۱ طبقه بندی قارچ های مایکوریزا

بر اساس تفاوت های مرفولوژیک، انواع مایکوریزا به دو گروه کلی اکتومایکوریزا و اندومایکوریزا تفکیک شده اند. نوع اول اکثراً در ریشه درختان جنگلی و نوع دوم بیشتر در ریشه گیاهان زراعی و مرتعی دیده می شوند. اکتومایکوریزاها اغلب از انواع قارچهای بازیدیومیستها و آسکومیستها هستند که بطور معمول، یک غلاف یا پوشش را اطراف ریشه های گیاه تشکیل داده و بین سلولهای اپیدرم و سلولهای سطحی پوست ریشه نفوذ کرده و در فضای بین سلولها پخش شده، که نتیجه آن تولید یک شبکه ریشه ای بنام هارتیگ است. شبکه هارتیگ با داشتن سطح تماس زیاد، در واقع اندام مبادله کننده آب و مواد غذایی بین قارچ و گیاه است (جکسون ۱۹۸۴، بولان ۱۹۹۱، تیزدال و همکاران ۱۹۹۵).

یکی از مهمترین انواع اندومایکوریزاها، مایکوریزا آرباسکولار (AM) می‌باشد که از نظر کشاورزی اهمیت فوق العاده زیادی دارد (شارما و جوهری، ۲۰۰۲). زیرا اغلب گیاهان زراعی و باغی دارای این نوع مایکوریزا می‌باشند.

این قارچ‌ها با بیش از ۹۵ درصد کل گیاهان جهان و ۹۰ درصد نهان دانگان رابطه همزیستی تشکیل می‌دهند (وارما و هوک، ۱۹۹۸).

قارچ‌های مایکوریزا قبلا در رده ی زیگومايست و راسته گلومالز قرار داشتند ولی بر اساس مطالعاتی که روی توالی ژنی rRNA آنها صورت گرفته، این قارچ‌ها از رده زیگومايست خارج شده و در شاخه جدیدی به نام گلومرومایکوتا قرار گرفته اند (شوبلر، ۲۰۰۱).



شکل ۱-۲ طبقه بندی قارچ‌های مایکوریزا (شوبلر و همکاران، ۲۰۰۱؛ واکر و همکاران، ۲۰۰۷)

۲-۳-۲ نقش مایکوریزا در تغذیه گیاهان

از آنجایی که قارچ های مایکوریزا موجب افزایش توانایی گیاهان میزبان در جذب فسفر و عناصر معدنی از خاک و بخصوص از منابع غیر قابل دسترس آنها می شوند ، لذا به این میکروارگانیسم های مفید لفظ «کود زیستی» اطلاق شده و عقیده بر این است که قارچ های مایکوریزا می توانند جایگزین خوبی برای قسمتی از کود های شیمیایی مصرف شده مخصوصاً کودهای فسفاته در اکوسیستم های مختلف باشند.

اثرات مفید مایکوریزا بر رشد گیاه غالباً به افزایش جذب مواد غذایی کم تحرک، خصوصاً فسفر مرتبط است (بولان، ۱۹۹۱). بطور کلی مکانیسم جذب از طریق افزایش حجم خاک قابل دسترس توسط ریشه های قارچ است. هنگامی که فسفر خاک در سطح پایینی باشد سیستم مایکوریزا جذب فسفر و در نتیجه رشد گیاه را به نحوه چشمگیری افزایش می دهد. هیف ها قادر هستند که فسفات را از ۱۵ سانتی متر سطح ریشه تا چند متری عمق خاک زیر ریشه دریافت کنند. همچنین هیف ها در منافذی از خاک نفوذ می کنند که امکان نفوذ تارهای کشنده ریشه وجود ندارد. (قطر تارهای کشنده حداقل ۲۰ میکرومتر است در حالیکه هیف ها حداکثر ۲-۱ میکرومتر می باشند). بعلاوه هیف ها از راه افزایش سطح تماس یا از راه افزایش طول موثر ریشه جذب عناصر غذایی را به شدت افزایش می دهند. طبق اظهارات آلن و همکاران (۱۹۹۲) هر یک سانتیمتر مکعب خاک دارای ۲ الی ۴ سانتیمتر ریشه، ۱ تا ۲ متر تارهای کشنده و بیش از ۵۰ متر هیف می باشد. قسمت اعظم فسفر موجود در خاک غیر محلول و غیر قابل استفاده مستقیم گیاه است. همچنین حل کردن فسفر خاک از طریق ترشح اسید های آلی و آنزیم های فسفات آز صورت می گیرد (بولان، ۱۹۹۱).

در همزیستی قارچ مایکوریزای آرباسکولار (AM)، عناصر غذایی مانند فسفر، روی، مس، و نیتروژن توسط هیف جذب و به ریشه گیاه منتقل می شود که سبب بهبود تغذیه و رشد گیاهان می شود (اسمیت و راد، ۲۰۰۸؛ پارنيسک، ۲۰۰۸).

۲-۳-۳ نقش مایکوریزا در بهبود جذب آب

شواهد بسیار زیادی وجود دارد که نشانگر این است که مایکوریزا می تواند سبب تغییراتی در روابط آبی گیاه و بهبود مقاومت به خشکی و یا تحمل در گیاه میزبان شود. بسیاری از محققین این خصوصیت را یک واکنش ثانویه در نتیجه بهبود جذب عناصر غذایی می دانند. افزایش هدایت هیدرولیکی آب در درون گیاهان مایکوریزایی به شرح ذیل می باشد:

۱. افزایش جذب آب به دلیل افزایش تراکم ریشه و ایجاد پوشش وسیع میسیلیومی در منطقه

ریشه و تارهای کشنده (رویز لوزانو، ۲۰۰۳)

۲. نفوذ هیف به درون کورتکس ریشه و از آنجا به منطقه آندودرم یک مسیر کم مقاومی را در

عرض ریشه برای حرکت آب فراهم می آورد و آب با مقاومت کمتری در عرض ریشه تا

رسیدن به آوند چوبی روبرو می شود. (سوبرامانیان و همکاران، ۱۹۹۷)

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

دهد. (سوبرامانیان و همکاران، ۱۹۹۷)

۴. مایکوریزا رشد ریشه را افزایش داده و به دنبال آن یک سیستم گسترده از ریشه را برای جذب

آب فراهم می نماید. (رویز لوزانو، ۲۰۰۳)

۲-۳-۴ افزایش تحمل گیاه زراعی در برابر تنش های محیطی با حضور قارچ مایکوریزا

تنش های غیر زنده باعث خسارت گسترده ای به تولیدات کشاورزی می شود. تخلیه مواد

معدنی، خشکی، شوری، فلزات سنگین یا گرما مشکلات مهمی در بسیاری از نقاط دنیا، به ویژه مناطق

خشک و نیمه خشک هستند (اولین و همکاران، ۲۰۰۹). کمبود آب و دسترسی پایین مواد غذایی در

خاک عمده ترین شرایط تنش زا که موجب کاهش عملکرد گیاهان زراعی در اکوسیستم های طبیعی

و زراعی جهان می گردد (اسزابولس، ۱۹۹۱). همزیستی با قارچ های AM یکی از استراتژی های

است که گیاهان در شرایط تنش بکار می گیرند (اینتری و همکاران، ۲۰۰۲). پتانسیل AM در

افزایش تحمل گیاه در شرایط تنش غیر زنده در مدت زمان طولانی شناخته شده است (اسمیت و رید، ۲۰۰۸) و استفاده از آنها در سیستم های کشاورزی پایدار از اهمیت فوق العاده ای برای کیفیت خاک و تولیدات زراعی تحت شرایط آب و هوایی سخت خواهد بود (لال، ۲۰۰۹).

نقش قارچ میکوریزا در کاهش تنش آبی در گیاهان به نظر می رسد از طریق افزایش مقاومت به خشکی در گیاهان باشد. این مکانیسم می تواند بصورت غیر مستقیم از طریق بهبود جذب مواد غذایی صورت گیرد؛ مانند افزایش جذب نیتروژن (داپونویس و همکاران، ۲۰۰۱)، فسفر (جرچ و همکاران، ۱۹۸۵)، عناصر کم مصرف و جذب آب می باشد (غلامی و همکاران، ۱۳۷۸).

همچنین نقش این قارچ ها در کمک به افزایش جذب آب و کارایی بیشتر استفاده از آب به دلیل افزایش سطح جذب و توان جذب بیشتر میسلیوم ها نسبت به سیستم ریشه ای گیاه و کمک به کاهش تنش های محیطی مثل شوری و خشکی، حائز اهمیت می باشد (نادیان، ۱۳۷۷).

۲-۴ کنجد^۱

۲-۴-۱ اهمیت کنجد

کنجد یکی از دانه های روغنی و خوراکی مهم در کشاورزی سنتی نواحی گرم به شمار می رود و ظاهراً قدیمی ترین دانه روغنی در جهان می باشد. این گیاه از راسته توبی فلورا^۲، تیره پدالیاسه^۳ و جنس سزاموم^۴، شامل ۱۶ زیر جنس و حدود ۶۰ گونه می باشد که در آسیا، آفریقا و استرالیا یافت می شوند (خواجه پور، م.ر. ۱۳۷۰).

^۱ *Sesamum indicum*

^۲ *tubi flora*

^۳ *pedaliace*

^۴ *sesamum*

پتانسیل عملکرد دانه کنجد به ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار می رسد، عملکردهای بیش از ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در زراعت سنتی و بیش از ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در زراعت مکانیزه و تحت شرایط آبیاری، مطلوب به شمار می روند(خواجه پور، م.ر. ۱۳۷۰).

کنجد دارای ارقام محلی زیادی است و در اغلب کشورها توسط کشاورزان خرده مالک و به صورت سنتی کشت و کار می شود و در کشور ما نیز توده های محلی زیادی از آن شامل توده های جیرفت، دزفول، داراب، زرقان، اردستان، مغان، ارومیه و غیره وجود دارند که به صورت پراکنده و در سطوح کم کشت می شوند(اسکندری و همکاران، ۱۳۸۹). امروزه ارقام اصلاح شده ای نیز کشت می شوند که دارای عملکردهای بالایی نیز می باشند.

طبق آمارهای جهانی فائو در سال ۲۰۰۶، سطح زیرکشت کنجد در کل جهان هفت میلیون و سیصد و نود و دو هزار و دویست و چهل و نه هکتار بود که در این میان، ایران در بین ۷۶ کشور مهم تولیدکننده با چهل و پنج هزار هکتار زیر کشت مقام ۲۱ را به خود اختصاص داده است.

۲-۴-۲ مبدأ

پراکندگی گونه های مختلف کنجد در آفریقا، ایران، افغانستان، هندوستان و استرالیا آنقدر زیاد است که در رابطه با محل دقیق اهلی شدن آن اتفاق نظر نیست.

واویلوف، هند را منشأ کنجد دانسته است. اما تنوع وسیع انواع وحشی در آفریقا نشان می دهد که احتمالاً کنجد زراعی از سزاموم کاپنس^۱ در نواحی مرکزی قاره آفریقا و ظاهراً در اتیوپی منشاء یافته است(وحدتی و همکاران ۱۳۷۷).

کشت و استفاده از کنجد در چین سابقه طولانی دارد و در قرن شانزدهم قبل از میلاد ظاهراً بذر آن، آنقدر اهمیت پیدا کرد که به عنوان پول رایج استفاده می شد. پرتقالیها کنجد را به برزیل

¹ *Sesamum Capense*

آوردند و در آنجا این دانه روغنی به جینجلیم، معروف است. این نام چنان ارتباط مستقیمی با نام هندی جینجیلی دارد که نشان می دهد کنجد متعلق به مستعمره های هندی آنها بوده است.

کنجد در ونزوئلا نیز به عنوان محصول تجارتي کاشت می شده است و کار تحقیقاتی که در این کشور در مورد این محصول انجام گرفته است در سطح جهان دارای بیشترین ارزش بوده است.

سابقه کشت کنجد در بین النهرین، پاکستان و ایران به بیش از ۴۰۰۰ سال می رسد. در حال حاضر، کنجد در نواحی مختلف کشور شامل استانهای خوزستان، بلوچستان، اصفهان و فارس و حتی در بعضی نواحی سرد مانند شهرهای اراک، نهاوند و مراغه کشت می شود (وحدتی و همکاران ۱۳۷۸).

امروزه از کنجد به عنوان منبع تأمین روغن مطلوب خوراکی استفاده می شود و دانه روغنی باارزشی است که بسته به شرایط و نوع رقم دارای ۴۵ تا ۶۲ درصد روغن بوده و روغن آن به دلیل وجود یک ترکیب فنلی آنتی اکسیدان به نام سزامول از دوام خوبی برخوردار است (فرخی ۱۳۷۷).

۲-۴-۳ گیاه شناسی

کنجد گیاهی است یک ساله و دیپلوئید ($2n=26$)، که به صورت بوته ای استوار رشد می کند. انواعی از کنجد چند ساله هم وجود دارد.

۲-۴-۳-۱ ریشه

کنجد سیستم ریشه ای مستقیم، قوی و گسترده دارد که قادر است در خاکهای نفوذپذیر گرم و مرطوب تا عمق ۲ متری نفوذ نماید. عمق توسعه ریشه در شرایط کشت آبی غالباً کمتر از ۱ متر است. بقایای ریشه برخی از ارقام کنجد ممکن است بر بعضی محصولات اثرات دگرآسیبی^۱ نشان دهد (مهراپی و همکاران، ۱۳۹۰).

¹ - Allelopathic

در تیپ های زودرس و معمولاً تک ساقه، به نسبت تیپهای دیررس و انبوهتر، رشد عمودی ریشه سریعتر است اما در تیپ دوم گستردگی ریشه سریعتر صورت می گیرد. ریشه های کنجد در خاکهای رسی به نسبت خاکهای شنی بیشتر گسترده می شوند و ویژگیهای مقاومت کنجد در برابر خشکی تا حدی ناشی از سیستم ریشه آن است که بسیار منشعب می شود (نجفی و همکاران، ۱۳۹۰).
مورد دیگر در ارتباط با گسترش ریشه این گیاه، غلظت نمک می باشد که به میزانی بسیار کمتر از آنچه که برای تحمل گلرنگ عنوان می شود تحمل می کند، و غلظت نمک مانع از رشد ریشه کنجد می شود (وحدتی و همکاران ۱۳۷۸).

۲-۴-۳-۲ ساقه

ساقه کنجد مستقیم، دارای شیارهای طولی و در برش قطری چهارگوش است. سطح ساقه از صاف تا بسیار کرکدار متغیر می باشد ظاهراً بین مقدار کرک در سطح ساقه و مقاومت رقم به خشکی همبستگی مثبت وجود دارد. ساقه کنجد دارای مواد لزج (موسیلاژ) بوده و آبدار است رنگ ساقه از سبز روشن تا ارغوانی متغیر بوده و غالباً سبز تیره است.

ارتفاع ساقه معمولاً از ۶۰ تا ۱۵۰ سانتی متر متغیر بوده و گاه تا ۳ متر می رسد. بوته ممکن است تک ساقه و یا دارای انشعابات جانبی باشد (وحدتی و همکاران ۱۳۷۸).

میزان و نوع شاخه دهی مانند ارتفاعی که در آن اولین شاخه به وجود می آید، یک ویژگی مربوط به واریته است (ای. ا. وایس. ۱۳۷۰). گیاهچه تیپ های تک ساقه در مقایسه با تیپهای پرشاخ و برگ، ساقه های نسبتاً ضخیم تری دارند. تیپهای ساقه کوتاه که تعداد شاخه های آنها کم است معمولاً زودرس و تیپهایی که ساقه آنها بلندتر است دیررس و معمولاً در برابر خشکی مقاوم اند (خواجه پور، م. ر. ۱۳۷۰).

۲-۴-۳-۳ برگ

برگ کنجد در یک بوته یا در بین واریته ها از نظر شکل و اندازه بسیار متنوع است. به طور کلی برگ‌های پایین بوته معمولاً پهن، گاه خمیده و اغلب حاشیه آنها به طور آشکار دندانه‌دار و جهت دانه به سمت بیرون است. برگ‌های میانی بدون بریدگی، نوک‌تیز و گاه کمی دندانه‌دار است. برگ‌های بالاتر، باریک‌تر و نوک‌تیزترند (ای. ا. وایس، ۱۳۷۰). برگ‌ها به رنگ سبز روشن تا سبز تیره بوده، کم و بیش کرک‌دار (بسته به رقم) و دارای مواد لزج می باشند. آرایش برگ‌ها بر روی ساقه به رقم بستگی دارد. برگ‌ها ممکن است متناوب یا متقابل باشند.

ارقامی که برگ‌های آنها متقابل است، ممکن است تعداد بیشتری کپسول در هر بوته داشته باشند. زیرا در هر گره دو برگ وجود داشته و در زاویه داخلی هر برگ یک یا چند کپسول بوجود می آید (وحدتی و همکاران ۱۳۷۸).

بین سرعت هدایت آب برگ‌های کنجد ناشکفته و شکفته تفاوتی اساسی وجود دارد و این جریان در برگ‌های کنجد ناشکفته سریعتر است از این رو این واریته ها برای مناطقی که ذخیره‌ی آب محدودی دارند، چندان مناسب نیستند.

۲-۴-۳-۴ گل

گل ها از کنار برگ‌ها روی قسمت بالای ساقه و شاخه ها می روید و تعداد برآمدگی‌ها روی جوانه اصلی، که اولین گل در آن تولید می شود، یک ویژگی مربوط به واریته و بسیار ارثی است (مهانتی و سیهنا، ۱۹۶۵).

گل های زنگوله ای مانند کنجد به طول ۳ تا ۴ سانتی‌متر در زاویه داخلی برگ ها به ظهور می رسند. تشکیل گل ها حدود ۱/۵ تا ۲/۵ ماه بعد از سبز شدن از ناحیه پایینی بوته آغاز شده و به طرف بالا ادامه می یابد (وحدتی و همکاران ۱۳۷۸). یکنواختی گل‌دهی در بعضی توده ها یا ارقام

بسیار کم است. در ژنوتیپ‌های دارای غیریکنواختی شدید در گل‌دهی، رسیدگی پایین‌ترین کپسول‌ها، با باز شدن گل‌های واقع در انتهای ساقه همزمان است (خواجه پور، م.ر. ۱۳۷۰).

غیریکنواختی گل‌دهی و در نتیجه ناهمزمانی رسیدگی کپسول‌ها صفت نامطلوبی بشمار می‌رود. تولید ارقام رشد محدود و در نتیجه یکنواختی رسیدگی از اهداف اصلاحی کنگد محسوب می‌شود. پایین‌ترین گره ای که اولین گل در روی آن ظاهر می‌شود بستگی زیادی به رقم دارد. گل‌های واقع در گره پایینی ساقه غالباً منفرد و در گره‌های بالایی به صورت دسته‌های دو تا سه گلی مشاهده می‌شوند. در بعضی ارقام و شرایط نیز تا ۸ گل در هر گره مشاهده می‌گردد. گل‌ها از پنج گلبرگ با اندازه‌های متفاوت تشکیل می‌گردند و به رنگ سفید، صورتی کم‌رنگ و یا ارغوانی بوده و در سطح داخلی ممکن است لکه‌های زرد مایل به ارغوانی، قرمز یا سیاه داشته باشند. جام گل پیوسته و نامنظم است و ۴ پرچم و ۱ مادگی دارد (خواجه پور، م.ر. ۱۳۸۳). گل‌ها معمولاً خودگشن می‌باشند. میزان دگرگشتی بستگی زیاد به فعالیت حشرات داشته و بندرت از ۱۰ درصد تجاوز می‌کند. هرچند در بعضی از ارقام و شرایط تا بیش از ۵۰ درصد نیز گزارش شده است.

۲-۴-۳-۵ میوه

میوه کنگد کپسولی است چهارگوش با رأس کوتاه مثلثی، کرک‌دار و با شیارهای عمیق طولانی، طول کپسول ۲/۵ تا ۸ سانتی‌متر و قطر آن از ۰/۵ تا ۲ سانتی‌متر متغیر است. در هر کپسول ۲ یا ۴ و گاه تا ۱۲ برچه مشاهده می‌شود (وحدتی و همکاران ۱۳۷۸).

کپسول با شکافتن دیواره از طول و از بالا به پایین و یا به وسیله دو سوراخ که در نوک آن واقعند می‌شکند. هر کپسول هنگامی کاملاً رسیده است که به رنگ قهوه ای یا ارغوانی درآمده باشد. عملکرد دانه بستگی زیادی به تعداد کپسول در واحد سطح دارد.

میزان شکوفایی یک ویژگی مربوط به واریته است و هنگام انتخاب یا اصلاح واریته‌های مناسب برای برداشت مکانیزه بسیار حائز اهمیت است. ارتفاع اولین کپسول نیز مهم و یک خصیصه

مربوط به وارپته است. معمولاً ابتدا کپسول هایی که در قسمت پایین ساقه قرار گرفته و در آخر کپسول هایی که به نوک آن نزدیک اند می رسد (ای.ا. وایس، ۱۳۷۰).

۲-۴-۳-۶ دانه

دانه کوچک کنجد (به ابعاد حدود ۱/۵ در ۳ میلی متر) تخم مرغی شکل، کمی پهن در محل اتصال به تخمدان باریکتر است. پوسته خارجی بذر ممکن است نرم یا مضرس باشد. رنگ آن سیاه، سفید، زرد، قهوه ای مایل به قرمز یا خاکستری است. اما به رنگ های خاکستری تیره، سبز زیتونی و قهوه ای بسیار تیره نیز دیده می شود. رنگ های روشن از نظر کیفیت روغن مطلوب تر می باشند. در آغاز رشد دانه، سرعت تجمع پروتئین بیش از سرعت تجمع روغن است. سرعت و میزان تجمع روغن به شرایط محیطی و رقم بستگی زیادی دارد (وحدتی و همکاران ۱۳۷۸).

وزن هزار دانه کنجد ۲ تا ۵ گرم است. طول دانه ها ۳/۵-۳ و پهنای آن ۲-۱/۷ میلی متر می باشد. بذر اکثر ارقام فاقد خواب بعد از برداشت اما بذر بعضی از ارقام تا ۶ ماه خواب بعد از برداشت را نشان می دهند (خواجه پور، م.ر. ۱۳۷۰).

دانه کنجد دارای تقریباً بیش از ۴۵ درصد روغن، ۲۲ درصد پروتئین، ۱۱ درصد کربوهیدرات و ۳ درصد عناصر معدنی است. پروتئین کنجد متفاوت از بقولات دانه های غذایی و روغنی (شامل بادام زمینی و سویا) است، از این نظر که حاوی اسیدهای آمینه ضروری مثل متیونین و سیستئین بوده و از نظر لیزین کمبود دارد (یرمانوس، ۱۹۴۷).

۱-۴-۵ سازگاری های اقلیمی

۲-۴-۵-۱ ارتفاع و عرض جغرافیایی

کنجد اساساً خاص مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری تلقی می شود، اما با اصلاح وارپته های مناسب گسترش آن به مناطق معتدلتر امکان پذیر است. پراکندگی عمده کنجد میان ۲۵ درجه

جنوبی و ۲۵ درجه شمالی است. اما تا ۴۰ درجه شمالی در چین، روسیه و آمریکا و تا ۳۰ درجه جنوبی در استرالیا و ۳۵ درجه جنوبی در آمریکای جنوبی می تواند رشد کند. کنگد معمولاً در ارتفاع کمتر از ۱۲۵۰ متری می روید، هر چند برخی از واریته های آن ممکن است تا ارتفاع ۱۵۰۰ متری نیز سازگار باشند (خواجه پور، م.ر. ۱۳۷۰).

۲-۴-۵-۲ طول فصل رشد

کنجد اساساً یک گیاه روز کوتاه است و با روز ۱۰ ساعته معمولاً در ۴۲-۴۵ روز گل خواهد داد، اما بسیاری از واریته ها از نظر محلی با فتوپریودهای مختلف سازگار شده اند. هنگامی که این واریته ها به مناطق دیگر برده می شوند که از نظر طول روز مشابه وطن اصلی و از حیث بارندگی یا دما با آن متفاوتند، غالباً در مقایسه با وقتی که در محل اصلی خود می رویند، در رشد و بازدهی آنها تفاوتی قابل ملاحظه به وجود می آید (شکوه فر، ۱۳۹۱).

آزمایشهایی که در آزمایشگاهها در هلند انجام گرفت نشان داد که واریته های ارتفاعات نسبتاً بالاتر در مقایسه با واریته های ارتفاعات پایین تر، نسبت به فتوپریود، کمتر حساسند (اسمیلد ۱۹۶۰).

۲-۴-۵-۳ حرارت و رطوبت

کنجد به طور طبیعی برای تولید حداکثر بازدهی در حین رشد به شرایط بسیار گرم نیاز دارد و بنا به گزارش کاسترینسکی (۱۹۹۵) در طول دوره بحرانی رشد ۳-۴ ماهه به ۲۷۰۰ واحد گرما نیاز دارد. دمایی معادل ۲۷-۲۵ درجه سانتی گراد، جوانه زدن سریع، رشد اولیه و تشکیل گل را تشدید می کند، اگر دما به هر مدت زمانی از ۲۰ درجه سانتی گراد کمتر شود، خروج و رشد گیاهچه به تعویق خواهد افتاد و در کمتر از ۱۰ درجه سانتی گراد متوقف خواهد شد.

کنجد به طور معمول در برابر خشکی مقاوم است که تا حدی ناشی از سیستم ریشه آن است که بسیار منشعب می شود اما این به معنای آن نیست که در صورتی که مجموع باران بسیار کم باشد می توان بازدهی و رشد خوبی بدست آورد (وحدتی و همکاران ۱۳۷۸).

کنجد در صورت کاشت، بیشتر از بسیاری نباتات اهلی دیگر می تواند در برابر تنش آب مقاومت کند. با این وجود گیاهچه ها در برابر کمبود آب بیش از حد حساسند. کنجد در برابر غرقابی شدن بسیار حساس است و باران های مداوم و سنگین در هر زمان طی دوره رشد، بروز بیماری قارچی را بسیار افزایش می دهد (خواجه پور، م.ر. ۱۳۷۰).

مجموع آب مورد نیاز برای یک کشت آبی کنجد از ۱۲۰۰ تا ۲۵۰۰ میلیمتر در هکتار متفاوت است. در صورتی که میزان بارندگی معدل ۶۵۰-۵۰۰ میلیمتر باشد. محصولی عالی به بار می آورد، اما با بارندگی کمتر از ۳۰۰ و تا ۱۰۰ میلیمتر نیز تولید محصول مناسب می کند (خواجه پور، م.ر. ۱۳۸۳).

