

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد آگرو اکولوژی

بررسی تاثیر کاربرد سوپر جاذب و سالیسیلیک اسید بر رشد و عملکرد سورگوم در شرایط تنش کم آبی

نگارنده: عادلہ علاقۃ

استاد راهنما

دکتر حمیدرضا اصغری

بهمن ۱۴۰۰

شماره: ۱۴۴۴
تاریخ: ۱۴۰۰/۸/۱۷
ویرایش:

باسمه تعالی

فرمهای ارزشیابی پایان نامه کارشناسی ارشد
مربوط به ورودی‌های ۹۴ به بعد



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (3) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم عادلۀ علاقۀ با شماره دانشجویی 9808684 رشته آگرو اکولوژی گرایش تحت عنوان بررسی تاثیر کاربرد سوپر جاذب و سالیسیلیک اسید بر رشد و عملکرد سورگوم در شرایط تنش کم آبی که در تاریخ 1400/11/18 با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار شد به شرح ذیل اعلام می‌گردد:

الف) درجه عالی: نمره 19-20 ☐ ب) درجه خیلی خوب: نمره 18/99 - 18 ☒
ج) درجه خوب: نمره 16-17/99 ☐ د) درجه متوسط: نمره 14-15/99 ☐
ه) کمتر از 14 غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد ☐
نوع تحقیق: نظری ☐ عملی ☒

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
1- استاد راهنمای اول	آقای دکتر حمید رضا اصغری	دانشیار	
2- استاد راهنمای دوم			
3- استاد مشاور			
4- استاد داور اول	آقای دکتر مهدی برادران فیروز آبادی	دانشیار	
5- استاد داور دوم	آقای دکتر حمید عباس دخت	دانشیار	
6- نماینده تحصیلات تکمیلی	آقای دکتر محمد رضا عامریان	دانشیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: آقای دکتر علی درخشان شادمهری

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:



تقدیم بہ:

ہمسرمہربانم کہ ہموارہ در طول تحصیل متعل زحائم بودند و تکیہ گاہ من در مواجہہ با مشکلات و وجودشان مایہ دگر می من می باشد۔
پدر کرامیم کہ در طول تحصیل زحائم زیاد می را برایم کشیدند۔
مادر عزیزم کہ اسوہ فداکاری، الہہ ایثار، چشمہ جوشان محبت و دریای پر خروش احساس است۔

شکر و قدردانی

خدای عزوجل را هزاران سپاس می گویم:

که توانایی و اراده رسیدن به این مرحله تحصیلی را به من عطا نمود و توفیق تحقیق و پژوهش این مجموعه را به من ارزانی داشت. بر خود لازم می دانم تا از تمامی بزرگواران به رسم ادب سپاسگذاری نمایم.

ابتدا از اساتید بزرگوار جناب آقای دکتر حمید رضا صغری که مسئولیت راهنمایی این پایان نامه را به عهده داشتند و در طول مدت انجام این تحقیق، همواره از مساعدت و راهنمایی ایشان بهره مند شدم کمال شکر را داشته باشم. از جناب آقایان دکتر حمید عباس دخت و دکتر مهدی برادران فیروز آبادی برای داورانی پایان نامه ام، سپاسگزارم.

تهدنامه

اینجانب عادلۀ علاقۀ دانشجوی دورۀ کارشناسی ارشد (دکتری) رشته آگرواکولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه بررسی تأثیر کاربرد سوپر جاذب و سالیسیلیک اسید بر رشد و عملکرد سورگوم در شرایط تنش کم آبی تحت راهنمایی دکتر حمیدرضا اصغری متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه 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 پایان‌نامه 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 می‌باشد 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 پایان‌نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، 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 می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

تنش خشکی مهمترین عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی است. استفاده از ترکیبات ارزانی مانند تنظیم کننده های رشد و اصلاح کننده های خاک می تواند باعث کاهش اثرات تنش خشکی در گیاهان زراعی شود. به منظور بررسی تاثیر سالیسیلیک اسید و سوپر جاذب آب بر رشد و عملکرد سورگوم تحت تنش کم آبی آزمایشی به صورت اسپلینت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار در منطقه شهرستان جاجرم اجرا گردید. دوره های آبیاری (شامل سه سطح ۸ روز، ۱۲ روز و ۱۶ روز) در کرت های اصلی و ترکیب کاربرد خاکی سوپر جاذب (شامل دو سطح ۱- عدم مصرف سوپر جاذب، ۲- مصرف صد کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار) و محلول پاشی سالیسیلیک اسید (شامل دو سطح ۱- عدم مصرف اسید، ۲- مصرف نیم میلی مولار اسید) به صورت فاکتوریل در کرت های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد تیمار دور آبیاری ۱۶ روزه باعث کاهش تعداد پنجه، قطر و ارتفاع ساقه، تعداد و سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، عملکرد علوفه تر و خشک در چین اول و دوم، درصد پروتئین و خاکستر نسبت به تیمار آبیاری ۸ و ۱۲ روزه شد و اما تنش کم آبی میزان پرولین را افزایش داد. کاربرد سوپر جاذب بسیاری از صفات مورد مطالعه را تحت تاثیر قرار داد و موجب افزایش ارتفاع ساقه، سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، عملکرد علوفه تر و خشک در چین اول به ترتیب به میزان ۱۰/۱۷، ۱۴، ۸/۱۵، ۱۷/۴۰ و ۱۲/۱۳ درصد نسبت به تیمار عدم مصرف سوپر جاذب شد. همچنین نتایج نشان داد محلول پاشی با غلظت نیم میلی مولار سالیسیلیک اسید در مرحله ۴ تا ۶ برگی بیشترین تاثیر را بر صفات مورد مطالعه داشت و موجب افزایش ارتفاع ساقه، سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، عملکرد علوفه تر و خشک در چین اول و درصد پروتئین و خاکستر به ترتیب به میزان ۷/۴۴، ۱۰/۹۶، ۵/۸۸، ۸/۰۵، ۱۰/۹۰، ۶/۹۵ و ۴/۸۵ درصد نسبت به تیمار عدم مصرف سالیسیلیک اسید شد. در مجموع می توان بیان نمود که هر چند بیشترین عملکرد علوفه تر (۵۴/۴۰ تن در هکتار) از ترکیب تیماری دور آبیاری ۸ روزه، با مصرف خاکی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب و مصرف برگ پاش نیم میلی مولار

سالیسیلیک اسید به دست آمد و کاربرد این دو ماده نقش معنی داری در کاهش اثرات تنش کم آبیاری نداشت، اما کاربرد سوپر جاذب و سالیسیلیک توانست بسیاری از صفات مورد بررسی در این آزمایش در سطح مشابه کم آبیاری بهبود بخشد.

واژگان کلیدی: ارتفاع ساقه، تنش خشکی، پرولین، محتوای نسبی آب برگ، درصد پروتئین و عملکرد.

چکیده فارسی ز

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه و اهداف ۲

۱-۲- اهداف پژوهش ۵

فصل دوم: بررسی منابع علمی

۱-۲- کیفیت علوفه ۸

۲-۲- ترکیبات شیمیایی موجود در گیاه سورگوم ۹

۱-۲-۲- پروتئین ها ۹

۲-۲-۲- لیپیدها ۱۰

۳-۲-۲- پلی فنل ها ۱۰

۳-۲- قابلیت سازگاری ۱۰

۴-۲- تنش ۱۲

۱-۴-۲- تنش خشکی ۱۲

۲-۴-۲- تاثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ۱۳

۵-۲- اهمیت سوپر جاذب در بخش کشاورزی ۱۸

۱-۵-۲- پلیمرهای سوپر جاذب ۱۹

۲-۵-۲- ساختار سوپر جاذب ۱۹

۳-۵-۲- نحوه عملکرد سوپر جاذب ها ۲۰

۴-۵-۲- مزایای استفاده از سوپر جاذب ۲۱

۵-۵-۲- دوام و پایداری سوپر جاذب ۲۱

۶-۵-۲- منافع اقتصادی کاربرد سوپر جاذب ۲۲

۷-۵-۲- روش های کاربرد سوپر جاذب ۲۳

۸-۵-۲- اثر سوپر جاذب بر درصد استقرار بوته ۲۳

۹-۵-۲- اثر سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد ۲۴

۶-۲- سالیسیلیک اسید (یک شبهه هورمون گیاهی) ۲۹

۱-۶-۲- تاریخچه ی شناخت سالیسیلیک اسید ۲۹

۲-۶-۲- سالیسیلیک اسید و نقش آن بر عملکرد و اجزای عملکرد ۳۱

۳-۶-۲- سالیسیلیک اسید و تنظیم کنندگی رشد در شرایط تنش ۳۴

فصل سوم: مواد و روش ها

۱-۳- محل اجرای آزمایش ۳۸

۲-۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ۳۸

۳-۳- اطلاعات هواشناسی محل اجرای طرح ۳۹

۳-۴- طرح مورد استفاده، نقشه طرح تیمارها و خصوصیات شیمیایی و فیزیکی سوپرجاذب.....	۳۹
۳-۵- کاشت و مراقبت‌های زراعی.....	۴۰
۳-۶- صفات مورد اندازه‌گیری در چین اول.....	۴۲
۳-۶-۱- تعداد پنجه در بوته، قطر ساقه، ارتفاع ساقه و تعداد و سطح برگ.....	۴۲
۳-۶-۲- اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ.....	۴۲
۳-۶-۳- میزان پرولین.....	۴۳
۳-۶-۴- عملکرد علوفه تر و خشک.....	۴۳
۳-۶-۵- درصد خاکستر.....	۴۳
۳-۶-۶- درصد پروتئین.....	۴۴
۳-۷- صفات مورد اندازه‌گیری در چین دوم.....	۴۴
۳-۸- محاسبات آماری.....	۴۵

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱- تعداد پنجه.....	۴۸
۴-۲- قطر ساقه.....	۵۱
۴-۳- ارتفاع ساقه.....	۵۳
۴-۴- تعداد برگ.....	۵۵
۴-۵- سطح برگ.....	۵۸
۴-۶- محتوای نسبی آب برگ.....	۶۰
۴-۷- میزان پرولین.....	۶۵
۴-۸- عملکرد علوفه تر چین اول.....	۶۸
۴-۹- عملکرد علوفه خشک چین اول.....	۶۹
۴-۱۰- درصد پروتئین.....	۷۲
۴-۱۱- درصد خاکستر.....	۷۶
۴-۱۲- عملکرد علوفه تر چین دوم.....	۷۷
۴-۱۳- عملکرد علوفه خشک چین دوم.....	۷۸
نتیجه‌گیری.....	۸۱
پیشنهادهای.....	۸۲
فهرست منابع.....	۸۳
چکیده انگلیسی.....	۹۴

جدول ۳-۱- نتایج تجزیه ی خاک زمین محل اجرای آزمایش.....	۳۸
جدول ۳-۲- آمار ایستگاه هواشناسی سینوپتیک جاجرم در طی فصل رشد.....	۳۹
جدول ۳-۲- خصوصیات شیمیایی و فیزیکی سوپر جاذب.....	۴۰
جدول ۴-۱- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی و اثرات متقابل آن ها بر صفات مورد مطالعه در سورگوم علوفه ای.....	۴۸
جدول ۴-۲- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در سورگوم علوفه ای.....	۴۹
جدول ۴-۳- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی و اثرات متقابل آن ها بر صفات مورد مطالعه در سورگوم علوفه ای.....	۶۱
جدول ۴-۴- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در سورگوم علوفه ای.....	۶۲
جدول ۴-۵- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی و اثرات متقابل آن ها بر صفات مورد مطالعه در سورگوم علوفه ای.....	۷۳
جدول ۴-۶- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در سورگوم علوفه ای.....	۷۵

شکل ۴-۱- اثر متقابل سوپر جاذب و سالیسیلیک اسید بر تعداد پنجه.....	۵۰
شکل ۴-۲- اثر متقابل دور آبیاری و سوپر جاذب بر ارتفاع ساقه.....	۵۴
شکل ۴-۳- اثر متقابل دور آبیاری و سوپر جاذب بر تعداد برگ.....	۵۶
شکل ۴-۴- اثر متقابل سوپر جاذب و سالیسیلیک اسید بر تعداد برگ.....	۵۷
شکل ۴-۵- اثر متقابل دور آبیاری و سوپر جاذب بر سطح برگ.....	۵۸
شکل ۴-۶- اثر متقابل دور آبیاری و سالیسیلیک اسید بر سطح برگ.....	۵۹
شکل ۴-۷- اثر متقابل دور آبیاری و سوپر جاذب بر محتوای نسبی آب برگ.....	۶۳
شکل ۴-۸- اثر متقابل سوپر جاذب و سالیسیلیک اسید بر محتوای نسبی آب برگ.....	۶۴
شکل ۴-۹- اثر متقابل دور آبیاری و سوپر جاذب بر میزان پرولین.....	۶۶
شکل ۴-۱۰- اثر متقابل سوپر جاذب و سالیسیلیک اسید بر میزان پرولین.....	۶۶
شکل ۴-۱۱- اثر متقابل دور آبیاری و سوپر جاذب بر عملکرد علوفه خشک چین اول.....	۷۱
شکل ۴-۱۲- اثر متقابل دور آبیاری و سوپر جاذب بر درصد خاکستر.....	۷۶
شکل ۴-۱۳- اثر متقابل سوپر جاذب و سالیسیلیک اسید بر درصد خاکستر.....	۷۷
شکل ۴-۱۴- اثر متقابل دور آبیاری و سوپر جاذب بر عملکرد علوفه خشک چین دوم.....	۷۹

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه و اهداف

تنش‌ها به عنوان عوامل محدود کننده رشد گیاهان و تولید محصولات زراعی در سراسر جهان مطرح هستند (عابدی و پاک نیت، ۲۰۱۲). خشکی یک از مهمترین تنش‌های محیطی محدود کننده تولید در گیاهان زراعی در سرتاسر جهان است (امیدی و همکاران، ۲۰۱۲).

محدودیت منابع آب کشور ضرورت صرفه جویی در مصرف آب را روشن می‌سازد. اعمال مدیریت صحیح و به‌کارگیری تکنیک‌های پیشرفته به منظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک از جمله اقدامات مؤثر برای افزایش راندمان آبیاری و در نتیجه بهبود بهره برداری از منابع محدود کشور می‌باشد. مدیریت بحران و نظام دانش خشکسالی به‌همراه اجرای برنامه های ناپایدار در بخش کشاورزی، خسارت جبران‌ناپذیری را به جامعه روستایی تحمیل نموده است. ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی و میانگین بارندگی سالانه حدود (۲۴۷ میلی‌متر) در مقایسه با میانگین بارندگی آسیا (۴۸۰ میلی‌متر) و میانگین بارندگی دنیا (حدود ۸۵۰ میلی‌متر) کشوری خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود (فائو، ۲۰۱۴). این درحالی است که همین بارندگی نیز دارای پراکنش مکانی و زمانی بسیار متفاوت است. ۲۵ درصد از این مقدار ریزش های جوی در فصل زراعی و ۷۵ درصد در خارج از فصل زراعی اتفاق می‌افتد باوجود چنین شرایطی لحاظ کردن خشکسالی، جزو حوادث غیرمترقبه شاید کار درستی نباشد، چرا که خشکی و خشکسالی جز جداناپذیر کشور ماست. ازجمله راهکارهای مدیریتی که می‌توان در جهت استفاده بهینه از منابع آبی موجود مورد استفاده قرار بگیرد، کاربرد مواد جاذب الرطوبه از جمله پلیمرهای آبدوست می باشد که این مواد علاوه بر قابلیت جذب آب، اصلاح کننده خاک نیز هستند امروزه در اکثر نقاط ایران باغداران و کشاورزان با کمبود آب آبیاری و هزینه‌های بالای آبیاری مواجه هستند که در نهایت موجب بالا رفتن قیمت محصولات و کاهش عرضه و برهم خوردن تناسب بین عرضه و تقاضا می‌شود. همچنین نبودن خاک مناسب در بیشتر زمین‌های زراعی و باغ‌ها باعث پایین آوردن کیفیت محصول می شود. وجود این مشکلات در

کشاورزی، محققان و کارشناسان را بر این داشت تا محصول جدید با قابلیت‌های فراوان تولید و در اختیار کشاورزی قرار دهند.

پلیمرهای سوپر جاذب (ابرجاذب و فراجاذب) از جنس هیدروکربن هستند. این مواد چندین برابر وزن خود آب را جذب، نگهداری و در اثر خشک شدن محیط، آب داخل پلیمر به تدریج تخلیه می‌شود و به این ترتیب خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد، مرطوب می‌ماند (ویدیاستیوتی و همکاران، ۲۰۰۸). مقدار جذب آب در این پلیمرها بسته به فرمول شیمیایی پلیمر، ناخالصی‌ها و مقدار نمک موجود در آب تا ۴۰۰ برابر وزن پلیمر متغیر است. پلیمرهای سوپر جاذب باعث افزایش ماندگاری آب در خاک شده و میزان آبیاری را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهند (نظری و همکاران، ۲۰۱۰). با توجه به موارد ذکر شده، اهمیت این مواد در مناطق خشک در حال گسترش است. پلیمرها از نظر زیست محیطی، سالم و بدون اثر سمی و نامطلوب در خاک هستند و سرانجام به دی-اکسیدکربن، آب و یونهای آمونیوم و پتاسیم تجزیه می‌شوند. سوپر جاذب‌ها می‌توانند خصوصیات فیزیکی خاک را بهبود بخشیده، از فرسایش خاک و آبشویی عناصر غذایی جلوگیری نموده و کیفیت آب ثقلی را افزایش دهند (غلامی، ۱۳۸۵).

یکی از ترکیباتی که در ایجاد تحمل و مقاومت در برابر تنش خشکی در گیاه مؤثر است، ترکیب شبه هورمونی سالیسیلیک اسید است. سالیسیلیک اسید، یک ترکیب فنلی گیاهی است که به عنوان یک هورمون گیاهی و تنظیم کننده‌ی رشد شناخته شده و نقش آن در ارتباط با مکانیسم‌های دفاعی در برابر عوامل استرس زای زیستی و غیر زیستی به خوبی مشخص شده است (حیاط و احمد، ۲۰۰۷). سالیسیلیک اسید یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید و ترکیبات مربوطه به گروهی از ترکیبات فنلی تعلق دارند، سالیسیلیک اسید به وسیله سلول‌های ریشه تولید می‌شود و نقش محوری در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیک مختلف مثل رشد، تکامل گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه زنی ایفا می‌کند. یکی از مشتقات سالیسیلیک اسید، استیل سالیسیلیک اسید است که بعد از جذب، سریعاً به سالیسیلیک اسید تبدیل می‌شود (الطیب، ۲۰۰۵). سالیسیلیک اسید امروزه به عنوان ماده هورمونی

محسوب می‌گردد که نقش مهمی در رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کند. سالیسیلیک اسید در گیاهانی که تحت تنش‌های محیطی قرار دارند، نقش حفاظتی داشته و سبب افزایش مقاومت به کمبود آب می‌شود (کینگ، ۲۰۰۳).

تأمین پروتئین مورد نیاز کشور از طریق گوشت و فرآورده‌های دامی با استفاده از امکانات کشاورزی بالقوه کشور از سیاست‌های اساسی کشاورزی کشورمان می‌باشد که با کشت گیاهان علوفه‌ای پرمحصول و بهره‌گیری از سیستم‌های چند کشتی امکان پذیر بوده و از فشار وارده به مراتع و چراگاه‌ها می‌کاهد (آقاعلیخانی، ۱۳۷۲).

سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench) یکی از گیاهان علوفه‌ای مهم مناطق خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌گردد که جهت تأمین علوفه سبز، خشک، سیلویی و حتی برای چرای مستقیم دام از آن استفاده می‌شود. سورگوم نسبت به سایر غلات جهت رشد و نمو به آب کمتری نیاز دارد، به طوری که طبق تحقیقات انجام شده برای تولید یک کیلوگرم ماده خشک به ۳۳۲ لیتر آب نیاز دارد. در صورتی که این نیاز آبی برای ذرت ۳۶۸ لیتر، جو ۴۳۴ لیتر و گندم ۵۱۴ لیتر است (هوس، ۱۹۸۵). سورگوم با دارا بودن خصوصیات از جمله کارایی مصرف آب بالا، قدرت پنجه زنی زیاد، رشد بسیار سریع، عملکرد بالا و ارزش غذایی نسبتاً خوب از اهمیت زیادی برخوردار است. امروزه سورگوم در هر شش قاره دنیا کشت می‌شود و از نظر سطح زیر کشت مقام پنجم را داراست. امروزه علاوه بر ارقام بومی متداول، کشت ارقام هیبرید پر محصول سورگوم در ایران رو به افزایش است (رضوانی مقدم، ۱۳۶۹ و فومن اجیرلو، ۱۳۷۵). در گذشته اغلب سورگوم در مناطقی کشت می‌شد که برای کشت ذرت مساعد نبود، لیکن امروزه با پیدایش سورگوم‌های هیبرید، این گیاه حتی در شرایط مساعد و فاریاب با ذرت رقابت می‌کند (فراریس و چارلز ادواردز، ۱۹۸۶).

از آنجا که به علت کمبود علوفه در داخل همه ساله مقادیر متنابهی علوفه از منابع خارجی تأمین می‌گردد، لذا ترویج و توسعه کشت سورگوم و استفاده از ارقام هیبرید اصلاح شده پر محصول و قرار دادن آن در الگوی زراعی می‌تواند عامل مهمی در تأمین قسمتی از نیاز علوفه‌ای کشور باشد. همچنین

با توجه به اینکه در مورد اثرات کاربرد سوپرجاذب و سالیسیلیک اسید بر محصول علوفه ای سورگوم، کار تحقیقی به ویژه در منطقه خراسان شمالی صورت نگرفته است و از آنجایی که آب عامل مهمی در امر تولید محصول، به دلیل وابستگی کامل عملکرد به آن می باشند و نیز سالیسیلیک اسید که باعث بهبود اثر تنش خشکی در سورگوم علوفه ای می شود، بنابراین، این پژوهش به منظور ارزیابی اثرات کاربرد سوپرجاذب و سالیسیلیک اسید در افزایش تحمل به خشکی، خصوصیات رشدی و عملکردی سورگوم در شرایط کمبود آب صورت گرفت.

۱-۲- اهداف پژوهش:

- ۱- بررسی کاهش مصرف آب همراه با کاربرد سوپرجاذب و سالیسیلیک اسید در سورگوم علوفه‌ای بدون کاهش معنی‌دار عملکرد
- ۲- بررسی افزایش تحمل به خشکی از طریق کاربرد سالیسیلیک اسید در شرایط کمبود آب
- ۳- بررسی افزایش تحمل به خشکی از طریق کاربرد سوپرجاذب در شرایط کمبود آب

فصل دوم

بررسی منابع علمی

۲-۱- کیفیت علوفه

وزن خشک، عملکرد و انرژی قابل هضم سیلوی سورگوم تحت اثر مرحله رسیدن است (المدرس و همکاران، ۱۳۸۷). بیشترین مقدار انرژی قابل هضم بعد از خروج گل آذین از غلاف و در اوایل گلدهی می‌باشد (کولاف و همکاران، ۱۹۸۱). زمانی که دانه می‌رسد، کیفیت ساقه و برگ‌ها کم شده و انرژی قابل هضم کمتری از زمان برداشت در مراحل گلدهی یا شیری دارد و گزارشات دلالت بر این دارد که حداکثر انرژی قابل هضم در هکتار زمانی بدست می‌آید که سورگوم در مرحله خمیری نرم برداشت شود (المدرس و همکاران، ۱۳۸۷). به هر حال اگر حداکثر قابلیت هضم مهم‌تر از عملکرد باشد (تغذیه گاوهای شیری یا گوساله‌ها) بنابراین زمان مناسب برداشت در اوایل گلدهی است (کولاف و همکاران، ۱۹۸۱).

مقدار پروتئین در اوایل رشد ۱۲ تا ۱۸ درصد کل وزن خشک گیاه می‌باشد، اما در زمان رسیدن به ۵ تا ۸ درصد کاهش می‌یابد. این کاهش پروتئین بیشتر بین مرحله گلدهی و شیری بوده و عمدتاً در برگ‌ها و ساقه است (دوجت، ۱۹۸۸). حداکثر میزان پروتئین در مرحله خمیری نرم به دست می‌آید ولی مقدار فیبر از ۳۵ درصد در گیاه جوان به ۲۴ درصد در خلال گلدهی رسیده، سپس تا مرحله رسیدن کمی زیاد می‌گردد (وال و روس، ۱۹۷۰).

سورگوم سیلویی در هنگام برداشت در مرحله شیری دارای ۵۵ تا ۵۸ درصد مجموعه عناصر غذائی قابل هضم (TDN)، ۸ تا ۹ درصد پروتئین، ۰/۲ تا ۰/۳ درصد کلسیم و ۰/۱۵ تا ۰/۲ درصد فسفر می‌باشد. بنابراین سیلوی سورگوم دارای مواد غذایی لازم برای تغذیه گاوهای باردار است، اما باید مقدار نیم تا یک کیلوگرم پروتئین گیاهی برای اوایل شیردهی اضافه گردد. برای بیشتر فعالیت‌های دامپروری اضافه وزن ۰/۷ تا ۰/۹ کیلوگرم در هر روز را می‌توان با اضافه کردن ۲ تا ۴ کیلوگرم پروتئین دانه به سیلوی سورگوم به‌دست آورد. سورگوم علوفه‌ای سیلویی دارای ۸۰ تا ۸۵ درصد ارزش غذایی ذرت سیلویی می‌باشد، زیرا سیلوی ذرت دارای درصد دانه بیشتر از سیلوی سورگوم (۵۰٪ در مقابل ۲۵٪) می‌باشد. کیفیت علوفه را می‌توان با به کار بردن کودهای شیمیایی، آبیاری و غیره بالا برد

(المدرس و همکاران، ۱۳۸۷). کشت مخلوط با گیاهان خانواده نخودیان باعث افزایش مقدار سورگوم می‌گردد (فائو، ۱۹۷۲).

۲-۲- ترکیبات شیمیایی موجود در گیاه سورگوم

ترکیبات شیمیایی گیاه سورگوم بر حسب سن و واریته متفاوت می‌باشد (المدرس و همکاران، ۱۳۸۷).

۲-۱- پروتئین‌ها

پروتئین‌ها ترکیبات آلی هستند که از پلیمرهای آمینواسیدها به وجود می‌آیند، آمینو اسیدها از ازت و سایر عناصر تشکیل شده‌اند و به وسیله پیوند پپتیدی به هم متصل شده‌اند (المدرس و همکاران، ۱۳۸۷). پروتئین بذر غلات فاقد یک یا چند آمینواسید (بیشتر سه آمینواسید ضروری لیزین، تریپتوفان و متیونین) می‌باشد که بر حسب گونه گیاهی و واریته متفاوت است (گاردنر و همکاران، ۱۹۸۵).

پروتئین‌ها را می‌توان به چهار گروه: آلبومین، گلوبولین (به مقدار زیاد در بذور خانواده نخودیان)، گلوتلین (به مقدار زیاد در گندم) و پرولامین (به مقدار زیاد در دانه‌های غلات) تقسیم کرد. پروتئین سورگوم را بین ۵ تا ۱۹/۳ درصد با میانگین ۷/۱ درصد گزارش کردند. زیاد بودن جمعیت گیاهی ممکن است باعث کاهش مقدار پروتئین شود. پروتئین‌های سورگوم دارای مقدار زیادی اسید گلوتامیک، لوسین، آلانین، پرولین و اسید آسپارتیک می‌باشد و لیزین یکی از آمینواسیدهای موجود در سورگوم است. قابلیت هضم پروتئین سورگوم در حدود ۵۰٪ (گندم ۷۷٪) بوده ولی بین فنوتیپ‌های مختلف تفاوت‌های زیادی وجود دارد. پروتئین پرولامین دارای قابلیت هضم است (المدرس و همکاران، ۱۳۸۷).

۲-۲-۲- لیپیدها

لیپیدها شامل چربی‌ها و موم می‌باشند. اسیدهای چرب ممکن است به صورت اشباع (مقاوم به اکسید شدن هستند) و یا غیر اشباع (غیر مقاوم به اکسید شدن) باشند (المدرس و همکاران، ۱۳۸۷). حداکثر مقدار لیپید در رویان دانه‌های سورگوم و حداقل آن در آندوسپرم با میانگین ۵ تا ۶ درصد می‌باشد. تقریباً ۸۰٪ از لیپیدهای سورگوم به صورت غیر اشباع است، به طوری که ۷۶٪ کل چربی را اسیدهای اولئیک و لینولئیک تشکیل می‌دهند (نیوسر و سام رل، ۱۹۸۰).

۲-۲-۳- پلی فنل‌ها

پلی فنل‌ها در همه سورگوم‌ها وجود داشته و بر روی رنگ، ظاهر و کیفیت غذایی دانه و دیگر محصولات سورگوم موثرند. سه گروه اصلی پلی فنل‌ها عبارتند از: اسیدهای فنولیک، فلاونوئیدها و مشتقات فلاونوئیدها از قبیل رنگدانه‌های آنتوسیانین و تانن‌های غلیظ شده (هان و رونی، ۱۹۸۵ و باتلر و روگلر، ۱۹۸۵). پلی فنل‌های سورگوم شامل رنگدانه‌های آنتوسیانین بوده و بیشتر در برونبر (اپیدرم و هیپودرم) و تستای دانه سورگوم وجود دارد (باتلر، ۱۹۸۲). بیشتر پلی فنل‌های سورگوم از نظر تغذیه‌ای مناسب نیستند زیرا با پروتئین‌های غذایی و آنزیم‌ها ترکیب شده و باعث عدم هضم و جذب می‌گردد (هاسنی و همکاران، ۱۹۸۷).

۲-۳- قابلیت سازگاری

از نظر زراعت، قابلیت سازگاری، به ظرفیت تولید خوب در یک منطقه وسیع جغرافیایی، تحت شرایط متغیر اقلیمی و محیطی، نسبت داده می‌شود. قابلیت سازگاری، معیاری از قابلیت اطمینان محصول است. تکنولوژی کشاورزی نوین، ارقامی را می‌طلبد که فقط در بهترین شرایط، از ظرفیت تولید بالایی برخوردار باشند. رقمی که دارای سازگاری وسیعی می‌باشد، هنگامی که در شرایط پایینتر از حد ایده آل قرار گیرد، عملکرد رضایت بخشی را تولید خواهد نمود. اختصاصاً رقمی مطلوب نظر

می‌باشد، که بتواند در شرایط مساعد و نامساعد، عملکرد خوبی داشته باشد. البته چنین امری ممکن است همیشه امکان پذیر نباشد.

عملکرد، معیار مهمی در ارزیابی قابلیت سازگاری، می‌باشد. توصیه ارقام معمولاً براساس متوسط ظرفیت عملکرد آنها، که از طریق انجام آزمایشات مزرعه‌ای در مکان‌ها و سال‌های مختلف به دست آمده است، صورت می‌گیرد. واکنش مناسب به تغییرات محیطی، معیاری از قابلیت سازگاری وسیع می‌باشد. قابلیت سازگاری وسیع، احتمال به مخاطره افتادن را کاهش داده و موجبات انتقال تکنولوژی مربوط به محیط‌های دیگر را، بدون انجام آزمایشات گسترده در مکان‌های خاص، فراهم می‌سازد. عملکرد بالا و قابلیت سازگاری وسیع، همواره با یکدیگر همراه نیستند. از آنجا که زارعین، درصدد به حداکثر رساندن عملکرد می‌باشند، لذا باید ارقامی خاص، بویژه ارقام محصولات تمام فصل را انتخاب نمایند. قابلیت سازگاری وسیع، می‌تواند با یک فاکتور کمی یعنی عملکرد معادل سازی شود، چرا که غالباً با قابلیت سازگاری وسیع، عملکرد، کاهش یافته و قابلیت سازگاری محدود، عملکردهای بالایی تحت شرایط مناسب به دست می‌آیند.

زارعین مبتدی، ممکن است ارقامی را انتخاب نمایند که از قابلیت سازگاری وسیعی برخوردار باشند، در حالی که زارعین با تجربه تر، که تمایل دارند عملکرد را به حداکثر برسانند، ممکن است رقم خاصی را که سازگاری محدودی داشته، اما در مزارع آنها از عملکرد خوبی برخوردار بوده است، انتخاب نمایند. مراکز تحقیقاتی، زمینه لازم برای توصیه ارقام را بر اساس آزمایشات منطقه‌ای فراهم می‌سازند. چنین توصیه‌هایی برای اغلب زارعین، کافی می‌باشد. البته بعضی از زارعین، تعدادی از ارقام انتخابی را در شرایط مزارع خود، مورد ارزیابی قرار می‌دهند، تا بدین وسیله فاکتورهایی از قبیل قابلیت خرمن کوبی، ثبات و مشکلات خشک کردن محصول و انبار نمودن آن و یا سایر ویژگی‌هایی را که در شرایط مزرعه‌ای بهتر قابل ارزیابی می‌باشند، بررسی نمایند. تعیین ثبات عملکرد یا تشخیص متغیرهای محیطی مناسب یک رقم معین، موضوع پیچیده‌ای می‌باشد (کوچکی و خلقانی، ۱۳۷۴).

۲-۴- تنش

تنش نتیجه روند غیرعادی فرایندهای غیر بیولوژیکی است که از تأثیر یک یا ترکیبی از عوامل زیستی و محیطی حاصل می شود. تنش دارای توان آسیب رسانی می باشد که به صورت افت بر رشد، مرگ بخشی از یک گیاه و یا مرگ بروز می کند (خشنود، ۱۳۸۷). برای نیل به حداکثر عملکرد لازم است گیاهان در شرایط بهینه رشد نمایند. این شرایط در بین گیاهان مختلف متفاوت است و زمانی که این یا چند مورد از این شرایط خارج از حد مناسب باشند گیاه تحت تنش قرار می گیرد و در نتیجه رشد و عملکرد کاهش می یابد (سالتر و همکاران، ۱۹۸۴).

۲-۴-۱- تنش خشکی

خشکی شایع ترین تنش محیطی است که خطری برای تولید موفقیت آمیز محصولات زراعی در ایران و جهان می باشد (المنصوری و همکاران، ۲۰۰۱). خشکی، مهمترین عامل محدود کننده تولید موفقیت آمیز محصولات زراعی در سراسر جهان به حساب می آید و این عامل زمانی ایجاد می شود که ترکیبی از عوامل فیزیکی و محیطی باعث تنش در داخل گیاه شده و در نتیجه تولید را کاهش می دهد (کافی و همکاران، ۱۳۷۹). حساسیت به تنش خشکی عاملی است که بر جوانه زنی بذر تأثیر معکوس دارد. به طوریکه مراحل اولیه رشد گیاهچه نسبت به تنش کم آبی حساسیت بیشتری دارد. چنانچه بذر در بستری با آب ناکافی کشت می شود، سبز شدن گیاهچه های غیر یکنواخت و ضعیف خواهد شد و در نتیجه بر عملکرد نهایی گیاه تأثیر منفی خواهد گذاشت (ویلسون و همکاران، ۱۹۸۵). تنش کم آبی در مرحله جوانه زنی صفات متعددی از جمله درصد و سرعت جوانه زنی، طولی ریشه چه و ساقه چه، همچنین وزن تر و خشک ریشه چه و ساقه چه و نسبت ریشه به تاج را تحت تأثیر قرار می دهد. بنا به گزارش چون و همکاران (۲۰۰۴) عکس العمل ارقام مختلف گیاهان تیره نیامداران به تنش خشکی از نظر صفات جوانه زنی بسیار متفاوت بود. حساسیت به تنش خشکی در طی مراحل مختلف جوانه زنی و خروج ریشه چه متفاوت است (دی و کار، ۱۹۹۵). در شرایط تنش آبی درصد و

سرعت جوانه زنی بذرها کاهش یافته و رشد گیاهچه ها کم می شود. تنش ناشی از کمبود آب هنگامی ایجاد می شود که رطوبت موجود در اطراف ریشه به نقطه پژمردگی دائم یا کمتر از آن کاهش یابد در نتیجه گیاه قادر به جذب آب کافی نبوده و در سلول ها فرایند آب کشیدگی ایجاد می گردد (سرمدنی، ۱۳۷۲).

۲-۴-۲- تاثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد

نزولات جوی در بسیاری از نقاط کشور ما، نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی را تامین نمی کند و قرار گرفتن گیاهان در معرض تنش کمبود آب، امری اجتناب ناپذیر است (رحمانی و همکاران، ۲۰۰۹). تنش ناشی از کمبود آب سبب کاهش رشد قسمت های مختلف گیاه اعم از ریشه ها، سطح برگ، ارتفاع بوته، وزن خشک، فتوسنتز و بسته شدن روزنه ها، تعرق، تخریب آنزیم ها، پروتئین ها و تغییر در سنتز پروتئین ها، تجمع اسیدهای آمینه و کاهش کلروفیل می شود (کوچکی و همکاران، ۲۰۰۴). بسیاری از گیاهان دارای مکانیسم های خاصی جهت مقابله با شرایط کم آبی و افزایش کارایی مصرف آب می باشند (قادری و همکاران، ۲۰۱۰). از ابتدایی ترین پاسخ های گیاهان به کمبود آب بسته شدن روزنه ها است که جریان دی اکسید کربن به کلروپلاست را محدود می کند (مدرانو و همکاران، ۲۰۰۲). از جمله فاکتورهای فیزیولوژیکی که در اثر خشکی تحت تاثیر قرار می گیرد، بازدارندگی فتوسنتز و در نهایت کاهش تولید می باشد (چاوست و همکاران، ۲۰۰۲).

رحیمی زاده و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که تنش خشکی اثر بسیار معنی داری بر ارتفاع بوته در آفتابگردان داشت و باعث کاهش ۲۵ درصدی این صفت شد. در پژوهشی بر گیاه گلرنگ در سطوح مختلف تنش خشکی، ارتفاع به طور معنی داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت، به طوری که ارتفاع گلرنگ به موازات افزایش شدت تنش خشکی کاهش یافت. تنش خشکی باعث اختلال در فتوسنتز و کاهش تولید مواد فتوسنتزی قابل عرضه به اندام های در حال رشد گیاه و نهایتاً عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی از نظر ارتفاع می گردد (نادری درباغشاهی و همکاران، ۲۰۰۴).

تنش خشکی در مرحله رشد رویشی از طریق کاهش شاخص سطح برگ باعث کاهش تولید ماده خشک و کاهش عملکرد گیاه می‌شود (رستمی و همکاران، ۲۰۰۳). تنش خشکی سبب کاهش اندازه گیاه، تغییر رنگ برگ‌ها، کم شدن دوام سطح برگ‌ها، کاهش ماده خشک تولید شده، کاهش فتوسنتز جاری گیاه و در نهایت باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (کومار، ۲۰۰۰).

بسیاری از محققین اعتقاد دارند که طویل شدن برگ و ساقه، حساس‌ترین فرایند گیاه در تنش کمبود آب در طول دوره رویشی است. مشخص شده است تنش خشکی از طریق کاهش سرعت رشد گیاه باعث کاهش ارتفاع می‌شود و هرچه زمان تنش به انتهای فصل رشد نزدیک تر باشد تأثیر کمتری بر ارتفاع گیاه دارد (زینلی، ۱۳۷۸ و هاشمی دزفولی، ۱۹۹۴). کافی و رستمی (۲۰۰۸) نیز گزارش کردند در هر دو سال اجرای آزمایش، قطع آبیاری در مرحله تکمه‌دهی از ارتفاع بوته‌ها کاست و این محققین، کاهش ارتفاع بوته را از بارزترین علایم تنش خشکی دانسته‌اند.