۲-۴-۵-۴ خاک

کنجد در انواع مختلف خاک بخوبی رشد می کند اما در خاکهای نسبتاً حاصلخیز که آب بسهولت گذر می کند بهتر از خاکهای دیگر رشد می کند. خاکهای دارای بافت متوسط شامل لوم، لوم شنی ریز و لوم سیلتی با ساختمان خوب و باروری متوسط برای کنجد ایده آل به شمار می روند (خواجه پور، م.ر. ۱۳۷۰). ترکیب و ساختمان خاک در مقایسه با ظرفیت نگهداری آب، در درجه دوم اهمیت قرار دارد نسبت به شوری هم بیش از حد حساس است و تجمع نمک که تاثیری ناچیز بر گلرنگ یا پنبه دارد محصول کنجد را نابود می کند. خاکهای که واکنش خنثی دارند ارجح هستند و اگر چه از خاکهای کمی اسیدی و کمی قلیایی نتایج خوبی بدست آمده است اما کنجد در خاکهای اسیدی رشد نمی کند (ای.ا. وایس ۱۳۷۰). این گیاه به خوبی در خاکهای با PH برابر ۶ تا ۷ رشد می

کند. ناصری و همکارانش (۱۹۷۹) گزارش نموده اند که کنجد بسیار حساس به شوری است و از نظر واکنش به سدیم شبیه لوبیا سبز است.

۲-۴-۵-۵ ارقام

هزاران توده و نژاد کنجد در کشاورزی سنتی جهان وجود دارند. با این حال باید توجه داشت که توده محلی مورد کاشت در هر منطقه ضرورتاً بهترین و پرتولید ترین توده و یا ژنوتیپ برای آن منطقه نیست.

ژنوتیپ های کنجد از لحاظ میزان بریدگی پهنک و آرایش برگ ها روی ساقه، ارتفاع بوته، ارتفاع اولین گل از سطح زمین، میزان و فرم شاخه دهی، تعداد برچه در کپسول، میزان شکوفای کپسول، یکنواختی رسیدگی و طول دوره رشد متفاوت می باشند (اسکندری، ۱۳۸۹).

ژنوتیپ ها را ممکن است از نظر وجود یا عدم وجود انشعاب به دو گروه تک ساقه و منشعب تقسیم نمود. به طور کلی انواع تک ساقه از نظر یکنواختی رسیدگی، سهولت عملیات برداشت و حمل و نقل بوته ها و نیز کمی ریزش مطلوب هستند.

ژنوتیپ ها را ممکن است بر اساس وجود یا عدم شکوفایی کپسول نیز گروه بندی نمود. تقریباً تمام توده های محلی در گروه شکوفا قرار دارند. در ایران معمولاً از توده های محلی کنجد برای کاشت استفاده می شود در این میان می توان به توده های جیرفت، ایرانشهر، خوزستان، داراب، اردستان (استان اصفهان) اشاره نمود (خواجه پور، م. ر. ۱۳۷۰). کپسول در این توده ها شکوفا بوده و خطر ریزش در آنها زیاد است. این توده ها مناسب کشت در مساحت های بزرگ و شرایط مکانیزه نیستند. تلاش برای تولید ارقام بانیم ناشکوفا انجام شده است اما اینگونه ارقام پتانسیل عملکرد پایین تری نسبت به توده های شکوفا داشته و نیز به بیماری پوسیدگی ریشه حساسیت بیشتر نشان می دهند.

۲-۴-۵-۶ مصارف

روغن و چربی بعد از هیدارت‌های کربن، به عنوان دومین منبع انرژی در تغذیه انسان از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند که در راستای برقراری امنیت غذایی در هر کشور به میزان مورد نیاز و در حد تعادل در الگوی مصرف می‌بایست در دسترس افراد قرار گیرند.

دانه‌های سفید تا زرد کنجد بصورت کامل در تهیه نان، کیک و شیرینی مورد استفاده قرار می‌گیرند. دانه و برگ کنجد بعنوان داروی گیاهی در طب سنتی کاربرد دارند. دانه کنجد از لحاظ پروتئین، چربی، کلسیم و فسفر غنی بوده و منبع خوبی از ویتامین‌های آ و ب (شامل تیامین، ریبوفلاوین و نیاسین) محسوب می‌شود. مقدار کمی نیز مولیبدن، روی، کبالت و ید در دانه کنجد یافت می‌گردد. پروتئین کنجد دارای مقدار زیادی اسیدهای آمینه گوگرددار می‌باشد و از این لحاظ مطلوب بشمار می‌رود، اما از لحاظ لیسین فقیر است.

دانه‌های کنجد برای روغن‌گیری نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. میزان روغن دانه کنجد از ۴۵ تا بیش از ۶۰ درصد متغیر است. وجود بیش از ۵۰ درصد روغن در دانه مطلوب بشمار می‌رود. رنگ روغن خام کنجد زرد تیره تا زرد کمرنگ می‌باشد ولی روغن تصفیه شده آن زرد کمرنگ و شفاف می‌باشد روغن کنجد که به اسامی Tell oil, Sesame oil, Bene oil و Gingli oil نامیده می‌شود جزء روغن‌های ثابت محسوب می‌شود (خواجه پور، م.ر. ۱۳۷۰).

روغن کنجد از ۳۲ تا ۵۴ درصد اسیداولئیک^۱، ۳۷ تا ۵۹ درصد اسیدلینولئیک^۲، ۸ تا ۱۱ درصد اسید پالمیتیک^۳ و ۳ تا ۶ درصد اسید استئاریک^۴ تشکیل شده و فاقد اسید لینولئیک^۱ و کلسترول می‌باشد (نجفی و همکاران، ۱۳۹۰).

^۱ - Oleic acid

^۲ - Linoleic acid

^۳ - Palmitic acid

^۴ - Stearic acid

روغن کنجد تفاوت نسبی با دیگر روغن های خوراکی دارد و به واسطه وجود آنتی اکسیدان از ثبات بیشتری نسبت به اغلب روغن های گیاهی برخوردار است. وجود ماده ای به نام سسامولین در روغن کنجد که در اثر تجزیه به ماده ضد اکسیداسیون روغن به نام سسامول تبدیل می گردد موجب افزایش ثبات و پایداری روغن کنجد شده است (سیمون و همکاران، ۱۹۸۴). ماده سسامین نیز خاصیت باکتری کش و آفت کش دارد به علاوه اینکه به عنوان آنتی اکسیدان عمل کرده و می تواند از جذب کلسترول و تولید کلسترول در کبد جلوگیری کند. کلروسسامون^۲ از ریشه های کنجد بدست می آید و عملکرد ضدقارچی دارد (بگوم و همکاران، ۲۰۰۰).

روغن نیمه خشک شونده کنجد با ضریب یدی ۱۰۰ تا ۱۳۰ (میانگین ۱۱۰) بعنوان روغن های saladی و طبخی و نیز در صنایع مارگارین، صابون، رنگ، عطر، دارو و مواد آرایشی مصرف می شود (خواجه پور، م.ر. ۱۳۷۰). درصد روغن و پروتئین کنجاله کنجد به روش استخراج روغن بستگی دارد. میزان روغن کنجاله از ۱ تا ۱۴ درصد و مقدار پروتئین کنجاله از ۳۰ تا ۵۰ درصد متغیر است.

از دیگر مصارف روغن کنجد، استفاده در صنایع داروسازی و به عنوان حلال در داروهای تزریقی است و نیز به عنوان پوشش برای بذر انبار شده برای جلوگیری از جمله شپشکها استفاده می شود (خواجه پور، م.ر. ۱۳۷۰).

¹- Linolenic acid

²- chlorosesamone

فصل ۳

مواد و روش ها

۳-۱ زمان و محل آزمایش

این آزمایش در سال ۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود واقع در منطقه ی بسطام به اجرا در آمد.

۳-۲ موقعیت جغرافیایی شهرستان بسطام

شهرستان بسطام در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه شمالی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۴۲۰ متر است.

۳-۳ شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش

مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در ۷ کیلومتری این شهر و در نزدیکی بسطام واقع شده است. از نظر اقلیمی جزء مناطق سرد و خشک می باشد. میانگین بارندگی سالانه حدود ۱۵۴ میلی متر بوده (آمار هواشناسی بسطام، ۹۰) و بارندگی ها عمدتاً در فصل بهار و پاییز رخ می دهد. بر اساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی شاهرود میانگین سالانه دما در این منطقه ۱۴/۶ درجه سانتی گراد گزارش شده است.

۳-۴ مشخصات خاک مزرعه

قبل از انجام عملیات آماده سازی زمین و اجرای نقشه آزمایش، به منظور تعیین بافت خاک و وضعیت عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم از عمق ۳۰-۰ سانتی متر در ۱۰ نقطه از خاک مزرعه نمونه برداری هایی به طور تصادفی صورت گرفت. برای این منظور از هر نقطه معادل یک کیلوگرم جدا گردید، سپس نمونه های جمع آوری شده را مخلوط کرده و نهایتاً یک نمونه مرکب یک کیلوگرمی که در برگیرنده کل نمونه هاست جهت تجزیه به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک در ذیل نشان داده شده است.

نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه

عوامل مورد تجزیه	نتیجه آزمون
قابلیت هدایت الکتریکی EC (دسی زیمنس)	۰/۶۵
اسیدیته خاک pH	۷/۹۳
درصد مواد آلی	۰/۳۱
نیترژن قابل جذب (ppm)	۰/۰۵
فسفر قابل جذب (ppm)	۱۲
پتاسیم قابل جذب (ppm)	۱۰۵
شن (%)	۳۴
لای (%)	۴۲
رس (%)	۲۴

جدول ۳-۱ نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

۳-۵ مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به صورت اسپیلیت پلات فاکتوریل با سه تکرار اجرا شد. هر تکرار شامل ۱۸ کرت بود که با احتساب ۳ تکرار تعداد کرت ها ۵۴ عدد بود. سطوح تیمار آبیاری براساس تبخیر تجمعی از تشت تبخیر شامل (I₁) ۸۰ میلیمتر تبخیر، (I₂) ۱۶۰ میلی متر تبخیر، (I₃) ۲۴۰ میلی متر تبخیر به عنوان کرت اصلی و فاکتورهای فرعی مقادیر سوپرچاذب با سه سطح صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (Z₀, Z₁, Z₂) و قارچ میکوریزا (*Glomus intraradices*) در دو سطح بدون تلقیح (M₀) و تلقیح (M₁) در نظر گرفته شده است. نقشه کشت به صورت زیر می باشد:

I1	I1	I1	I1	I1	I1	I3	I3	I3	I3	I3	I3	I2	I2	I2	I2	I2	I2
Z1	Z0	Z0	Z1	Z2	Z2	Z2	Z2	Z1	Z0	Z0	Z1	Z1	Z2	Z2	Z1	Z0	Z0
M1	M1	M0	M0	M1	M0	M0	M1	M0	M0	M1	M1	M0	M1	M0	M1	M0	
I1	I1	I1	I1	I1	I1	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I3	I3	I3	I3	I3	I3
Z2	Z1	Z1	Z2	Z0	Z0	Z2	Z1	Z0	Z2	Z1	Z0	Z0	Z0	Z2	Z1	Z2	Z1
M1	M0	M1	M0	M0	M1	M0	M1	M1	M1	M0	M0	M1	M0	M0	M0	M1	M1
I2	I2	I2	I2	I2	I2	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I3	I3	I3	I3	I3	I3
Z1	Z0	Z0	Z1	Z2	Z2	Z1	Z2	Z0	Z2	Z1	Z0	Z0	Z0	Z1	Z1	Z2	Z2
M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M0	M0	M1	M1	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1

جدول ۳-۲ نقشه اجرای طرح آزمایشی

۳-۶ مشخصات کرت ها

طول هر کرت ۴ متر و شامل ۴ خط کشت با فواصل ۵۰ سانتیمتر بین ردیفها و فاصله ۷ سانتیمتر بین بوته ها می باشد. همچنین در یک بلوک فاصله بین کرت های اصلی ۱/۵ متر و فاصله بین دو بلوک ۲ متر در نظر گرفته شده تا رطوبت کرت های مجاور اثری روی هم نداشته باشند.

۳-۷ عملیات آماده سازی زمین و اعمال تیمارها

عملیات آماده سازی زمین با مساعد شدن شرایط آب و هوایی و گاورو شدن زمین در اوایل تیر ماه سال ۹۱ صورت گرفت. در ابتدا زمین آزمایشی توسط گاواهن برگرداندار شخم زده شد و پس از آن عملیات تسطیح زمین صورت گرفت. به وسیله فاروئر پشته هایی به فاصله ی ۵۰ سانتی متر ایجاد گردید. سپس اندازه کرت ها در آن مشخص شد و پس از آن جوی های آبیاری تعبیه گردیدند. به منظور عدم اختلاط آب آبیاری تیمارها با یکدیگر بین هر دو تیمار یک خط نکاشت در نظر گرفته شد و محل تیمارهای مورد نظر به صورت تصادفی مشخص شد. همچنین به منظور عدم اختلاط آب هر

تکرار با تکرار بعدی، دو جوی در نظر گرفته شد که یکی از آن ها به منظور تخلیه آب اضافی تکرار بالایی و دیگری به منظور ورود آب از نهر کنار زمین به تکرار بعدی تعبیه شده بود.

۳-۸ تیمار آبیاری

تیمار آبیاری براساس تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر از نوع کلاس A شامل (I_1) ۸۰ میلی‌متر تبخیر، (I_2) ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر، (I_3) ۲۴۰ میلی‌متر تبخیر به عنوان کرت اصلی در نظر گرفته شد. به منظور محاسبه تبخیر مورد نظر از تشت تبخیر با استفاده از مدل برآورد تبخیر تجربی، داده های هواشناسی پنج سال گذشته را میانگین گرفته و سپس مجموع تبخیر روزهای میانگین ۵ سال گذشته که با تبخیر تجمعی از تشت تبخیر را داشت، روز اعمال تیمار آبیاری در نظر گرفته شد (ابیان و همکاران، ۱۳۸۹).

ابتدا و انتهای هر کرت به منظور کنترل آب بسته شد. به منظور جلوگیری از رواناب شیب هر کرت به صفر کاهش پیدا کرد. در ابتدای کار به منظور سبز شدن کامل مزرعه تمام کرت‌ها به میزان یکسان آبیاری شدند. تیمار آبیاری پس از استقرار کامل گیاهچه اعمال گردید. اعمال تیمار از اوایل مرداد ماه آغاز شد.

۳-۹ تیمار سوپر جاذب

سوپر جاذب به کاربرده شده در این طرح استاکوزورب بود. مقادیر مختلف استاکوزورب با سه سطح صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در عمق ۱۵ سانتی متری به کار برده شدند. به این ترتیب که سه روز قبل از کاشت پشته ها را شکافته و سوپر جاذب را به صورت نواری داخل پشته ها قرار داده و روی آنها مجدداً با خاک پوشانده شد.

۳-۱۰ تیمار مایکوریزا

قارچ مایکوریزا در دو سطح بدون تلقیح (M_0) و تلقیح (M_1) در نظر گرفته شد. در موقع کاشت، مایه تلقیح مایکوریزایی که به صورت اندام فعال قارچی (شامل اسپور، هیف و ریشه) بود از ریشه های شبدر همزیست با قارچ مایکوریزا (*Glomus intraradices*) تهیه شد. قارچ های مایکوریزا در عمق پنج سانتی متری زیر بذر قبل از کاشت بذر اضافه شد، یعنی شیارهایی به عمق ۷ تا ۱۰ سانتی متر حفر شد و قارچ مایکوریزا به این شیار ها اضافه شد و سپس روی آن با خاک پوشیده شد.

۳-۱۱ کاشت

عملیات کاشت بذور کنجد به صورت دستی و به روش هیرم کاری انجام شد. رقم مورد استفاده در آزمایش اولتان بود. این رقم کم برگ، کم کپسول و مناسب مناطق خشک است. اولین آبیاری فردای روز کاشت انجام گرفت. عملیات واکاری ۱۵ روز پس از کاشت صورت پذیرفت.

۳-۱۲ داشت

در طی فصل رشد عملیات داشت شامل آبیاری، تنک کردن و وجین علف های هرز انجام شد.

۳-۱۳ برداشت

در انتهای دوره رشد به منظور اندازه گیری صفات مورد نظر در هر کرت، نیم متر از ابتدا و انتهای هر ردیف همراه با دو ردیف کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند. از هر واحد آزمایشی ۳ بوته به طور تصادفی انتخاب گردید و به آزمایشگاه انتقال داده شد. در آزمایشگاه عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، وزن هزار دانه، تعداد دانه در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، ارتفاع بوته اندازه گیری شد.

۳-۱۴ تعیین کلروفیل

میزان محتوای کلروفیل توسط دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد. برای سنجش کلروفیل از بافت تازه برگ استفاده شد. به این صورت که پس از پانچ کردن برگ ها، آنها را به اندازه ۰/۱ گرم وزن کرده و

در فالکون می ریزیم. سپس به اندازه ۶ میلی لیتر دی متیل سولفوکسید به برگ های پانچ شده درون فالکون اضافه می کنیم. آنها را به مدت ۱ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد در بن ماری قرار می دهیم. پس از گذشت این مدت مایع سبز را خارج کرده و در جای تاریکی خنک می کنیم. سپس در اسپکتروفتومتر مدل Jenway 6305 میزان جذب نمونه های حاوی کلروفیل در طول موجهای ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر خوانده شد.

۳-۱۵ محتوای آب نسبی^۱

روش های مختلفی برای تعیین وضعیت آبی گیاه وجود دارد. از جمله این روش ها می توان به تعیین پتانسیل آب برگ و محتوای نسبی آب اشاره کرد. مقدار آب نسبی برگ در مقایسه با دیگر متغیرهای وضعیت آب گیاه، شاخص بهتری است. چون روزه ها تعادل بین جریان خروجی و ورودی برگ را تنظیم می کنند و اندازه گیری مقدار آب نسبی برگ وضعیت روزه ها را بهتر مشخص می کند (سینکلیر و لودلاو، ۱۹۸۵).

محتوای نسبی آب برگ در آغاز تولید کپسول طی دو هفته متوالی اندازه گیری شد. روز قبل از آبیاری، دیسک هایی از برگ های هم سن بین ساعت هفت تا هشت صبح گرفته شد و بلافاصله نمونه ها در کلمن حاوی یخ قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از بدست آوردن وزن تازه، نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر در تاریکی قرار داده شدند و مجدد توزین (وزن اشباع) شدند. این نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۵ درجه سانتی گراد در آون قرار گرفته و سپس وزن گردیدند (وزن خشک). میزان آب نسبی برگ با استفاده از رابطه ۱، اندازه گیری شد.

$$\text{RWC} = \frac{(FW - DW)}{(SW - DW)} \times 100 \quad \text{رابطه (۱):}$$

در این معادله FW وزن تازه برگ (گرم)، DW وزن خشک برگ (گرم) و SW وزن اشباع برگ (گرم) می باشند (رشید و همکاران، ۲۰۰۳).

1 - Relative Water Content (RWC)

۳-۱۶ سرعت رشد^۱

سرعت رشد محصول با ارزش ترین شاخص برای تجزیه و تحلیل رشد گیاه است. (کلیدری و همکاران ۱۳۸۶)

سرعت رشد گیاه پس از استقرار کامل بوته در فاصله زمانی ۲ هفته یکبار تا زمان برداشت اندازه گیری شد. یک روز قبل از آبیاری تعداد ۳ بوته از ردیف های کناری انتخاب و پس از خشک کردن، نمونه ها وزن شدند. سرعت رشد با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد:

$$\text{رابطه (۲): } \text{CGR} = (W_2 - W_1) / (T_2 - T_1)$$

در این معادله W_1 ، W_2 وزن خشک برداشت شده و T_1 ، T_2 زمان های برداشت می باشند (رشید و همکاران، ۲۰۰۳).

۳-۱۷ محاسبات آماری

در این پژوهش برای تجزیه داده ها از نرم افزارهای SAS 9.0 و MSTAT-C v. 2.10 همچنین برای مقایسه میانگین ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. برای رسم شکل ها نرم افزار Excel 2007 بکار برده شد.

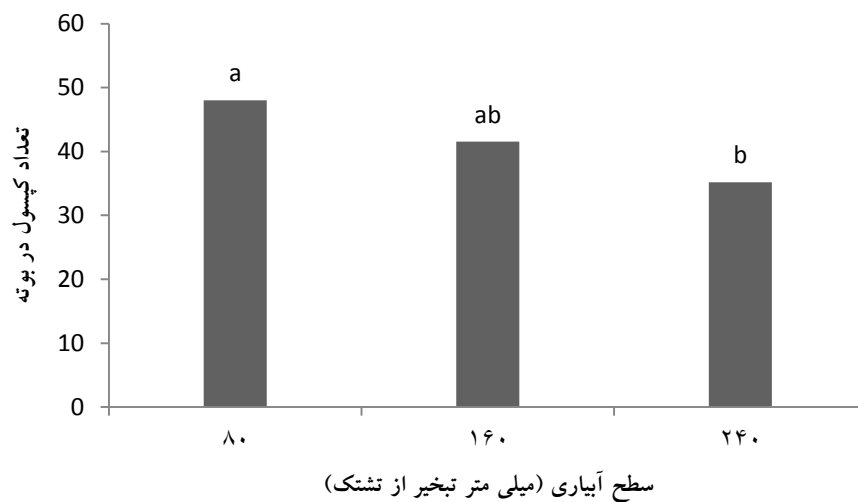
1 - Crop Growth Rate (CGR)

فصل ۴

نتایج و بحث

۱-۴ کپسول در بوته

همانطور که در جدول ۱-۴ مشاهده می‌شود اثر آبیاری بر صفت تعداد کپسول در بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار گردید. مقایسه میانگین صفات نشان داد که تیمار آبیاری در سطح ۸۰ میلی متر (شاهد) در گروه برتر جای گرفت و این بدان معناست که اعمال تنش کم آبی تأثیر منفی و معنی داری بر تعداد کپسول در بوته در این گیاه داشته است (شکل ۱-۴). این موضوع در اکثر مطالعات مربوط به بررسی تنش کم آبی در گیاه کنجد از جمله پژوهش‌های سعیدی و همکاران (۲۰۱۲)، بویداک و همکاران (۲۰۰۷)، حیدری و همکاران (۲۰۱۱)، مهربانی و همکاران (۱۳۸۶)، اسکندری و همکاران (۱۳۸۸)، نجفی و همکاران (۱۳۸۹)، شکوه فر و همکاران (۱۳۹۱)، منصوری (۱۳۸۱) و نوری پور سی سخت و همکاران (۱۳۸۸) مطابقت دارد.



شکل ۱-۴ اثر آبیاری بر تعداد کپسول در بوته. میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می‌باشند.

تیمار آبیاری در ۸۰ میلی متر تبخیر با میانگین ۴۸/۰۲ کپسول در بوته بیشترین و تیمار آبیاری در ۲۴۰ میلی متر تبخیر با میانگین ۳۵/۱۹ کپسول در بوته کمترین تعداد کپسول در بوته را به خود

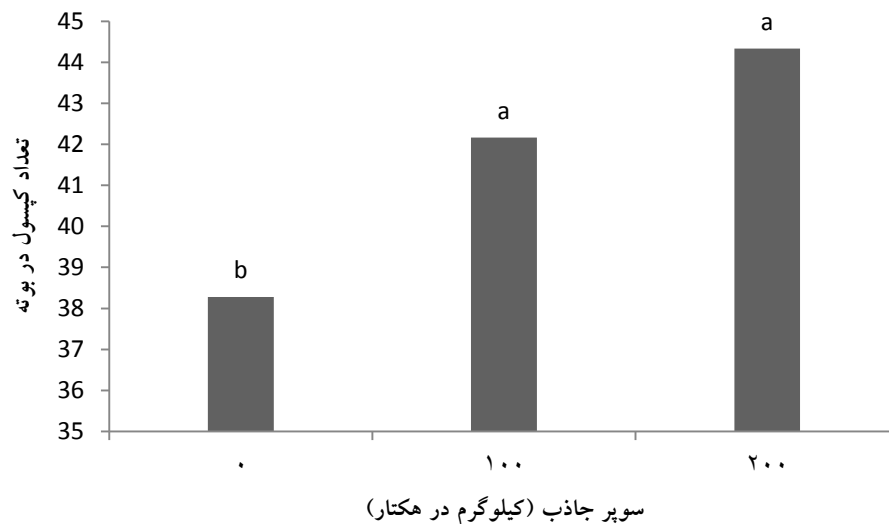
اختصاص داد. با کاهش مقدار آبیاری در سطح ۱۶۰ میلی متر تبخیر تنها ۱۳/۴۳ درصد ولی در تیمار آبیاری در ۲۴۰ میلی متر تبخیر ۲۶/۷۱ درصد افت تولید کپسول در بوته مشاهده می شود.

حسن زاده و همکاران (۲۰۰۹) طی آزمایشی با بررسی سطوح مختلف آبیاری بر روی کنجد بیان کردند تعداد کپسول در بوته با کاهش آبیاری از سطح شاهد نسبت به تنش شدید اختلاف ۲۱/۷ نشان داد. مهرابی و همکاران (۱۳۸۶) گزارش کردند که تعداد کپسول از ۳۷/۸ در سطح آبیاری ۷۵ میلی متر تبخیر به ۲۹/۱ عدد در سطح آبیاری ۱۴۵ میلی متر تبخیر کاهش یافت. در واقع سطح آبیاری ۱۴۵ میلی متر تبخیر منجر به کاهش ۴۲ درصدی تعداد کپسول نسبت به شاهد گردید. نوری پور سی سخت (۱۳۸۸) نیز از کاهش ۴۲ درصدی تعداد کپسول در آبیاری در سطح ۷۵ میلی متر تبخیر نسبت به آبیاری در ۱۴۵ میلی متر تبخیر اشاره کرده است.

تعداد کپسول در بوته را می توان نموداری از تعداد گل‌های تلقیح یافته در بوته تلقی نمود. با توجه به فصل کاشت این گیاه در شاهرود بدهی است که بروز تنش خشکی در طول فصل رشد اثرات سوء درجه حرارت‌های بالای تابستانه را تشدید می کند. گریگوری (۲۰۰۳) اشاره کرد این امر بخصوص در مورد محصولات دارای سیستم رشد نامحدود نظیر سویا و کنجد مشهودتر است.

اثر سوپرجاذب نیز بر تعداد کپسول در بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۴-۱). نتایج نشان داد که افزایش مصرف سوپرجاذب منجر به افزایش تعداد کپسول در بوته نسبت به شاهد گردید. این اثر احتمالا به دلیل جذب مقادیر قابل ملاحظه آب در ساختمان سوپرجاذب و متعاقب آن قرار دادن آب جذب شده به خاک اطراف و ریشه گیاه در هنگام خشکی می باشد. بالاترین میزان تعداد کپسول از تیمار ۲۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار با تولید ۴۴/۳۳ کپسول در بوته حاصل شد (شکل ۴-۲). عدم مصرف سوپرجاذب باعث کاهش ۱۳/۷۵ درصدی تعداد کپسول در بوته نسبت به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گردید. میانگین تعداد کپسول در بوته در تیمار ۲۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار در بوته در یک گروه آماری و با اختلاف اندکی از یکدیگر قرار گرفتند (شکل ۴-۴).

۲). که این نتیجه مشابه نتیجه ای است که یزدانی و همکاران (۱۳۸۶) در آزمایشی روی گیاه سویا انجام دادند. آن ها گزارش کردند کاربرد پلیمر سوپر جاذب سبب افزایش تعداد غلاف در بوته سویا گردید.

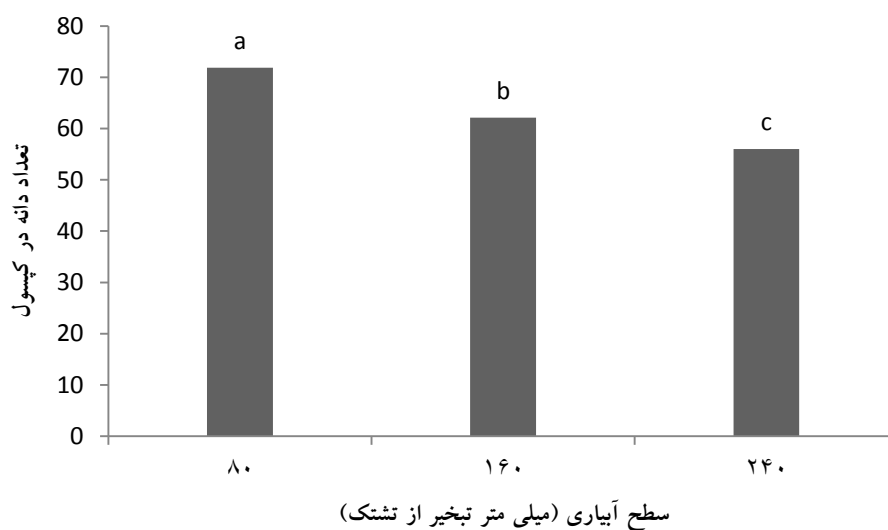


شکل ۲-۴ اثر سوپر جاذب بر تعداد کپسول. میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشند

تیمار مایکوریزا بر تعداد کپسول در بوته معنی دار نشد (جدول ۱-۴). اما کاربرد مایکوریزا باعث افزایش ۳ درصدی تعداد کپسول در بوته در گیاه گردید.

۲-۴ دانه در کپسول

تأثیر رژیم آبیاری بر صفت تعداد دانه در کپسول در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی دار بود (جدول ۱-۴). تعداد دانه از ۷۱/۸۷ دانه در هر کپسول در سطح آبیاری در ۸۰ میلی متر تبخیر به ۵۵/۹۷ در سطح ۲۴۰ میلی متر تبخیر کاهش یافت (شکل ۳-۴). آبیاری در ۲۴۰ میلی متر تبخیر منجر به کاهش ۲۲/۲۲ درصدی در تعداد دانه در کپسول نسبت به سطح شاهد یا سطح آبیاری در ۸۰ میلی متر تبخیر گردید.



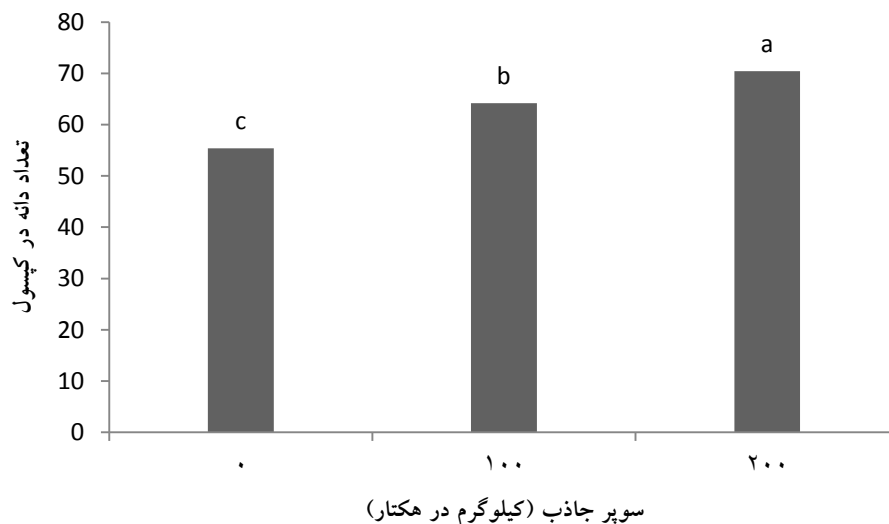
شکل ۳-۴ اثر آبیاری بر تعداد دانه در کپسول.

حیدری و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که تعداد دانه در کپسول در حالت تنش نسبت به آبیاری نرمال ۱۲ درصد کاهش داشت. مهربانی و همکاران (۱۳۸۶) طی آزمایشی با بررسی سطوح مختلف آبیاری بر روی چهار رقم کنجد بیان کردند که کاهش آبیاری از سطح شاهد به سطح ۱۴۵ میلی متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر منجر به کاهش ۳۷ درصدی تعداد دانه در بوته شد. در راستای این مطلب در آزمایشی که نوری پور سی سخت و همکاران، (۱۳۸۸) انجام دادند نیز با اینکه نتیجه آزمایش موجب معنی دار شدن تیمار آبیاری بر این صفت نشد ولی منجر به کاهش ۱۵ درصدی آن شد. همچنین نتیجه این آزمایش با نتایج حسن زاده و همکاران (۲۰۰۹) در مورد گیاه کنجد مطابقت دارد.

بروز تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ و ریزش آنها منجر به کاهش منبع فتوسنتزی در گیاه آفتابگردان و کاهش فعالیت آنزیم های موثر بر این فرآیند می گردد. همچنین کمبود آب طی مرحله گلدهی و گرده افشانی باعث خشک شدن دانه های گرده و کلالة مادگی شده که این مسئله باعث

اختلال در گرده افشانی می شود (رشدی و همکاران، ۲۰۰۶). تاثیر مستقیم تنش بر دانه بندی از طریق کاهش در تسهیم ماده خشک به سمت دانه های در حال تشکیل و یا کاهش تخصیص ماده خشک به دانه در طول دوره بحرانی رشد بوده و بنابراین وضعیت تسهیم و تخصیص تعیین کننده تعداد دانه است (رید و همکاران، ۲۰۰۲). نتایج این تحقیق با بررسی های نجفی و همکاران (۱۳۸۹) و منصوری (۱۳۸۱) نیز مطابقت دارد.

اثر سوپر جاذب نیز بر تعداد دانه در کپسول در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۴-۱). بررسی میانگین صفات در سطوح مختلف سوپر جاذب نشان داد که به طور کلی افزایش مصرف سوپر جاذب باعث افزایش معنی دار این صفت می شود و متناسب با افزایش مصرف سوپر جاذب، تعداد دانه در کپسول نیز افزایش می یابد (شکل ۴-۴). خادم و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی که بر روی گیاه ذرت صورت گرفته بود اذعان داشتند که با مصرف سوپر جاذب تعداد دانه در بلال نسبت به حالت عدم مصرف آن افزایش معنی داری داشته که به علت قابلیت جذب و نگهداری بالای آب است.

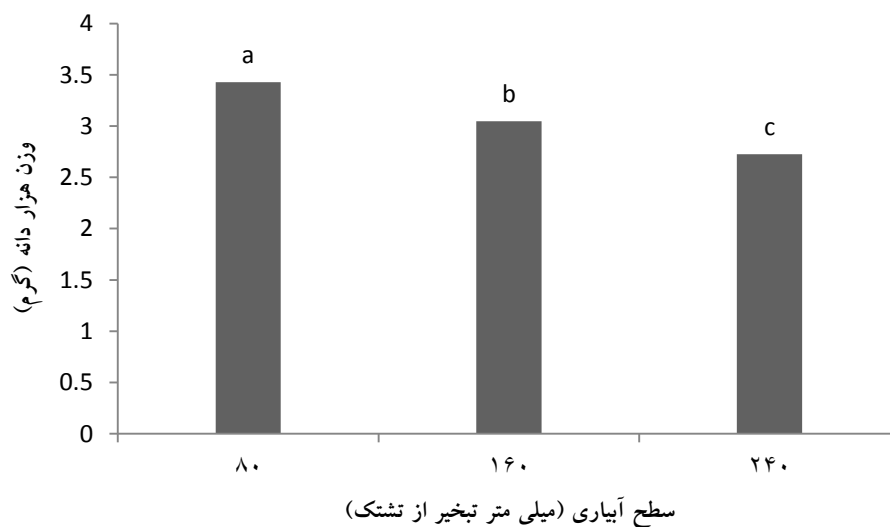


شکل ۴-۴ اثر سوپر جاذب بر تعداد دانه در کپسول.

تیمار میکوریزا تاثیر معنی داری تعداد دانه در کیسول نداشت (جدول ۴-۱). اما کاربرد میکوریزا نسبت به عدم کاربرد آن افزایش ۴ درصدی تعداد دانه در کیسول را نشان داد.

۳-۴ وزن هزار دانه

نتایج جدول ۴-۱ نشان داد که تیمار آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد برای وزن هزار دانه معنی دار گردید. مقایسه میانگین سطوح مختلف آبیاری نشان داد تغییر در رژیم آبیاری در هر سه سطح آبیاری تفاوت معنی داری دارد. به طوری که وزن هزار دانه در آبیاری در سطح ۸۰ میلی متر تبخیر نسبت به ۱۶۰ میلی متر تبخیر ۱۱/۰۲ درصد بیشتر و نسبت به آبیاری در سطح ۲۴۰ میلی متر تبخیر ۲۰/۵ درصد بیشتر است (شکل ۴-۵). کاهش وزن هزار دانه در نتیجه تنش خشکی حاصل کاهش دوره پر شدن دانه و از دست دادن فصل رشد است. امانی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که وزن هزار دانه کنجد در حالت تنش ۱۵/۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافته است.

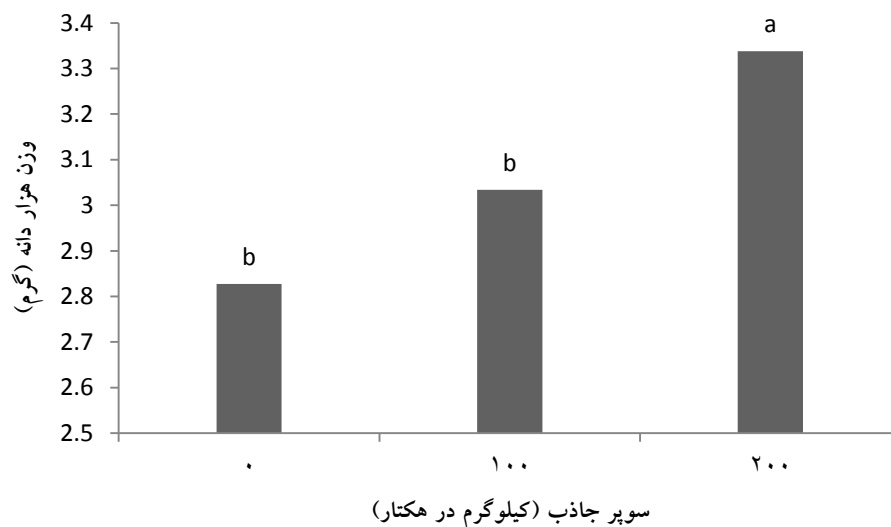


شکل ۴-۵ اثر آبیاری بر وزن هزار دانه.

تنش خشکی در زمان پس از مشخص شدن تعداد دانه در نیام، سبب کاهش پر شدن دانه و در نتیجه کاهش وزن هزار دانه کنجد می شود (نجفی و همکاران، ۱۳۸۹). دورنسکو و همکاران (۱۹۹۲) گزارش

نمودند که کاهش فواصل آبیاری باعث افزایش وزن هزار دانه در ذرت گردیده است. رامسور و همکاران (۱۹۹۴) کاهش وزن دانه سویا را تحت شرایط تنش خشکی گزارش کردند.

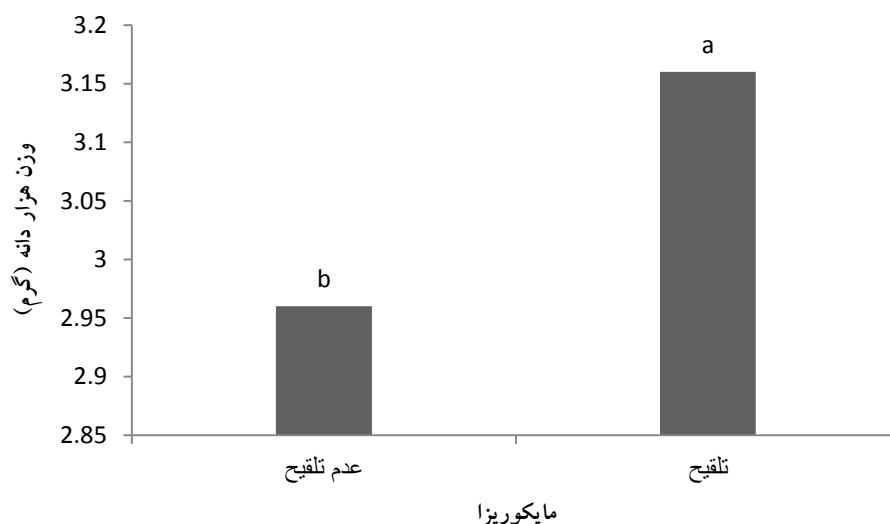
اثر سوپر جاذب نیز بر وزن هزار دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۴-۱). نتایج نشان داد که افزایش مصرف سوپر جاذب منجر به افزایش وزن هزار دانه گردید. علت افزایش وزن دانه ها در تیمار با سوپر جاذب، همان در دسترس بودن آب به مقدار مناسب برای گیاه و همچنین انتقال مواد غذایی بهتر به دانه ها می باشد که در نتیجه از چروکیده شدن دانه جلوگیری می کند. مقایسه میانگین مقادیر مختلف سوپر جاذب نشان داد که وزن هزار دانه در تیمار کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار نسبت به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار ۱۰ درصد بیشتر و نسبت به عدم کاربرد ۱۵/۶ درصد بیشتر است (شکل ۴-۶).



شکل ۴-۶ اثر سوپر جاذب بر وزن هزار دانه. میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشند.

یزدانی و همکاران (۱۳۸۶) بیان نمودند که وزن صد دانه سویا تحت تاثیر پلیمر سوپرجاذب قرار گرفت. همچنین پور اسماعیل و همکاران (۱۳۸۹) اعلام کردند وزن صد دانه لوبیا قرمز در حضور سوپر جاذب افزایش معنی داری نشان داده است.

اثر تلقیح قارچ میکوریزا نیز بر وزن هزار دانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۴-۱). مقایسه میانگین تیمار میکوریزا نشان داد تلقیح میکوریزا سبب افزایش ۷ درصدی وزن هزار دانه نسبت به عدم تلقیح گردید (شکل ۴-۷). در همین راستا درزی و همکاران (۱۳۸۵) در تحقیقی که بر روی گیاه رازبانه انجام دادند مشاهده نمودند تلقیح این گیاه با میکوریزا باعث افزایش ۶ درصدی وزن هزار دانه این گیاه گردید.



شکل ۴-۷ اثر میکوریزا بر وزن هزار دانه.

علت افزایش وزن هزار دانه در حضور میکوریزا می تواند به علت کاهش اثرات تنش خشکی و همچنین فراهمی مواد غذایی باشد. کاربرد میکوریزا سبب به تعویق افتادن پیری برگ ها ، کاهش ریزش برگ ها و افزایش میزان آب قابل دسترس گیاه و در نتیجه افزایش فتوسنتز گیاه می شود. بنابراین مواد غذایی و شیره پرورده بیشتری در اختیار دانه ها قرار گرفته و سبب افزایش اندازه و

حجم دانه ها می گردد. بنابراین دانه ها سنگین تر شده و وزن هزار دانه افزایش می یابد. تحقیقات گیکوچا و همکاران (۱۹۹۶) در مورد یونجه و پانوار (۱۹۹۳) در مورد گندم، تاییدی بر این مطلب است.

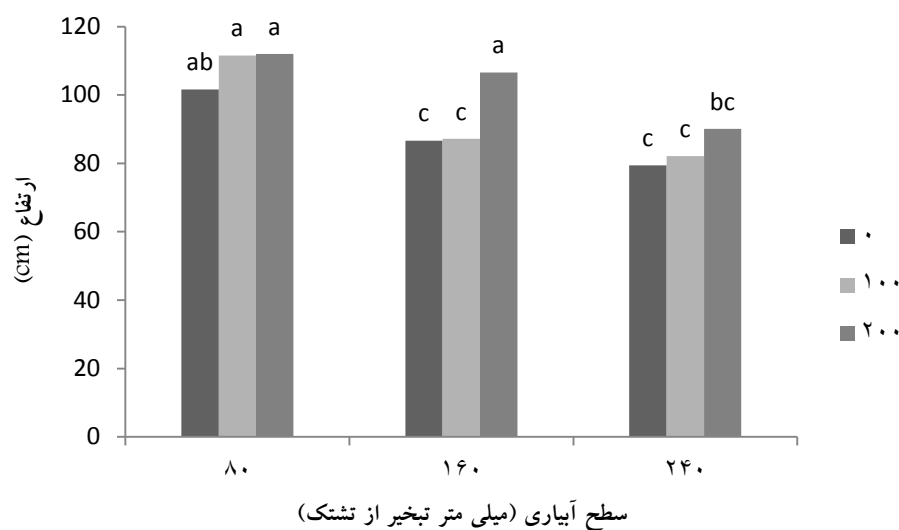
۴-۴ ارتفاع

تجزیه واریانس داده‌های مربوطه نشان داد که ارتفاع بوته بطور معنی داری ($P \leq 0.01$) تحت تاثیر آبیاری قرار گرفت (جدول ۴-۱). مقایسه میانگین صفات نشان داد که، بیشترین ارتفاع بوته برابر $108/4$ سانتی متر بود که از تیمار آبیاری در 80 میلی متر تبخیر بدست آمد و کمترین ارتفاع مربوط به تیمار آبیاری در 240 میلی متر تبخیر ($83/89$ سانتی متر) بود (جدول ۴-۳). مناش و همکارانش (۲۰۰۶)، گزارش کردند که آبیاری اضافی از کم به متوسط طی دوره رشد اولیه تخصیص ماده خشک به ساقه در کنجد را افزایش داد. نزرلی و زردشتی (۲۰۱۰) بیان کردند که یک حداقل پتانسیل آب برای طویل شدن سلول نیاز است و در نتیجه کمبود، میانگره‌ها و ارتفاع ساقه کوتاه می‌شود. کاهش در طول اندام هوایی در پاسخ به خشکی می‌تواند به یکی از دو علت زیر باشد، کاهش طویل شدن سلول به دلیل کمبود آب، که منجر به کاهش در تورم سلول، حجم سلول و سرانجام رشد سلول می‌شود (بویر، ۱۹۸۸) یا منجر به مسدود شدن آوند چوب و آبکش می‌شود، بنابراین از هر گونه جابه جایی از این طریق جلوگیری می‌کند (لويسولو وشوبر، ۱۹۹۸). یزدانی و همکاران (۱۳۸۶) بیان کردند که فواصل آبیاری و اعمال تنش خشکی روی گیاه سویا به دلیل کاهش تقسیم و طویل شدن سلولی، با کاهش رشد و ارتفاع گیاه همراه بود. کاکیر (۲۰۰۴)، نیز بیان کرد که آبیاری تأثیر معنی داری روی ارتفاع بوته ذرت دارد. ارتفاع بوته صفتی است که بیش از هر عامل دیگر تحت تاثیر ویژگی های ژنتیکی قرار می‌گیرد (رستگار، ۱۳۸۴)؛ با این حال شرایط محیطی از جمله تنش خشکی، ارتفاع بوته را تحت تاثیر قرار می‌دهد. به طوری که اسکندری و همکاران (۱۳۸۸)، کاهش ارتفاع بوته را عامل موثری در کاهش عملکرد کنجد تحت شرایط آبیاری محدود اعلام کردند.

همچنین اثر سوپرچاذب نیز بر ارتفاع در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۴-۱). بررسی میانگین صفات در سطوح مختلف سوپرچاذب نشان داد که به طور کلی افزایش مصرف سوپرچاذب باعث افزایش این صفت می شود و متناسب با افزایش مصرف سوپرچاذب، ارتفاع نیز افزایش می یابد (جدول ۴-۳). تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف سوپرچاذب نسبت به عدم مصرف سوپرچاذب ۱۳/۳ افزایش ارتفاع بوته را در پی داشته است. دانشمندی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی خود روی گیاه ریحان اعلام داشتند که با مصرف پلیمر سوپرچاذب ارتفاع گیاه ریحان ۱۳/۴ درصد نسبت شاهد افزایش نشان داد.

تجزیه واریانس داده ها موجود معنی داری کاربرد مایکوریزا را در سطح ۱ درصد نشان داد. اثرات مثبت مایکوریزا بر افزایش ارتفاع در گیاهان مختلف به اثبات رسیده است (کیانشنک و همکاران، ۲۰۰۶، جاویتو و همکاران، ۲۰۰۶). همزیستی مایکوریزایی از طریق تغییر در اختصاص منابع بین ریشه و قسمت های هوایی منجر به افزایش سطح برگ و افزایش ارتفاع می گردد. همچنین گیاهان مایکوریزایی انرژی کمتری برای تشکیل ریشه صرف می کنند، لذا این گیاهان ساقه بزرگتری را تولید کرده و نسبت ریشه به ساقه پایین تری دارند (اسکالتر، ۲۰۰۱).

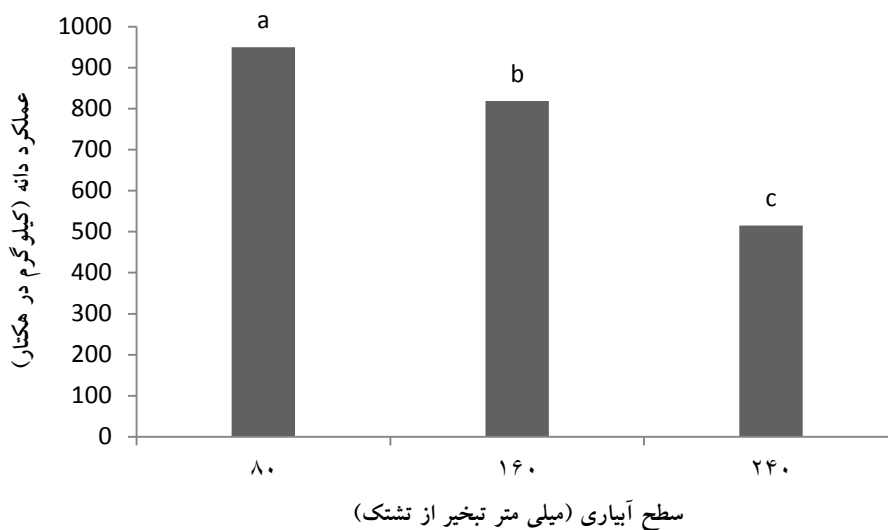
در میان اثرات متقابل تنها اثر متقابل آبیاری در سوپرچاذب در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۴-۸). بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۱۱۲ سانتی متر از تیمار آبیاری در ترکیب تیماری ۸۰ میلی متر تبخیر همراه با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم سوپرچاذب در هکتار و کمترین مقدار این صفت با ۷۹/۴۱ سانتی متر در ترکیب تیماری آبیاری در ۲۴۰ میلی متر تبخیر و عدم مصرف سوپرچاذب حاصل شد (شکل ۴-۸).



شکل ۴-۸ اثر متقابل آبیاری × سوپر جاذب بر ارتفاع بوته. میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشند.

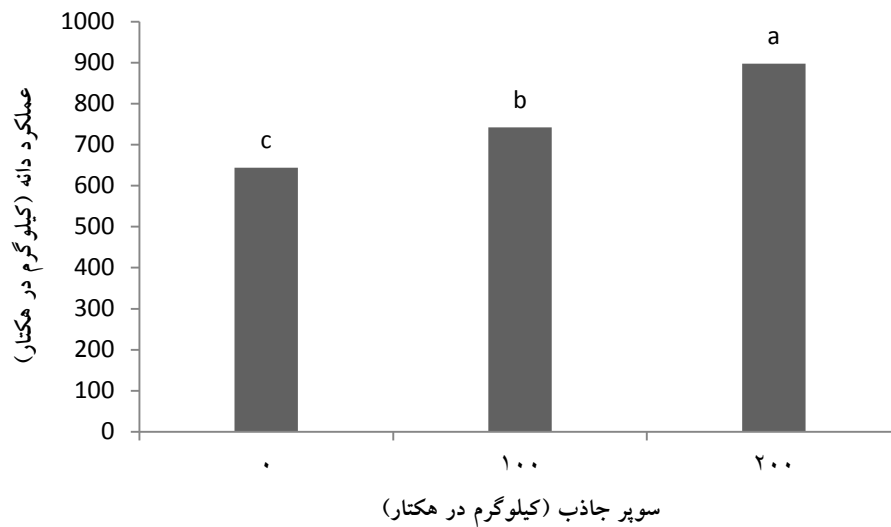
۴-۵ عملکرد دانه

اثر رژیم آبیاری بر روی صفت عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۴-۱). در مقایسات میانگین صورت گرفته تیمار آبیاری در ۸۰ میلی متر تبخیر که تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول بیشتری (به ترتیب حدود ۱۶/۷ و ۲۲/۲۲ درصد) نسبت به سطح آبیاری در ۲۴۰ میلی متر تبخیر داشت؛ با میانگین ۹۵۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار آبیاری در ۲۴۰ میلی متر تبخیر با ۵۱۴/۸ کیلوگرم در هکتار حدود ۴۶ درصد تولید عملکرد دانه بیشتری داشت (شکل ۴-۹). سعیدی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که عملکرد دانه در حالت تنش نسبت به آبیاری نرمال ۴۵ درصد کاهش داشته است. نتایج حاصله با یافته های حسن زاده و همکاران (۲۰۰۹)، امانی و همکاران (۲۰۱۲)، اسکندری و همکاران (۱۳۸۸)، شکوه فر و همکاران (۱۳۹۱) در مورد گیاه کنجد مطابقت داشت.



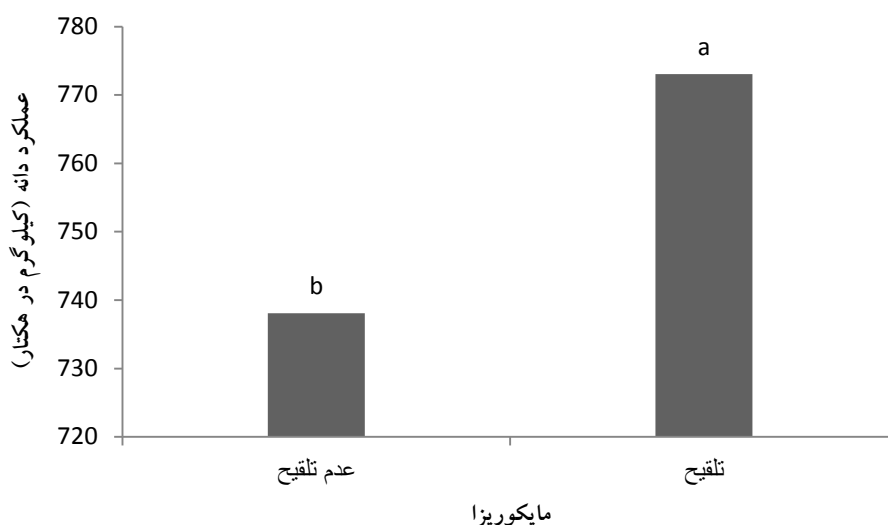
شکل ۴-۹ اثر آبیاری بر عملکرد دانه.