توریوریان و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی که بر روی اثر محلولپاشی رس کائولین و قطع آبیاری بر خصوصیات کمی گیاه در سنندج داشتند گزارش کردند اثر تنش بر تعداد برگ، وزن طبق، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. حداکثر عملکرد دانه در تیمار شاهد یا آبیاری کامل به میزان $1084/32$ کیلوگرم در هکتار به-دست آمد و تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی، گلدهی و پر شدن دانه در مقایسه با شاهد به-ترتیب: $44/39$ ، $31/42$ و $3/2$ درصد کاهش عملکرد نشان دادند. تنش خشکی در مرحله رشد رویشی از طریق کاهش شاخص سطح برگ، باعث کاهش تولید ماده خشک و کاهش عملکرد گیاه می‌گردد (رستمی و همکاران، ۲۰۰۳). در یک آزمایش دیگر اثرات تنش خشکی نشان داد که سطح برگ، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه و تعداد طبق در اثر خشکی کاهش یافت و با وجود کاهش ماده خشک ساقه و ریشه، نسبت ریشه به ساقه افزایش یافت (هانگ و ایوانز، ۱۹۸۵). سیروس مهر و همکاران (۲۰۰۸) نیز بیان داشتند که آبیاری بر تعداد شاخه فرعی تأثیر معنی‌داری ندارد.

هانگ و ایوانز (۱۹۸۵) اعلام کردند تنش خشکی به علت زردی زودرس در برگ ها، باعث کاهش شاخص سطح برگ در کانوپی گلرنگ گردید. همچنین تنش خشکی سبب کاهش اندازه گیاه، تغییر رنگ برگ ها، کم شدن دوام سطح برگ ها، کاهش ماده خشک تولید شده، کاهش فتوسنتز جاری گیاه و سرانجام باعث کاهش عملکرد دانه می گردد (کومار، ۲۰۰۰). علاوه بر آن در پژوهش های مختلف، کمبود آب رشد این گیاه را تحت تأثیر قرار می دهد، به طوری که با افزایش شدت تنش خشکی، کاهش در بیشتر صفات مورفولوژیکی از قبیل ارتفاع، فاصله محل اولین انشعاب شاخه ها تا سطح خاک، تعداد شاخه فرعی و میزان ماده خشک گیاهی مشاهده شده است (آبل، ۲۰۰۹؛ موسوی فر و همکاران، ۲۰۰۹؛ کافی و رستمی، ۲۰۰۸).

به نظر می رسد هر عاملی که فرصت رشد بیشتری در اختیار گیاه قرار دهد، مانند آبیاری، موجب شکل گیری مکان های بالقوه بیشتری جهت تولید طبق در روی گیاه، از طریق افزایش ارتفاع، انشعابات جانبی و دوره رشد خواهد شد (بهدانی و جامی الاحمدی، ۲۰۰۹). دیگر پژوهشگران نیز در گلرنگ کاهش تعداد طبق در بوته را در واکنش به کاهش میزان آب مشاهده کردند (موسوی فر و همکاران، ۲۰۰۹؛ آبل، ۱۹۶۷؛ رستمی، ۲۰۰۸). در مطالعه کافی و رستمی (۲۰۰۸) نیز کمترین تعداد دانه در طبق تحت شرایط آبیاری تا مرحله تکمه دهی مشاهده شد. محققان دیگر نیز با بررسی اثر شرایط خشکی در گلرنگ کاهش تعداد دانه در طبق را گزارش کردند (آبل، ۱۹۷۶؛ توکلی، ۲۰۰۲؛ موسوی-فر و همکاران، ۲۰۰۹). در دو تیمار آبیاری تا مرحله گلدهی و آبیاری تا مرحله تکمه دهی، قطع آبیاری در مرحله گرده افشانی، منجر به عقیم شدن دانه های گرده و اختلال در فتوسنتز جاری و انتقال مواد ذخیره شده به دانه ها گردید (برادفورد، ۱۹۹۴) که منجر به کاهش تعداد دانه در این دو تیمار شد. نتایج برخی محققان نشان داده است که تنش خشکی باعث اختلال در تلقیح و کاهش گلچه ها و در نتیجه کاهش تعداد دانه در طبق می گردد و هرچه زمان تنش به مرحله گلدهی نزدیک تر باشد، کاهش تعداد دانه در طبق بیشتر است (توکلی، ۱۳۸۱ و یزدی صمدی، ۱۳۷۵).

براساس یافته های توریوریان و همکاران (۱۳۹۷)، بیشترین تعداد برگ در تیمار شاهد (آبیاری کامل) و کمترین تعداد برگ مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی می باشد. تنش در مرحله ساقه‌دهی بیشترین اثر منفی را بر تعداد برگ در گیاه ایجاد نمود. بر اساس تحقیقات شیراسماعیلی و همکاران (۱۳۹۶)، در تیمار آبیاری بین سه سطح موجود اختلاف معنی داری مشاهده نشد و این در حالی بود که تیمار شاهد (بدون قطع آبیاری) با میانگین ۱۱ طبق دارای بیشترین تعداد بود.

نتایج تحقیقات شیراسماعیلی و همکاران (۱۳۹۶) نشان داد وزن هزار دانه در تیمارهای آبیاری اختلاف معنی دار نداشت اما اثر متقابل تاریخ کاشت و آبیاری بر وزن هزار دانه در سطح ۵ درصد معنی دار بود. رستمی (۱۳۸۳) گزارش نمود کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه در شرایط تنش خشکی به علت کوتاه شدن دوره پرشدن دانه و پیری زودرس می باشد. ابوالحسنی (۱۳۸۱) در بررسی ۱۵ لاین بومی گلرنگ در شرایط تنش و بدون تنش بیان داشت، صفت تعداد دانه در طبق در شرایط تنش ۷۱ درصد و در شرایط بدون تنش ۷۰ درصد از تغییرات عملکرد دانه در بوته را توجیه می نماید. به نظر می رسد در مرحله رشد رویشی تنش خشکی منجر به کوچک شدن سطح برگ، کاهش شاخص سطح برگ و فتوسنتز در واحد سطح برگ می گردد و در نتیجه کاهش عملکرد در این مرحله به واسطه کاهش تعداد دانه در طبق می باشد (رستمی و همکاران، ۲۰۰۳). تنش خشکی سبب کاهش اندازه گیاه، تغییر رنگ برگ‌ها، کم شدن دوام سطح برگ‌ها، کاهش ماده خشک تولید شده، کاهش فتوسنتز جاری گیاه و در نهایت باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد (کومار، ۲۰۰۰).

تنش خشکی یکی از مهمترین تنش‌های محیطی مؤثر بر بهره‌وری کشاورزی در کل جهان است و ممکن است باعث کاهش قابل توجه عملکرد شود. در شرایط خشکی پتانسیل آب و آماس سلولی کاهش یافته و با تأثیر بر بسته شدن روزنه‌ها و فعالیت‌های آنزیمی باعث اختلال در عملکرد طبیعی گیاه می‌شود (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹). در مطالعه‌ای تنش خشکی از طریق کاهش آب برگ و بستن روزنه‌ها، فعالیت‌های آنزیمی را تحت تأثیر قرار داد و موجب کاهش عملکرد گلرنگ شد (فرخ‌نیا و

همکاران، ۲۰۱۱). تنش از مرحله گلدهی تا رسیدگی دانه به خصوص زمانی که با دمای زیاد نیز همراه باشد، پیری برگ را تسریع و باعث کاهش دوره پر شدن دانه شده و وزن دانه را کاهش می‌دهد (کافی و همکاران، ۲۰۰۸). در پژوهشی بر روی گلرنگ گزارش شده تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، گلدهی زودتر، رسیدگی سریعتر و کاهش عملکرد شد (هاشمی دزفولی، ۱۹۹۴). همچنین تنش خشکی با کاهش اندازه گیاه و کاهش دوام سطح برگ‌ها منجر به کاهش عملکرد گلرنگ شده است (کافی و رستمی، ۲۰۰۷).

فراست و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی که بر روی بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد داشتند گزارش کردند تنش خشکی عملکرد دانه و درصد روغن دانه را کاهش داد. به طوری که عملکرد دانه از ۱۱۹۸ کیلوگرم در هکتار در آبیاری معادل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به ۱۰۸۱ و ۹۳۶ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در تیمار آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه کاهش یافت.

شیراسماعیلی و همکاران (۱۳۹۶) در آزمایشی که جهت بررسی واکنش ارقام به تیمارهای آبیاری در کشتهای بهاره و تابستانه داشتند اعلام نمودند تیمار آبیاری بر ارتفاع، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه اثر معنی‌دار داشت و قطع آبیاری باعث کاهش تعداد دانه در طبق و عملکرد گردید. عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری در دوره پر شدن دانه و دوره گلدهی نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۲۱ و ۵۴ درصد کاهش نشان داد.

شاخص برداشت در شرایط خشکی وابسته به مقدار آب استفاده شده پس از گرده‌افشانی بوده که هرچه بیشتر باشد شاخص برداشت نیز بیشتر خواهد بود (ریچارد و همکاران، ۲۰۰۲). کمبود آب ازجمله عوامل محدودکننده رشد و نمو گیاه بوده که علاوه بر کاهش ماده خشک تولیدی، موجب اختلال در تسهیم کربوهیدراتها به دانه و در نتیجه کاهش شاخص برداشت می‌شود (رضایی سوخت آبادانی و رمضان، ۲۰۱۰).

نتایج امینیان و همکاران (۱۳۹۶) نشان داد که در آبیاری معمولی شاخص برداشت ۳۰/۳۵ درصد و در تنش کم آبیاری ۲۴/۲۷ درصد بود. بنابراین کم آبیاری باعث کاهش ۲۵ درصدی شاخص برداشت شد.

۲-۵- اهمیت سوپر جاذب در بخش کشاورزی

اغلب مناطق ایران تحت تأثیر اقلیم خشک و نیمه خشک می باشند و خشکسالی های اخیر به ویژه بر مشکل کم آبی افزوده است. بخش کشاورزی، عمده ترین مصرف کننده ی منابع آب کشور می باشد و آمار و ارقام، حاکی از این است که بیش از ۹۲ درصد از حجم آبی که در کشور مورد استفاده قرار می گیرد، صرف تولیدات کشاورزی می شود و بیشترین حجم تلفات آب نیز مربوط به همین بخش می باشد. یکی از روش های صرفه جویی در مصرف آب استفاده از مواد افزودنی به خاک است که از مهم ترین آنها می توان به هیدروژل های پلیمری سوپر جاذب رطوبت اشاره کرد. این پلیمرها قادر هستند که مقادیر زیاد آب حاصل از بارندگی یا آب آبیاری را (به میزان ۲۰۰-۵۰۰ میلی لیتر آب به ازای هر گرم وزن خشک پلیمر) در خود ذخیره (بوومن و اوانس، ۱۹۹۱) و از نفوذ عمقی و تلفات آن جلوگیری کنند. آب ذخیره شده در این مواد در مواقع کم آبی در خاک آزاد شده و مورد استفاده ریشه گیاه قرار می گیرد (دیگابورجی، ۲۰۰۲). در کشاورزی از پلیمرهای سوپر جاذب به عنوان یک ماده افزودنی به خاک، به عنوان مخزن عناصر غذایی و نیز به عنوان آبر جاذب آب در خاک استفاده می شود. پلیمرهای سوپر جاذب می توانند آب حاصل از آبیاری و بارندگی را جذب کرده، از فرونشست عمقی آن جلوگیری کنند و کارایی مصرف آب را افزایش دهند.

بنابراین با توجه به اقلیم خشک و نیمه خشک ایران و مصرف زیاد آب در بخش کشاورزی، یکی از تکنیک های پیش رو استفاده از مواد افزودنی به خاک از جمله پلیمرهای سوپر جاذب به عنوان اصلاح کننده خاک می باشد.

۲-۵-۱- پلیمرهای سوپر جاذب

پلیمرهای سوپر جاذب (سوپرآبدوست) از گروه رزین‌ها هستند. این پلیمرها مواد اصلاح کننده‌ای هستند که به تازگی کاربرد وسیعی پیدا کرده‌اند. این مواد از جنس هیدروکربن و از مشتقات نفت هستند و می‌توانند صدها برابر وزن خود آب و مایعات آبی را جذب کنند و در خود نگهدارند. سوپر جاذب‌ها در اثر جذب آب متورم می‌شوند و پس از تبخیر تدریجی آب به حالت اولیه خود باز می‌گردند. جذب آب در این مواد به صورت شیمیایی صورت می‌گیرد، برخلاف مواد اسفنجی که جذب آب در آن‌ها فیزیکی است، به همین دلیل پلیمرها، حتی تحت فشار هم آب را به مدت طولانی‌تری حفظ می‌کنند. با مخلوط کردن این مواد با خاک، آب آبیاری به سرعت جذب شده و از هرز رفتن آن جلوگیری می‌شود. آب جذب شده به مرور زمان و با سرعتی کاملاً کنترل شده به محیط خشک اطراف نفوذ می‌کند، در نتیجه خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد مرطوب می‌ماند (غلامی، ۱۳۸۵).

۲-۵-۲- ساختار سوپر جاذب

پلیمری آبدوست است با شبکه سه بعدی که قابلیت جذب و نگهداری متمایز زیاد آب و محلول‌های آبی را دارد حتی اگر تحت فشار باشد. به طور کلی سوپر جاذب ماده‌ای خشک و به طور معمول شکر مانند با توانایی جذب آب و برخی مواد محلول به میزان چندین برابر وزن خود می‌باشد (ویدیاس-تیوتی و همکاران، ۲۰۰۸). سوپر جاذب دارای چهار شکل (دانه بندی) مختلف می‌باشد که براساس توصیه کارشناسان برحسب شرایط مختلف از قبیل نوع کشت، بافت خاک، شرایط اقلیمی و ... در اختیار کشاورزان و باغداران قرار می‌گیرد. ساختار این مواد به گونه‌ای است که می‌توانند در شرایط یونی، فشار، میکروارگانیسم‌های خاک، چندین سال مانند یک مخزن، آب و مواد محلول را جذب، نگهداری و بر حسب نیاز ریشه (بر اثر اختلاف فشار اسمزی) در اختیار گیاه قرار دهند. سوپر جاذب هرگز به مواد اولیه خود بر نمی‌گردد و واکنش‌های این پلیمر به طور کامل غیر سمی است. این

پلیمرها موادی آلی اند که در شرایط یونی و میکروبی خاک به آرامی تجزیه می‌شوند و سرانجام به آب، دی‌اکسیدکربن، ترکیبات نیتروژن دار غیرسمی از جمله آمونیاک تبدیل و به ماده آلی خاک اضافه می‌شوند. این پلیمرها خنثی و بی اثرند که مصرف آن‌ها در کشاورزی و محیط زیست خطری در پی ندارد و ایمنی استفاده از آن‌ها در خاک به وسیله وزارت کشاورزی آمریکا، فرانسه و آلمان تایید شده است. سوپرجاذب، نوع کشاورزی این پلیمرهاست که استحکام ژل حاصل از آن بیشتر بوده و چندین سال در خاک دوام می‌آورد (عابدی کوپای و اسدکاظمی، ۲۰۰۶).

۲-۵-۳- نحوه عملکرد سوپرجاذب‌ها

سوپرجاذب‌ها عمل جذب و حفظ آب و انتقال آن را به ریشه بارها و بارها تکرار می‌کند. سرعت جذب با اندازه ذرات سوپرجاذب نسبت عکس و با دمای محیط تورم نسبت مستقیم دارد. اگرچه نمونه‌های با ذرات درشت‌تر همواره سرعت جذب کمتری دارند اما ظرفیت جذب نهایی آن‌ها هنگام تحت فشار بودن بیشتر از نمونه‌های ریز است، پس اندازه ذرات را درشت در نظر می‌گیرند تا تحت فشار خاک ظرفیت جذب بیشتری داشته باشند.

از دست دادن آب سوپرجاذب فقط تحت شرایط مورد اشاره ذیل صورت می‌گیرد:

۱. بر اثر اختلاف فشار اسمزی: همین پدیده باعث می‌شود تا ریشه بتواند آب و محلولهای موجود را به بهترین نحو از سوپرجاذب دریافت کند.

۲. تبخیر: با توجه به این که سوپرجاذب در عمق حداقل ۱۰ تا ۵۰ سانتی متری زیر خاک به کار می‌رود بنابراین آب ذخیره شده درون آن دچار تبخیر نمی‌شود (کبیری، ۱۳۸۴).

۲-۵-۴- مزایای استفاده از سوپرجاذب

مزایای استفاده از سوپرجاذب به شرح ذیل می‌باشد (الحربی و همکاران، ۱۹۹۹: بن هار و لتی، ۱۹۸۹: حلالیا و لتی، ۱۹۸۹: هیترمن و همکاران، ۱۹۹۹: مایکل سن، ۱۹۹۴: سیلبرباش و همکاران، ۱۹۹۳ و تیل و الهادی، ۱۹۸۱).

- بهینه سازی مصرف آب
- تهویه بهینه خاک
- اصلاح خاک و جلوگیری از فرسایش
- افزایش قابل توجه کمی و کیفی محصول
- افزایش تاثیر کود ها و آفت کش‌ها
- جذب حداقل رطوبت موجود در خاک
- تحریک ریشه زایی در درختان
- افزایش قوه نامیه بذر
- امکان کشت در مناطق شیبدار و غیر قابل کشت
- کاهش شیب افت رطوبت خاک پس از آبیاری اولیه
- کاهش بسیار زیاد تلفات نهال کاری
- ارتقا صفات مطلوب چمن از جمله : افزایش شدت رنگ، کاهش میزان پژمردگی، افزایش تراکم و افزایش پوشش‌دهی چمن

۲-۵-۵- دوام و پایداری سوپرجاذب

دوام عملکرد سوپرجاذب در خاک حدود ۳ تا ۵ سال است که این زمان به بافت خاک، شرایط اقلیمی، دما، وزش باد و... بستگی دارد. پس از قرار گرفتن در خاک به علت تخریب شیمیایی و میکروبی سالیانه ۱۵-۱۰ درصد از کارایی اولیه سوپرجاذب افت می‌کند. سوپرجاذب نباید در معرض

آفتاب و روی سطح خاک قرار بگیرد زیرا بر اثر تخریب نوری و گسستگی سریع زنجیرهای پلیمری خواص جذبی خود را از دست می‌دهد (اسکو و الکساندر، ۱۹۹۲).

۲-۵-۶- منافع اقتصادی کاربرد سوپر جاذب

منافع اقتصادی استفاده از سوپر جاذب به شرح ذیل می باشد (عابدی کوپای و اسد کاظمی، ۲۰۰۶ و ونگ و باقر، ۲۰۰۶):

۱- سوپر جاذب در مناطق خشک با ذخیره آب و در اختیار قرار دادن آن به طور تدریجی و در مناطق مرطوب مانند شمال کشور که دسترسی به آب شیرین با هدایت الکتریکی مطلوب هزینه بالایی دارد باعث کاهش دفعات آبیاری شده و موجب کاهش هزینه نهایی تا ۵۰ درصد می‌شود.

۲- استفاده از سوپر جاذب موجب می‌شود تا ریشه گیاه همواره در مجاورت رطوبتی مطلوب بوده در نتیجه محصولی با افزایش کمیت (حدود ۲۰-۱۰ درصد) و کیفیت بیشتر تولید شود و در نهایت باعث افزایش درآمد حاصله می‌گردد.

۳- سوپر جاذب از سویی با جذب بیشتر کودهای ارگانیک، شیمیایی محلول در آب و همچنین سموم و آفت کش‌ها از هدر رفت آن‌ها به طور چشمگیری جلوگیری می‌نماید و در نتیجه کاهش قابل ملاحظه‌ای (بین ۵۰-۳۰ درصد) در مصرف این مواد ایجاد می‌کند. از سوی دیگر در پی جذب این مواد و نگهداری آن‌ها درون خود ضمن آن که تمامی این مواد را بنا به نیاز گیاه در اختیار ریشه قرار می‌دهد از انتشار آن‌ها در محیط و ایجاد آلودگی مقادیر ناچیز آب‌های زیر زمینی جلوگیری می‌نماید.

۴- سوپر جاذب با ایجاد پیوستگی بین ذرات خاک از فرسایش آن به ویژه در مناطق شیبدار جلوگیری کرده و باعث ایجاد و امتداد این ارزش افزوده طی سالیان متمادی در جهت حفظ خاک، این ثروت بزرگ می‌شود.

۵- استفاده از سوپر جاذب در کشاورزی در مقایسه با انواع روش‌های سنتی و پیشرفته آبیاری مانند قطره ای و بارانی به دلیل حداقل سرمایه گذاری اولیه مقرون به صرفه تر می باشد.