اثر سوپرجاذب نیز بر عملکرد دانه در سطح معنی داری ۱ درصد واقع شد (جدول ۴-۱). نتایج نشان داد که افزایش مصرف سوپرجاذب منجر به افزایش معنی دار عملکرد دانه گردید. استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم پلیمر سوپرجاذب در هکتار باعث افزایش ۱۳/۲ درصدی عملکرد نسبت به عدم استفاده دارد. همچنین افزایش استفاده از پلیمر سوپرجاذب تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش ۱۷/۴ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار شد (شکل ۴-۱۰). همچنین این نتیجه با گزارشی یزدانی و همکاران (۱۳۸۶)، مطابقت دارد. آنها اعلام کردند بالاترین عملکرد دانه در سویا مربوط به تیمار ۲۲۵ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار بوده که ۳۱ درصد افزایش نسبت به شاهد داشته است. رحمانی و همکاران (۱۳۸۸)، نیز در بررسی که روی خردل انجام دادند بیان کردند با مصرف سوپرجاذب با غلظت ۷ درصد عملکرد دانه ۱۶ درصد افزایش نشان داده است.



شکل ۴-۱۰ اثر سوپر جاذب بر عملکرد دانه.

نتایج حاصل از این تحقیق همچنین نشان دهنده افزایش معنی دار عملکرد دانه در هکتار تحت تاثیر عامل مایکوریزا است (جدول ۴-۱). نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد مایکوریزا سبب افزایش ۵ درصدی عملکرد دانه در هکتار شد (شکل ۴-۱۱). این نتیجه با گزارش درزی و همکاران (۱۳۸۵)، مطابقت دارد. ایشان بیان داشتند که عملکرد دانه گیاه رازیانه در تیمار تلقیح با مایکوریزا ۸ درصد بیشتر از عدم تلقیح می باشد. دانشیان و همکاران (۱۳۸۹)، نیز در تحقیقی بر روی گیاه کدو تخم کاغذی بیان داشتند که اعمال تیمار مایکوریزا سبب افزایش معنی دار بر روی صفت عملکرد دانه شده است.



شکل ۴-۱۱ اثر مایکوریزا بر عملکرد دانه.

۶-۴ عملکرد بیولوژیکی

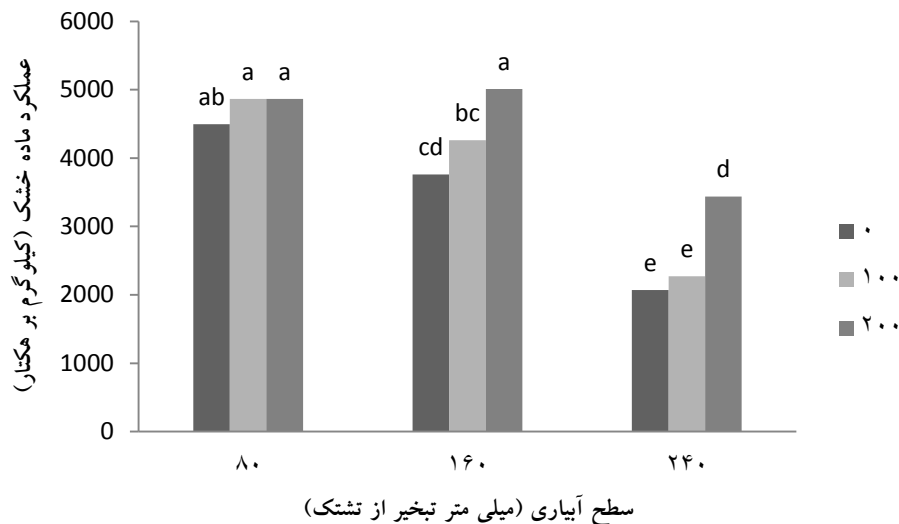
همانطور که در جدول ۴-۱ مشاهده می‌شود اثر آبیاری بر عملکرد ماده خشک در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار گردید. مقایسه میانگین صفات نشان داد که تیمار آبیاری در ۸۰ میلی متر تبخیر در گروه برتر جای گرفت و این بدان معناست که اعمال تنش کم آبی تأثیر منفی و معنی داری بر عملکرد ماده خشک در این گیاه داشته است (جدول ۴-۳). تیمار آبیاری در ۸۰ میلی متر تبخیر با ۴۷۴۲ کیلوگرم در هکتار ماده خشک در گروه برتر آماری جای گرفت. همچنین آبیاری در سطح ۱۶۰ میلی متر تبخیر با میانگین ۴۳۴۳ کیلوگرم در هکتار نسبت به آبیاری در سطح ۲۴۰ میلی متر تبخیر اختلاف ۴۱ درصدی را نشان داد. اینگونه به نظر می‌رسد که اختلاف ۸/۵ درصدی بین سطح بدون تنش و تنش ملایم به علت سازگاری بالای کنگد به سطوح کم آبیاری باشد. بهرامی و همکاران (۲۰۱۲) در آزمایشی روی کنگد انجام دادند مشاهده کردند که عملکرد ماده خشک گیاه در حالت تنش شدید نسبت به حالت آبیاری نرمال ۵۱ درصد کاهش داشته است.

نتایج به دست آمده در این آزمایش با یافته‌های امانی و همکاران (۲۰۱۲)، سعیدی و همکاران (۲۰۱۲)، حیدری و همکاران (۲۰۱۱)، مهرابی و همکاران (۱۳۸۶)، اسکندری و همکاران (۱۳۸۸)، شکوه فر و همکاران (۱۳۹۱)، اسلام و همکاران (۲۰۱۱)، افوگلو (۲۰۰۹)، کاکیر (۲۰۰۴)، لیو و استانتوزل (۲۰۰۴)، رستم‌زا (۲۰۱۱) و روکاتلی و همکاران (۲۰۱۲) نیز مطابقت داشت. این محققان استدلال کرده‌اند که احتمالاً کاهش شاخص سطح برگ در تیمارهای تنش، جذب نور توسط پوشش گیاهی را کاهش داده و به تبع آن ماده خشک تولیدی کاهش یافته است. تنش آبی موجب بسته شدن روزنه‌ها می‌شود در نتیجه میزان فتوسنتز، تولید ماده خشک و در نهایت میزان عملکرد کاهش می‌یابد (رحمانی، ۱۳۸۸). رزمی و قاسمی (۱۳۸۶)، گزارش کردند که تنش خشکی بواسطه تأثیر منفی بر شاخص سطح برگ، ارتفاع و سایر صفات رویشی موجب افت عملکرد سورگوم گردید.

اثر سوپرجاذب نیز بر عملکرد ماده خشک در سطح ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۴-۱). مقایسات میانگین نشان داد که مصرف ۱۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب موجب افزایش ۱۰ درصدی عملکرد ماده خشک نسبت به شاهد می‌شود. همچنین تیمار ۲۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب نسبت به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سبب بهبود عملکرد ماده خشک تا ۱۵ درصد در هکتار شد (جدول ۴-۳).

بر همکنش اثر آبیاری و سوپرجاذب نیز در سطح ۱ درصد معنی دار شد. نتایج نشان داد که افزایش مصرف سوپرجاذب در تمام سطوح آبیاری منجر به افزایش عملکرد ماده خشک شد به طوری که در آبیاری در ۱۶۰ میلی متر تبخیر با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار عملکردی مشابه با آبیاری در سطح ۸۰ میلی متر تبخیر بدست آمد. همچنین در تنش شدید کم آبیاری با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار عملکردی مشابه حالت تنش ملایم داشت. همچنین کمترین سطح عملکرد ماده خشک در ترکیب تیماری آبیاری در ۲۴۰ میلی متر تبخیر و عدم مصرف سوپرجاذب به دست آمد. (شکل ۴-۱۲). این اثر احتمالاً به دلیل جذب مقادیر قابل ملاحظه آب در ساختمان

سویرجاذب و متعاقب آن قرار دادن آب جذب شده به خاک اطراف و ریشه گیاه در هنگام خشکی می- باشد.



شکل ۴-۱۲ اثر متقابل آبیاری × سویرجاذب بر عملکرد ماده خشک. میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشند.

کریمی و نادری، (۱۳۸۶) با بررسی مقادیر مختلف سویرجاذب بر روی ذرت علوفه ای بیان کردند که با افزایش کاربرد ماده سویرجاذب، عملکرد ماده خشک افزایش یافت. ال امیر و همکاران، (۱۹۹۱) گزارش کردند که پلیمرهای ترکیب شده در خاک وزن خشک و تر ذرت تولیدی را افزایش دادند. نتایج مطالعات سایر محققان نیز حاکی از آن است که افزایش مصرف سویرجاذب باعث افزایش عملکرد گیاه می شود، (اسلام و همکاران، ۲۰۱۱؛ سیوآپالان، ۲۰۰۱؛ اله دادی، ۱۳۸۱).

۴-۷ شاخص برداشت

اثر هیچ کدام از تیمارها بر شاخص برداشت معنی دار نبود. اسپات و همکاران (۱۹۸۴) بیان داشتند که زمان های مختلف وقوع تنش در گیاه دانه روغنی سویا تأثیری در شاخص برداشت ندارد. این محققین بر این عقیده اند که فرایندهای رویشی و زایشی گیاه به یک

اندازه تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار می گیرند و به همین دلیل، شاخص برداشت در وضعیت های مختلف رطوبتی از ثبات زیادی برخوردار است و تغییرات ماده خشک کل گیاه و عملکرد دانه درمقایسه با شاخص برداشت در پاسخ به تنش آب بیشتر است. این نتیجه با پژوهش امانی و همکاران (۲۰۱۲)، حیدری و همکاران (۲۰۱۱) و شکوه فر و همکاران (۱۳۹۱) منطبق است.

۴-۸ روغن دانه

بررسی داده ها نشان داد که اثرات اصلی آبیاری و سوپرجاذب بر روغن دانه معنی دار نشد (جدول ۴-۴-۱). تنها اثر اصلی مایکوریزا در سطح ۵ درصد معنی دار شد که در تیمار تلقیح مایکوریزا ۵۱/۵۹ درصد و در تیمار شاهد ۵۰/۵۵ درصد بوده که این نتیجه با گزارش یوسفی و همکاران (۱۳۸۹) مطابقت داشت. اثر بر همکنش سه جانبه آبیاری * سوپرجاذب * مایکوریزا نیز در سطح ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۴-۷).

جدول ۴-۷ اثر متقابل آبیاری × سوپر جاذب * مایکوریزا روی درصد روغن دانه

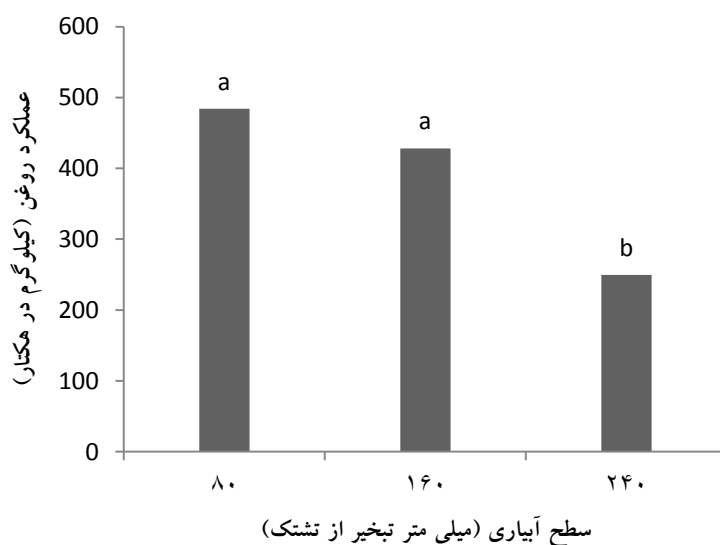
درصد روغن دانه (%)	ترکیب تیماری سوپر جاذب (کیلو گرم در هکتار) * مایکوریزا	سطوح آبیاری (میلی متر تبخیر)
۴۹/۹efgh	شاهد * عدم تلقیح	
۵۱/۵abcdefg	شاهد * تلقیح	
۵۰/۱defgh	۱۰۰ * عدم تلقیح	۸۰
۵۱/۹abcdef	۱۰۰ * تلقیح	
۵۲/۱abcde	۲۰۰ * عدم تلقیح	
۵۰/۱defgh	۲۰۰ * تلقیح	
۵۴/۲a	شاهد * عدم تلقیح	
۵۳/۲ab	شاهد * تلقیح	
۵۰/۹bcdefgh	۱۰۰ * عدم تلقیح	۱۶۰
۵۲/۶abcde	۱۰۰ * تلقیح	
۵۰/۵bcdefgh	۲۰۰ * عدم تلقیح	
۵۲/۷abcd	۲۰۰ * تلقیح	
۵۰/۳cdefgh	شاهد * عدم تلقیح	
۴۹/۳fgh	شاهد * تلقیح	
۴۸/۲h	۱۰۰ * عدم تلقیح	۲۴۰
۴۹/۹efgh	۱۰۰ * تلقیح	
۴۸/۸gh	۲۰۰ * عدم تلقیح	
۵۳abc	۲۰۰ * تلقیح	

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۰.۵٪ با آزمون LSD می باشند.

این طور که به نظر می رسد به علت فراهمی بیشتر آب و مواد غذایی در حضور مایکوریزا و سوپر جاذب مقدار روغن دانه در سطح بالاتری قرار گرفته است. اما صفت روغن دانه معمولا صفتی با وراثت پذیری بسیار بالاست و معمولا تاثیر پذیری بسیار پایینی از تنش های محیطی دارد.

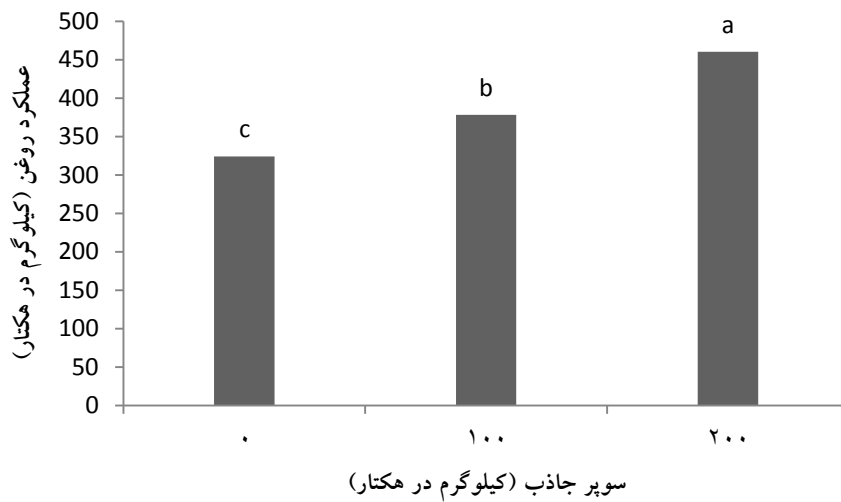
۹-۴ عملکرد روغن

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۲) نشان داد عملکرد روغن در سطح ۱ درصد تحت تاثیر اصلی آبیاری، سوپر جاذب و میکوریزا قرار گرفت. با توجه به اینکه تغییرات درصد روغن در تیمارهای مختلف کم می باشد، تغییرات عملکرد روغن مشابه تغییرات عملکرد دانه است. این نتیجه با نتایج جویبان و همکاران (۱۳۸۹) مطابقت داشت. آنها نیز گزارش کردند که با کاهش دور آبیاری و استفاده از سوپر جاذب بدون مشاهده تغییری در درصد روغن دانه، افزایش عملکرد روغن دانه کنجد را شاهد بودند. کافی و رستمی (۱۳۸۶) نیز در آزمایشی گزارش مشابهی در مورد گیاه گلرنگ ارائه دادند. مقایسات میانگین نشان داد که آبیاری در ۸۰ میلی متر تبخیر اختلاف ۴۸ درصدی با آبیاری در ۲۴۰ میلی متر تبخیر نشان داد (شکل ۴-۱۳).



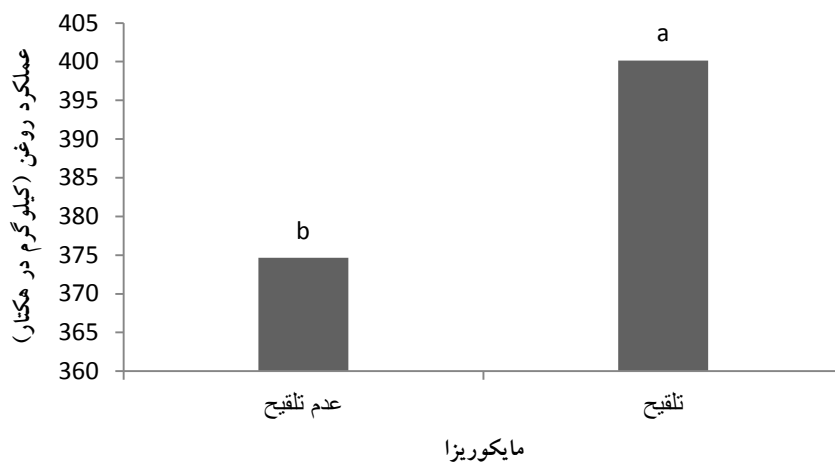
شکل ۴-۱۳ اثر آبیاری بر عملکرد روغن. میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشند.

همچنین مقایسات میانگین در تیمار سوپر جاذب مشخص کرد عدم استفاده از سوپر جاذب نسبت به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف ۳۰ درصدی را در عملکرد روغن موجب خواهد شد (شکل ۴-۱۴). که این امر به دلیل افزایش آب و مواد غذایی در دسترس گیاه می باشد.



شکل ۴-۱۴ اثر سوپر جاذب بر عملکرد روغن.

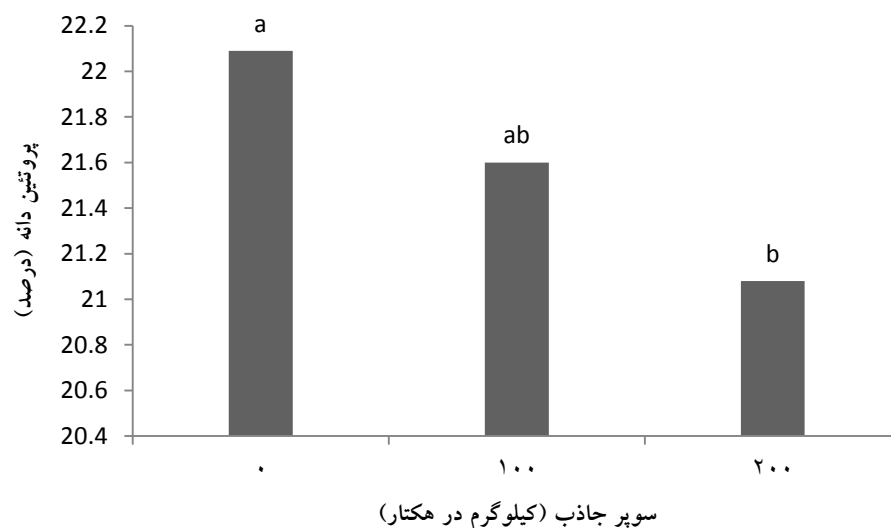
بررسی عملکرد روغن کنجد در تلقیح با مایکوریزا نیز نشان داد که استفاده از مایکوریزا سبب افزایش ۶/۴ درصدی این صفت خواهد شد (شکل ۴-۱۵).



شکل ۴-۱۵ اثر مایکوریزا بر عملکرد روغن.

۱۰-۴ پروتئین دانه

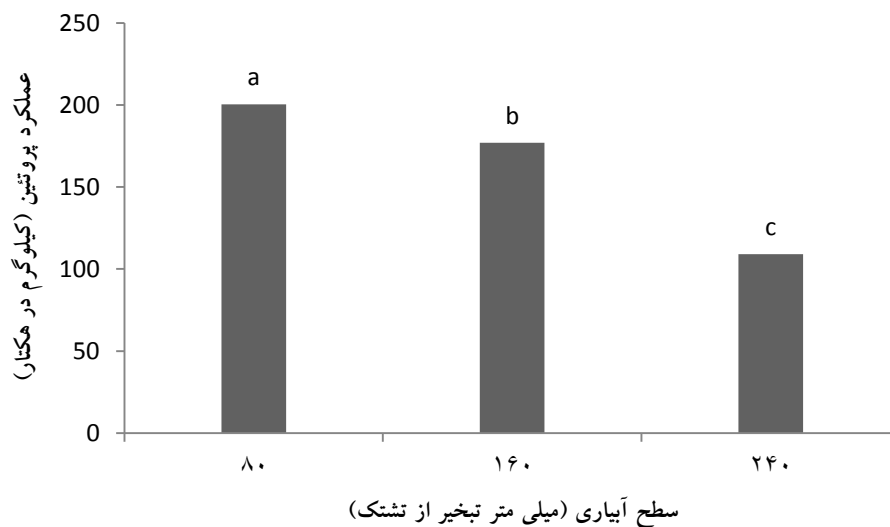
همانطور که در جدول ۱-۴ مشاهده می شود پروتئین دانه به طور معنی داری ($P \leq 0.05$) تحت تأثیر سوپر جاذب قرار گرفت. با مقایسه بین میانگین ها (شکل ۴-۱۶) متوجه این مطلب می شویم که با افزایش مصرف مقدار سوپر جاذب در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نسبت به تیمار شاهد مقدار پروتئین دانه در حدود ۵ درصد افت می کند. که این مطلب می تواند به دلیل کاهش اثرات ناشی از خشکی باشد. ضمناً با اینکه اثر دور آبیاری بر این صفت معنی دار نشده ولی با این حال میانگین محتوای پروتئین دانه کنگد در سه سطح آبیاری بین ۲۱/۰۹ تا ۲۲/۰۲ متغیر بوده است، که در تیمار آبیاری ۲۴۰ میلی متر تبخیر میزان پروتئین دانه افزایش ۴ درصدی داشته است.



شکل ۴-۱۶ اثر سوپر جاذب بر پروتئین دانه. میانگین های دارای حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشند.

۴-۱۱ عملکرد پروتئین

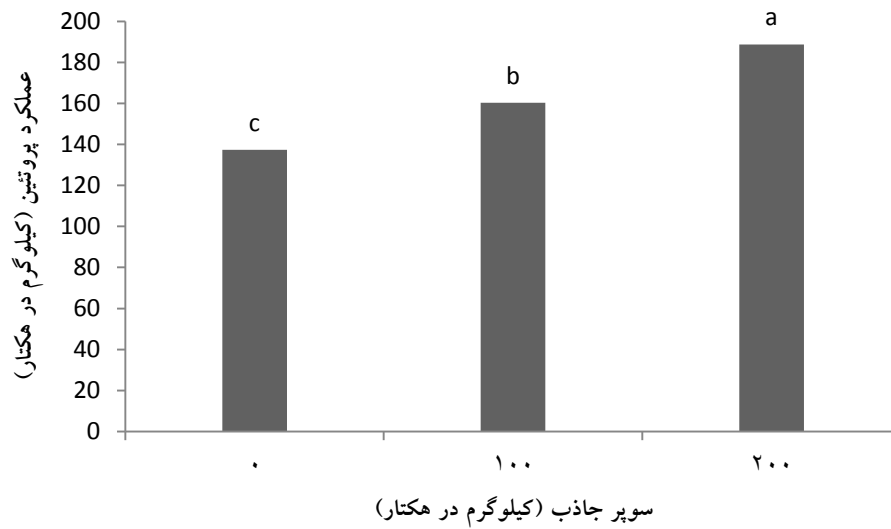
نتایج نشان داد که عملکرد پروتئین به طور معنی داری ($P \leq 0/01$) تحت تاثیر آبیاری، سوپرچادب و مایکوزیلا قرار گرفت (جدول ۴-۲). مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میانگین عملکرد پروتئین با ۲۰۰/۲۷۷ کیلوگرم در هکتار متعلق به آبیاری در ۸۰ میلی متر تبخیر بود و در آبیاری در ۱۶۰ و ۲۴۰ میلی متر تبخیر به ترتیب با میانگین های ۱۷۶/۹۴ و ۱۰۹/۰۲ کیلوگرم در هکتار در رتبه های بعدی قرار گرفتند (شکل ۴-۱۷). علت این امر کاهش عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری در ۱۶۰ و ۲۴۰ میلی متر تبخیر می باشد. این نتیجه با نتایج جویبان و همکاران (۱۳۸۹) مطابقت داشت.



شکل ۴-۱۷ اثر آبیاری بر عملکرد پروتئین.

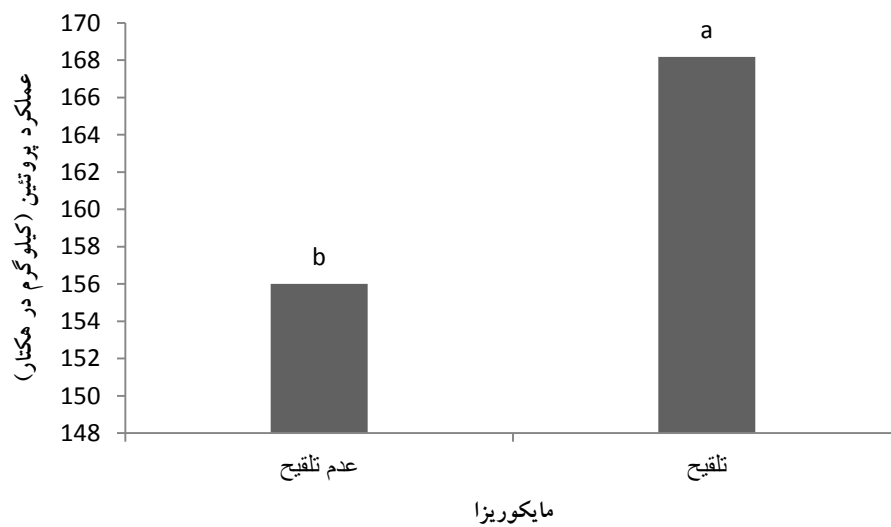
نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که کاربرد سوپر چادب تاثیر مثبتی روی عملکرد پروتئین داشت. بیشترین و کمترین عملکرد پروتئین به ترتیب از تیمارهای ۲۰۰ کیلوگرم سوپرچادب در هکتار

به میزان ۱۸۸/۷۲ کیلوگرم در هکتار و عدم مصرف سوپر جاذب به میزان ۱۳۷/۳۱ بدست آمد (شکل ۱۸-۴).



شکل ۱۸-۴ اثر سوپر جاذب بر عملکرد پروتئین.

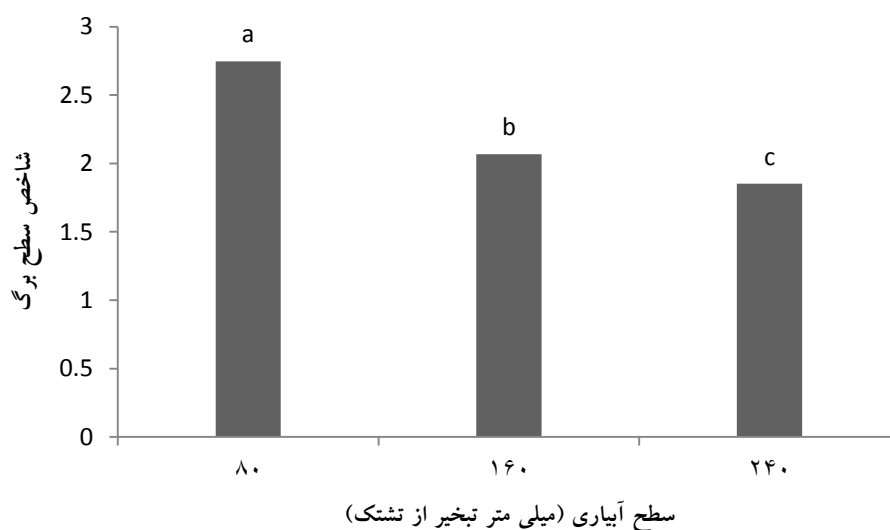
بررسی عملکرد پروتئین کنجد در تلقیح با مایکوریزا نیز نشان داد که استفاده از مایکوریزا سبب افزایش ۷/۲ درصدی این صفت خواهد شد (شکل ۱۹-۴).



شکل ۱۹-۴ اثر مایکوریزا بر عملکرد پروتئین.

۴-۱۲ شاخص سطح برگ

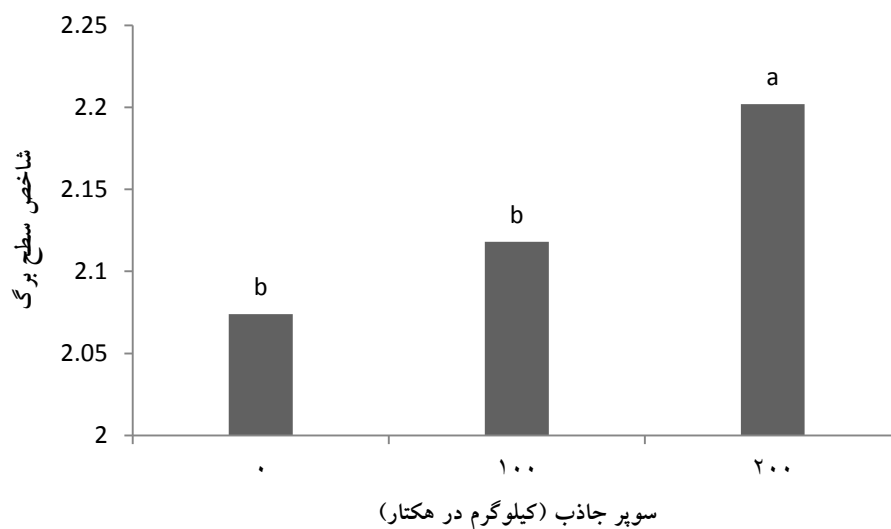
این صفت در مرحله ۵۰٪ کپسول دهی اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که شاخص سطح برگ به طور معنی داری ($P \leq 0/05$) تحت تأثیر تیمار آبیاری، ($P \leq 0/01$) سوپر جاذب و مایکوریزا قرار گرفت (جدول ۴-۲). شاخص سطح برگ بطور قابل ملاحظه‌ای بوسیله آب به کار برده شده تحت تأثیر قرار گرفت. تیمار آبیاری در ۸۰ میلی متر تبخیر بالاترین شاخص سطح برگ را نسبت به سایر تیمارهای آبیاری داشت و با کاهش مقدار آب، کاهش یافت (شکل ۴-۲۰)، به طوری که کمترین مقدار صفت مذکور از تیمار ۲۴۰ میلی متر تبخیر حاصل شد. با کاهش آبیاری در ۱۶۰ میلی متر تبخیر و در ۲۴۰ میلی متر تبخیر، شاخص سطح برگ در مقایسه با تیمار آبیاری در ۸۰ میلی متر تبخیر به ترتیب ۱۶/۶ و ۲۵/۲ درصد کاهش یافت.



شکل ۴-۲۰ اثر آبیاری بر شاخص سطح برگ.

النعیم و همکاران (۲۰۱۰) در آزمایشی که روی کنگد انجام دادند مشاهده کردند شاخص سطح برگ در حالت تنش شدید ۱۸ درصد نسبت به آبیاری نرمال کاهش داشت. مناش و همکاران (۲۰۰۶) در آزمایشی که روی کنگد انجام دادند متوجه شدند که شاخص سطح برگ در حالت تنش ۳۴ درصد

کمتر از شاهد است. نتایج آزمایش راهنما و همکاران (۱۳۸۷) نشان داد که بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ به ترتیب از تیمارهای آبیاری کامل و آبیاری در سطح ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه بدست آمد. همچنین آنها بیان کردند که با افزایش تنش، گیاه تعداد برگ کمتری تولید و شاخص سطح برگ کاهش می یابد. ایستانبولوگلو و همکاران (۲۰۰۲)، گزارش کردند که یک رابطه خطی مثبت بین تعداد آبیاری و مقدار شاخص سطح برگ وجود دارد. همچنین نتایج ما با نتایج سایر محققین (دلیری و همکاران، ۲۰۱۰؛ رستم زاء، ۲۰۱۱؛ کاکیر و همکاران، ۲۰۰۴ و لیو و استاتوزل، ۲۰۰۴) مطابقت داشت. نتایج مقایسه میانگین شاخص صفات نشان داد که کاربرد سوپرجاذب تأثیر مثبتی روی شاخص سطح برگ داشت. بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ به ترتیب از تیمارهای ۲۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار به میزان ۲/۲۰۲ و عدم مصرف سوپرجاذب به میزان ۲/۰۷۴ بدست آمد (شکل ۲۱-۴).

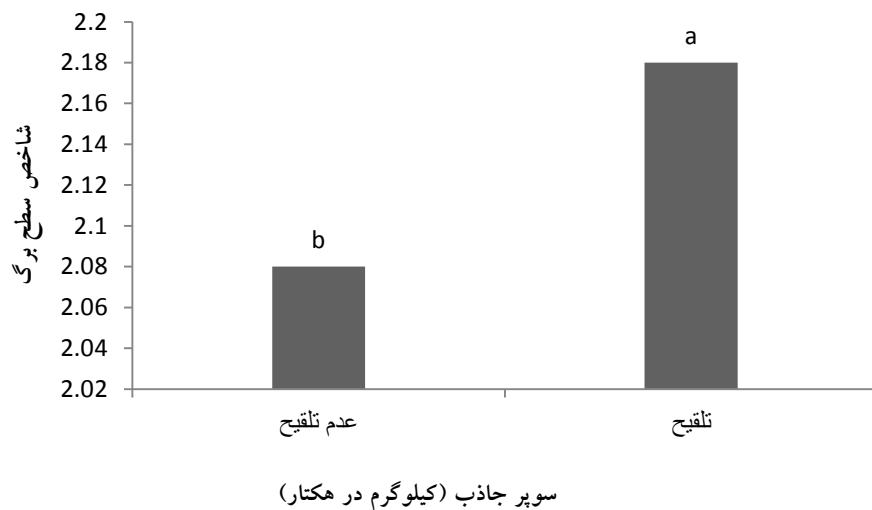


شکل ۲۱-۴ اثر سوپرجاذب بر شاخص سطح برگ. میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشند.

اسلام و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که کاربرد سوپرجاذب سطح برگ را در آبیاری نرمال اندکی کاهش داد و تحت آبیاری متوسط اندکی افزایش داد. هرچند در آبیاری کم سوپرجاذب سطح برگ را

۷۹/۶ درصد افزایش داد. کاووسی (۱۳۸۶) گزارش کرد افزایش در کاربرد زئولیت جذب نیتروژن را بهبود بخشید و متعاقبا تولید نوکلئیک اسیدها، آمیدها و آمینو اسیدها را در گیاه افزایش داد و از این رو تکثیر سلول را و در نهایت سطح برگ را افزایش داد.

همچنین مشاهده شد که بیشترین شاخص سطح برگ در کاربرد مایکوریزا بدست می آید. در تیمار کاربرد مایکوریزا شاخص سطح برگ نسبت به عدم کاربرد مایکوریزا افزایش ۵ درصدی نشان داد (شکل ۴-۲۲).



شکل ۴-۲۲ اثر مایکوریزا بر شاخص سطح برگ.

در آزمایش ولدآبادی و همکاران (۱۳۸۸)، مشخص شد که در تیمار تلقیح مایکوریزا نسبت به عدم تلقیح شاخص سطح برگ گشنیز ۶/۲ درصد افزایش داشته است. در پژوهشی دیگر که شاه حسینی و همکاران (۱۳۹۲) انجام دادند متوجه شدند شاخص سطح برگ ذرت در تلقیح با مایکوریزا ۹/۵ درصد افزایش نشان داد. این امر را می توان به این علت دانست که همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه از طریق جذب آب و عناصر غذایی، سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید فرآورده بیشتر و بهبود رشد، نظیر شاخص سطح برگ گیاه می گردد (خلوتی و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین تاکور وپانوار (۱۹۹۷)، گزارش کردند که در گیاه لوبیا، میکوریزا باعث افزایش شاخص سطح برگ نسبت به

شاهد شد. تحقیقات زیادی مبنی بر افزایش نیتروژن گیاه در نتیجه استفاده از قارچهای میکوریزا وجود دارد (سوبرامانینان و چارست، ۱۹۹۷) و نیتروژن شاخص سطح برگ را در گیاه افزایش می دهد که در نتیجه موجب بالا رفتن میزان تولید ماده خشک در گیاه می شود (های و والکر، ۱۹۸۹).

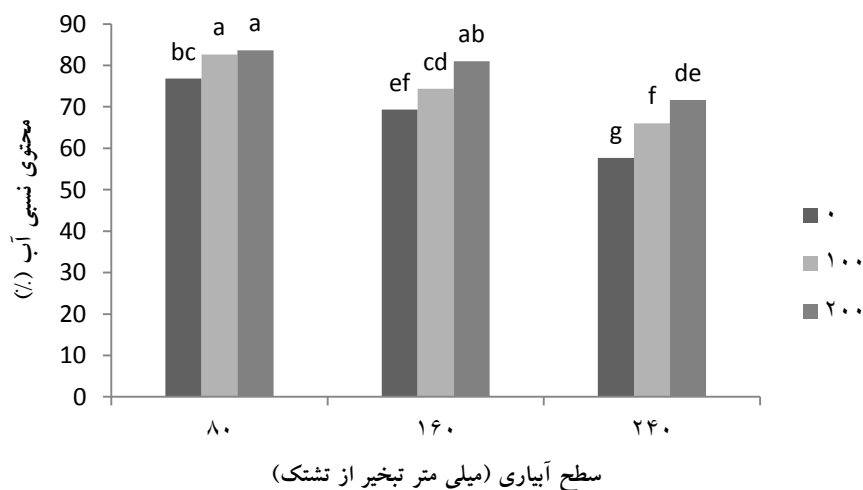
۴-۱۳ محتوی نسبی آب برگ (درصد)

محتوی نسبی آب برگ مطلوب، باعث گسترش بهتر سطح برگ به دلیل گسترش و توسعه مناسب سلول می شود. (فاضلی رستم پور و همکاران ۱۳۸۹). همانطور که در جدول ۴-۲ مشاهده می شود اثر آبیاری بر محتوی نسبی آب برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار گردید. مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار محتوی نسبی آب برگ به ترتیب از تیمار آبیاری ۸۰ میلی متر تبخیر معادل ۸۱/۰۶ درصد و ۲۴۰ میلی متر تبخیر به میزان ۶۵/۱۱ درصد بدست آمد (جدول ۴-۴) که با نتایج بدست آمده توسط سایر محققین (افوگلو (۲۰۰۹)، اسلام و همکاران (۲۰۱۱)، پینگ و همکاران (۲۰۰۶)، فاضلی رستم پور و همکاران (۱۳۸۹)، جوادی و بهرام نژاد (۱۳۸۹) میر آخوری و همکاران (۱۳۸۹)، فرخی نیا و همکاران (۱۳۹۰)) مطابقت داشت. مولائی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که محتوی آب نسبی کنجد در همین رقم (اولتان) در حالت تنش نسبت به آبیاری نرمال ۱۵ درصد کاهش داشت. همچنین در پژوهش خرم دل و همکاران (۱۳۸۹) که روی کنجد انجام شد نشان داد که افزایش حجم آب آبیاری از ۱۰۰ به ۳۰۰ میلی لیتر روندی افزایشی در محتوی نسبی آب برگ (از ۳۴/۷۶ به ۴۷/۱۵ درصد) مشاهده شد. از طرف دیگر ممکن است در تنش خشکی، محتوی نسبی آب تفاوت معنی داری با شرایط مطلوب آبیاری نداشته باشد، اما انرژی صرف شده توسط گیاه جهت تنظیم اسمزی، باعث کاهش قابل توجه عملکرد گردد (پوراسماعیل و همکاران ۱۳۸۹).

اثر سوپرچاذب در سطح احتمال ۱ درصد بر روی این صفت معنی دار شد (جدول ۴-۲). در مقایسه بین سطوح سوپرچاذب مصرفی، با افزایش میزان مصرف سوپرچاذب محتوی نسبی آب برگ به طور معنی داری افزایش یافت به گونه ای که کمترین میانگین این صفت مربوط به تیمار بدون مصرف

سوپرجاذب (۶۷/۹۴٪) و بیشترین میانگین (۷۸/۷۸٪) مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار بود (جدول ۴-۴). اسلام و همکاران (۲۰۱۱)، دانشمندی و عزیزی (۱۳۸۸) و نزرلی و زردشتی (۲۰۱۰) گزارش کردند که مصرف سوپرجاذب منجر به افزایش محتوای نسبی آب می شود. پور اسماعیل و همکاران (۱۳۸۹) طی آزمایشی بیان کردند از ۳ سطح ۰، ۵ و ۷ درصد سوپرجاذب، غلظت ۷ درصد با قرار دادن آب بیشتر در اختیار گیاه و همچنین ذخیره بیشتر آب دارای میزان آب نسبی بیشتری می باشد و عدم استفاده از این پلیمر نیز سبب کاهش این صفت می شود. فاضلی رستم پور و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند سوپرجاذب تأثیر معنی داری بر محتوی نسبی آب نداشته و تنها در سطح ۱۰۵ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار باعث افزایش جزئی محتوی نسبی آب برگ شده است.

اثر متقابل آبیاری در سوپرجاذب نیز به طور معنی داری ($P \leq 0/05$) محتوی آب نسبی را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۴-۲). به طوری که بیشترین و کمترین مقدار این صفت به ترتیب از ترکیب تیماری آبیاری ۸۰ میلی متر تبخیر و ۲۰۰ کیلو گرم سوپرجاذب در هکتار و آبیاری در سطح ۲۴۰ میلی متر تبخیر و عدم کاربرد سوپرجاذب بدست آمد (شکل ۴-۲۳).



شکل ۴-۲۳ اثر متقابل آبیاری × سوپرجاذب بر محتوی آب نسبی. میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشند.

اثر مایکوریزا نیز در سطح احتمال ۵٪ بر روی این صفت معنی دار شد (جدول ۴-۲). در مقایسه بین میانگین‌ها مشاهده شد که بیشترین مقدار محتوی نسبی آب برگ مربوط به کاربرد مایکوریزا (۷۴/۵۵٪) و کمترین مقدار محتوی نسبی آب برگ مربوط به عدم کاربرد مایکوریزا (۷۲/۸۱٪) می‌باشد (جدول ۴-۴). اسماعیل پور و همکاران (۱۳۹۲)، گزارش کردند که تلقیح گیاه مرزه با دو گونه قارچ مایکوریزا آربوسکولار *Glomus etunicatum* و *Glomus versiformis* باعث افزایش معنی دار محتوای نسبی آب در گیاه مرزه نسبت به تیمار بدون قارچ شد. همچنین نتیجه این تحقیق با گزارش یوسفی و همکاران (۱۳۹۰) مطابقت دارد. میسلیم قارچ مایکوریزا آربوسکولار در خاک نقش مهمی در تأثیر قارچ بر رابطه آبی گیاه میزبان دارد و باعث جذب آب از منافذ بسیار ریز خاک می‌شود (بیردن، ۲۰۰۱). وو و همکاران (۲۰۰۷)، اظهار داشتند که صرف نظر از تیمارهای آبی تنش آبی و آبیاری کامل میزان تعرق، میزان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای در گیاهان آمیخته شده با قارچ مایکوریزا آربوسکولار بیشتر از گیاهان بدون قارچ بود، همچنین در شرایط تنش آبی پتانسیل آبی گیاهچه‌های آمیخته شده با قارچ، ۲۱ درصد بیشتر از گیاهچه‌های بدون قارچ بود. اوگه (۲۰۰۱)، بیان کرد که مایکوریزا احتمالاً از طریق تغییر در مورفولوژی ریشه و طول کردن سیستم ریشه گیاه میزبان و افزایش سطح جذب از طریق ریشه‌های قارچ، میزان آب بیشتری جذب کرده و باعث بهبود روابط آبی گیاه میزبان می‌گردد.

۴-۱۴ کلروفیل a

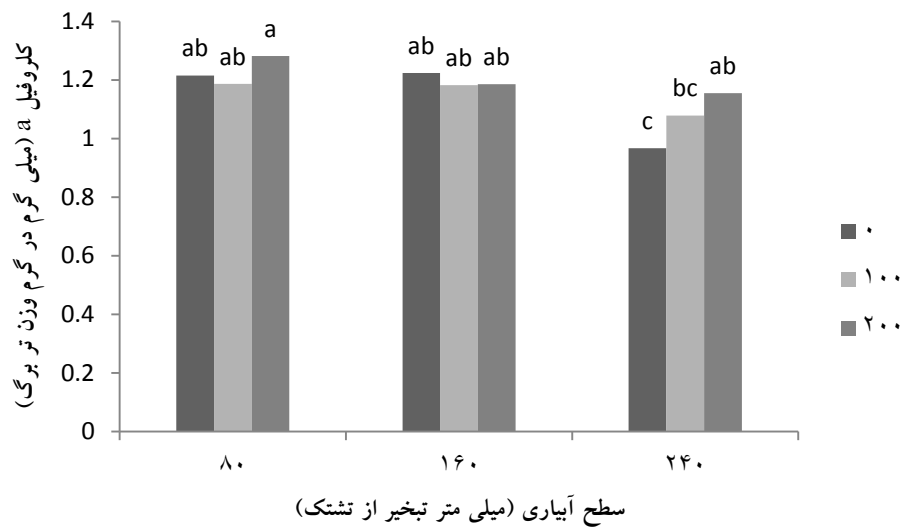
جدول ۴-۲ حاکی از آن است که اثر اصلی آبیاری و مایکوریزا بر کلروفیل a به ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد معنی دار بوده است. بیشترین میزان کلروفیل a با آبیاری در ۸۰ میلی متر تبخیر معادل $1/228 \text{ mg/g}$ وزن تر گیاه بدست آمد و کمترین مقدار در ۲۴۰ میلی متر تبخیر برابر با $1/067 \text{ mg/g}$ وزن تر گیاه حاصل شد (جدول ۴-۴). کاهش در کلروفیل تحت تنش خشکی اساساً به علت خسارت کلروفیل در نتیجه رادیکال‌های آزاد است (مفاخری، ۲۰۱۰). سینکی و همکاران (۲۰۰۴)

گزارش کردند در تنش های طولانی مدت، دهیدراسیون بافت ها منجر به افزایش فرایند اکسیداتیو شده که باعث زوال ساختار کلروپلاست و کاهش کلروفیل و در نهایت کاهش فعالیت فتوسنتز می شود. کاهش محتوای کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی گزارش شده است و حفظ غلظت کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی به ثبات فتوسنتز در این شرایط کمک می کند (کاستریلو، ۱۹۹۴). نتایج به دست آمده توسط سایر محققین نیز حاکی از آن است که مقدار کلروفیل با تنش خشکی کاهش می یابد (درویشی و همکاران ۱۳۸۹؛ فاضلی رستم پور و همکاران ۱۳۸۹؛ اصلانی و همکاران ۱۳۹۰؛ میر آخوری و همکاران ۱۳۸۹؛ نظری و زر دشتی ۲۰۱۰؛ مفاخری ۲۰۱۰). کاهش غلظت کلروفیل در شرایط تنش شدید می تواند ناشی از اثر تخریب کلروفیل و در نتیجه تجزیه کلروفیل به وسیله گونه های فعال اکسیژن باشد (پورموسی و همکاران، ۱۳۸۶؛ مانیوانان و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین اثر مایکوریزا بر کلروفیل a در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۴-۲). با مشاهده میانگین های حاصل متوجه افزایش ۹/۸ درصدی میزان کلروفیل گیاهان تیمار شده با مایکوریزا نسبت به شاهد می شویم.

کلونیزاسیون مایکوریزا آرباسکولار با افزایش غلظت کربوهیدرات های محلول برگ و افزایش میزان کلروفیل از طریق بهبود محتوی کربوهیدرات ها، ظرفیت فتوسنتزی گیاه را نیز افزایش می دهد (بومسما و وین، ۲۰۰۸). سوبرامانیان و همکاران (۱۹۹۷) دریافتند که تنش خشکی آسیمیلایسیون قند را در ساقه های گیاهان مایکوریزی نشده نسبت به ساقه های گیاهان مایکوریزی شده در ارقام حساس و مقاوم به تنش خشکی کاهش می دهد. افزایش تولید قند نه تنها باعث افزایش بالقوه سطح برگ می شود بلکه باعث کاهش فتواکسیداسیون کلروفیل نیز می گردد.

همچنین اثر متقابل آبیاری در سوپرچادب نیز در سطح ۵ درصد معنی دار شد. بیشترین میزان کلروفیل a با آبیاری در سطح ۸۰ میلی متر تبخیر و کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم سوپرچادب برابر با mg/g

۱/۳ وزن تر گیاه به دست آمد و کمترین مقدار در سطح آبیاری ۲۴۰ میلی متر تبخیر و بدون کاربرد سوپرچاذب معادل ۰/۹۶ mg/g وزن تر گیاه حاصل شد (شکل ۴-۲۴).



شکل ۴-۲۴ اثر متقابل آبیاری × سوپرچاذب بر کلروفیل a. میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشند.

اثر متقابل آبیاری و سوپرچاذب و مایکوریزا نیز در سطح ۵ درصد معنی دار شد. بالاترین میزان کلروفیل a با آبیاری در سطح ۸۰ میلی متر تبخیر و کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم سوپرچاذب و کاربرد مایکوریزا حاصل شد که ۱/۵ mg/g وزن تر گیاه بود و کمترین میزان با آبیاری در سطح ۲۴۰ میلی متر تبخیر و عدم کاربرد سوپرچاذب و عدم کاربرد مایکوریزا به دست آمد که معادل ۰/۸۷ mg/g وزن تر گیاه بود (جدول ۴-۸).

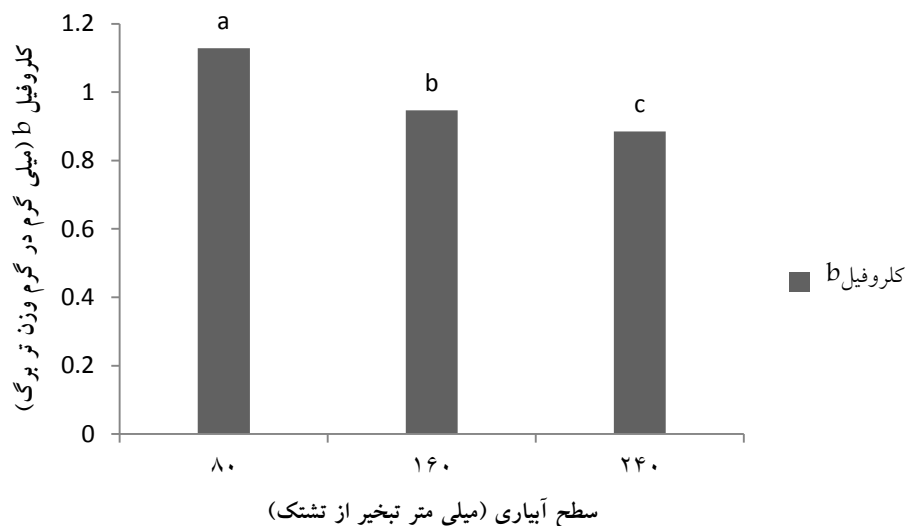
جدول ۴-۸ اثر متقابل آبیاری × سوپر جاذب * مایکوریزا بر کلروفیل a.

کلروفیل a (mg/g)	ترکیب تیماری سوپر جاذب (کیلو گرم در هکتار) * مایکوریزا	سطوح آبیاری (میلی متر تبخیر)
۱/۱۸bcde	شاهد * عدم تلقیح	
۱/۲۵bc	شاهد * تلقیح	
۱/۱۳cdef	۱۰۰ * عدم تلقیح	۸۰
۱/۲۵bc	۱۰۰ * تلقیح	
۱/۰۷def	۲۰۰ * عدم تلقیح	
۱/۵a	۲۰۰ * تلقیح	
۱/۱۷bcdef	شاهد * عدم تلقیح	
۱/۲۸b	شاهد * تلقیح	
۱/۱۵bcdef	۱۰۰ * عدم تلقیح	۱۶۰
۱/۲۲bcd	۱۰۰ * تلقیح	
۱/۱۵bcdef	۲۰۰ * عدم تلقیح	
۱/۲۲bc	۲۰۰ * تلقیح	
۰/۸۷g	شاهد * عدم تلقیح	
۱/۰۶ef	شاهد * تلقیح	
۱/۰۳f	۱۰۰ * عدم تلقیح	۲۴۰
۱/۱۳cdef	۱۰۰ * تلقیح	
۱/۱۵bcdef	۲۰۰ * عدم تلقیح	
۱/۱۵bcdef	۲۰۰ * تلقیح	

میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۰.۵٪ با آزمون LSD می باشند.