۷-۵-۲- روش‌های کاربرد سوپر جاذب

پلیمر سوپر جاذب می‌تواند به روش کپه ای (درون گودالی)، 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 ماورا بنفش روی سوپر جاذب بوده که موجب شکستگی سریع آن می‌شود. این ترکیب هم چنین به عنوان بستر رویش گیاه و به صورت خالص و بدون خاک نیز می‌تواند مورد استفاده گیرد. در این شرایط بهتر است عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را به آن اضافه نمود. کاربرد آن به دو صورت خشک و آبیگری (ژل) توصیه می‌شود. نوع پودری آن دارای دوام کمتری بوده و حدود ۶ تا ۱۲ ماه در خاک پایدار است و بیشتر به عنوان پوشش بذر و نیز برای ریشه‌های نشاها و جوانه‌هایی استفاده می‌شود که رطوبت برای آنها بسیار بحرانی باشد. در مزارع پلی مر به دو صورت به کار می‌رود. در روش اول پس از پخش سطحی سوپر جاذب آن را توسط شخم تا عمق زیر ناحیه ریشه بر می‌گردانیم آنگاه می‌توان مبادرت به کاشت گیاه نمود. در روش دوم از ردیف کارها استفاده می‌کنیم که طی آن سوپر جاذب توسط لوله‌های دستگاه در کنار ردیف‌های کاشت و در عمق ریشه های گیاه قرار می‌گیرد. این مواد پس از تماس با آب بصورت یک ژل متورم در آمده و آب و مواد غذایی محول را در خود نگه می‌دارند (کاظمی‌اربط، ۲۰۰۶). بررسی‌ها نشان داده که کاربرد سوپر جاذب بسته به نوع گیاه، بافت خاک و شرایط اقلیمی موجب کاهش آب مصرفی به میزان ۴۰ تا ۵۰ درصد می‌شود (نظری و همکاران، ۲۰۱۰).

۸-۵-۲- اثر سوپر جاذب بر درصد استقرار بوته

در تحقیقات مختلفی که بر روی گیاهان انجام شد نشان داده شد که کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب باعث افزایش دور آبیاری به میزان چشمگیری شده است و همچنین درصد استقرار را در نهال‌های کاشته شده نسبت به شاهد افزایش داده است. گیاهان جهت استقرار و افزایش محصولات در واحد

سطح در خاک‌های شنی و محیط خشک، اغلب با کمبود رطوبت قابل دسترس در بافت خاک همراه می‌باشند. ثابت شده است که کاربرد هیدروژل‌های سوپرجاذب موجب افزایش جذب آب اضافی در خاک شده و آن را در زمان مناسب در دسترس گیاه قرار می‌دهد (طاهری امیری و همکاران، ۱۳۹۱). در تحقیقات دهقان و همکاران (۱۹۹۴) مشاهده شد که در ترکیب ۰/۷۵ درصد حجمی مخلوط پلیمر با خاک، بیشترین تراکم و میزان تولید ماده خشک گیاه باقلا در خاک بدون پلیمر بوده است.

در تحقیقی که بر روی بررسی تأثیر هیدروژل‌های سوپرجاذب در کاهش خشکی درختان زیتون انجام گرفت، نتایج حاصل نشان داد که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال کمتر از ۱٪ وجود داشت. بطور کلی با کاربرد میزان ۰/۳ درصد وزنی پلیمرهای سوپرجاذب، تراکم و شاخص‌های رشد در نهال‌های مورد تیمار نسبت به تیمار شاهد افزایش چشمگیری داشتند و کمتر در معرض تنش خشکی قرار گرفته بودند (طلایی و اسدزاده، ۱۳۸۴). تحقیقات هیترمن و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد که کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب با خاک باعث حداکثر زنده مانی بذور گیاه کاشته شده و افزایش میزان تراکم گیاه مورد تحقیق در مقایسه با شاهد گردید.

مرتضی اعلامی و همکاران (۱۳۹۰) در آزمایشی بررسی اثر سوپرجاذب پاکلوبوترازول و دوره آبیاری بر خصوصیات کیفی و رشد چچم را در شرایط آب و هوایی مشهد بررسی کردند. استفاده از سوپر جاذب نسبت به شاهد در صفات تراکم، وزن سرزنی و وزن خشک ریشه به ترتیب ۲، ۷/۵، ۱۱ درصد افزایش داشته است.

۹-۵-۲- اثر سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج پژوهش‌های روبیولایسلام و همکاران (۲۰۱۱) بیانگر افزایش ارتفاع بوته، قطر ساقه، عملکرد دانه ذرت، عملکرد زیست توده و شاخص برداشت با کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپر جاذب بود. تحقیقات اله دادی و مودن قمصری (۱۳۸۴) در خصوص چهار مقدار پلیمر سوپرجاذب آب ۲۰۰A، صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و سه فاصله آبیاری (۵، ۷، ۹ روز) روی عملکرد ذرت

علوفه‌ای رقم سینگل گراس ۷۰۴، تحت شرایط مزرعه‌ای نشان داد که با افزایش مصرف سوپر جاذب، ارتفاع گیاه بیشتر می‌شود. نتایج مطالعات طاهری امیری و همکاران (۱۳۹۱) که بر روی سویا داشتند نشان داد که بیشترین ارتفاع با مقدار مصرف ۶ گرم سوپر جاذب در هر کیلوگرم خاک، با مقدار ۶۵/۸۹ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع در تیمار شاهد (بدون مصرف سوپر جاذب) با مقدار ۵۴/۵۶ سانتی‌متر حاصل شد.

فرجام و همکاران (۱۳۸۳) اثرات سوپر جاذب و تراکم بر عملکرد و اجزاء عملکرد نخود دیم تلقیح شده با باکتری مزوریزبیوم را در ایستگاه تحقیقاتی سارال کردستان بررسی کردند. نتایج نشان داد تاثیر سوپر جاذب بر تعداد غلاف در بوته، تعداد غلاف های پوک، تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی از لحاظ آماری معنی دار گردید. نتایج مطالعات طاهری امیری و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد که بیشترین تعداد غلاف سویا با مقدار مصرف ۶ گرم در هر کیلوگرم خاک، با مقدار ۷۳/۵۶ عدد و کمترین تعداد غلاف در تیمار شاهد (بدون مصرف سوپر جاذب) با مقدار ۶۱/۷۸ عدد حاصل شد. نتایج تحقیق یزدانی و همکاران (۱۳۸۶) مبنی بر بررسی تاثیر پلیمر سوپر جاذب Tarawat -۲ (۷۵،۰) ۱۵۰، ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) و سطوح تنش خشکی بر عملکرد سویا رقم LU نشان داد که با افزایش مقادیر سوپر جاذب هر یک از صفات عملکرد دانه، وزن صد دانه، تعداد غلاف، ساقه اصلی، عملکرد روغن دانه، درصد پروتئین دانه نیز افزایش یافته که این تاثیر به صورت خطی می باشد. این پژوهش نشان داد که کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم پلیمر دارای سوپر جاذب در هکتار (بالاترین مقادیر) بهترین تاثیر را بر رشد و عملکرد محصول سویا در آبیاری معمول و تنش خشکی داراست.

نتایج مطالعات الهیاری و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد که گیاهانی که پلیمر بیشتری دریافت کرده بودند تعداد غلاف بیشتری تولید کردند و تفاوت معنی‌داری با دو تیمار دیگر داشتند و کمترین تعداد غلاف در بوته متعلق به تیمار بدون پلیمر بود. طبق مطالعات لائوشنگ (۲۰۰۲) سوپر جاذب‌ها علاوه بر جلوگیری از تنش ناشی از نوسانات رطوبتی و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی موجود در خاک با جلوگیری از شست‌وشوی سریع آن‌ها، موجب افزایش تعداد غلاف در بوته نخود می‌گردند. همچنین اله

دادی و مودن قمصری (۱۳۸۴) گزارش کردند که تأثیر مقادیر مختلف پلیمرهای سوپرجاذب بر تعداد غلاف در بوته سویا را میتوان به نقش این پلیمرها در بالا بردن ظرفیت نگهداری رطوبت و آب قابل استفاده در خاک نسبت داد.

جهاندیده و همکاران (۱۳۹۱) تأثیر فصل کشت و سطوح مختلف سوپرجاذب بر برخی از صفات زراعی دو رقم نخود دیم را در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی اراک بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد دانه در نیام معادل $1/68$ دانه در مصرف ۳۰ کیلوگرم سوپرجاذب به دست آمد. نتایج مطالعات طاهری امیری و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف سویا با مقدار مصرف ۶ گرم در هر کیلوگرم خاک، با مقدار $2/54$ عدد و کمترین تعداد دانه در غلاف در تیمار شاهد (بدون مصرف سوپرجاذب) با مقدار $2/07$ عدد حاصل شد.

حسینی ابری و همکاران (۱۳۸۹) در پژوهشی که بر روی گیاه گلرنگ به منظور بررسی اثرات کاربرد ژئولیت به عنوان اصلاح کننده خاک بر بهبود رشد و نمو و عملکرد و اجزای عملکرد دانه در این گیاه انجام دادند به این نتیجه رسیدند که بالاترین تعداد دانه در طبق از تیمار ۴۰ تن ژئولیت در هکتار بدست آمد. فرجام و همکاران (۱۳۸۳) گزارش کردند که تأثیر سوپر جاذب بر صفات عملکرد دانه نخود دیم، بالاترین تعداد دانه در غلاف از اثر متقابل ۱۸ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب و غلظت $0/4$ میلی مول سالیسیلیک اسید حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد ۴۰ درصد افزایش نشان داد. نتایج مطالعات الهیاری و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد که بین سطوح مختلف پلیمر، تفاوت معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر صفت تعداد دانه در بوته وجود دارد، اما نوع رقم و اثرات متقابل پلیمر و رقم تأثیر معنی داری بر تعداد دانه در بوته نداشت. پژوهش های اله دادی و مودن قمصری (۱۳۸۴) روی گیاه سویا بیانگر افزایش تعداد گل در بوته، تعداد غلاف در بوته و در نهایت تعداد دانه در غلاف به وسیله کاربرد سوپرجاذب ها می باشد.

اسپیچت و همکاران (۲۰۰۰) در طی بررسی هایی بر لوبیا قرمز مشاهده کردند که مقدار بالاتر سوپرجاذب قادر است میزان برخی از صفات همچون طول غلاف، تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف را

به طور معنی داری افزایش دهد. نتایج مطالعات الهیاری و همکاران (۱۳۹۲) مبنی بر تأثیر کاربرد پلیمر سوپر جاذب آب بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم نخود تحت شرایط دیم نشان داد مصرف پلیمرهای سوپر جاذب سبب افزایش عملکرد زیست توده، تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه نسبت به تیمار شاهد گردید. اله دادی و همکاران (۱۳۸۴) در آزمایش های خود روی گیاه سویا، افزایش عملکرد و وزن ۱۰۰ دانه سویا را تحت تأثیر پلیمر سوپر جاذب مشاهده کردند.

نتایج مطالعات طاهری امیری و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد که بیشترین وزن صد دانه سویا با مقدار مصرف شش گرم در هر کیلوگرم خاک، با مقدار ۱۶/۱۹ گرم و کمترین وزن در تیمار شاهد (بدون مصرف سوپر جاذب) با مقدار ۱۵/۴۱ گرم حاصل شد. خادم و همکاران (۲۰۱۰) و روبیولایسلام و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان دادند که استفاده از پلیمر می تواند وزن هزار دانه ذرت را به طور خطی افزایش دهد. یزدانی (۱۳۸۶) در آزمایش خود به این نتیجه رسید که عملکرد دانه، وزن صد دانه، تعداد غلاف در شاخه اصلی، عملکرد روغن دانه، درصد پروتئین و عملکرد پروتئین دانه سویا تحت تأثیر مقادیر مختلف سوپر جاذب قرار گرفتند و با افزایش مقادیر کاربرد سوپر جاذب، صفات یاد شده روند افزایشی نشان دادند. خادم و همکاران (۱۳۹۰) تأثیر تنش خشکی و کاربرد نسبت های مختلف کود دامی و پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که در نتیجه ی کاربرد کود دامی و پلیمر سوپر جاذب بر تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و ماده خشک افزوده شد. پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۶) در آزمایش خود به این نتیجه رسیدند که با مصرف پلیمر سوپر جاذب صفات عملکرد دانه، وزن صد دانه، شاخص برداشت، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در گیاه لوبیا قرمز به طور معنی داری افزایش یافت.

فاضلی رستم پور و همکاران (۱۳۹۰)، پژوهشی که درباره اثر تنش آبی و پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت در منطقه بیرجند داشتند گزارش کردند که سوپر جاذب باعث افزایش معنی دار عملکرد دانه گردید. نتایج به دست آمده نشان داد که عملکرد دانه در تیمار شاهد، ۳۵، ۷۰ و ۱۰۵ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار به ترتیب ۸۱/۲۷، ۳۰۳/۱۹۴، ۲۹۴/۳ و ۳۲۴/۴۲ گرم

بر مترمربع بود و تفاوت معنی‌داری بین شاهد با سطوح سوپرجاذب دیده شد. توحیدی‌مقدم و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی مقایسه پاسخ شش ژنوتیپ مختلف کلزا تحت تنش خشکی و کاربرد هیدروژل سوپرجاذب نشان دادند که در تنش خشکی کاهش فتوسنتز و محتوای کلروفیل مشاهده شد. در این مطالعه پلیمر سوپرجاذب قادر بود که اثرات مخرب کمبود آب را بوسیله جذب، حفظ و نگهداری آب را به طور معنی‌داری کاهش دهد. همچنین مشاهده کردند که عملکرد افزایش نشان داد و نیاز آبی کاهش یافت که در نتیجه کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب اعلام گردید.

نتایج مطالعات الهیاری و همکاران (۱۳۹۲) مبنی بر تأثیر کاربرد پلیمر سوپرجاذب آب بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم نخود تحت شرایط دیم نشان داد، بیشترین عملکرد دانه (۱۶۰/۵۴۱ گرم در مترمربع) از رقم جم با کاربرد ۳۰۰ گرم پلیمر در مترمربع و کمترین عملکرد دانه (۷۱/۲۷۶ گرم در مترمربع) از رقم ILC482 در شرایط بدون کاربرد پلیمر به‌دست آمد. جهان‌دیده و همکاران (۱۳۹۰) تأثیر فصل کشت و سطوح مختلف سوپرجاذب بر برخی از صفات زراعی دو رقم نخود دیم را در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اراک بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با مصرف ۳۰ کیلو گرم سوپرجاذب معادل ۵۵۰/۳ کیلوگرم در هکتار بود که این مقدار در کشت پاییزه به ۶۵۶/۸ کیلوگرم در هکتار رسید. پورپاشا و همکاران (۱۳۹۰) در آزمایشی تأثیر مقادیر مختلف سوپرجاذب و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد رقم زرین گندم را در سال زراعی ۸۸-۸۹ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی ساعت‌لوی ارومیه بررسی کردند نتایج نشان داد مصرف ۲۰۰ کیلو گرم سوپرجاذب در هکتار بیشترین عملکرد دانه را با میانگین ۵۰۲۵ کیلو گرم در هکتار داشت.

یوسفی فرد و همکاران (۱۳۹۰) تأثیر استفاده از سوپرجاذب بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه سینگل کراس ۷۰۴ را در شرایط آب و هوایی لرستان را بررسی کردند. نتایج نشان دهنده آن بوده که در صورت استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب علاوه بر افزایش عملکرد محصول، کارایی مصرف آب هم افزایش یافته است. یزدانی و همکاران (۱۳۸۶) اعلام کردند که کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم پلیمر سوپرجاذب در هکتار بین مقادیری که در آزمایش‌شان بررسی شدند، بهترین تأثیر را بر رشد و عملکرد سویا در

تمامی شرایط آبیاری (آبیاری معمول و یا تحت شرایط تنش خشکی) از خود نشان داد. همچنین افزایش عملکرد دانه و عملکرد زیست توده توسط پلیمر سوپر جاذب در هر دو شرایط تنش و نرمال توسط مسلمی و همکاران (۲۰۱۲) نیز در گیاه ذرت گزارش شده است.

۶-۲- سالیسیلیک اسید (یک شبهه هورمون گیاهی)

سالیسیلیک اسید یک ترکیب فنلی طبیعی و از تنظیم کننده‌های درون‌زای رشد است که در بیش‌تر گیاهان حضور دارد. در سال‌های اخیر شواهد زیادی به‌دست آمده که نشان می‌دهند که غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید و مدت زمان تأثیرگذاری آن کنش و واکنش‌های متعددی را در گیاه سبب می‌شود. لذا اخیراً پیشنهاد شده است که سالیسیلیک اسید به عنوان نوع جدیدی از هورمون‌های گیاهی و تنظیم کننده‌های رشد در نظر گرفته شود. بیشترین میزان سالیسیلیک اسید در گل آذین گیاهان ترموژن (گرمازا) و در گیاهان آلوده شده با پاتوژن‌های نکروز کننده یافت شده است. سالیسیلیک اسید با نام شیمیائی ۲- هیدروکسی بنزوئیک اسید، پودری کریستالی، سفید و نرم است که اگرچه در آب به سختی حل می‌شود، اما در الکل و اتر به‌طور کامل محلول است. سالیسیلیک اسید یکی از ترکیبات فنلی است که یک حلقه‌ی آروماتیک با یک گروه هیدروکسیل دارد و مشتقاتی از آن در گیاهان پیدا شده است. فرمول بسته‌ی سالیسیلیک اسید $C_7H_6O_3$ است. وزن مولکولی آن حدود ۱۳۸/۱، نقطه‌ی ذوب آن ۱۵۷-۱۵۹ درجه‌ی سانتیگراد و نقطه‌ی جوش آن ۲۱۱ درجه‌ی سانتی-گراد است. مسیر بیوسنتز سالیسیلیک اسید در سیب زمینی (*Solanum tuberosum*) مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعات نشان داده‌اند که سالیسیلیک اسید از فنیل آلانین سنتز می‌شود و سینامیک اسید و بنزوئیک اسید هر دو واسطه‌های مسیر بیوسنتز آن هستند (جین و باچالا، ۱۹۹۸).

۲-۶-۱- تاریخچه‌ی شناخت سالیسیلیک اسید

گیاهان یکی از منابع مهم داروهای طبیعی هستند. استفاده از گیاهان و عصاره‌های گیاهی برای التیام دردها از زمان‌های دور صورت می‌گرفته و در تاریخ ثبت می‌شده است. امروزه از داروهای مشتق شده از گیاهان به میزان وسیعی استفاده می‌شود. استفاده از برگ‌ها و پوست درخت بید برای التیام دردها در چهار قرن قبل از میلاد برای افراد مسن به کار می‌رفته است. بقراط آن را برای کم کردن دردهای زایمان تجویز می‌کرد. باید متذکر شد که سالیسیلیک اسید اولین بار توسط ایرانیان شناخته شده است. پزشکان سنتی ایران مبتلایان به حصه را روی برگ‌های بید می‌خوابانیدند تا تب آن‌ها پائین بیاید. عرق بید که مانند گلاب از تقطیر جوشانده‌ی برگ بید به‌دست می‌آید، سردرد و تب را کاهش می‌دهد. از جوشانده‌ی برگ بید برای از بین بردن چرک و ضد عفونی کردن استفاده می‌شده است. ماده‌ی فعال درخت بید که برای مداوای دردها استفاده می‌شد، به‌صورت یک راز باقی مانده بود و استفاده از پوست درخت بید تا سال ۱۸۲۸ شناخته نشده بود، تا این که یوهان بوخنر در مونیخ روی آن کار کرد و با موفقیت مقداری از سالیسین و گلوکوزید سالیسیل الکل را که سالیسیلات غالب در پوست درخت بود، جدا کرد. بعد از آن سالیسیلات‌ها شامل سالیسیلیک اسید، متیل سالیسیلیک اسید، سالیسین (الکل سالیسیلیک اسید) و گلوکوزیدهایشان از عصاره‌های مختلف گیاهی از جمله بید استخراج شدند و سالیسیلیک اسید به طور شیمیایی سنتز شد.

اصطلاح سالیسیلیک اسید از واژه‌ی لاتینی Salix - نام درخت بید - گرفته شده است. اولین تولید مشترک آن در آلمان در سال ۱۸۷۴ شروع شد. پس از آن استیل سالیسیلیک اسید (آسپرین) که خصوصیات دارویی مشابهی با سالیسیلیک اسید دارد، ولی حساسیت گوارشی کم‌تر ایجاد می‌کند، جانشین سالیسیلیک اسید شد. آسپرین، نام تجاری استیل سالیسیلیک اسید، را کمپانی بایر در سال ۱۸۹۸ به‌کار برد و از آن پس آسپرین به یکی از پرفروش‌ترین داروها تبدیل شد. علی‌رغم تاریخچه‌ی طولانی شناخت سالیسیلیک اسید شیوه‌ی عمل آن هنوز به طور کامل شناخته نشده است (راسکین، ۱۹۹۲).

۲-۶-۲- سالیسیلیک اسید و نقش آن بر عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج آزمایش احمدی زاده و همکاران (۱۳۹۶) نشان داد که محلول پاشی با غلظت دو میلی مولار سالیسیلیک اسید بیشترین تاثیر را بر صفات مورد بررسی داشت و موجب افزایش ارتفاع بوته، عملکرد علوفه تر، عملکرد علوفه خشک، کلروفیل، وزن هزار دانه، عملکرد زیستی و عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۱۵/۰، ۸/۱، ۸/۲، ۱۶/۷، ۱۵/۳، ۹/۳ و ۱۹/۱ درصد نسبت به تیمار شاهد شد.

بر اساس نتایج یافته‌های مرادی مرجانه و گلدانی (۱۳۹۰)، سطوح مختلف سالیسیلیک اسید تاثیر معنی داری بر سطح و تعداد برگ، وزن تر و خشک بوته، تعداد ساقه فرعی و تعداد گل در بوته، شاخص کلروفیل، عملکرد کوانتومی، وزن خشک بذر و تعداد بذر در بوته داشت و با کاهش آب آبیاری سطح و تعداد برگ، تعداد ساقه فرعی و طول آن، وزن تر و خشک بوته، وزن خشک گل در بوته، شاخص کلروفیل، هدایت روزنه ای و عملکرد کوانتومی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج اثرات متقابل سالیسیلیک اسید و کم آبیاری حاکی از آن بود که تیمار ۱۰۰ میلی مولار سالیسیلیک اسید، اثرات تیمار کم آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی را کاهش داد، به‌طوری‌که سطح برگ، تعداد گل در بوته، وزن خشک بذر و تعداد بذر در بوته را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. در سال های اخیر شواهد زیادی به دست آمده است که نشان می‌دهند سالیسیلیک اسید تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیک مهمی را در گیاهان بر عهده دارد: فرایندهایی نظیر گرم‌زایی، گل‌زایی، تقسیم سیتوپلاسم، کنترل جذب یون به وسیله ی ریشه و بستن روزنه‌ها. سالیسیلیک اسید تشکیل جوانه و رشد را در کشت کالوس تنباکو (Tobacco) جلو می‌اندازد و بیوسنتز اتیلن را در کشت سوسپانسیون سلولی گلابی مهار می‌کند. همچنین سالیسیلیک اسید در تولید گرما در جریان القای گل در برخی گونه های نهاندانگان، مانند Arum lily نقش دارد. سالیسیلیک اسید بسته شدن روزنه‌ها توسط آبسزیک اسید را نیز القا می‌کند (فریدا و همکاران، ۲۰۰۳).

ساخوبت دینوا و همکاران (۲۰۰۳) در پژوهشی که در خصوص کاربرد خارجی سالیسیلیک در کاهش اثرات زیان بار فعالیت عوامل تنش زا روی گندم انجام دادن مشخص شد که سالیسیلیک اسید

موجب افزایش تقسیم سلولی در داخل مریستم‌های ریشه‌های گیاهچه و در نتیجه موجب افزایش رشد گیاه شد تیمار با SA موجب افزایش میزان IAA, ABA و از کاهش میزان تجمع سایتوکینین هم جلوگیری کرد پیش تیمار با غلظت ۰/۰۵ میلی مولار در مقایسه با دیگر تیمارها موجب افزایش بیشتر رشد و اجزای عملکرد گردید. آزمایشی روی اثر سالیسیلیک اسید و جیبرلیک اسید بر سرعت جوانه زنی بذر عدس انجام شد که نتایج حاصل نشان داد سالیسیلیک اسید و جیبرلیک اسید (به تنهایی) باعث افزایش درصد جوانه زنی بذر و سرعت جوانه زنی بذر گردید. در برهمکنش این دو هورمون فقط در تیمار ۱۵۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید همراه با ۱۰۰ میکرومولار جیبرلین نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار درصد جوانه زنی بذر مشاهده شد (محمدی و همکاران، ۱۳۸۸).

در گیاهچه‌های گندم سالیسیلیک اسید از طریق افزایش مقدار آبسیزیک اسید (ABA) باعث پیش سازگاری نسبت به استرس‌های اکسیداتیو می‌شود. سالیسیلیک اسید با اثر بر مقدار ABA باعث جلوگیری از جوانه زنی بذر می‌گردد (وو و همکاران، ۱۹۹۸). گرچه در بسیاری از دانه‌ها نقش اتیلن به عنوان محرک جوانه زنی گزارش شده است، اما در این درصد جوانه زنی در بذرهای تحت تیمار با سالیسیلیک اسید کاهش نشان می‌دهد. احتمالاً کاهش مشاهده شده در درصد جوانه زنی ممکن است ناشی از مهار بیوسنتز اتیلن باشد زیرا مشخص شده است که سالیسیلیک اسید نقش مهار کنندگی در بیوسنتز اتیلن دارد و این اثر را از طریق تأثیر بر آنزیم ACC سنتاز اعمال می‌نماید (راسکین، ۱۹۹۲؛ یامادا، ۱۹۹۲ و همکاران، ۲۰۰۴). با توجه به گزارش راجاسکاران (۲۰۰۲) سالیسیلیک اسید باعث تحریک جوانه زنی گیاه هویج در دماهای پایین می‌شود؛ زیرا در دماهای پائین ترکیبات ترموژن مثل استیل سالیسیلیک اسید، سالیسیلیک اسید و ۶-و-دی هیدروکسی بنزوئیک اسید جوانه زنی را تحریک می‌کنند (شاکیروا، ۲۰۰۳). این امکان وجود دارد که این ترکیبات با اثر بر بیوسنتز جیبرلین روی جوانه زنی اثر گذاشته و بعنوان القاء کنندگان ترموژن عمل نمایند (شاه و همکاران، ۲۰۰۲) سالیسیلیک اسید مقاومت گیاهان را افزایش می‌دهد (جیمز و همکاران، ۱۹۹۸)، اثر علفکشی دارد (شیتیل و بالک، ۱۹۸۳) ریزش برگ را کاهش می‌دهد (فرارس و همکاران، ۱۹۹۶) همچنین باعث

افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری زا می شود (سالیسبری و رز، ۱۹۹۲) مانع ساخت اتیلن می شود (رومانی و همکاران، ۱۹۸۹) (هانگ و همکاران، ۱۹۹۳) و کیفیت پروتئین را نیز تغییر می دهد (جانگ و همکاران، ۱۹۹۳). سالیسیلیک اسید و ترکیبات شبیه فنولیک مقاومت گیاهان را در مقابل تنش ها افزایش می دهد (برگمن و همکاران، ۱۹۹۴ و اگنس و همکاران) (۲۰۰۵).

شکاری و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند پیش تیمار کردن بذرها با اسید سالیسیلیک موجب گردید تا سرعت و درصد گیاهچه های سبز شده در مزرعه افزایش یابد آن ها همبستگی بالایی را که بین سرعت سبز کردن و مقدار ماده خشک تولید شده در گیاهچه ها به وجود آمده بود مشاهده نمودند. سالیسیلیک اسید موجب افزایش سطح برگ در ذرت شده است (خوداری ، ۲۰۰۴). تایب (۲۰۰۵) گزارش کرد که اسید سالیسیلیک رشد را در گیاه جو افزایش داد. تاثیر پیش تیمار اسید سالیسیلیک بر درصد سبز کردن، شاخص سبز کردن، وزن تر و خشک برگ گیاهچه و وزن مخصوص برگ معنی دار می باشد (میار صادقی و همکاران ، ۱۳۸۹).

کاربرد اسید سالیسیلیک در گیاهان باعث کاهش تولید گونه های اکسیژن واکنش پذیر (ROS) می گردد که به دنبال آن مقاومت در گیاهان ایجاد می کند، همچنین اسید سالیسیلیک باعث افزایش بعضی از هورمون های گیاهی شامل اکسین ها و سیتوکینین ها می شود (شکیرووا و همکاران ، ۲۰۰۳). مطالعات دیگری نشان می دهد اسید سالیسیلیک خارجی می تواند فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانته را تنظیم کند و مقاومت گیاه به تنش را افزایش دهد (هی و همکاران ، ۲۰۰۲). اسید سالیسیلیک افزایش پراکسیداسیون لیپید ها ناشی از اتیلن را کاهش می دهد، به این شکل که اسید سالیسیلیک با کاهش پراکسیداسیو لیپیدها از طریق اثر بر مکانیزم های آنزیمی و غیر آنزیمی گیاه کلزا را در مقابل تنش های اکسیداتیو محافظت می کنند، اسید سالیسیلیک با اثر بر روی H_2O_2 توان اکسیداتیو را کاهش می دهد (داویس ، ۲۰۰۵). ساز و کاری که سالیسیلیک اسید رشد ریشه و بخش هوایی را در برخی گیاهان افزایش می دهد هنوز به خوبی شناخته نشده است، اما احتمال داده می شود که سالیسیلیک اسید طولی شدن و تقسیم سلولی را به همراه مواد دیگری، از قبیل اکسین تنظیم می -

کند. بسرا و همکاران (۲۰۰۶) اعلام کردند که بنیه بذرهای تیمار شده با اسید سالیسیلیک و آسکوربیک اسید در افزایش بنیه بسیار موثر بود اما سالیسیلیک اسید سرعت جوانه زنی و رشد گیاهچه را بهبود بخشید.

۲-۶-۳- سالیسیلیک اسید و تنظیم کنندگی رشد در شرایط تنش

اثر سالیسیلیک اسید روی مقاومت گیاهان به فاکتورهای تنشی محیطی مورد بررسی قرار گرفته است. چندین آزمایش از نقش سالیسیلیک اسید در تنظیم واکنش گیاهان به تنش‌های غیر زیستی حمایت می‌کند. تیمار دانه رست‌های گندم با سالیسیلیک اسید (۰/۰۵ میلی مولار) باعث افزایش تقسیم سلولی مریستم رأسی ریشه در دانه رست‌ها شده که باعث افزایش رشد گیاه و باروری گندم می‌شود. سالیسیک اسید یکی از ترکیباتی است که در آزمایشگاه‌ها باعث افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های زنده و غیر زنده شده است. این تنش‌ها شامل گرما (دت و همکاران، ۱۹۹۸)، سرما (تاسینگ و همکاران، ۲۰۰۳) و خشکی (سینگ و یوشا، ۲۰۰۳) می‌باشد.

فیتوهورمون‌ها نقش کلیدی در تنظیم رشد گیاهان بازی می‌کنند. تیمار با سالیسیلیک اسید باعث ذخیره‌ی آب‌سزیک اسید و اکسین در دانه رست‌های گندم شده ولی در افزایش مقدار سیتوکینین تأثیر چندانی نداشته است. افزایش محتوای آب‌سزیک اسید در دانه رست‌های تیمار شده با سالیسیلیک اسید باعث توسعه‌ی فرایندهای ضد تنش و تسریع و از سرگیری فرایند رشد پس از رفع فاکتورهای تنشی می‌شود. این امر در ارتباط با افزایش پرولین است. پرولین یکی از ترکیبات مهم در واکنش‌های دفاعی گیاهان در برابر تنش اسمزی است. هنگام تنش شوری و کمبود آب در دانه رست‌های گندم، سالیسیلیک اسید باعث القای تجمع پرولین در دانه رست‌ها می‌شود که با دخالت آب‌سزیک اسید حمایت می‌شود. در نتیجه کاهش تأثیرات زیان آور تنش شوری و کم آبی روی رشد دانه رست‌ها صورت می‌گیرد. شوری باعث کاهش رشد دانه رست‌های گندم می‌شود، اما وقتی این دانه رست‌ها با سالیسیلیک اسید تیمار می‌شوند و در وزن تر و خشک آن‌ها افزایش مشاهده می‌شود. بنابر این به‌نظر

می‌رسد سالیسیلیک اسید در توسعه‌ی استراتژی‌های ضد تنش در سلول‌های گیاهی نقش داشته باشد (ساخابوت دینوا و فتخوت دینوا، ۲۰۰۳).

تیمار سالیسیلیک اسید از اثرات شوری و کمبود آب روی رشد دانه رست ها جلوگیری می‌کند و تغییر در سطوح فیتوهورمون‌ها را در دانه رست‌های گندم تحت تنش شوری و کمبود آب می‌کاهد و از کاهش میزان اکسین و سیتوکنین‌ها تحت تنش شوری که باعث کاهش رشد گیاه می‌شود، جلوگیری می‌کند. عوامل نامساعد محیطی تغییرات زیادی در تعادل هورمون‌های گیاهی ایجاد می‌کنند. اما تیمار با سالیسیلیک اسید از کاهش هورمون‌ها تحت تنش شوری و تنش کمبود آب جلوگیری می‌کند و جبران و از سرگیری رشد را منجر می‌شود. تیمار با سالیسیلیک اسید یک افزایش در سطح آبسزیک اسید را نشان می‌دهد که بیانگر افزایش واکنش‌های حفاظتی برای کاهش اثرات تنش روی رشد و تسریع میزان رشد و افزایش واکنش‌های ضد تنشی مثل ذخیره‌ی پرولین است (فریدا و همکاران، ۲۰۰۳).

ابراهیمی و جعفری حقیقی (۱۳۹۱) در آزمایشی که بر روی اثر کاربرد سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت در شرایط تنش خشکی داشتند مشاهده کردند که اثرات تنش همچون کاهش سطح برگ در غلظت های ۱ میلی مولار هورمون تا حدی کنترل شده است که این موضوع می‌تواند به میزان تجمع پرولین در برگ و دیگر تغییرات فیزیولوژیکی در گیاه اشاره کند. بنابراین بر اساس نتایج بدست آمده از آزمایش آن‌ها مشخص گردید که غلظت ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید می‌تواند برای کشت ذرت در مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند، در جهت دستیابی به عملکرد مطلوب مناسب باشد.

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- محل اجرای آزمایش

این آزمایش به منظور بررسی تاثیر کاربرد سوپر جاذب و سالیسیلیک اسید بر صفات رویشی و عملکرد سورگوم در شرایط تنش خشکی، در سال زراعی ۱۳۹۹-۴۰۰، در مزرعه شخصی واقع در منطقه حومه شهرستان جاجرم که سال گذشته زیر کشت جو بود اجراء شد. این منطقه در ۷ کیلومتری جنوب شرقی جاجرم و در طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۹۵ دقیقه شمالی قرار گرفته که ارتفاع آن از سطح دریا ۹۸۰ متر و دارای بارندگی سالانه ۱۲۳/۴ میلی متر می باشد.

۳-۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

به منظور اندازه گیری ویژگی های خاک مزرعه، قبل از اجرای آزمایش در شهریور ماه از سطح مزرعه چندین نمونه از نقاط مختلف زمین به صورت تصادفی و از عمق ۰-۳۰ سانتی متری نمونه گیری انجام شد، سپس کلیه نمونه های انتخابی به طور یکنواخت مخلوط شدند، در پایان یک نمونه ۱۰۰۰ گرمی انتخاب و به آزمایشگاه فرستاده شد. نتایج آزمایش خاک در جدول ۳-۱ آمده است، بر این اساس خاک محل اجرای آزمایش دارای بافتی متوسط لوم با $pH = 7/70$ و مقدار نیتروژن آن $0/031 \%$ می باشد.

جدول ۳-۱- نتایج تجزیه ی خاک زمین محل اجرای آزمایش.

مشخصات	هدایت	اسیدیته	مواد	ازت کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	رس	سیلت	ماسه	بافت
نمونه	الکتریکی dS/m^2	گل اشباع	خنثی شونده (درصد)	(درصد)	(میلی گرم بر کیلوگرم)	(میلی گرم بر کیلوگرم)	(درصد)	(درصد)	(درصد)	
مزرعه شخصی	۲/۵۳	۷/۷۰	۳۰/۵۰	۰/۰۳۱	۱۲/۵۵	۲۵۵	۱۴	۵۲	۳۴	متوسط لوم

۳-۳- اطلاعات هواشناسی محل اجرای طرح

با توجه به این که آزمایش در شرایط آب و هوایی جاجرم صورت پذیرفته است، دانستن اطلاعات هواشناسی از قبیل بارندگی و میانگین دما و ... جهت مطابقت طرح در سایر نقاط، دارای اهمیت زیادی می باشد. با توجه به این مطلب اطلاعات مربوط به آمار هواشناسی در ماه های مختلف در جدول ۳-۲ آمده است. اطلاعات هواشناسی زیر از ایستگاه هواشناسی جاجرم به دست آمده است.

جدول ۳-۲- آمار ایستگاه هواشناسی سینوپتیک جاجرم در طی فصل رشد.

میانگین دمای	میانگین دمای	میانگین دمای	بارندگی	میانگین	
حد اقل	حداکثر	ماهانه	ماهانه	رطوبت نسبی	ماه های
(درجه سانتی گراد)	(درجه سانتی گراد)	(درجه سانتی گراد)	(میلی متر)	(درصد)	سال
۱۲	۴۱/۲	۲۶/۶۰	۰	۳۸	خرداد
۱۵/۹	۳۹/۲	۲۷/۵۵	۰/۴	۴۳	تیر
۱۷/۵	۴۱	۲۹/۲۵	۲/۱	۴۲/۵	مرداد
۱۲	۴۱/۶	۲۶/۸۰	۰	۳۸/۵	شهریور

۳-۴- طرح مورد استفاده، نقشه طرح، تیمارها و خصوصیات شیمیایی و فیزیکی سوپر جاذب

آزمایش به صورت اسپلایت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. دوره های آبیاری (شامل سه سطح ۸ روز، ۱۲ روز و ۱۶ روز) در کرت های اصلی و ترکیب سوپر جاذب (شامل دو سطح ۱- عدم مصرف سوپر جاذب، ۲- مصرف صد کیلو گرم سوپر جاذب در هکتار) و سالیسیلیک اسید (شامل دو سطح ۱- عدم مصرف اسید، ۲- مصرف نیم میلی مولار اسید) به صورت فاکتوریل در کرت های فرعی قرار گرفتند (شکل ۳-۱).

درمجموع ۳۶ کرت به ابعاد ۵×۲/۵ متر با ۵ خط کاشت به فاصله ۵۰ سانتی متر از یکدیگر در نظر گرفته شد. فاصله بلوک‌ها از یکدیگر ۳ متر، فاصله کرت‌های اصلی ۲ متر و فاصله کرت‌های فرعی ۱ متر از هم بودند. خصوصیات شیمیایی و فیزیکی سوپرجاذب مورد بررسی در جدول ۳-۲ آمده است. سالیسیلیک اسید مورد مصرف نیز از شرکت بازرگانی شیمیایی یکتا تهیه شد.

جدول ۳-۳- خصوصیات شیمیایی و فیزیکی سوپرجاذب.