۴-۱۵ کلروفیل b

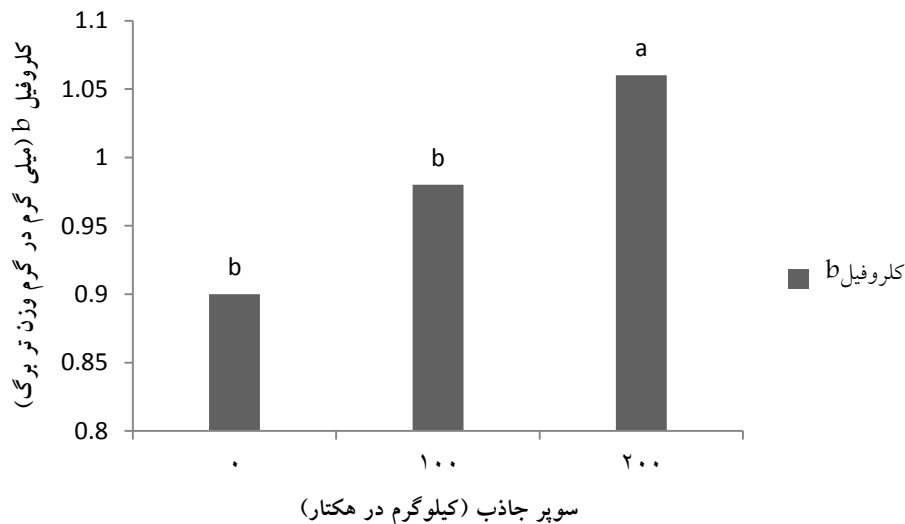
مطابق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۲) اثر تنش خشکی بر محتوای کلروفیل b در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. مقایسات صورت گرفته بین میانگین‌ها نشان داد که تغییر سطوح آبیاری ۸۰ میلی متر تبخیر به سطح آبیاری ۲۴۰ میلی متر تبخیر موجب کاهش ۲۰/۵ درصدی در محتوای کلروفیل b شده است. اف اوقلو و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که کلروفیل a, b و مجموع کلروفیل در تمام ارقام ذرت به طور معنی داری تحت تنش خشکی کاهش یافت. کاهش محتوای کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی گزارش شده است و حفظ غلظت کلروفیل تحت شرایط تنش خشکی به ثبات فتوسنتز در این شرایط کمک می کند (کاستریلو، ۱۹۹۴).



شکل ۴-۲۵ اثر آبیاری بر کلروفیل b. میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشند.

داده های جدول ۴-۲ ما را متوجه معنی دار شدن اثر سوپرچادب بر کلروفیل b در سطح ۱ درصد نیز می گرداند. مقایسه میانگین صفات نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل از تیمار ۲۰۰ کیلوگرم سوپرچادب در هکتار به دست آمد که ما را متوجه تفاوت ۱۴/۵ درصدی با شاهد می کند (شکل ۴-۴).

۲۶). فاضلی رستم پور و همکاران طی آزمایشی بر روی ذرت بیان کردند که سوپر جاذب تأثیر مثبت و معنی داری بر شاخص کلروفیل دارد.

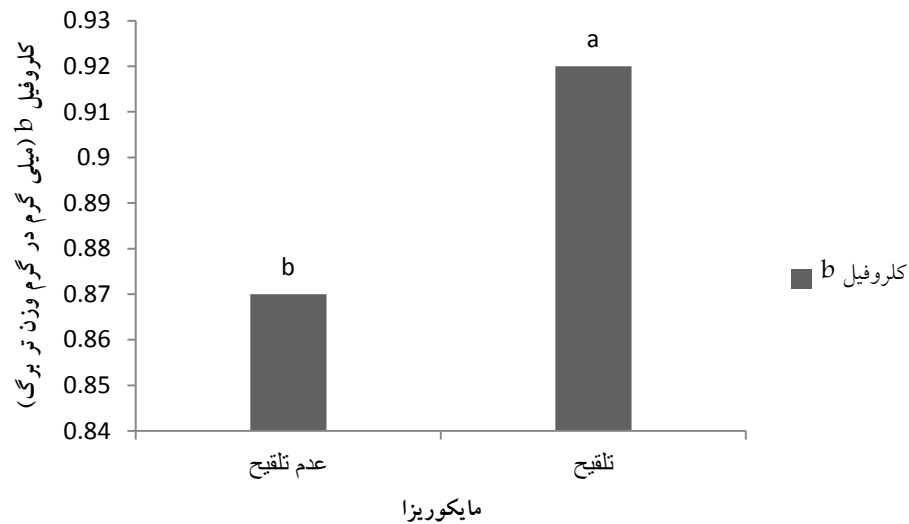


شکل ۴-۲۶ اثر سوپر جاذب بر کلروفیل b. میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشند.

اثر مایکوریزا بر شاخص کلروفیل b در سطح ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۴-۲). بیشترین مقدار کلروفیل b برابر 0.92 mg/g وزن تر گیاه در حضور مایکوریزا و کمترین مقدار آن در عدم تلقیح مایکوریزا 0.87 mg/g وزن تر گیاه می باشد.

از مهمترین نقش های مایکوریزا افزایش محتوی کلروفیل است (کاردوسو و همکاران، ۲۰۰۶؛ ویکاری و همکاران، ۲۰۰۲). از آنجا که مایکوریزا به جذب منیزیم در گیاه کمک می کنند، می توانند سنتز کلروفیل را افزایش دهند (گیری و همکاران، ۲۰۰۲). در آزمایشی که توسط دمیر و همکاران (۲۰۱۰) تحت شرایط شوری و تیمار مایکوریزا روی گوجه فرنگی انجام شد، نتایج نشان داد که در گیاه تلقیح شده میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل در مقایسه با شوری و تیمار شاهد افزایش یافت. در آزمایشی

دیگر روی فلفل محتوی کلروفیل a، b و کل به ترتیب ۱۴، ۱۲، ۱۸ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت (دمیر، ۲۰۰۴).



شکل ۴-۲۷ اثر میکوریزا بر کلروفیل b. میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشند.

۴-۱۶ سرعت رشد گیاه

سرعت رشد گیاه در ۵ مرحله اندازه گیری شد که مرحله اول ابتدای گلدهی (۵۰ روز پس از کاشت) و سپس هر ۱۵ روز یکبار انجام شد. اما مرحله اصلی مورد نظر در این آزمایش ۵۰٪ کپسول دهی گیاه بوده که مرحله چهارم می باشد. نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که سرعت رشد محصول به طور معنی داری ($p < 0/01$) در چهار مرحله ابتدایی تحت تاثیر تیمار آبیاری قرار گرفت (جدول ۴-۲). در مرحله پنجم به علت ریزش برگ ها و ترکیدن کپسول ها سرعت رشد به شدت منفی می شود. مقایسه میانگین صفات نشان داد که تیمار آبیاری در ۸۰ میلی متر تبخیر بیشترین سرعت رشد محصول را داشته و به صورت یکنواخت به رشد خود ادامه می دهد. همچنین مشاهده شد که با

کاهش آب مصرفی سرعت رشد محصول به طور معنی داری کاهش یافت (شکل ۴-۲۸). لازم به ذکر است که در ابتدا سرعت رشد در تمام تیمارهای آبیاری تقریباً یکنواخت بود و در مراحل بعدی تأثیر تیمار آبیاری بیشتر شد. همچنین مشاهده شد که تیمار آبیاری در ۲۴۰ میلی متر تبخیر سرعت رشد بسیار کند بود (شکل ۴-۲۸). در آزمایشی که شاه حسینی و همکاران (۱۳۹۲)، بر روی ذرت انجام دادند متوجه شدند سرعت رشد در تنش شدید ۲۱/۲ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. ولدآبادی و همکاران (۱۳۸۸)، در آزمایشی که بر روی گیاه گشنیز انجام دادند تأثیر دور آبیاری بر روند سرعت رشد محصول را این گونه بیان داشتند که در شرایط عدم تنش سرعت رشد محصول ۵۲/۶ درصد بیشتر از شرایط تنش بود. در دوره رشد وقتی گیاه با تنش خشکی رو به رو می شود بسته شدن روزنه ها همراه با کاهش پتانسیل آب برگ موجب محدود شدن تثبیت دی اکسید کربن در فتوسنتز می شود (آلمودارس، ۲۰۰۷). این عامل نیز باعث کاهش سطح برگ و مواد غذایی در دسترس گیاه و در نتیجه کاهش دوام سطح برگ می گردد (کاسکولئولا و فاکت، ۱۹۹۲). بنابراین تنش خشکی از طریق کاهش توسعه سطح برگ و دوام سطح برگ، باعث کاهش استفاده از نور شده و در نتیجه با کاهش سرعت رشد محصول میزان تجمع ماده خشک در واحد سطح کاهش می یابد (کوچکی و همکاران، ۲۰۰۵).

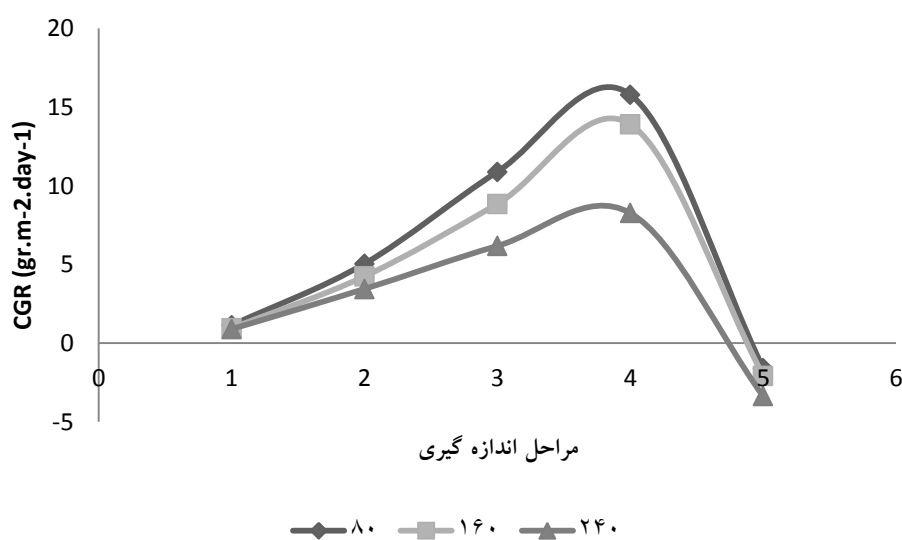
همان گونه که در جدول ۴-۲ مشاهده می شود سوپرچاذب هم در چهارمرحله ابتدایی اندازه گیری سرعت رشد، در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار گردید. مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار سرعت رشد به ترتیب از سطح ۲۰۰ و صفر کیلوگرم سوپرچاذب در هکتار بدست آمد (شکل ۴-۲۹). احتمالاً مصرف سوپرچاذب به دلیل کاهش تلفات آب و مواد غذایی و افزایش کارایی مصرف آن ها در طی فصل رشد، باعث افزایش دوام سطح برگ و طول دوره فتوسنتز شده و سرعت رشد محصول و تجمع ماده خشک افزایش می یابد. فاضلی رستم پور و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی سطوح مختلف تنش و سوپرچاذب بر روی سورگوم علوفه ای بیان کردند که خشکی و سوپرچاذب سرعت رشد محصول را تحت تأثیر قرار دادند.

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۴-۲) اثر مایکوریزا بر سرعت رشد محصول در مرحله اول در سطح ۱ درصد و در مراحل دوم و سوم در سطح ۵ درصد معنی دار شد. شاه حسینی و همکاران (۱۳۹۲)، متوجه کاهش سرعت رشد ذرت در هنگام عدم تلقیح با مایکوریزا به میزان ۱۸/۱ درصد شدند. علت این امر می تواند حساس بودن مراحل ابتدایی و استقرار گیاهچه تا تولید کپسول باشد. مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین میزان سرعت رشد از تلقیح مایکوریزا و کمترین آن از عدم تلقیح مایکوریزا حاصل شد (شکل ۴-۳۰).

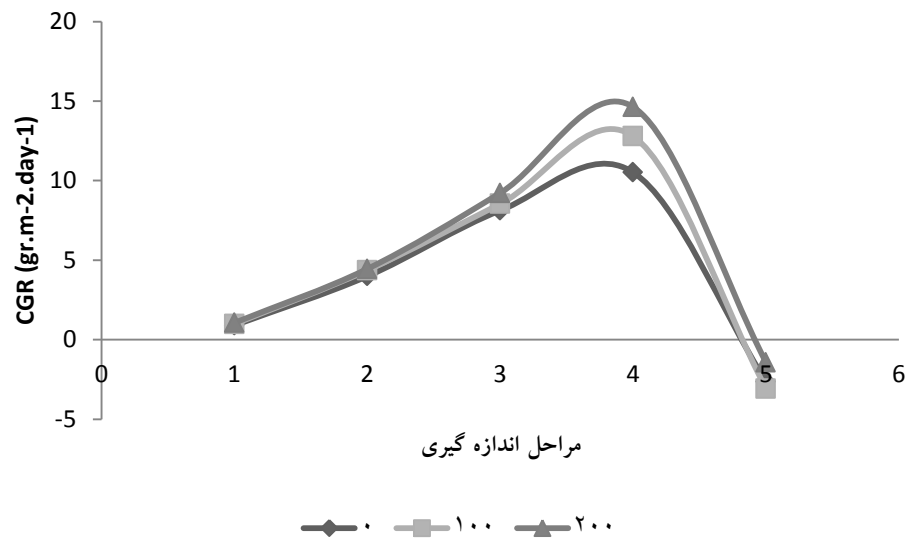
همچنین اثر متقابل آبیاری و سوپرجاذب در مرحله چهارم نمونه گیری و اثر متقابل آبیاری و سوپرجاذب و مایکوریزا در مرحله چهارم نمونه گیری در سطح ۵ درصد معنی دار شد. مقایسه میانگین صفات نشان داد که بیشترین سرعت رشد مربوط به ترکیب تیماری آبیاری در ۸۰ میلی متر تبخیر و تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار به میزان $17/03 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ در مرحله چهارم می باشد و کمترین مقدار سرعت رشد $6/6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ مربوط به تیمار آبیاری در ۲۴۰ میلی متر تبخیر و عدم کاربرد سوپرجاذب می باشد (شکل ۴-۳۱). در نمونه گیری سوم نیز بیشترین سرعت رشد مربوط به تیمار آبیاری در ۸۰ میلی متر تبخیر و تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار و تیمار کاربرد مایکوریزا به مقدار $11/45 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ حاصل شد و کمترین میزان آن نیز در آبیاری سطح ۲۴۰ میلی متر تبخیر و عدم مصرف سوپرجاذب و عدم مصرف مایکوریزا به میزان $4/94 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ به دست آمد (شکل ۴-۳۲).

در اوایل دوره رشد به دلیل این که گیاه پوشش مناسبی ندارد مقدار زیادی از تشعشعات خورشیدی از بین رفته و میزان سرعت رشد محصول کم می باشد ولی با افزایش سطح برگ، سرعت رشد محصول افزایش یافته تا این که در مرحله گلدهی به حداکثر مقدار می رسد. بعد از این مرحله سرعت رشد محصول کاهش یافته تا این که منفی می شود. زیرا گیاه به جای تولید مواد جدید بیشتر به انتقال مواد می پردازد و در مرحله رسیدگی میوه

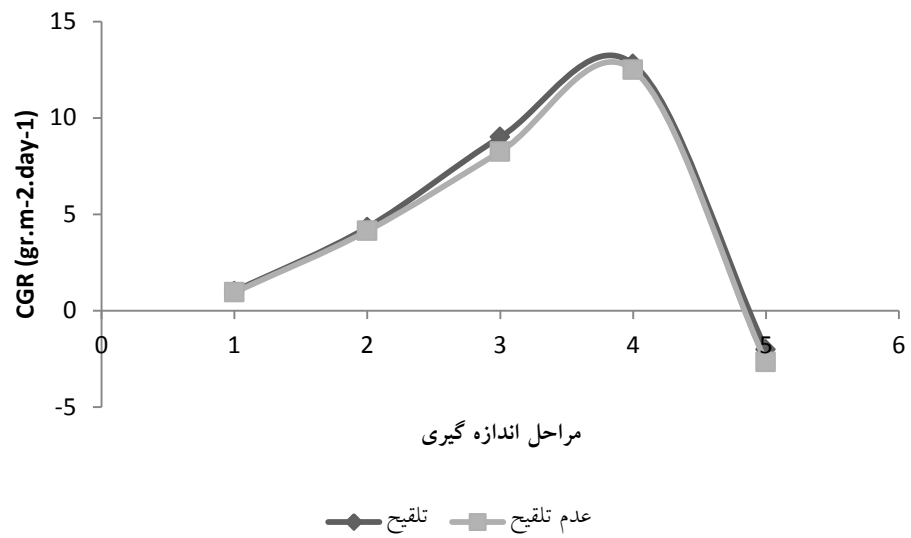
ها برگها زرد شده و ریزش می کنند که سبب از بین رفتن فتوسنتز و منفی شدن سرعت رشد محصول می گردند. در شرایط بدون تنش، دسترسی بهتر به آب و مواد غذایی کافی موجب افزایش شاخه های جانبی و افزایش برگ و گستردگی کانوپی در گیاه می شود، بنابراین حداکثر سرعت رشد محصول در درجه روز رشد بالاتری بدست می آید. در شرایط تنش، گیاه در درجه روز رشد کمتری به حداکثر سرعت رشد محصول رسیده است. کمبود آب و فرار گیاه از خشکی سبب شد که گلدهی زودتر صورت بگیرد که در نهایت کاهش سرعت رشد محصول را به دنبال داشت.



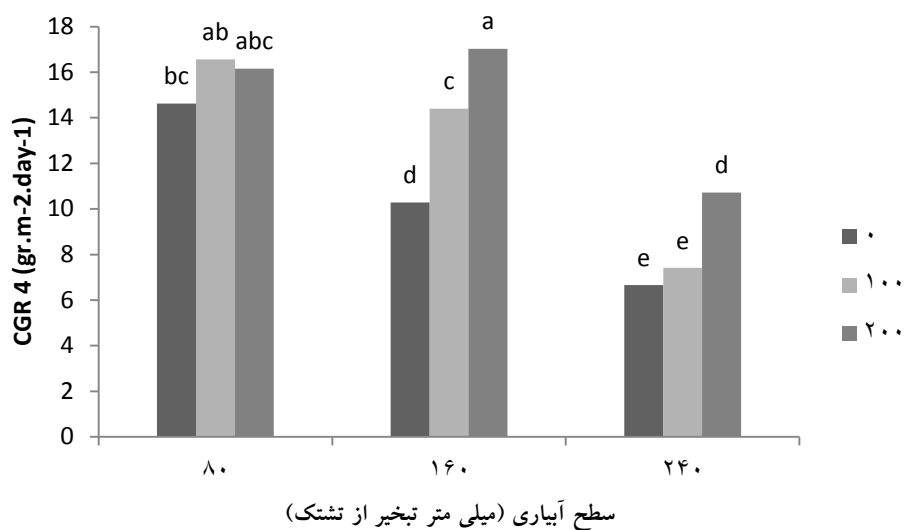
شکل ۴-۲۸ روند تغییرات (CGR) تحت سطوح مختلف آبیاری



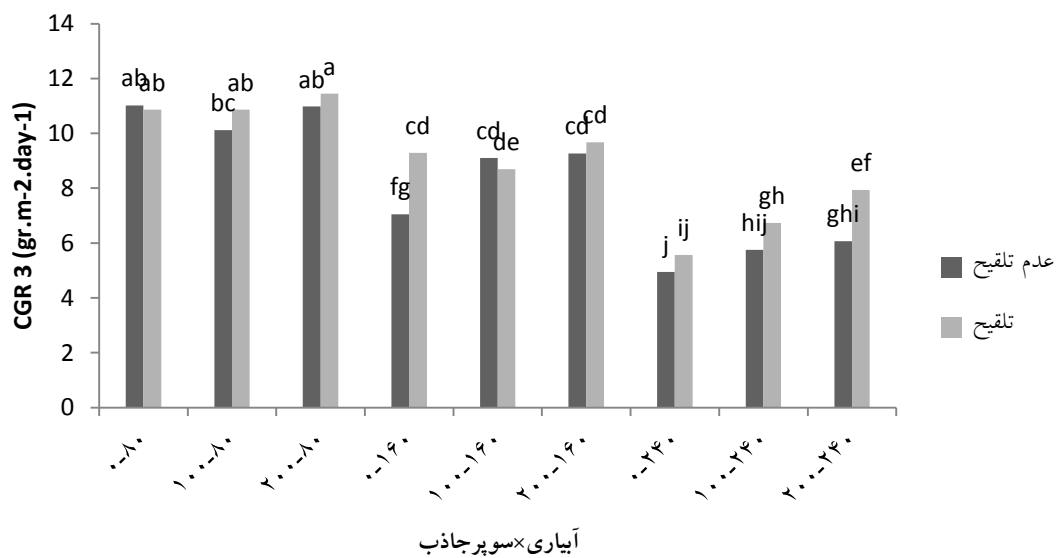
شکل ۴-۲۹ روند تغییرات (CGR) تحت سطوح سوپر جاذب



شکل ۴-۳۰ روند تغییرات (CGR) در حضور مایکوریزا



شکل ۴-۳۱ اثر متقابل آبیاری × سوپرچاذب بر سرعت رشد. میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشند.



شکل ۴-۳۲ اثر متقابل آبیاری × سوپرچاذب * میکوریزا بر سرعت رشد. میانگین‌های دارای حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشند.

۴-۱۷ همبستگی بین صفات

با توجه به جدول همبستگی صفات مشاهده شد که بین تعداد کیسول در بوته با تعداد دانه در کیسول، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، ارتفاع، عملکرد ماده خشک، LAI، RWC، کلروفیل a، کلروفیل b همبستگی مثبت و معنی داری ($P < 0/01$) و با شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی داری ($P < 0/05$) و با درصد پروتئین همبستگی منفی و معنی داری وجود دارد. همچنین صفت وزن هزاردانه با عملکرد دانه، ارتفاع، عملکرد ماده خشک، شاخص سطح برگ، محتوی نسبی آب و کلروفیل b همبستگی مثبت و معنی داری ($P < 0/01$) و با کلروفیل a همبستگی مثبت و معنی داری ($P < 0/05$) و با درصد پروتئین همبستگی منفی و معنی داری وجود دارد. صفت وزن هزار دانه نیز با صفات عملکرد دانه، ارتفاع، عملکرد ماده خشک، شاخص سطح برگ، محتوی آب نسبی و کلروفیل a و b همبستگی مثبت و معنی داری در سطح ۱ درصد داشت و با درصد پروتئین همبستگی منفی و معنی داری دارد.

همبستگی صفات عملکرد ماده خشک، شاخص سطح برگ، محتوی آب نسبی و کلروفیل b با ارتفاع مثبت و در سطح ۱ درصد معنی دار شد و کلروفیل a با ارتفاع مثبت و در سطح ۵ درصد معنی دار شد و با درصد پروتئین منفی و معنی دار شد. در جدول ۴-۵ مشاهده می شود که عملکرد دانه با صفات ارتفاع، عملکرد ماده خشک، شاخص سطح برگ، محتوی آب نسبی و کلروفیل a و b همبستگی مثبت و معنی داری در سطح ۱ درصد داشت و با شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی داری در سطح ۵ درصد داشت و درصد پروتئین همبستگی منفی و معنی داری داشت. با توجه به جدول همبستگی صفات مشاهده شد که بین عملکرد ماده خشک با LAI، RWC، کلروفیل a، کلروفیل b همبستگی مثبت و معنی داری ($P < 0/01$) و با درصد پروتئین همبستگی منفی و معنی داری وجود دارد.

شاخص برداشت تنها با صفت کلروفیل b همبستگی و مثبت و معنی داری در سطح ۱ درصد دارد. درصد روغن در این آزمایش با درصد پروتئین همبستگی منفی و معنی داری در سطح ۵ درصد داشت

که این بدین معنی است که با افزایش درصد روغن دانه درصد پروتئین کاهش می یابد. درصد پروتئین دانه با RWC همبستگی منفی و معنی داری در سطح ۱ درصد دارد. شاخص سطح برگ نیز با RWC و کلروفیل a همبستگی مثبت و معنی داری داشت (جدول ۴-۵).

محتوی نسبی آب با کلروفیل a همبستگی مثبت و معنی دار در سطح ۱ درصد و با کلروفیل b همبستگی منفی و معنی داری داشت. صفت کلروفیل a و b همبستگی مثبت و معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد نشان دادند (جدول ۴-۵).

نتیجه گیری کلی

به طور کلی نتایج نشان داد که کاهش آب آبیاری از طریق تأثیر بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک منجر به کاهش عملکرد و اجزای عملکرد شد. همچنین مشاهده شد که افزایش مصرف سوپرچادب از صفر به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در کلیه سطوح آبیاری باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد شد. همچنین استفاده از مایکوریزا باعث بهبود برخی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک کنگد شد.

پیشنهادات

- ✓ با توجه به شرایط منطقه باید مطالعات بیشتری بر روی خشکی صورت گیرد.
- ✓ با توجه به خصوصیات سوپرچادب پیشنهاد می شود بر روی سایر گیاهان نیز آزمایش شود.
- ✓ پیشنهاد می شود انواع و مقادیر مختلف سوپرچادب نیز مورد آزمایش قرار گیرند.
- ✓ پیشنهاد می شود کودهای بیولوژیک و میکروارگانیسم های دیگر نیز به همراه سوپرچادب مورد آزمایش واقع شوند.
- ✓ با توجه به خصوصیات کنگد نیاز است مطالعات بیشتری بر روی این گیاه صورت گیرد.

پیوست ها

جدول ۴- ۱ تجزیه واریانس سطوح مختلف آبیاری، پلیمر سوپر جاذب و مایکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد کنگد

میانگین مربعات										
منبع تغییر	درجه آزادی	کیسول در بوته	دانه در کیسول	وزن هزار دانه	ارتفاع	عملکرد دانه	عملکرد ماده خشک	شاخص برداشت	درصد روغن	درصد پروتئین
بلوک	۲	۱/۶۵	۴۲۲/۷۲	۰/۱۳	۵۳/۶۷	۱۷۹۹/۰۸	۵۱۸۴۰/۱۰۲	۸/۲۹	۱۳/۸۲	۱/۸۱
آبیاری (I)	۲	۷۴۱/۱۳**	۱۱۵۶/۹۶*	۲/۲**	۲۷۳۷/۲۲**	۸۹۶۹۷۴/۲۶**	۲۳۵۲۷۶۰/۷۹**	۶/۱۳ ^{n.s}	۲۷/۲۲ ^{n.s}	۳/۹۵ ^{n.s}
خطا a	۴	۹۸/۸۱	۱۹/۹۷	۰/۰۸	۷۵/۶۴	۷۵۲۰/۰۱	۴۳۱۷۲/۴۴	۵/۰۷	۲۲	۰/۴۲
سوپر جاذب (S)	۲	۱۶۹/۰۱**	۱۰۲۳/۹۶**	۱/۱۹**	۸۷۶/۳۵**	۲۹۵۰/۱۱/۴۸**	۴۵۶۲۹۹۵/۷۴**	۱۶/۴۶ ^{n.s}	۳/۱۱ ^{n.s}	۴/۵۶*
I×S	۴	۲/۴۷ ^{n.s}	۴۲/۳۵ ^{n.s}	۰/۰۵ ^{n.s}	۱۴۴/۳۴*	۴۴۶۶/۴۱ ^{ns}	۶۶۹۸۸۱*	۸/۰۷ ^{n.s}	۵/۲۲ ^{n.s}	۰/۸۷ ^{n.s}
مایکوریزا (M)	۱	۱۱/۲۹ ^{n.s}	۱۰۰/۸۶ ^{n.s}	۰/۵*	۴۲۷/۸۵**	۲۸۶۴۷/۹۴*	۲۸۶۷۳۶/۰۸ ^{n.s}	۰/۰۷ ^{n.s}	۱۴/۳۹*	۳/۵۴ ^{n.s}
M×I	۲	۷/۱۶ ^{n.s}	۴/۰۸ ^{n.s}	۰/۰۰۰۴ ^{n.s}	۷۰/۷۲ ^{n.s}	۵۴۴۷/۹۲ ^{n.s}	۹۴۹۵۲/۷۱ ^{n.s}	۰/۴۶ ^{n.s}	۱/۴۷ ^{n.s}	۰/۳۶ ^{n.s}
M×S	۲	۱/۸۳ ^{n.s}	۳/۴۸ ^{n.s}	۰/۰۰۵ ^{n.s}	۷/۵۷ ^{ns}	۱۹۸۳/۰۶ ^{n.s}	۵۰۸۳۳/۸۵ ^{n.s}	۴/۵۷ ^{ns}	۴/۷۵ ^{n.s}	۰/۳۶ ^{ns}
M×S×I	۴	۵/۹۵ ^{n.s}	۷/۰۳ ^{n.s}	۰/۶ ^{n.s}	۷۲/۲۲ ^{ns}	۳۹۶۰/۷۴ ^{n.s}	۲۱۴۰۹/۶۴ ^{n.s}	۱/۲۹ ^{n.s}	۸/۴۳*	۰/۷۷ ^{n.s}
خطا b	۳۰	۱۱/۱۶	۲۶/۸۸	۰/۱	۵۰	۵۰۸۳/۱۰	۱۳۰۰۵۷/۴۴	۵/۷۹	۲/۷۵	۰/۹۱

*، ** و ns به ترتیب معنی دار در سطح پنج درصد، یک درصد و غیر معنی دار.