مشخصات	بلور آب A
ظاهر	پودر قهوه ای
مقدار رطوبت %	کمتر از ۵٪
بو و سمیت	ندارد
چگالی توده ای متوسط (g/cm ²)	۰/۸
pH محلول آبی	۶-۷
اندازه ذره (میکرومتر)	۲۰۰-۴۰۰
حداکثر پایداری در محیط خاک (سال)	۵-۷
ظرفیت عملی جذب آب مقطر (جذب تعادلی) (g/g)	۵۰۰
ظرفیت عملی جذب محلول کلرید سدیم با غلظت ۱۰۰۰ ppm	۲۶۰
ظرفیت عملی جذب در محیط خاک و تحت فشار ۲۲۰۰ پاسکال	۱۹۰
زمان رسیدن به ۶۰٪ جذب حداکثر (۶۰٪ جذب تعادلی) (دقیقه)	۱۵-۲۰

۵-۳- کاشت و مراقبت‌های زراعی:

قبل از کاشت، محل اجرای آزمایش طبق عرف منطقه آماده‌سازی گردید و کودهای مورد نیاز (۱۲۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل، ۱۲۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در زمان کاشت و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در دو نوبت)، طبق اطلاعات به‌دست آمده از نتایج آزمایش خاک، به خاک اضافه شد. زمین طبق نقشه‌ی از پیش آماده شده تقسیم‌بندی و کرت‌بندی گردید. در مرحله بعد نسبت به احداث ردیف‌های کاشت اقدام شد. سوپرجاذب ها به صورت نواری پس از محاسبه دقیق در داخل جوی‌ها در عمق ۶ تا ۱۰ سانتی‌متر (براساس نقشه اجرای طرح) قرار داده شدند. بذور سورگوم

(رقم Speed Feed) با فاصله روی ردیف ۷ سانتی‌متر به عمق ۵-۳ سانتی‌متر در اواسط خرداد ماه کشت گردید. این رقم زودرس، چند چینه (۲-۳ چین در یک فصل زراعی)، تیپ علفی جهت مصارف چرای مستقیم، علوفه تازه و علوفه خشک و همچنین مناسب مناطق سرد، معتدل، گرم، گرم و مرطوب و گرم و خشک می باشد.

به دلیل تلفات احتمالی بذر، مقدار بذر بیشتری کشت شد که پس از سبز شدن و استقرار گیاهان، تنک کردن بوته های اضافی در مرحله ۴ برگگی صورت پذیرفت. این رقم دارای رشد سریع بوده و نیز رشد مجدد آن بعد از چین برداری سریع می باشد. در شرایط مناسب تا ۵ سانتی‌متر در روز می تواند رشد کند. در صورتی که به این گیاه اجازه رشد داده شود به سرعت به ارتفاع ۲ متری و خوشه دهی می رسد.

قبل از کاشت، آزمون جوانه زنی بذور جهت تعیین قوه نامیه و ضد عفونی بذور با سم راکسیل به میزان ۲ در هزار انجام شد. کشت به صورت خشک کاری انجام گردید و اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام شد. آبیاری های بعدی بر اساس نقشه طرح و تیمارها (زمان اعمال تیمارهای تنش در مرحله ۸ برگگی) انجام گرفت. تیمار سالیسیلیک اسید به صورت محلول پاشی در مرحله ۵ تا ۶ برگگی انجام و برای اطمینان از اثربخشی آن به صورت متوالی، دو مرتبه با فاصله زمانی ۲ روز اقدام گردید. به سایر تیمارهای بدون سالیسیلیک اسید معادل حجم مصرفی، آب اسپری شد.

در طول دوره رشد در صورت نیاز، مبارزه با علف های هرز، آفات و بیماری ها صورت گرفت. چین اول در ۱۰ درصد گلدهی (۹۰ روز پس از کاشت) از ۱۰ سانتیمتری سطح زمین انجام گردید. چین دوم نیز با ظهور اولین سرمای زودرس پائیزه (۷۰ روز پس از چین اول) انجام شد.

۳-۶- صفات مورد اندازه گیری در چین اول

۳-۶-۱- تعداد پنجه در بوته، قطر ساقه، ارتفاع ساقه و تعداد و سطح برگ

در پایان دوره رشد با در نظر گرفتن یک ردیف از هر طرف کرت و ۵۰ سانتی متر از ابتدا و انتهای هر واحد آزمایشی به عنوان حاشیه، بوته‌ها به طور تصادفی برداشت گردیده و صفات فوق اندازه گیری و میانگین آنها ثبت شد. سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه گیری نواری سطح برگ (LI-3100 Area Meter) انجام شد. از هر کرت آزمایشی نمونه برداری، به تعداد ۱۰ بوته که نماینده کل کرت بودند، از محل طوقه قطع و پس از جداسازی از ساقه، سطح آنها با دستگاه اندازه گیری و میانگین برای تک بوته حساب شد.

۳-۶-۲- اندازه گیری محتوای نسبی آب برگ

محتوای نسبی آب برگ در مرحله گلدهی و روز قبل از آبیاری بین ساعت ۸ تا ۹ صبح از آخرین برگ توسعه یافته سورگوم و در سه بوته از هر کرت، اندازه گیری شد و پس از وزن کردن آنها (وزن تازه FW)، نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر قرار گرفته و وزن (وزن تورژسانس، TW) شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد در آون قرار گرفته و سپس وزن گردید (وزن خشک، DW). محتوای نسبی آب برگ با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (اسچلمر و همکاران، ۲۰۰۵).

$$RWC = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100$$

۳-۶-۳- میزان پرولین

جهت استخراج و سنجش پرولین از روش بیتس و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. بدین منظور مقدار ۰/۵ گرم از بافت برگ به همراه ۱۰ میلی لیتر اسید سولفوسالسیلیک ۳ درصد در هاون چینی ساییده و محلول حاصل توسط کاغذ صافی واتمن شماره دو صاف شد و از آن برای سنجش پرولین استفاده گردید. دو میلی لیتر از محلول حاصل با دو میلی لیتر معرف نین هیدرین و دو میلی لیتر اسید استیک گلاسیال در یک لوله آزمایش مخلوط شد. لوله های آزمایش به مدت یک ساعت در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار گرفت و بلافاصله به ظرف حاوی یخ منتقل شد تا واکنش خاتمه یابد و پس از آن به دمای اتاق منتقل شد. سپس، به محتویات داخل لوله آزمایش مقدار چهار میلی لیتر تولوئن افزوده و به مدت ۳۰ ثانیه به شدت مخلوط شدند. این عمل موجب دو فازه شدن محتویات لوله خواهد شد (فاز تولوئن رنگی حاوی پرولین در بال و فاز آبی شفاف در پایین) پس از مدت ۲۰ دقیقه، جذب نوری محلول فوقانی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر اندازه گیری گردید.

۳-۶-۴- عملکرد علوفه تر و خشک

برای عملکرد نهایی از هر کرت با رعایت حاشیه (حاشیه ۵۰ سانتیمتر) از خطوط ۲ و ۳ به مساحت ۳ مترمربع نمونه برداری انجام گرفت و بلافاصله عملکرد علوفه تر توزین شد. پس از خشک کردن گیاهان در آون در دمای ۷۲ درجه سانتیگراد و به مدت ۳ روز، وزن اندازه گیری و سهم آنها در عملکرد کل محاسبه شدند (خلیلی محله و همکاران، ۱۳۸۶).

۳-۶-۵- درصد خاکستر

برای تعیین درصد خاکستر در چین اول ، علوفه خشک شده بعد از برداشت با آسیاب خرد و در کوره الکتریکی در دمای ۵۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴ ساعت قرار داده شدند.

۳-۶-۶- درصد پروتئین

به منظور تعیین درصد پروتئین در چین اول، نمونه تهیه شده علوفه خشک به دسیکاتور انتقال داده شد و به روش کجلدال از طریق فرمول ($۶/۲۵ \times$ درصد نیتروژن کل) انجام گرفت (خلیلی محله و همکاران، ۱۳۸۶). در روش کجلدال ۰/۳ گرم نمونه از کل اندام گیاه و در ابتدای گلدهی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و به لوله‌های هضم (بالن ژوژه ۲۴۴) میلی‌لیتر منتقل شد، سپس ۲/۵ میلی‌لیتر از مخلوط اسیدها (اسید بوریک و اسید سولفوریک) اضافه و ۲۴ ساعت به‌حال خود قرار داده شد. لوله‌ها بعد از این مدت به مدت ۱ ساعت تا ۱۸۰ درجه سانتیگراد حرارت دید و سپس بعد از خنک شدن ۳ بار و هر بار ۱ میلی‌لیتر آب اکسیژنه به لوله‌ها اضافه شد مجدداً لوله‌ها روی حرارت ۲۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت گذاشته، تا عصاره بیرنگ شود. عصاره در بالن به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانیده و از آن ۵ میلی‌لیتر گرفته و به بالن تقطیر منتقل شدند، میزان ۲ میلی‌لیتر از محلول هیدروکسید سدیم اضافه کرده و قیف دهانه بالن تقطیر با آب شسته شد تا حجم محلول ۲۰ میلی‌لیتر گردد بالن به کمک بخار آب حرارت داده شد بعد از ظهور اولین قطره تقطیر عمل به مدت n دقیقه (۳-۴-۵ یا ۶ دقیقه) ادامه پیدا کرد، محلول حاصل از تقطیر در ۱۰ میلی‌لیتر اسید بوریک حاوی ۱۰ قطره اندیکاتور جذب شد. ۰/۵ دقیقه قبل از پایان عمل تقطیر ارلن محتوای اسید بوریک اندکی پائین آورده شد تا با بخار آب شسته شود. اسیدبوریک حاوی آمونیاک را با اسید سولفوریک ۰/۰۰۵ مول تا تغییر رنگ محلول از سبز به صورتی تیتتر کردیم. این عمل با نمونه شاهد به‌دست آمده از عمل هضم نیز طبق روش (والینگ و همکاران، ۱۹۸۹) انجام گردید.

۳-۷- صفات مورد اندازه‌گیری در چین دوم

به منظور اندازه‌گیری عملکرد علوفه تر و خشک در چین دوم تا قبل از حدوث سرما، عملکرد نیز به روش چین اول محاسبه شد.

۳-۸- محاسبات آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به دست آمده از نرم افزار آماری SAS 9.1 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام گرفت. شکل‌های مربوط به وسیله نرم افزار Excel ترسیم گردید.

فصل چہارم

نتایج و بحث

۱-۴- تعداد پنجه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تاثیر تیمارهای آبیاری، سوپرچاذب و سالیسیلیک اسید بر صفت تعداد پنجه در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود. همچنین به غیر از اثر متقابل سوپرچاذب × سالیسیلیک اسید که در سطح احتمال ۵٪ معنی دار بود، بقیه اثرات متقابل معنی دار نبوده است (جدول ۱-۴).

جدول ۱-۴- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی و اثرات متقابل آن‌ها بر صفات مورد مطالعه در سورگوم علوفه‌ای.

میانگین مربعات						
منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد پنجه	قطر ساقه	ارتفاع ساقه	تعداد برگ	سطح برگ
تکرار	۲	۰/۰۲۰**	۰/۰۹۸۳*	۳۲/۵۸۳ ns	۸/۸۵۱ ns	۰/۰۰۰ ns
آبیاری	۲	۱/۰۶۰***	۱۲۰/۶۶۴**	۱۳۱۲/۵۸۳***	۸۲/۵۰۸**	۰/۰۹۱**
خطای اول	۴	۰/۰۰۲	۰/۱۴۳	۱۰/۶۶۷	۲/۴۰۳	۰/۰۰۰
سوپرچاذب	۱	۰/۶۶۴***	۹/۵۳۸**	۳۴۲۲/۲۵۰***	۳۰/۹۸۸**	۰/۰۱۶**
آبیاری × سوپرچاذب	۲	۰/۰۰۷ ns	۰/۱۶۷ ns	۶۹/۷۵۰ *	۷/۸۳۵ *	۰/۰۰۴**
سالیسیلیک اسید	۱	۰/۱۴۳**	۲/۵۶۶**	۳۴۲/۲۵۰**	۳۶/۸۰۴**	۰/۰۰۷**
آبیاری × سالیسیلیک اسید	۲	۰/۰۰۹ ns	۰/۰۳۴ ns	۹/۰۸۳ ns	۴/۰۲۷ ns	۰/۰۰۱**
سوپرچاذب × سالیسیلیک اسید	۱	۰/۰۱۶ *	۰/۰۴۹ ns	۴/۶۹۴ ns	۱۷/۳۶۱ *	۰/۰۰۰ ns
آبیاری × سوپرچاذب × سالیسیلیک اسید	۲	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۳۷ ns	۲۸/۳۶۱ ns	۰/۲۷۷ ns	۰/۰۰۱ *
خطای دوم	۱۸	۰/۰۰۶	۰/۳۲۱	۲۰/۴۵۴	۲/۶۹۴	۰/۰۰۰
ضریب تغییرات (%)	-	۴/۷۴	۴/۸۴	۲/۲۵	۷/۹۷	۳/۲۰

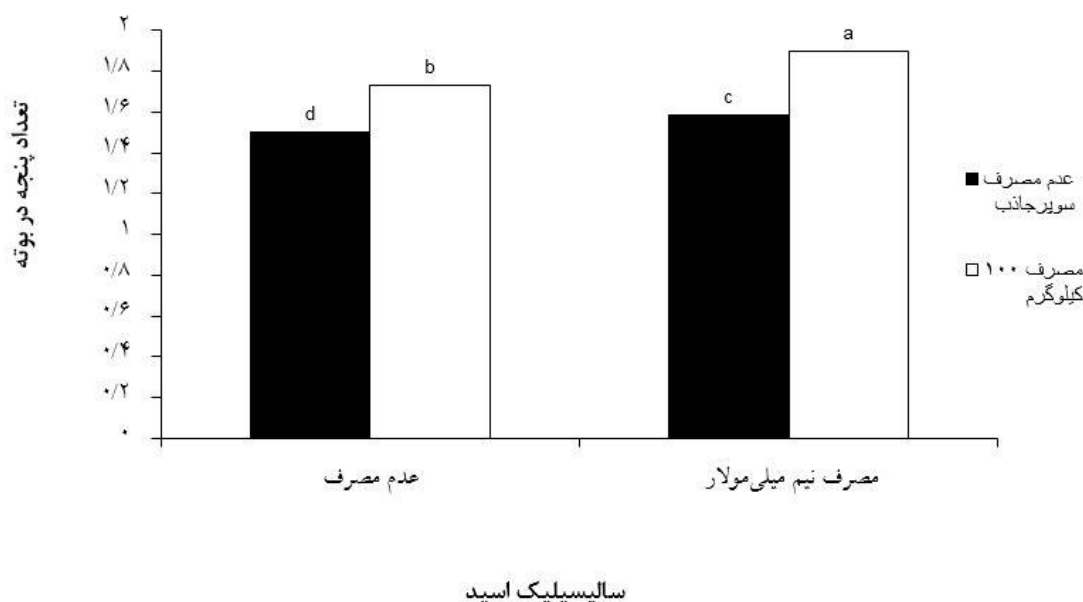
ns، * و ** به ترتیب نشان دهنده غیر معنی داری و معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

جدول ۴-۲- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در سورگوم علوفه‌ای.

تعداد	قطر	ارتفاع	تعداد	سطح	تیمارها
پنجه	ساقه	ساقه	برگ	برگ	
در بونه	(mm)	(cm)	در بوته	در بوته	
آبیاری (a)					
۸ روز	(a ₁)	۱/۹۱۷ ^a	۱۴/۴۸ ^a	۲۱۰/۲ ^a	۲۲/۵۸ ^a
۱۲ روز	(a ₂)	۱/۷۷۸ ^b	۱۲/۴۳ ^b	۲۰۴/۳ ^b	۲۱/۶۰ ^a
۱۶ روز	(a ₃)	۱/۳۴۷ ^c	۸/۲۶۱ ^c	۱۸۹/۸ ^c	۱۷/۶۳ ^b
سوپر جاذب (b)					
عدم مصرف سوپر جاذب	(b ₁)	۱/۵۴۴ ^b	۱۱/۲۱ ^b	۱۹۱/۶۷ ^b	۱۹/۶۷ ^b
مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار	(b ₂)	۱/۸۱۶ ^a	۱۲/۲۴ ^a	۲۱۱/۱۷ ^a	۲۱/۵۳ ^a
سالیسیلیک اسید (c)					
عدم مصرف سالیسیلیک اسید	(C ₁)	۱/۵۱۷ ^b	۱۱/۴۱ ^b	۱۹۰/۳۳ ^b	۱۹/۵۹ ^b
مصرف نیم میلی مولار اسید	(C ₂)	۱/۷۴۳ ^a	۱۲/۰۴ ^a	۲۰۴/۵۰ ^a	۲۱/۶۱ ^a
آبیاری × سوپر جاذب × اسید					
	a ₁ b ₁ C ₁				۰/۳۹۱۷ ^{ab}
	a ₁ b ₁ C ₂				۰/۳۹۹۷ ^{ab}
	a ₁ b ₂ C ₁				۰/۴۰۳۰ ^{ab}
	a ₁ b ₂ C ₂				۰/۴۱۷۷ ^a
	a ₂ b ₁ C ₁				۰/۲۶۹۷ ^{cde}
	a ₂ b ₁ C ₂				۰/۳۰۵۷ ^{cd}
	a ₂ b ₂ C ₁				۰/۳۳۹۷ ^{bc}
	a ₂ b ₂ C ₂				۰/۴۰۲۳ ^{ab}
	a ₃ b ₁ C ₁				۰/۱۹۶۳ ^e
	a ₃ b ₁ C ₂				۰/۲۳۴۷ ^{de}
	a ₃ b ₂ C ₁				۰/۲۴۳۳ ^{de}
	a ₃ b ₂ C ₂				۰/۲۴۵۳ ^{de}

میانگین‌های هر گروه در هر ستون که در یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی دار نمی باشد.

نتایج آزمایش نشان داد که با مصرف سوپرجاذب، تعداد پنجه در هر دو سطح سالیسیلیک اسید به میزان معنی داری افزایش یافت. بیشترین تعداد پنجه (۱/۹) به تیمار مصرف سوپرجاذب در مصرف نیم میلی مولار سالیسیلیک اسید اختصاص داشت. نتایج حاکی از آن است که مصرف سوپرجاذب واکنش بیشتری به مصرف سالیسیلیک اسید نشان داده است (شکل ۴-۱). مطابق این شکل می توان گفت با مصرف سوپرجاذب توام با سالیسیلیک اسید به حداکثر تعداد پنجه دست یافت.



شکل ۴-۱- اثر متقابل سوپرجاذب و سالیسیلیک اسید بر تعداد پنجه در بوته.

تنش خشکی، با اختلال در فرآیندهای فتوسنتزی و کاهش تولید مواد پرورده جهت انتقال به بخش های در حال رشد، مانع از دستیابی به پتانسیل ژنتیکی کامل گیاه می شود. بعلاوه افزایش تنش خشکی باعث می شود رقابت برای جذب آب بین بخش هوایی و زمینی در بوته افزایش پیدا کند و در این رقابت، گیاه سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به ریشه اختصاص بدهد و در نتیجه مواد

فتوسنتزی کمتری به بخش هوایی رسیده، که این موضوع موجب کاهش رشد بخش هوایی و در نتیجه کاهش تعداد پنجه و ارتفاع بوته می‌گردد (چندراکار و همکاران، ۱۹۹۴).

پنجه‌ها بیشتر از ساقه اصلی به کم آبی حساس هستند، تولید و زنده ماندن پنجه‌ها به وجود مواد فتوسنتزی و ذخیره آنها بستگی دارد (کرایچ، ۱۹۸۳). لذا باتوجه به اینکه در تیمار عدم مصرف سوپرجاذب، تنش خشکی اتفاق افتاده که در نهایت منجر به کاهش تعداد پنجه گردیده است. ساخابوت دینوا و همکاران (۲۰۰۳) در پژوهشی که در خصوص کاربرد سالیسیلیک در کاهش اثرات زیان بار فعالیت عوامل تنش زا روی گندم انجام دادند مشخص شد که سالیسیلیک اسید موجب افزایش تقسیم سلولی در داخل مریستم‌های ریشه‌های گیاهچه و در نتیجه موجب افزایش رشد گیاه شد. تیمار با SA موجب افزایش میزان ABA و IAA شده و از کاهش میزان تجمع سایتوکینین هم جلوگیری کرد. پیش تیمار با غلظت ۰/۰۵ میلی مولار در مقایسه با دیگر تیمارها موجب افزایش بیشتر رشد و اجزای عملکرد گردید.

۲-۴- قطر ساقه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد سطوح مختلف آبیاری، سوپرجاذب و سالیسیلیک اسید مورد آزمایش، تأثیر معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بر صفت قطر ساقه دارند، همچنین، هیچ یک از اثرات متقابل معنی دار نبوده است (جدول ۴-۱).

در جدول ۲-۴ مقایسه میانگین صفت قطر ساقه آورده شده است. مطابق نتایج این جدول، با کاهش دور آبیاری، قطر ساقه افزایش یافت، بیشترین قطر ساقه با میانگین ۱۴/۴۸ میلی‌متر در تیمار ۸ روز آبیاری و کمترین قطر ساقه با میانگین ۸/۲۶۱ میلی‌متر در تیمار ۱۶ روز آبیاری به‌دست آمد، این افزایش قطر ساقه در تیمار ۸ روز آبیاری نسبت به تیمار ۱۶ روز آبیاری، ۷۵/۲۸٪ بود.

در شرایط خشکی پتانسیل آب و آماس سلولی کاهش یافته و با تأثیر بر بسته شدن روزنه‌ها و فعالیت‌های آنزیمی باعث اختلال در عملکرد طبیعی گیاه می‌شود (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹) که نهایتاً منجر به کاهش قطر ساقه و سایر اجزای عملکرد می‌گردد.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در بین تیمار سوپر جاذب مورد مطالعه نشان داد که بیشترین قطر ساقه مربوط به تیمار مصرف سوپر جاذب با میانگین ۱۲/۲۴ میلی‌متر و کمترین قطر ساقه مربوط به تیمار عدم مصرف سوپر جاذب با میانگین ۱۱/۲۱ میلی‌متر می‌باشد (جدول ۴-۲).

به نظر می‌رسد این امر حاکی از آن باشد که تیمار سوپر جاذب رطوبت بیشتری را در خود نگه داشته و سپس به مرور در اختیار ریشه گیاه قرار داده در نتیجه سورگوم دیرتر به مرحله رشد زایشی رفته و طول دوره رشد رویشی بیشتر شده است. به لحاظ زراعی هرچه طول این دوره بیشتر باشد بهتر است زیرا فرصت زیادی برای گیاه جهت انجام فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی وجود دارد به شرطی که در انتهای دوره رشدی با کمبود رطوبت و تنش خشکی مواجه نشود.

نتایج پژوهش‌های روبیولایسلازم و همکاران (۲۰۱۱) بیانگر افزایش ارتفاع بوته، قطر ساقه، عملکرد دانه ذرت، عملکرد زیست توده و شاخص برداشت با کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپر جاذب بود.

با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها در جدول ۴-۲ مشخص شد که مصرف نیم میلی‌مولار سالیسیلیک اسید با میانگین قطر ساقه ۱۲/۰۴ میلی‌متر نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف اسید) با میانگین قطر ساقه ۱۱/۴۱ میلی‌متر برتری داشت.

ساز و کاری که سالیسیلیک اسید رشد ریشه و بخش هوایی را در برخی گیاهان افزایش می‌دهد هنوز به خوبی شناخته نشده است، اما احتمال داده می‌شود که سالیسیلیک اسید طولی شدن و تقسیم سلولی را به همراه مواد دیگری، از قبیل اکسین تنظیم می‌کند. بسرا و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که اسید سالیسیلیک و آسکوربیک اسید در افزایش بنیه بسیار موثر بود اما سالیسیلیک اسید سرعت جوانه زنی و رشد گیاهچه را بهبود بخشید.

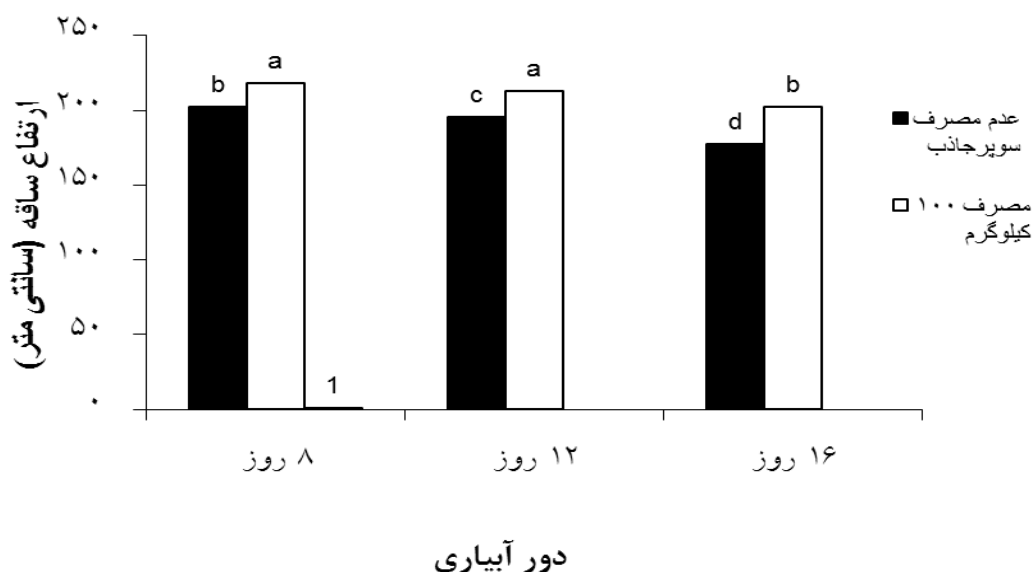
۳-۴- ارتفاع ساقه:

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد ارتفاع ساقه به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (جدول ۱-۴). همانگونه که در جدول ۱-۴ مشاهده می‌شود ارتفاع ساقه در سطح احتمال ۱٪ تحت تاثیر دور آبیاری، سوپر جاذب و سالیسیلیک اسید قرار گرفت، همچنین به غیر از اثر متقابل آبیاری $\times$ سوپر جاذب که در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود، بقیه اثرات متقابل معنی‌دار نبوده است (جدول ۱-۴).

با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها در جدول ۲-۴ مشخص شد که مصرف نیم میلی‌مولار سالیسیلیک اسید با میانگین ارتفاع ساقه ۲۰۴/۵۰ سانتی‌متر نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف اسید) با میانگین ارتفاع ساقه ۱۹۰/۳۳ سانتی‌متر برتری داشت.

سالیسیک اسید یکی از ترکیبات تنظیم کننده رشد است که باعث افزایش مقاومت گیاهان به تنش های زنده و غیر زنده مانند تنش گرمایی (دت و همکاران، ۱۹۹۸)، تنش سرمایی (تاسینگ و همکاران، ۲۰۰۳) و تنش خشکی (سینگ و یوشا، ۲۰۰۳) شده است.

در اثر متقابل آبیاری $\times$ سوپر جاذب، بالاترین ارتفاع ساقه مربوط به زمان آبیاری ۸ روز با ۲۱۸/۲ سانتی‌متر مربوط به مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب بود که اختلاف معنی‌داری با ۱۲ روز نداشته است (شکل ۲-۴). با توجه به شکل (۲-۴) مشخص می‌شود که با افزایش تنش خشکی از ارتفاع ساقه کاسته شده است و مصرف سوپر جاذب در تمامی سطوح دور آبیاری از کاهش ارتفاع بوته به واسطه ذخیره بیشتر رطوبت، جلوگیری کرده است.



شکل ۴-۲- اثر متقابل دور آبیاری و سوپرجاذب بر ارتفاع ساقه.

کاهش ارتفاع در مرحله رشد رویشی احتمالاً به علت کاهش سطح برگ، تقلیل فتوسنتز، ساخت و انتقال مواد می باشد. بسیاری از محققین اعتقاد دارند که طویل شدن برگ و ساقه، حساس ترین فرایند گیاه در تنش کمبود آب در طول دوره رویشی است. مشخص شده است تنش خشکی از طریق کاهش سرعت رشد گیاه موجب کاهش ارتفاع می گردد و هرچه زمان وقوع تنش به انتهای فصل رشد نزدیک تر باشد تأثیر کمتری بر ارتفاع گیاه دارد (رستمی، ۱۳۸۳).

رحیمی زاده و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که تنش خشکی اثر بسیار معنی داری بر ارتفاع بوته در آفتابگردان داشت و باعث کاهش ۲۵ درصدی این صفت شد. در پژوهشی بر گیاه گلرنگ در سطوح مختلف تنش خشکی، ارتفاع به طور معنی داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت، به طوری که ارتفاع گلرنگ به موازات افزایش شدت تنش خشکی کاهش یافت. تنش خشکی باعث اختلال در فتوسنتز و کاهش تولید مواد فتوسنتزی قابل عرضه به اندامهای در حال رشد گیاه و نهایتاً عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی از نظر ارتفاع می گردد (نادری درباغشاهی و همکاران، ۲۰۰۴).

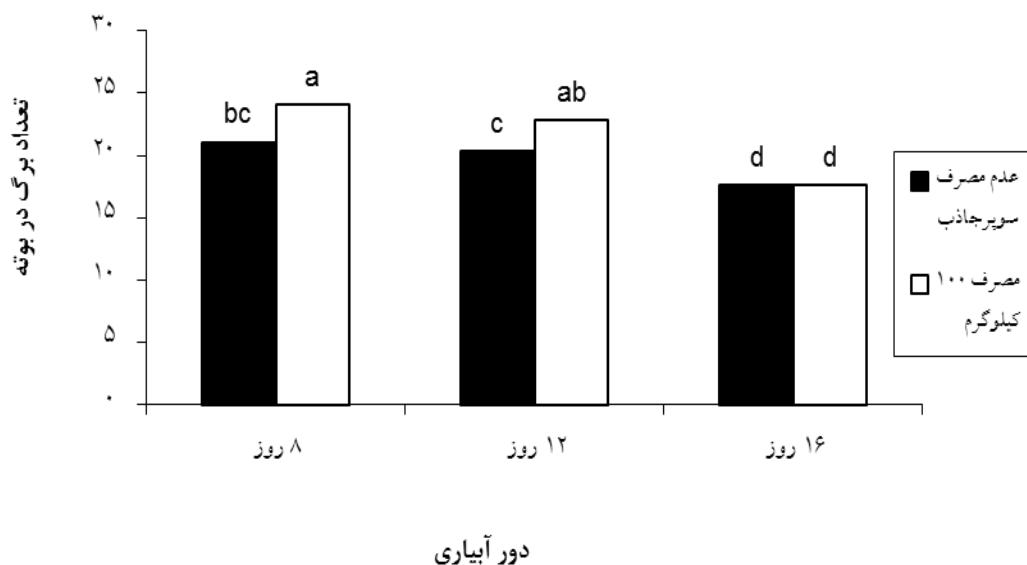
در حضور ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپرجاذب دسترسی ریشه گیاه به آب قابل استفاده بیشتر می‌باشد و گیاه کمتر تحت تأثیر شرایط تنش خشکی قرار می‌گیرد. لذا طول دوره رشد رویشی در این شرایط افزایش می‌یابد و دیرتر وارد فاز زایشی می‌شود که به تبع آن ارتفاع ساقه افزایش می‌یابد.

تحقیقات اله دادی و موزن قمصری (۱۳۸۴) در خصوص چهار مقدار پلیمر سوپرجاذب آب $200A$ ، صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و سه فاصله آبیاری (۵، ۷ و ۹ روز) روی عملکرد ذرت علوفه‌ای رقم سینگل گراس ۷۰۴، تحت شرایط مزرعه ای نشان داد که با افزایش مصرف سوپر جاذب، ارتفاع گیاه بیشتر می‌شود که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

۴-۴- تعداد برگ در بوته:

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد بین دوره‌های مختلف آبیاری، سوپرجاذب و سالیسیلیک اسید مورد آزمایش، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد، همچنین به غیر از اثر متقابل آبیاری $\times$ سوپرجاذب و سوپرجاذب $\times$ سالیسیلیک اسید که در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود، بقیه اثرات متقابل معنی‌دار نبوده است (جدول ۴-۱).

از نظر اثر متقابل آبیاری $\times$ سوپرجاذب، بیشترین تعداد برگ به دور آبیاری ۸ روز با میانگین $24/10$ عدد در بوته در مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب اختصاص داشت، که با تیمار متناظر خود در دور آبیاری ۱۲ روز اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۴-۳). باتوجه به شکل به نظر می‌رسد که مصرف سوپرجاذب واکنش بهتری به تنش خشکی داشته است (مقایسه تیمار مصرف سوپر جاذب در دور آبیاری ۱۲ روز با تیمار شاهد).



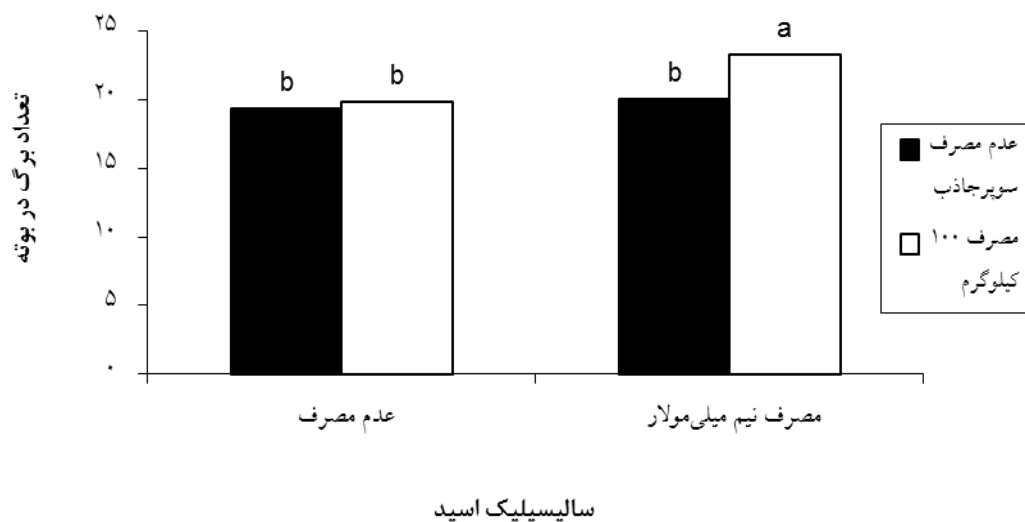
شکل ۴-۳- اثر متقابل دور آبیاری و سوپر جاذب بر تعداد برگ در بوته.

نتایج پژوهش‌های مختلف نشان دهنده کاهش رشد رویشی به‌ویژه برگ‌ها تحت اثر تنش آبی می‌باشد. کاهش میزان آب در دسترس، باعث کاهش جذب آب که پیرو آن باعث کاهش جذب عناصر غذایی، کاهش فتوسنتز و در نهایت کاهش تعداد و اندازه برگ‌ها می‌شود. در شرایط تنش آبی، کاهش ماده خشک می‌تواند به‌دلیل فشار آماس سلول ناشی از کاهش سطح برگ گیاه و همچنین کاهش فتوسنتز به‌دلیل محدودیت‌های بیوشیمیایی ناشی از قبیل کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی باشد (لالور و کرونیک، ۲۰۰۲).

توریوریان و همکاران (۱۳۹۷) بیان کردند بیشترین تعداد برگ در تیمار شاهد (آبیاری کامل) و کمترین تعداد برگ مربوط به تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه‌دهی است. تنش در مرحله ساقه‌دهی، بیشترین اثر منفی را بر تعداد برگ در گیاه ایجاد نمود که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

افزایش میزان مصرف پلیمر سوپر جاذب با جذب و نگهداری آب قادر است بسیاری از تلفات ناشی از کم آبی را کاهش و باعث ارتقا صفات زراعی مختلف شود.

نتایج آزمایش نشان داد که با مصرف سوپرچاذب، تعداد برگ در بوته در سطح نیم میلی مولار سالیسیلیک اسید به میزان معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین تعداد برگ در بوته (۲۳/۲۳) به تیمار مصرف سوپرچاذب در مصرف نیم میلی مولار سالیسیلیک اسید اختصاص داشت. نتایج حاکی از آن است که مصرف سوپرچاذب واکنش بیشتری به مصرف سالیسیلیک اسید نشان داده است (شکل ۴-۴). مطابق این شکل، می‌توان با مصرف سوپرچاذب توام با سالیسیلیک اسید، اثرات تنش خشکی را کاهش داد، به‌طوری که به حداکثر تعداد برگ در بوته دست یافت.

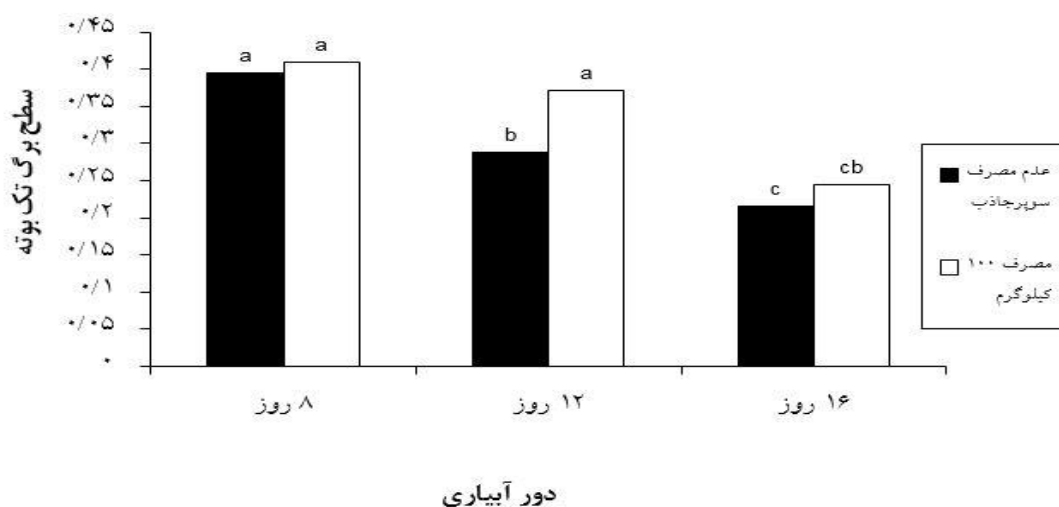


شکل ۴-۴- اثر متقابل سوپرچاذب و سالیسیلیک اسید بر تعداد برگ در بوته.

کاربرد سالیسیلیک اسید در گیاهان باعث کاهش تولید گونه‌های اکسیژن واکنش پذیر (ROS) می‌گردد که به دنبال آن مقاومت در گیاهان ایجاد می‌کند، همچنین سالیسیلیک اسید باعث افزایش بعضی از هورمون‌های گیاهی شامل اکسین‌ها و سیتوکینین‌ها می‌شود (شکیرووا و همکاران، ۲۰۰۳). سالیسیلیک اسید مقاومت گیاهان را افزایش می‌دهد (جیمز و همکاران، ۱۹۹۸)، اثر علف‌کشی دارد (شیتیل و بالک، ۱۹۸۳) و ریزش برگ را کاهش می‌دهد (فرارس و همکاران، ۱۹۹۶).

۴-۵- سطح برگ تک بوته

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد دوره‌های مختلف آبیاری، کاربرد سوپر جاذب و مصرف سالیسیلیک اسید، تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر صفت سطح برگ تک بوته دارند، همچنین به غیر از اثر متقابل سوپر جاذب × سالیسیلیک اسید، بقیه اثرات متقابل، معنی‌دار بود (جدول ۴-۱). از نظر اثر متقابل آبیاری × سوپر جاذب، بیشترین سطح برگ تک بوته مربوط به تیمار دور آبیاری ۸ روزه با میانگین ۰/۴۱۰۳ در مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب بود (شکل ۴-۵). با توجه به شکل، میزان سطح برگ در دور آبیاری ۱۲ روزه همراه با مصرف سوپر جاذب با میزان سطح برگ در دور آبیاری ۸ روزه بدون مصرف سوپر جاذب اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با کاربرد مناسب سوپر جاذب می‌توان میزان مصرف آب را در مزارع کاهش داد.