جدول ۴-۲ تجزیه واریانس سطوح مختلف آبیاری، پلیمر سوپر جاذب ومایکوریزا بر صفات فیزیولوژیک کنجد

CGR	میانگین مربعات					درجه آزادی	منبع تغییر	
	کلروفیل b	کلروفیل a	محتوی نسبی آب	شاخص سطح برگ	عملکرد پروتئین			عملکرد روغن
۱۵/۹۲	۰/۰۱	۰/۰۴	۳۵/۶۲	۰/۹۵	۱۱۱/۷۸	۲۱/۵۷	۲	بلوک
۲۷۵/۲۲**	۰/۱۸**	۰/۱۳*	۱۱۶۳/۵۷**	۱/۸*	۴۰۴۵۷/۷۱**	۲۷۰۴۷۱/۵۳**	۲	آبیاری (I)
۹/۱۸	۰/۰۱	۰/۰۱	۴۵/۷۶	۰/۰۳	۳۹۲/۵۷	۶۴۶۳	۴	خطا a
۷۶/۲۹**	۰/۰۹**	۰/۰۲ ^{n.s}	۵۳۳/۷۹**	۰/۰۷**	۱۱۹۳۹/۷۶**	۸۴۷۵۵/۲۴**	۲	سوپر جاذب (S)
۱۳/۶۲*	۰/۰۰۲ ^{n.s}	۰/۰۲*	۲۵/۵۱*	۰/۰۰۵ ^{n.s}	۲۰۱/۵ ^{n.s}	۱۰۰۷/۷۸ ^{n.s}	۴	I×S
۱/۲۱ ^{n.s}	۰/۰۴*	۰/۲۱**	۴۰/۹*	۰/۱۲**	۲۰۰۰/۵۳**	۸۷۷۰/۰۷**	۱	مایکوریزا (M)
۰/۴۵ ^{n.s}	۰/۰۲ ^{n.s}	۰/۰۲ ^{n.s}	۴/۴۶ ^{n.s}	۰/۰۰۲ ^{n.s}	۲۰/۵۴ ^{n.s}	۸۹۸/۵۲ ^{n.s}	۲	M×I
۰/۹۳ ^{n.s}	۰/۰۱ ^{n.s}	۰/۰۰۵ ^{n.s}	۸/۹ ^{n.s}	۰/۰۰۴ ^{n.s}	۳۴۵/۲۲ ^{n.s}	۱۰۰۸/۳۱ ^{n.s}	۲	M×S
۰/۶۲ ^{n.s}	۰/۰۲ ^{n.s}	۰/۰۳*	۷/۶۳ ^{n.s}	۰/۰۰۵ ^{n.s}	۱۲۲/۴۲ ^{n.s}	۱۵۲۶/۴۴ ^{n.s}	۴	M×S×I
۱/۵۲	۰/۰۱	۰/۰۰۸	۸/۰۷	۰/۰۱۳	۲۳۸/۷۳	۱۰۵۲/۶۸	۳۰	خطا b

*، ** و ns به ترتیب معنی دار در سطح پنج درصد، یک درصد و غیر معنی دار.

جدول ۴-۳ اثر سطوح مختلف آبیاری، سوپر جاذب و مایکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد کنگد

درصد پروتئین	درصد روغن	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع (سانتی متر)	وزن هزار دانه (گرم)	دانه در کپسول	کپسول در بوته	صفت تیمار
									سطوح آبیاری
۲۱/۰۹a	۵۰/۹۴a	۲۰a	۴۷۴۲a	۹۵۰a	۱۰۸/۴a	۳/۴۲۶a	۷۱/۸۷a	۴۸/۰۲a	شاهد
۲۱/۶۶a	۵۲/۳۷a	۱۹a	۴۳۴۳b	۸۱۸/۶b	۹۳/۴۷b	۳/۰۴۸b	۶۲/۱۲b	۴۱/۵۶ab	I ₂
۲۲/۰۲a	۴۹/۹۲a	۱۹/۵a	۲۵۹۳c	۵۱۴/۸c	۸۳/۸۹c	۲/۷۲۶c	۵۵/۹۷c	۳۵/۱۹b	I ₃
سوپر جاذب									
۲۲/۰۹a	۵۱/۴۲a	۱۸/۴۴b	۳۴۴۲c	۶۴۳/۸c	۸۹/۲۲b	۲/۸۲۷b	۵۵/۳۸c	۳۸/۲۸b	شاهد
۲۱/۶۰ab	۵۰/۶۱a	۱۹/۸۳ab	۳۸۰۰b	۷۴۱/۸b	۹۳/۶۱b	۳/۰۳۴b	۶۴/۱۸b	۴۲/۱۶a	۱۰۰
۲۱/۰۸b	۵۱/۲۰a	۲۰/۲۸a	۴۴۳۶a	۸۹۷/۷a	۱۰۲/۹a	۳/۳۳۸a	۷۰/۳۹a	۴۴/۳۳a	۲۰۰
مایکوریزا									
۲۱/۳۳a	۵۰/۵۵b	۱۹/۴۸a	۳۸۱۹/۷۲a	۷۳۸/۰۹b	۹۲/۴۲b	۲/۹۶b	۶۱/۹۵a	۴۱/۱۳a	شاهد
۲۱/۸۴a	۵۱/۵۹a	۱۹/۵۵a	۳۹۶۵/۴۶a	۷۷۳/۰۴a	۹۸/۰۵a	۳/۱۶a	۶۴/۶۸a	۴۲/۰۴a	تلقیح

وجود یک حرف مشترک بین میانگین ها در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشند.

جدول ۴-۴ اثر سطوح مختلف آبیاری، سوپر جاذب ومایکوریزا بر صفات فیزیولوژیک کنجد

CGR	کلروفیل b	کلروفیل a	محتوی نسبی آب (درصد)	شاخص سطح برگ	عملکرد پروتئین	عملکرد روغن	صفت تیمار
سطوح آبیاری							
۱۵/۷۸a	۱/۰۰۶a	۱/۲۲۸a	۸۱/۰۶a	۲/۴۷۹a	۲۰۰/۲۷۷a	۴۸۴/۳۲a	I ₁
۱۳/۹a	۰/۸۹۵b	۱/۱۹۷a	۷۴/۸۹a	۲/۰۶۷b	۱۷۶/۹۴b	۴۲۸/۲۷a	I ₂
۸/۲۶b	۰/۸۰۱c	۱/۰۶۷b	۶۵/۱۱b	۱/۸۵۲c	۱۰۹/۰۲c	۲۴۹/۶b	I ₃
سوپر جاذب							
۱۰/۵۲c	۰/۸۳b	۱/۱۳۵b	۶۷/۹۴c	۲/۰۷۴b	۱۳۷/۳۱c	۳۲۳/۸۷c	شاهد
۱۲/۷۹b	۰/۸۹b	۱/۱۴۹ab	۷۴/۳۳b	۲/۱۱۸b	۱۶۰/۲۱b	۳۷۸/۱۵b	۱۰۰
۱۴/۶۳a	۰/۹۷a	۱/۲۰۷a	۷۸/۷۸a	۲/۲۰۲a	۱۸۸/۷۲a	۴۶۰/۱۷a	۲۰۰
مایکوریزا							
۱۲/۴۹a	۰/۸۷b	۱/۱۰b	۷۲/۸۱b	۲/۰۸b	۱۵۶b	۳۷۴/۶۵b	شاهد
۱۲/۷۹a	۰/۹۲a	۱/۲۲a	۷۴/۵۵a	۲/۱۸a	۱۶۸/۱۷a	۴۰۰/۱۴a	تلقیح

وجود یک حرف مشترک بین میانگین ها در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD می باشد.

جدول ۴-۵ جدول همبستگی بین صفات

صفات	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	ارتفاع	عملکرد ماده خشک	شاخص برداشت	LAI	درصد روغن	درصد پروتئین	RWC	a کلروفیل	b کلروفیل
تعداد کپسول در بوته	۱												
تعداد دانه در کپسول	۰/۶۵ ^{xx}	۱											
وزن هزار دانه	۰/۶۴۵ ^{xx}	۰/۶۵۶ ^{xx}	۱										
عملکرد دانه	۰/۸۳۷ ^{xx}	۰/۷۳۲ ^{xx}	۰/۷۱۶ ^{xx}	۱									
ارتفاع	۰/۶۸۷ ^{xx}	۰/۷۲۶ ^{xx}	۰/۸۴۹ ^{xx}	۰/۷۶۷ ^{xx}	۱								
عملکرد ماده خشک	۰/۷۲۶ ^{xx}	۰/۶۶۷ ^{xx}	۰/۷۴۵ ^{xx}	۰/۹۰۹ ^{xx}	۰/۷۷۶ ^{xx}	۱							
شاخص برداشت	۰/۳۲۹ ^x	۰/۲۴۲	۰/۰۳۲	۰/۲۹۶ ^x	۰/۰۶۶	-۰/۱۰۸	۱						
LAI	۰/۵۸۴ ^{xx}	۰/۳۸۹ ^{xx}	۰/۵۷۴ ^{xx}	۰/۶۶۷ ^{xx}	۰/۵۴۶ ^{xx}	۰/۶۹۳ ^{xx}	-۰/۰۰۸	۱					
درصد روغن	۰/۲۴۲	۰/۱۰۷	۰/۱۱۴	۰/۲۶	۰/۱۳۰	۰/۲۰۶	۰/۱۷۷	-۰/۰۴۵	۱				
درصد پروتئین	-۰/۳۴۰ ^x	-۰/۳۵۱ ^{xx}	-۰/۳۰۷ ^x	-۰/۴۲۶ ^{xx}	-۰/۲۸۲ ^x	-۰/۴ ^{xx}	-۰/۱۳۶	-۰/۳۲ ^x	-۰/۰۶۹ ^x	۱			
RWC	۰/۷۸ ^{xx}	۰/۶۹ ^{xx}	۰/۷۱۵ ^{xx}	۰/۸۸۸ ^{xx}	۰/۷۱۱ ^{xx}	۰/۸۸۶ ^{xx}	۰/۱۳	۰/۷۲۲ ^{xx}	۰/۱۹۹	-۰/۵۲۶ ^{xx}	۱		
a کلروفیل	۰/۴۸۹ ^{xx}	۰/۳۲۷ ^x	۰/۴۷۶ ^{xx}	۰/۵۱۹ ^{xx}	۰/۳۲۲ ^x	۰/۴۸۵ ^{xx}	۰/۱۰۹	۰/۴۶ ^{xx}	۰/۲۵۴	-۰/۱۳۴	۰/۵۲۵ ^{xx}	۱	
b کلروفیل	۰/۵۸۸ ^{xx}	۰/۵۸۸ ^{xx}	۰/۵۶۸ ^{xx}	۰/۷۰۷ ^{xx}	۰/۶۵۷ ^{xx}	۰/۶۵۲ ^{xx}	۰/۶۵۷ ^{xx}	۰/۰۹۲	۰/۵۵۶ ^{xx}	-۰/۱۰۶	-۰/۳۰۵ ^x	۰/۶۷ ^{xx}	۱

جدول ۴-۶ معادلات منحنیهای مربوط به اثر اصلی تیمار

R ²	فرمول	تیمار
۰/۰۱۳۸	$y = ۰/۵۲۸ x + ۴/۶۶۲$	آبیاری در سطح ۸۰ میلی متر تبخیر
۰/۰۰۸۲	$y = ۰/۳۶۲ x + ۴/۰۸۶$	آبیاری در سطح ۱۶۰ میلی متر تبخیر
۰/۰۱۶۵	$y = -۰/۰۳۷ x + ۴/۱۸۸$	آبیاری در سطح ۲۴۰ میلی متر تبخیر
۰/۰۱۶۳	$y = ۰/۰۵۲ x + ۴/۰۲۶$	۲۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار
۶e-۰۵	$y = ۰/۰۳۱ x + ۴/۶۲۵$	۱۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار
۰/۰۰۰۳	$y = -۰/۰۵۵ x + ۴/۳۴۳$	عدم کاربرد سوپر جاذب
۰/۰۰۴۱	$y = ۰/۲۴۱ x + ۴/۲۹۷$	کاربرد مایکوریزا
۰/۰۰۰۹	$y = ۰/۱۱۱ x + ۴/۲۹۹$	عدم کاربرد مایکوریزا

منابع

- آرمند پیشه، ا.، ایران نژاد، ح.، اله دادی، ا.، امیری، ر.، کلیائی، ا.ع.، ۱۳۸۸. اثر کاربرد زئولیت بر جوانه زنی و قدرت رویش بذور کلزا تحت تنش خشکی. فصلنامه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱ (۱): ۵۴-۶۲.
- ابیانہ زارع، ح.، مقدم نیا، ع.، بیات ورکشی، م.، قاسمی، ع.، شادمانی، ق.، ۱۳۸۹. تغییرات مکانی تبخیر از تشت و مقایسه آن با مدل های برآورد تبخیر در ایران. مجله دانش آب و خاک. ج ۲۰/۱، ش ۴.
- اردکانی، م. ۱۳۸۴. اکولوژی، انتشارات دانشگاه تهران. ۳۳۱ ص.
- اسکندری، ح.، زهتاب سلماسی، س.، قاسمی گلعدانی، ک.، ۱۳۸۹. ارزیابی کارآیی مصرف آب و عملکرد دانه ارقام کنجد در شرایط آبیاری متفاوت به عنوان کشت دوم. مجله دانش کشاورزی پایدار، ج ۲۰/۲، ش ۱.
- اله دادی، ا.، ۱۳۸۱. بررسی کاربرد هیدروژل های سوپرجاذب بر کاهش تنش خشکی در گیاهان. مجموعه مقالات دومین دوره تخصصی-آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژل های سوپرجاذب، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران.
- پوراسماعیل، پ.، حبیبی، د.، توسلی، ا.، زاهدی، ح.، توحیدی مقدم، ح.ر.، ۱۳۸۹. تأثیر پلیمر سوپرجاذب آب بر روی صفات زراعی و فیزیولوژیکی ارقام مختلف لوبیا قرمز تحت تنش خشکی در شرایط گلخانه ای. فصلنامه زیست بوم. ۶ (۲۱): ۷۵-۹۱.
- پور اسماعیل، پ.، حبیبی، د.، روشن، ب.، ۱۳۸۶. پلیمر سوپر جاذب راهی برای کاهش آب مصرفی در کشاورزی. فصلنامه نظام مهندسی و منابع طبیعی. ۴ (۱۵): ۸۰-۸۲.
- پورموسوی، م.، گلوی، م.، دانشیان، ج.، قنبری، ا. و بصیرانی، ن.، ۱۳۸۶. بررسی تأثیر تنش خشکی و کود دامی بر محتوای رطوبت، میزان پایداری غشای سلول و محتوای کلروفیل برگ سویا. علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۴: ۱-۹.
- جهان، م.، آ. کوچکی، م. نصیری محلاتی، ف. دهقانی پور. ۱۳۸۶. اثر سطوح مختلف کود دامی و استفاده از قیم بر تولید ارگانیک کدو پوست کاغذی. مجله پژوهش های زراعی ایران، جلد ۵، شماره ۲، صفحه ۹-۱.
- جوادی، ت.، بهرام نژاد، ب.، ۱۳۸۹. محتوای نسبی آب و تبادلات گازی سه ژنوتیپ وحشی گلایی در شرایط تنش آبی. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۴ (۲): ۲۲۳-۲۳۳.
- جویبان، ز.، موسوی، س.غ.، ثقه الاسلامی، م.، رضانی، س.ح.، ۱۳۸۹. تأثیر سطوح مختلف دور آبیاری، نیتروژن و سوپرجاذب بر عملکرد و صفات کیفی توده محلی کنجد. مجموعه مقالات یازدهمین کنگره زراعت ایران. دانشگاه شهید بهشتی.

خادم، س.ع.، گرمرودی، م.، گلوی، م.، روستا، م.ج.، ۱۳۹۰. تأثیر تنش خشکی و کاربرد نسبت های مختلف کود دامی و پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای (*Zea mays L.*). مجله علوم گیاهان زراعی. ۴۲ (۱): ۱۱۵ - ۱۲۳.

خرم دل، س.، رضوانی مقدم، پ.، امین غفوری، ا.، شباهنگ، ج.، ۱۳۸۹. بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک و حجمهای مختلف آب در هر نوبت آبیاری بر خصوصیات رویشی و عملکرد دانه کنجد (*Sesamum indicum L.*). نشریه بوم شناسی کشاورزی. ج ۵ (۲)، ص ۹۳-۱۰۴.

خلیل زاده گوگانی، م.ر.، پاسبا اسلام، ب.، نورمحمدی، ق.، و خلیل زاده گوگانی، ع.ر.، ۱۳۸۵. تعیین بهترین آرایش کاشت در ژنوتیپ های گلرنگ بهاره. مجله دانش نوین کشاورزی، شماره ۴، ص ۶۴-۵۳. خواجه پور، م. ر. ۱۳۷۰. اصول و مبانی زراعت، انتشارات جهاد دانشگاهی اصفهان، ۴۰۰ صفحه. خواجه پور، م. ر. ۱۳۸۳. گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی اصفهان. ۵۶۴ صفحه.

دانشمندی، م.ش.، عزیزی، م.، ۱۳۸۸. تأثیر پلیمر سوپر جاذب آب (*super absorbent polymer*) در شرایط تنش خشکی بر خصوصیات فیزیکی مورفولوژیکی، عملکرد محصول و انباشت متابولیت های سازگار در گیاه دارویی ریحان اصلاح شده (*Ocimum basilicum L. var. keshkeny levelu*). ششمین کنگره باغبانی ایران. ص ۱۲۷۶ - ۱۲۷۹.

درزی، م.ت.، قلاوند، ا.، رجالی، ف.، سفیدکن، ف.، ۱۳۸۵. بررسی کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی رازیانه. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ج ۲۲، ش ۴، ص ۲۷۶-۲۹۲.

راشد محصل، م.ح.، و م.ع. بهدانی. ۱۳۷۷. بررسی اثر رقم و تراکم بر عملکرد، اجزای عملکرد گیاه گلرنگ. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۸: ۱۱-۱۲۴.

راهنما، ع.، آبسالان ش.، مکوندی، م.ا.، ۱۳۸۷. اثر کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم سورگوم علوفه ای. مجله پژوهش در علوم زراعی. ۱(۲): ۱۱ - ۲۳.

رحمانی، م.، حبیبی، د.، شیرانی راد، ا.ح.، دانشیان، ج.، ولد آبادی، س.ع.، مشهدی اکبر بوجار، م.، خلعتبری، ا.ح.، ۱۳۸۸. اثر کاربرد غلظت های مختلف پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد و فعایت آنزیم های آنتی اکسیدان در گیاه دارویی خردل (*Sinapis alba L.*) در شرایط تنش خشکی. مجله علمی تنش های محیطی در علوم گیاهی. ۱ (۱): ۲۳ - ۳۸.

رزمی، ن. و قاسمی، م.، ۱۳۸۶. اثر رژیم های مختلف آبیاری بر رشد، عملکرد دانه و اجزای آن در ارقام سوررگوم دانه ای در شرایط اصفهان. مجله علوم زراعی ایران. ۹ (۲): ۱۶۹ - ۱۸۳.

روستایی، موحدی، خادم و اولیایی. ۱۳۸۹. تأثیر کاربرد سطوح مختلف پلیمر سوپر جاذب و کود آلی بر خواص کیفی و عملکرد دانه سویا تحت آبیاری محدود. مجموعه مقالات یازدهمین کنگره زراعت ایران. دانشگاه شهید بهشتی.

روشن، ب.، ۱۳۸۱. تاثیر مصرف سوپر جاذب بر افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی. دومین دوره تخصصی- آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژل های سوپر جاذب پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران.

سید دراجی، س.، گلچین، ا.، احمدی، ش.، ۱۳۸۹. تأثیر سطوح مختلف یک پلیمر سوپر جاذب (superab A200) و شوری خاک بر ظرفیت نگهداشت آب در سه بافت شنی، لومی و رسی. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۴ (۲): ۳۰۶-۳۱۶.

شاه حسینی، ز.، غلامی، ا. و اصغری، ح.ر.، ۱۳۹۲. بررسی تاثیر همزیستی میکوریزایی بر کاهش اثرات تنش کم آبی، شاخص های رشد (*Zea mays L.*) و عملکرد ذرت. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۴ (۲): ۲۴۹-۲۶۰.

شکوه فر، ع.، یعقوبی، س.، ۱۳۹۱. اثر تنش خشکی بر اجزاء عملکرد ارقام مختلف کنجد. مجله زراعت و اصلاح نباتات. ج ۸، ش ۴، ص ۱۹-۲۹.

عابدی کوپایی، ج.، سهراب، ف.، ۱۳۸۵. بررسی تغییرات آب قابل استفاده خاک های مختلف در اثر افزودن هیدروژل و کپوست. همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۴ - ۱۲ اردیبهشت.

علی اصغرزاده، ن. و صالح راستین، ن. ۱۳۸۰. اهمیت قارچهای میکوریزا در کشاورزی. در: ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور (مجموعه مقالات)، خاوازی کاظم و محمد جعفر ملکوتی (تدوین کنندگان)، نشر آموزش کشاورزی. صفحات ۴۱۴ تا ۴۳۴.

علیزاده، م. میرزایی، ف. سهرابی، ت. کاووسی، م. یزدانی، م. ر. ۱۳۸۹. بررسی آزمایشگاهی تاثیر ژئولیت روی خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاکهای شالیزاری در ارائه راهکارهای مدیریتی آبیاری تناوبی. سومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی. ۱۰ الی ۱۲ اسفند ۱۳۸۹.

غلامی، ا.، کوچکی، ع.، مظاهری، د.، قلاوند، ا.، ۱۳۷۸. ارزیابی اثرات گونه های مختلف قارچ میکوریزا از نوع وسیکولار (VAM) بر خصوصیات رشد ذرت، مجله علوم زراعی ایران.

فاضلی رستم پور، م.، ثقه الاسلامی، م.ج.، موسوی، غ.، ۱۳۸۹. بررسی تاثیر تنش خشکی و سوپر جاذب بر محتوی نسبی آب و شاخص کلروفیل برگ و رابطه ی آن ها با عملکرد دانه در ذرت، فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. س ۲، ش ۱، ص ۱۹-۳۱.

فتحی، ق. (ترجمه)، ۱۳۷۸. رشد و تغذیه گیاهان زراعی. ۳۷۲.

فرخی نیا، م.، رشدی، م.، پاسبان اسلام، ب.، ساسان دوست، ر.، ۱۳۹۰. بررسی برخی از ویژگی های فیزیولوژیک و عملکرد گلرنگ بهاره تحت تنش کمبود آب. مجله علوم گیاهان زراعی. ۴۲ (۳): ۵۴۵ - ۵۵۳.

کافی، م. و رستمی، م.، ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن ارقام گلرنگ در شرایط آبیاری با آب شور. مجله پژوهش های زراعی ایران. ج ۵، ش ۱.

کافی، م. و مهدوی دامغانی، ع.، ۱۳۷۹. مکانیزم های مقاومت گیاهان به تنش های محیطی (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۵۴.

کاوسی، م.ر.، ۱۳۸۶. تأثیر کاربرد زئولیت روی عملکرد برنج، بازیابی نیتروژن و کارایی مصرف نیتروژن. سازمان خاک و آب، موسسه تحقیق برنج ایران، رشت، ایران. آنالیز نقل و انتقالات بین گیاه و خاک. ۳۸، ۱۸۲: ۶۹ - ۷۶.

کریمی، ا.، نادری، م.، ۱۳۸۶. بررسی اثرات کاربرد پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت علوفه ای در خاک های با بافت مختلف. پژوهش کشاورزی. آب، خاک و گیاه در کشاورزی. ۷ (۳): ۱۸۷ - ۱۹۸.

کوچک زاده، م.، صباغ فرشی، ع. ا.، گنجی خرم دل، ن.، ۱۳۷۹. تأثیر پلیمر فراجاذب آب بر روی برخی خصوصیات فیزیکی خاک. مجله علوم خاک و آب. ۱۴ (۲): ۱۷۶ - ۱۸۵.

گلستانی، م. پاک نیت، ح. ۱۳۸۶. ارزیابی شاخص های تحمل به خشکی در لاین های کنجد. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال یازدهم شماره ۴۱ (الف).

منتظر، ع.ا.، ۱۳۸۷. بررسی تاثیر پلیمر سوپرجاذب استاکوسورب بر زمان پیشروی و پارامترهای نفوذ خاک در روش آبیاری جویچه ای. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۲ (۲): ۳۴۱-۳۵۷.

منصوری، س.، ۱۳۸۱. بررسی رشد و عملکرد ارقام کنجد در شرایط تنش، مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی تهران.

مهرابی، ز.، احسان زاده، پ.، ۱۳۹۰. بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد چهار رقم کنجد (*Sesamum indicum* L.) تحت رژیم های رطوبتی خاک. مجله به زراعی کشاورزی. ۱۳ (۲): ۷۵-۸۸.

میر آخوری، م.، پاک نژاد، ف.، مرادی، ف.، اردکانی، م.ر.، ناظری، پ.، اسماعیل پور جهرمی، م.، ۱۳۸۹. بررسی تأثیر تنش کم آبی و محلول پاشی متانول بر پارامترهای فلورسانس کلروفیل، محتوای آب نسبی سلول و محتوای کلروفیل برگ. نشریه پژوهشهای زراعی ایران. ۸ (۳): ۵۳۱ - ۵۴۱.

ناخدا، ب.، هاشمی، ا.، بنی صدر، ن.، ۱۳۷۹. بررسی تأثیر تنش کم آبی بر عملکرد علوفه و خصوصیات کیفی ارزن علوفه ای نوتریفید. مجله علوم کشاورزی ایران. ج. ۳۱، ش ۴، ص ۷۰۱ - ۷۱۲.

نادیان، ح. ۱۳۷۷. نقش میکوریز در کشاورزی پایدار. پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، صفحات ۳ تا ۴.

ناصری، ف.، ۱۳۷۰. دانه های روغنی (ترجمه). انتشارات معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی.

نجفی، ح.، صفاری، م.، ۱۳۹۰. بررسی تاثیر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن در ارقام کنجد. یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان دانشگاه شهید باهنر، ۱۸ - ۲۰ بهمن.

نوری پور سی سخت، ج.، احسان زاده، پ.، ۱۳۹۱. تغییر برخی آنتی اکسیدانت ها در کنجد و ارتباط آن با صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه تحت رژیم های مختلف آبیاری. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۳ (۱): ۸۱-۹۱.

وحدتی، ع.ر.، نباتی، د. ۱۳۷۸. بررسی اثر تنش شوری بر کنجد در ارقام محلی. انتشارات سازمان جهادکشاورزی یزد. ۱۶ صفحه.

ولد آبادی، س.ع.، لباسچی، م.ح. و علی آبادی فراهانی، ح.، ۱۳۸۸. تاثیر قارچ میکوریز آربوسکولار (AMF)، کود P_2O_5 و دور آبیاری بر شاخصهای فیزیولوژیک رشد گشنیز (*Coriandrum sativum* L.). فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ج ۲۵، ش ۳، ص ۴۱۴-۴۲۸.

یزدانی، ف.، اله دادی، ا.، اکبری، غ.، بهبهانی، م.، ر.، ۱۳۸۶. تأثیر مقادیر پلیمر سوپرجاذب (Tarawat A200) و سطوح تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا، پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ۷۵. ۱۶۷-۱۷۴.

یوسفی، م.، دانشیان، ج.، ولد آبادی، س.ع.، ۱۳۸۹. بررسی تأثیر کود دامی و قارچ میکوریزا بر عملکرد روغن دانه و برخی صفات رویشی کدوی تخم کاغذی در شرایط مختلف رطوبتی. سومین سمینار بین المللی دانه های روغنی و روغنهای خوراکی.

یونسی، ا.، شریف زاده، ف.، احمدی، ع.، ۱۳۸۹. اثر رژیم آبیاری بر عملکرد دانه، اجزاء عملکرد و برخی خصوصیات جوانه زنی سورگوم دانه ای (*Sorghum bicolor*) رقم کیمیا. مجله علوم گیاهان زراعی. ۴۱ (۱): ۱۸۷ - ۱۹۵.

Abedi- Koupai, J., and Asadkazemi, J., 2006. Effects of hydrophilic polymer on the field performance of an ornamental plant (*Cupressus arizonica*) under reduced irrigation regimes. Iranian Polymer Journal. 15 (9), 715- 725.

Agaba H. Orikiriza L. J. B. Esegu J. F. O. Obua J. Kabasa J. D. and Hüttermann A. 2010. Effects of hydrogel amendment to different soils on plant available water and survival of trees under drought conditions. CLEAN – Soil, Air, Water. 38(4): 328- 335.

Allahdadi, I., Yazdani, F., Akbari, G. A. and Behbahani, M. R. 2005. Effect of different rates of superabsorbent polymer (A200) on soybean yield and yield components (*Glycine max* L.) under drought stress condition. The 3th national symposium on agricultural and industrial application of superabsorbent hydrogels. Iran Polymer and petrochemical Institute. Tehran, Iran.

Amani M, Golkar P and Mohammadi-Nejad G. 2012. Evaluation of Drought Tolerance in Different Genotypes of Sesame (*Sesamum indicum* L.). International Journal of Recent Scientific Research Vol. 3, Issue, 4, pp.226 - 230, April, 2012.

- Araus J.L., Slafer G.A., Reynolds M.P and Royo C. 2002. Plant breeding and drought in C3 cereals: what should we breed for? *Ann. Bot.* 89, 925–940.
- Bai W. Zhang H. Liu B. Wu Y. and Song J. 2010. Effects of super-absorbent polymers on the physical and chemical properties of soil following different wetting and drying cycles. *Soil Use and Management.* 26 (3): 253-260.
- Barvenik, F.W. 1994. Polyacrylamide characteristics related to soil applications. *Soil Science* 158(4): 235-243.
- Bearden, B.N. 2001. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on soil structure and soil water characteristics of vertisols. *Plant and Soil* 229: 245-258.
- Ben-Hur, M., and Letey, J. 1989. Effect of polysaccharides, clay dispersion, and impact energy on water infiltration. *Soil Science Society of America Journal* 53: 233-238.
- Berenguer, M. J and Faci, J. M. 2001. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. *European Journal of Agronomy.* 15, 43-55.
- Bibi, A., Sadaqat, H. A., Akram, H. M., Khan T. M and Usman, B. F., 2010. Physiological and agronomic responses of Sudangrass to water stress. *J. Agric. Res.*, 48(3): 369 – 380.
- Bolan. N. S. 1991. A critical review on the role of Mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant soil* 134:187-207.
- Boureima S, Eyletters M, Diouf M, Diop T A, Van Damme P 2011. Sensitivity of seed germination and seedling radicle growth to drought stress in sesame (*Sesamum indicum* L.) *Res J Environ Sci* 5:557-564.
- Boydak E, Karaaslan D, Simsek M and Gercek S 2007. Effect of Irrigation Methods and Irrigation Intervals on Yield and Some Yield Components Of Saseme Growing in Semi-arid Area. *Journal of Agronomy* 6(3): 439-443, 2007.
- Cakir R 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research* 89: 1-16.
- Cardoso M. and Kuyper T.W. 2006. "Mycorrhizas and tropical soil fertility" *Agric. Ecosys. Environ.* 116: 72-84.
- Carmi A, Aharoni Y, Edelstein M, Umiel N, Hagiladi A, Yosef Y, Nikbachat M, Zenou A, Miron J, (2006). Effects of irrigation and plant density on yield, composition and in vitro digestibility of a new forage sorghum variety, Tal, at two maturity stages. *Animal Feed Science and Technology* 131: 120–132.
- Carmi, A ., Umiel, N., Hagiladi, A., Yosef, E., Ben-Ghedalia, D., and Miron, J., 2005. Field performance and nutritive value of a new forage sorghum variety Pnina recently developed in Israel. *J. Sci . Food Agric.* 85: 2567– 2573.

Chatzopoulos, F., Fugit, J.F. and Ouillous, L. 2000. Etu deocation function do different parameters dolabsption et alla desorption do Sodium retitule, European Polymer Journal 36: 51-60.

Cosculleola, F. and Fact, J.M., 1992. Determination of the maize (*Zea mays* L.) yield functions in respect to water using a line source sprinkler. Field Crops Abst. 93: 5611.

Craker L.E. and Simon J.E. 1988. "Herbs, spices and medicinal plants: Recent Advances in Botany" Horticulture and pharmacology. 3(10) : 11- 14.

Degaiorgi, C.F., 2002. Hydrogels for immobilization of bacteria used in treatment of metal contaminated wastes. Radiation Physics and chemistry. 63:109 – 113.

Dalirie, Ms, Seyed Sharifi R., Farzaneh S, (2010) Evaluation of Yield, Dry Matter Accumulation and Leaf Area Index in Wheat Genotypes as Affected by Terminal Drought Stress, Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj 38 (1): 182-186.

Demir S. 2004 "Influence of Arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper" Turk. J. Biol. 28: 85-90.

Diaz-Perez J.C., Shackel K.A., and Sutter E.G. 1995. Relative water content and water potential of tissue-cultured apple shoots under water deficits. Journal of Experimental Botany. 46: 111-118.

Dodd, J.C. 2000.The role of arbuscular mycorrhizal fungi in agro- and natural ecosystems.Agriculture. 29 (1): 63-70.

Efeoğlu, B., Ekmekçi, Y., Çiçek N.,2009. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery South African Journal of Botany. 75, 34–42.

El-Amir S, Helalia AM, Wahdan A, Shawky ME (1991) Effect of Two polymers on Corn (*Zea Mays* L.) Growth and Water Economy in sandy Soils. Soil Technology 4:177- 181.

El Naim AM, Ahmed MF, 2010. Effect of Irrigation on Vegetative Growth, Oil Yield and Protien Content of Two Sesame (*Sesamum indicum* L.) Cultivars. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 6(5): 630-636.

Entry, J.A., Rygiewicz, P.T., Watrud, L.S., Donnelly, P.K., 2002. Influence of adversesoilconditions on the formation and function of arbuscular mycorrhizas. Adv.Environ. Res. 7, 123–138.

Faber, B.A., Zasoski, R.J., Burau, R.G. and Uriu, K. 1990. Zinc uptake by corn affected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. Plant Soil. 129: 121–131.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S.M.A., 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agron. Sustain. Dev. 29, 185–212.

Garg B.K. 2003. Nutrient uptake and management under drought: nutrient-moisture interaction, Curr. Agric. 27, 1–8.

George, C. E. and Lauchli, A. 1985. Phosphorus efficiency and phosphate-iron interaction in maize. *Agron. J.* 77: 399-403.

Giri B., Kapoor R. and Mukerji K.G. 2002. "VA mycorrhizal techniques/VAM technology in establishment of plants under salinity stress condition" In: Mukerji K.G., Manoracheir C., and Singh J. (eds) "Techniques in mycorrhizal stueies. Kluwer, Dordrecht. 313-327.

Goicoechea, N., Antolin, M.C. and SanchezDiaz, M. 1997. Gas exchange is related to hormone balance in arbuscular or nitrogen-fixing alfalfa subjected to drought. *Physiol. Plantarum.* 100: 989-997.

Gubis, J., Vankova, R., Cervena, V., Dragunova, M., Hudcovicova, M., Lichtnerova, H., Dokupil, T. and Jurekova, Z., 2007. Transformed tobacco plants with increased tolerance to drought. *South African Journal of Botany.* 73. 505- 511.

Hassanzade, M., Asghari, A. Jamaati-e-Somarin, SH and Saeidi, M. 2009. Effects of water deficit on drought tolerance indices of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes in Moghan region. *Res. J. Environ. Sci.*, 3:116-121.

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

Heidari, M., Galavi, M. and Hassani, M. 2011. Effects of sulfur and iron fertilizers on yield, yield components and nutrient uptake in sesame (*Sesamum indicum* L.)

Helalia A. and Letey J. 1988. Cationic polymer effects on infiltration rates with a rainfall simulator. *Soil Science Society of America Journal*, 52: 247-250.

Hussain M., Malik M.A., Farooq M., Ashraf M.Y., Cheema M.A. 2008. Improving Drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower, *J. Agron. Crop Sci.* 194, 193–199.

Islam MR, Hu Y, Mao S, Mao J, Enejid AE, Xuea X 2011. Effectiveness of a water-saving super-absorbent polymer in soil water conservation for corn (*Zea mays* L.) based on eco-physiological parameters. *J Sci Food Agric* 91: 1998–2005.

Istanbulluoglu A, Kocaman I, Konukcu F 2002. Water use – production relationship of maize under Tekirdag conditions in Turkey. *Pakist. J. Biol. Sci* 5: 287–291.

Jackson, R.M. and Mason, P.A. 1984. Mycorrhiza. Edward Arnold, Ltd., London, pp: 60. ISBN 0-7131- 2876-3.

Jahan M., koocheki A., nassiri M., 1386. The effects of arbuscular mycorrhizal fungus and free living nitrogen fixing bacteria on growth, photosynthetic and yield on corn (*zea mays* L.) in conventional and ecological cropping systems. *Iranian Journal of Field Crops Research.* 53-67.

Kavar, T., Maras, M., Kidric, M., Sustar-Vozlic, J., Meglic, V. 2007. Identification of genes involved in the response of leaves of *Phaseolus vulgaris* to drought stress, *Mol. Breed.* 21, 159–172.

Kaya, M.D., Okçub, G., Ataka, M., Çıkılıç, Y., Kolsarıcıa, Ö., 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.), Eur. J. Agron. 24, 291–295.

Kenan, U, Kill F, Gencoglan C and Merdan H, 2007. Effect of irrigation frequency and amount on water use efficiency and yield of sesame under field condition. Field CropsResearch 101: 249-254.

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

Lal R. 2009. "Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition" Food Security 1: 45–57.

Lawlor, D.W. 2002. Limitation to photosynthesis in Water-stressed leaves: Stomata vs. metabolism and the role of ATP. Annals of Botany. 89: 871-885.

Lawlor, D.W., and Cornic, G., 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant, Cell and Environment. 25: 275-294.

Liang, R., and Liu, M.Z., 2006. Preparation and properties of a double- coated slow- release and water-retention urea fertilizer. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54: 1392-1398.

Liu, F., Stutzel, H., 2004. Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus spp.*) in response to drought stress. Scientia Horticulturae. 102: 15 – 27.

Lovisol, C. and A., Schuber., 1998. Effects of water stress on vessel size xylem hydraulic conductivity in *Vitis vinifera* L. Journal of Exp. Botany, 49(321): 693-700.

Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C., Sohrabi E., 2010. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. AJCS 4(8), 580-585.

Manivannan P, Abdul Jaleel C, Sankar B, Kishorekumar A, Somasundaram R, Lakshmanan GMA and Panneerselvam R 2007. Growth, biochemical modifications and proline metabolism in (*Helianthus annuus* L.) as induced by drought stress. Colloids and Surfaces 59: 141-149.

Martinez, J.P., Silva, H., Ledent, J.F. and Pinto. M., 2007. Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Europ Journal Agronomy. 26: 30- 38.

Mensah J K, Obadoni B O, Eroutor P G, Onome-Irieguna F 2006. Simulated flooding and drought effects on germination, growth, and yield parameters of sesame (*Sesamum indicum* L.) Afr J Biotechnol 5(13):1249-1253.

Molaei P, Ebadi A, Namvar A and Khandan Bejandi T (2011). Effect of sulfur and iron fertilizers on yield, yield components and nutrient uptake in sesame (*Sesamum indicum* L.) under water stress. African Journal of Biotechnology Vol. 10(44), pp. 8816-8822, 15 August, 2011.

Monnig, S., 2005. Water saturated super- absorbent polymers used in high strength concrete. Otto- Graf- Journal 3. Vol. 16.

Moslemi, Z., Habibi, D., Asgharzadeh, A., Ardakani, M.R., Mohamadi, A., Sakari, A., 2011. Effects of super absorbent polymer and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of maize under drought stress and normal conditions. African Journal of Agricultural Research. 6(19): 4471-4476.

Mun G. Suleimenov I. Park K. and Omidian H. 2010. Superabsorbent hydrogels. In: Ottenbrite R. M. Park K. and Okano T. (Eds) Biomedical Applications of Hydrogels Handbook, Springer, New York, pp.375-392.

Nadian, H., M. Hashemi and S. J. Herbert. 2009. Soil aggregate size and mycorrhizal colonization effect on rootgrowth and phosphorus accumulation by berseem clover. Commu. Soil Sci. Plant Ann. 40: 2413–2425.

Nazarli, H., Zardashti, M.R., 2010, The Effect Of Drought Stress And Super Absorbent Polymer (A200) On Agronomical Traits Of Sunflower (*Helianthus Annuus* L.) Under Field Condition. Cercetări Agronomice în Moldova. 3(143): 4 – 14.

Nazarli, H., Zardashti, M.R., Darvishzadeh, R., Mohammadi, M., 2011. Change in activity of antioxidative enzymes in young leaves of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by application of super absorbent synthetic polymers under drought stress condition. Australian Journal of crop Science (AJCS). 5(11):1334-1338.

Omidian, H. and Park, K., 2010. Introduction to hydrogels. In: Ottenbrite R. M. Park K. and Okano T. (Eds) Biomedical Applications of Hydrogels Handbook, Springer, New York, pp.1-16.

Omidian, H., Rocca, J. G. and Park, K., 2005. Advances in superporous hydrogels. Journal of Controlled Release 102: 3 -12.

Pandey, R.K., Maranville, J.W. and Admou, A., 2001. Tropical wheat response to irrigation and nitrogen in a Sahelian environment. I. Grain yield, yield components and water use efficiency. European Journal of Agronomy , 15: 93-105.

Panwar, J.D.S. 1993. Response of VAM and Azospirillum inoculation to water status and grain yield in wheat under water stress conditions. Indian Journal of Plant Physiology 36: 41-43.

- Parniske, M. 2008. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. *Nat Rev Microbiol.* 6:763–775.
- Parrish, D.J., Ervin, E.H. and Seiler, J.R., 2006. Studies with triazoles to alleviate drought stress in greenhouse-grown maize (*Zea mays* L.) seedlings. 123 page.
- Peterson, D., 2002. Hydrophilic polymers-Effect and uses in the landscape. *Horticulture Science*, 75.
- Ping, B., Fang-Gong, S., Ti-Da G., Zhao-Hui, S., Yin-Yan, L. and Guang-Sheng Z., 2006. Effect of soil drought stress on leaf water status, membrane permeability and enzymatic antioxidant system of maize. *Pedosphere.* 16(3): 326- 332.
- Plaut, Z., 2003. Plant exposure to water stress during specific growth stages, *Encyclopedia of Water Science*, Taylor & Francis, pp. 673– 675.
- Raju, K. M., Raju, M. P., Mohan, Y. M., 2002. Synthesis and water absorbency of crosslinked superabsorbent polymeres. *J. Appl. Polymers Sci.* 85: 1795-1801.
- Ramseur, E.L., V.L., V.L. Qusienberry, S.V. Wallace and J. H. Palmer. 1984. Yield and yield components of braxton soybeans as influenced by irrigation and interrow spacing. *Agronomy Journal* 76: 442-446.
- Rocatelia, A.C., Raperb, R.L., Balkcomc, K.S., Arriagac, F.J, Bransbyd, D.I., 2012. Biomass sorghum production and components under different irrigation/tillage systems for the southeastern U.S. *Industrial Crops and Products* 36: 589– 598.
- Roshdi. M, H. Heydari Sharifabad, M. Karimi, G. Noor Mohammadi & F. Darvish. 2006. A survey on the impact of water deficiency over the yield of sunflower seed cultivar & its components. *Journal of Agricultural Sciences*, 12, 109-120. (In Farsi).
- Rostamza, M., Chaichi, M.R., Jahansouz, M.R., Alimadadi, A., 2011. Forage quality, water use and nitrogen utilization efficiencies of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.) grown under different soil moisture and nitrogen levels. *Agricultural Water Management* 98: 1607– 1614.
- Rouhi V., Samson R., Lemeur R., and Van Damme P. 2007. Photosynthesis gas exchange characteristics in three different almond species during drought stress and subsequent recovery. *Environmental and Experimental Botany.*59: 117-129.
- Ruiz-Lozano, J.M. 2003. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress, new perspectives for molecular studies. *Mycorrhiza* 1.
- Saeidi A, Tohidi-Nejad E, Ebrahimi F, Mohammadi-Nejad G, Shirzadi M.H, 2012. Investigation of Water Stress on Yield and Some Yield Components of Sesame genotypes (*Sesamum indicum* L.) in Jiroft Region. *Journal of Applied Sciences Research*, 8(1): 243-246.

Sharma, A. K. and Johri B. N. 2002. Arbuscular mycorrhizae, interaction in plants, rhizosphere and soils. Science Publisher. INC, ENFIELD, NH, USA. 311pp.

Schüßler A, Gehrig H, Schwarzott D, Walker C. 2001a. Analysis of partial *Glomales* SSU rRNA gene sequences: implications for primer design and phylogeny. Mycological Research 105: 5–15.

Schüßler A, Schwarzott D, Walker C. 2001b. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. Mycological Research 105: 1413–1421.

Siddique, K.H.M., Loss, S.P., Thomson, B.D., 2003. Cool season grain legumes in dryland Mediterranean environments of Western Australia: Significance of early flowering, in: Saxena N.P. (Ed.), Management of Agricultural Drought. Science Publishers, Enfield (NH), USA, pp. 151–161.

Sinaki, j. M., Nourmohammadi, G. and Maleki, A., 2004. Effect of water deficit on seedling, plantlets and compatible solutes of forage sorghum CV. speed feed. 4th International Crop Sci. Conference. Brisbane, Aus. 26 Sep 1 Oct.

Sinclair, T.R., and Ludlow, M.M., 1985. Who taught plants the thermodynamics of water? The unfulfilled potential of plant water potential. Aust. J. Plant Physiol. 12: 213-217.

Sivapalan, S., 2001. Effect of Polymer on Soil Water Holding Capacity and Plant Water Use Efficiency, In Proceedings 10th Australian Agronomy Conference, Hobart, Tasmania, Australia.

Sivapalan, S., 2001. Effect of A Polymer On Growth And Yield Of Soybeans (*Glycine Max*) Grown In A Coarse Textured Soil. In Proceedings Irrigation 2001 Regional Conference, Toowoomba, Queensland, Australia. 93-99.

Smith, S. and Read, D. 2008. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, New York.

Smith, S.E. and Read, D.J. 1997. Mycorrhizal Symbiosis (2nd Edition). Academic Press: London, UK. p.605.

Smith, S.E., Read, D.J., 2008. Mycorrhizal Symbiosis, 3rd ed. Academic Press Inc., London, UK, p. 815.

Stanhill GS, 2002. Is the class-A evaporation pan still the most practical and accurate meteorological method for determining irrigation water requirement?. Meteorology for Agriculture 112: 233-236.

Subbarao, G.V., Nam, N.H., Chauhan, Y.S., Johansen C., 2000. Osmotic adjustment, water relations and carbohydrate remobilization in pigeonpea under water deficits, J. Plant Physiol. 157, 651–659.

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(1): 25-32.

Szaboles, I. 1991. Desertification and salinization. Plant Salinity Research. In: Choukr-Allah, R. (Ed.), New Challenges. pp. 3–18.

Taban, M. and Movahedi Naeini, S. A. R., 2006. Effect of aquasorb and organic compost amendments on soil water retention and evaporation with different evaporation potentials and soil textures. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 37: 2031-2055.

Terry Gregoire, 2003. Canola-high temperatures and drought, North Dakota state university agriculture and university extension, Devils Lake, ND 58301-2571.

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

Turhan, H. and I. Baser., 2004. In vitro and in vivo water stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.). HELIA. 27:227-236.

Turner, N.C., Wright, G.C., Siddique, K.H.M., 2001. Adaptation of grain legumes (pulses) to water-limited environments, Adv. Agron. 71, 123–231.

Ucan, K., F. Killi, C. Gencoglan and H. Merdun, 2007. Effect of irrigation frequency and amount on water use efficiency and yield of sesame (*Sesamum indicum*, L.) under field conditions. Field Crops Res., 101: 249-258.

Varma, A. and Hock, B. 1998. Mycorrhiza. Springer Verlag Berlin, Heidelberg New York. pp. 704.

Verslues, P.E., Agarwal, M., Katiyar-Agarwal, S., Zhu, J. and Zhu, J.K., 2006. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. Plant Journal. 45, 523- 539.

Vinocur, B. and Altman, A., 2005. Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievements and limitations., Elsevier Science. 16: 123- 132.

Walker C, Vestberg M, Demircik F, Stockinger H, Saito M, Sawaki H, Nishimura I, Schüßler A. 2007. Molecular phylogeny and new taxa in the *Archaeosporales* (*Glomeromycota*): *Ambispora fennica* gen. sp. nov., *Ambisporaceae* fam. nov., and emendation of *Archaeospora* and *Archaeosporaceae*. *Mycological Research* 111: 137–153.

Wang, Y. and C.A. Boogher., 1987. Effect of medium-incorporated hydrogel on plant growth and water use of two foliage species. Journal of Environmental Horticulture 5: 125-127.

Weiss EA, 2000. Oilseed Crops, 2nd Edition. Blackwell Sc. Ltd., Bodmin, UK.

Widiastuti, N., Wu, H. Ang, M. and Zhang, D.K., 2008. The potential application of natural zeolite for greywater treatment. Des. alienation. 218: 271- 280.

Wu, L., Liu, M.Z. and Liang, R., 2008. Preparation and properties of a double-coated slow release NPK compound fertilizer with superabsorbent and water-retention. Bioresource Technology 99: 547–554.

Wu, Q.S., Xia, R.X., Zou, Y.N., and Wang, G.Y. 2007. Osmotic solute responses of mycorrhizal citrus (*Poncirus trifoliata*) seedlings to drought stress. *Acta physiologica Plantarum* 29: 543-549.

Zohuriaan-Mehr M. J. Omidian H. Doroudiani S. and Kabiri K. 2010. Advances in non-hygienic applications of superabsorbent hydrogel Materials. *Journal of Material Science*, 45:5711-5735.

Evaluation of yield and yield components of *Sesamum indicum* L. in water deficit stress as affected by mycorrhizal fungi and hydrophilic polymer presence

Abstract

In order to investigate the impact of different irrigation regimes, mycorrhiza fungi and various amounts of superabsorbent on function, function components and some physiological traits of sesame, an experiment was conducted in Shahroud University research field using spilt plat factorial, in the form of an entire randomized design with three replications in the crop year 1391. Irrigation care levels based on aggregate evaporation from evaporate basin including 80(I₁), 160(I₂) and 240(I₃) millimeters evaporation were considered as the main plot and superabsorbent at three levels of zero, 100 and 200 kilograms per hectare (Z₀, Z₁, Z₂) and mycorrhiza fungi in two levels of inoculation (M₀) and non-inoculation (M₁) as subordinate factors.

The results showed that all traits except harvest index, oil content, protein content and growth rate in the fifth sampling stage were significantly different in irrigation regimes, and besides, all the traits except the harvest index, oil content, chlorophyll a and the growth rate at the fifth sampling stage were influenced by superabsorbent so that most of the measured traits were obtained from 200 kilograms per hectare. Also traits such as leaf area index, relative water content, chlorophyll a, chlorophyll b, and the first to third stages of sampling the crop growth rate were affected by inoculation of mycorrhiza fungi and had statistically significant difference. The interaction of irrigation and superabsorbent had a significant impact on plant height, biomass, relative water content, chlorophyll a and the fourth stage of sampling plant growth rate. The interaction of irrigation and superabsorbent and mycorrhiza fungi had a significant effect on oil content, chlorophyll a, and the third stage of sampling the growth rate of the plant. In the present study, there is the possibility of using different amounts of superabsorbent polymers, and various species of mycorrhiza fungi to increase the crop function and function components, and avoid the adverse effects of water deficit stress.

Keywords: water deficit stress, superabsorbent, mycorrhiza fungi, sesame, relative water content



Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

Department of Agronomy

M.Sc. Thesis

**Evaluation of yield and yield components of *Sesamum indicum* L. in water deficit stress
as affected by mycorrhizal fungi and hydrophilic polymer presence**

Alireza Gilani

Supervisors:

Dr. A. Gholami

Dr. A. Derakhshan Shadmehri

Co-supervisors:

Dr. H. Abbasdokht

Dr. M. Baradaran

February 2014