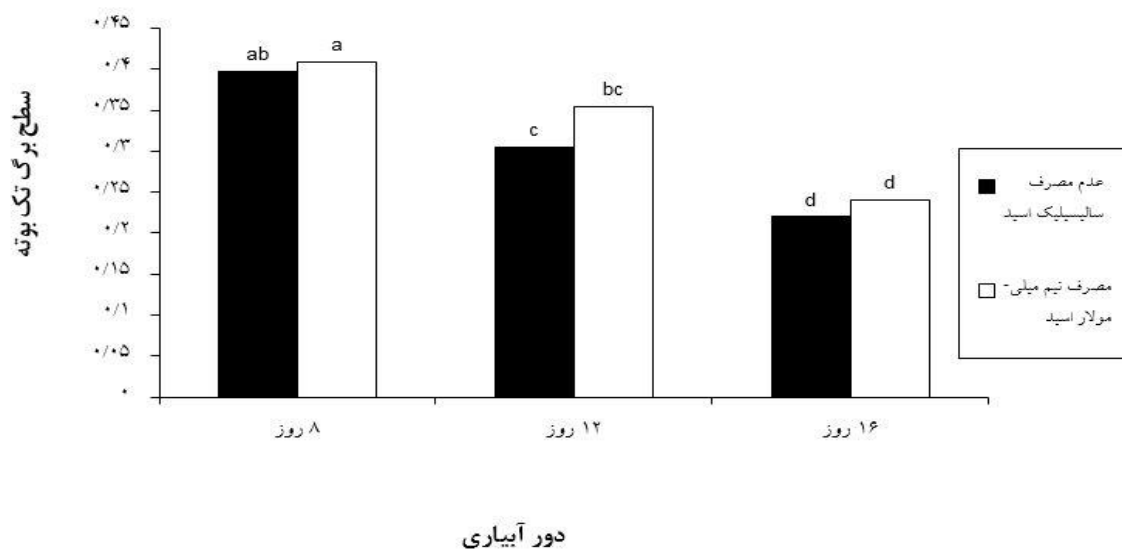
شکل ۴-۵- اثر متقابل دور آبیاری و سوپر جاذب بر سطح برگ تک بوته.

تنش خشکی، منجر به وجود آمدن خسارت به غشاء سلولی و سیستم فتوسنتزی گیاهان می‌گردد. تنش خشکی از طریق بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه نرسیدن دی اکسید کربن به کلروپلاست و کاهش

پتانسیل آب سلول، فتوسنتز را تحت تاثیر قرار می‌دهد. همچنین تنش خشکی رشد ریشه‌ها و ساقه گیاهان را تحت تاثیر قرار داده و باعث کاهش سطح برگ آن‌ها می‌شود (هوپکینز و هومر، ۲۰۰۸). هانگ و ایوانس (۱۹۸۵) گزارش نمودند تنش خشکی به علت زردی زودرس در برگ‌ها، موجب کاهش شاخص سطح برگ در کانوپی گیاه گردید.

به نظر می‌رسد با کاربرد سوپرجاذب زمینه لازم برای رشد بهتر ریشه و جذب آب با کارایی بیشتری فراهم شده و اندام‌های هوایی در مرحله رشد رویشی به نحو مطلوب افزایش یافته و شرایط مناسب برای استفاده از عوامل اقلیمی نیز فراهم شده و در نتیجه گیاه توانسته است سطح برگ بیشتری را تولید نماید.

در اثر متقابل آبیاری $\times$ سالیسیلیک اسید، بیشترین سطح برگ تک بوته مربوط به تیمار آبیاری ۸ روزه با میانگین ۰/۴۰۸۷ در مصرف نیم میلی مولار سالیسیلیک اسید بود (شکل ۴-۶). باتوجه به شکل می‌توان چنین بیان داشت که سالیسیلیک اسید، بیشترین تاثیر را بر میزان سطح برگ تک بوته در زمان تنش خشکی دارد و یکی از راهکارهای پیشنهادی برای کاهش اثرات تنش، کاربرد همین اسید می‌باشد.



شکل ۴-۶- اثر متقابل دور آبیاری و سالیسیلیک اسید بر سطح برگ تک بوته.

بر اساس نتایج یافته‌های مرادی مرجانه و گلدانی (۱۳۹۰)، سطوح مختلف سالیسیلیک اسید تاثیر معنی‌داری بر سطح و تعداد برگ، وزن تر و خشک بوته، تعداد ساقه فرعی و تعداد گل در بوته و شاخص کلروفیل در گیاه همیشه بهار داشت و با کاهش آب آبیاری سطح و تعداد برگ، تعداد ساقه فرعی و طول آن، وزن تر و خشک بوته، وزن خشک گل در بوته، شاخص کلروفیل و هدایت روزنه‌ای به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. سالیسیلیک اسید موجب افزایش سطح برگ در ذرت شده است (خوداری، ۲۰۰۴).

براساس جدول (۴-۱) اثر سه جانبه آبیاری $\times$ سوپر جاذب $\times$ سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. در اثر سه جانبه آبیاری $\times$ سوپر جاذب $\times$ سالیسیلیک اسید، بیشترین سطح برگ تک بوته به تیمار آبیاری ۸ روزه، مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب و مصرف نیم میلی‌مولار سالیسیلیک اسید با میانگین ۰/۴۱۷۷ اختصاص داشت (جدول ۴-۲).

۴-۶- محتوای نسبی آب برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تاثیر تیمارهای آبیاری، سوپر جاذب و سالیسیلیک اسید بر صفت محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. همچنین به‌غیر از اثر متقابل آبیاری $\times$ سالیسیلیک اسید که معنی‌دار نبود، بقیه اثرات متقابل معنی‌دار بوده است (جدول ۴-۳).

جدول ۴-۳- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی و اثرات متقابل آنها بر صفات مورد مطالعه در سورگوم علوفه‌ای

میانگین مربعات					
متبع تغییرات	درجه	محتوی تنسی	میزان	عملکرد علوفه	عملکرد علوفه
	آزادی	آب برگ	پرولین	تر چین اول	خشک چین اول
تکرار	۲	۵/۴۰۲ ns	۰/۰۰۰ ns	۴۳/۷۴۴ ns	۱/۶۹۴ ns
آبیاری	۲	۲۳۳۸/۷۱۹**	۰/۰۳۰ **	۷۰۲/۶۷۱**	۳۱/۵۱۳**
خطای اول	۴	۱/۷۷۲	۰/۰۰۰	۸/۲۲۸	۰/۳۷۶
سوپرجاذب	۱	۲۶۲/۰۰۸**	۰/۰۰۲**	۳۹۲/۳۶۳**	۱۰/۰۵۶**
آبیاری × سوپرجاذب	۲	۸/۱۲۷ **	۰/۰۰۱ **	۱/۲۵۵ ns	۴/۳۰۴ **
سالیسیلیک اسید	۱	۱۳۹/۶۳۴**	۰/۰۰۴ **	۹۱/۵۶۹ **	۳/۷۵۹**
آبیاری × سالیسیلیک اسید	۲	۰/۶۵۵ ns	۰/۰۰۰ ns	۱/۲۵۲ ns	۰/۳۰۰ ns
سوپرجاذب × سالیسیلیک اسید	۱	۱۱/۶۵۱ **	۰/۰۰۱ *	۰/۶۳۹ ns	۰/۱۷۶ ns
آبیاری × سوپرجاذب × سالیسیلیک اسید	۲	۳/۱۳۳ *	۰/۰۰۰ *	۱۵/۴۷۹ *	۰/۰۸۵ ns
خطای دوم	۱۸	۰/۹۰۸	۰/۰۰۰	۳/۹۹۶	۰/۴۲۴
ضریب تغییرات (%)	-	۱/۳۸	۱/۳۲	۴/۸۵	۷/۰۵

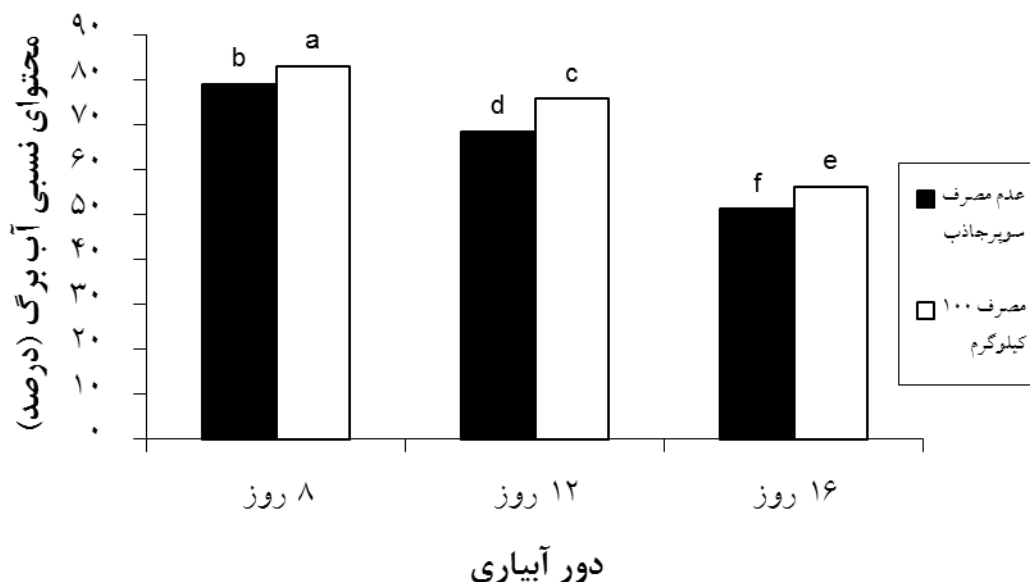
ns؛ * و ** به ترتیب نشان دهنده غیر معنی داری و معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

جدول ۴-۴- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در سورگوم علوفه‌ای.

عملکرد علوفه	عملکرد علوفه	میزان	محتوای نسبی	تیمارها	
خشک	تر چین اول	پرولین	آب برگ		
چین اول					
(ton/ha)	(ton/ha)	(mg/gfw)	(%)		
آبیاری (a)					
۱۰/۶۴ ^a	۴۸/۲۸ ^a	۰/۸۳۲۹ ^c	۸۱/۰۶ ^a	(a ₁)	۸ روز
۹/۶۱۴ ^b	۴۲/۳۵ ^b	۰/۸۸۸۴ ^b	۷۲/۱۴ ^b	(a ₂)	۱۲ روز
۷/۴۶۴ ^c	۳۳/۰۹ ^c	۰/۹۳۲۰ ^a	۵۳/۶۹ ^c	(a ₃)	۱۶ روز
سوپر جاذب (b)					
۸/۷۱۰ ^b	۳۷/۹۴ ^b	۰/۸۵۸ ^b	۶۶/۲۶ ^b	(b ₁)	عدم مصرف سوپر جاذب
۹/۷۶۷ ^a	۴۴/۵۴ ^a	۰/۸۹۱ ^a	۷۱/۶۶ ^a	(b ₂)	مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار
سالیسیلیک اسید (c)					
۸/۶۲ ^b	۳۹/۶۴ ^b	۰/۸۶۴ ^b	۶۶/۹۹ ^b	(C ₁)	عدم مصرف سالیسیلیک اسید
۹/۵۶ ^a	۴۲/۸۳ ^a	۰/۸۹۵ ^a	۷۰/۹۳ ^a	(C ₂)	مصرف نیم میلی‌مولار اسید
آبیاری × سوپر جاذب × اسید					
	۴۳/۲۷ ^c	۰/۸۰۲۷ ^d	۷۷/۹۸ ^c	a ₁ b ₁ C ₁	
	۴۶/۰۸ ^{bc}	۰/۸۳۱۰ ^{cd}	۸۰/۱۹ ^b	a ₁ b ₁ C ₂	
	۴۹/۳۴ ^b	۰/۸۳۸۰ ^{cd}	۸۰/۶۹ ^b	a ₁ b ₂ C ₁	
	۵۴/۴۰ ^a	۰/۸۶۰۰ ^{bcd}	۸۵/۳۷ ^a	a ₁ b ₂ C ₂	
	۳۸/۵۷ ^{de}	۰/۸۷۰۰ ^{abcd}	۶۶/۳۹ ^f	a ₂ b ₁ C ₁	
	۳۹/۴۲ ^d	۰/۹۰۳۷ ^{abc}	۷۰/۷۰ ^e	a ₂ b ₁ C ₂	
	۴۳/۲۹ ^c	۰/۸۹۳۷ ^{abc}	۷۳/۵۱ ^d	a ₂ b ₂ C ₁	
	۴۸/۱۱ ^b	۰/۸۸۶۳ ^{abc}	۷۷/۹۵ ^c	a ₂ b ₂ C ₂	
	۲۷/۵۸ ^g	۰/۹۱۵۳ ^{ab}	۵۰/۲۱ ⁱ	a ₃ b ₁ C ₁	
	۳۲/۶۹ ^f	۰/۹۴۴۷ ^a	۵۲/۱۰ ^h	a ₃ b ₁ C ₂	
	۳۵/۸۰ ^{ef}	۰/۹۲۳۰ ^{ab}	۵۳/۱۷ ^h	a ₃ b ₂ C ₁	
	۳۶/۲۹ ^{de}	۰/۹۴۵۰ ^a	۵۹/۲۷ ^g	a ₃ b ₂ C ₂	

میانگین‌های هر گروه در هر ستون که در یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد.

در اثر متقابل آبیاری $\times$ سوپر جاذب، بیشترین محتوای نسبی آب برگ مربوط به زمان آبیاری ۸ روز با ۸۳/۰۳ درصد مربوط به مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب بود (شکل ۴-۷). باتوجه به شکل (۴-۷) به طور کلی با افزایش مدت زمان دور آبیاری از محتوای نسبی آب برگ کاسته شد و کاربرد سوپر جاذب در هر سه سطح آبیاری باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ شد. به نظر می‌رسد هر عاملی که رطوبت بیشتری در اختیار گیاه قرار دهد، مانند آبیاری و کاربرد سوپر جاذب با افزایش محتوای نسبی آب برگ موجب شکل گیری مکان‌های بالقوه بیشتری جهت افزایش محصول تولیدی گیاه، از طریق افزایش ارتفاع، انشعابات جانبی و دوره رشد خواهد شد.



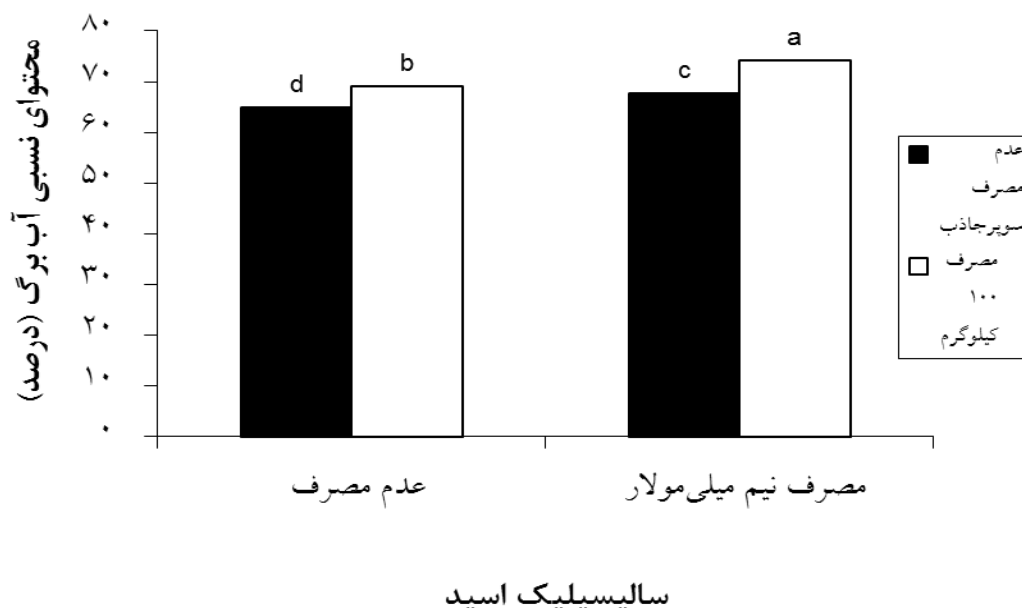
شکل ۴-۷- اثر متقابل دور آبیاری و سوپر جاذب بر محتوای نسبی آب برگ.

تنش خشکی یکی از مهمترین تنش‌های محیطی مؤثر بر بهره‌وری کشاورزی در سراسر جهان است و ممکن است باعث کاهش قابل توجه عملکرد گردد. در شرایط تنش خشکی پتانسیل آب و آماس سلولی کاهش یافته و با اثر بر بسته شدن روزنه‌ها و فعالیت‌های آنزیمی موجب اختلال در عملکرد طبیعی گیاه می‌شود (فاروق و همکاران، ۲۰۰۹). در آزمایشی، تنش خشکی به وسیله کاهش

آب برگ و بستن روزنه‌ها، فعالیت‌های آنزیمی را تحت تأثیر قرار داد و باعث کاهش عملکرد گردید (فرخ نیا و همکاران، ۲۰۱۱). گیرما و کریگ (۱۹۹۲) گزارش کردند که با کاهش میزان آبیاری، محتوی نسبی آب برگ کاهش می‌یابد.

مائو و همکاران (۲۰۱۱) بیان داشتند که با افزایش میزان سوپر جاذب در خاک میزان محتوی نسبی آب برگ افزایش می‌یابد.

نتایج آزمایش نشان داد که با مصرف سوپرجاذب، محتوای نسبی آب برگ در هر دو سطح سالیسیلیک اسید به میزان معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۷۴/۲) به تیمار مصرف سوپرجاذب در مصرف نیم میلی‌مولار سالیسیلیک اسید اختصاص داشت. نتایج حاکی از آن است که مصرف سوپرجاذب واکنش بیشتری به افزایش مصرف سالیسیلیک اسید نشان داده است (شکل ۴-۸).



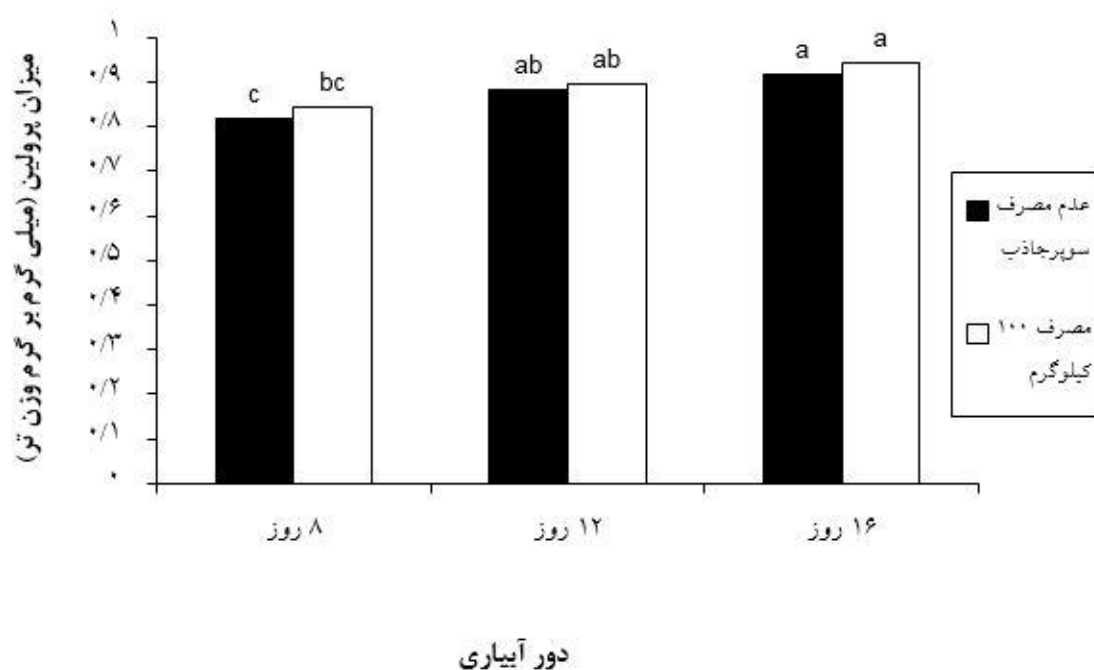
شکل ۴-۸- اثر متقابل سوپرجاذب و سالیسیلیک اسید بر محتوای نسبی آب برگ.

کاهش محتوای نسبی آب برگ باعث کاهش هدایت روزنه‌ای و کاهش دی اکسید کربن در دسترس گیاه شده و میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد. پایین آمدن میزان فتوسنتز، باعث عدم توسعه مطلوب سطح برگ و کاهش تجمع ماده خشک در واحد سطح برگ می‌گردد. مجموع این عوامل منجر به کاهش دوام سطح برگ و میزان فتوسنتز خالص و در نتیجه کاهش عملکرد می‌شود.

براساس جدول (۳-۴) اثر سه جانبه آبیاری × سوپر جاذب × سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. در اثر اثر سه جانبه آبیاری × سوپر جاذب × سالیسیلیک اسید، بیشترین محتوای نسبی آب برگ به تیمار آبیاری ۸ روزه، مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب و مصرف نیم میلی‌مولار سالیسیلیک اسید با میانگین ۸۵/۳۷ درصد اختصاص داشت (جدول ۴-۴).

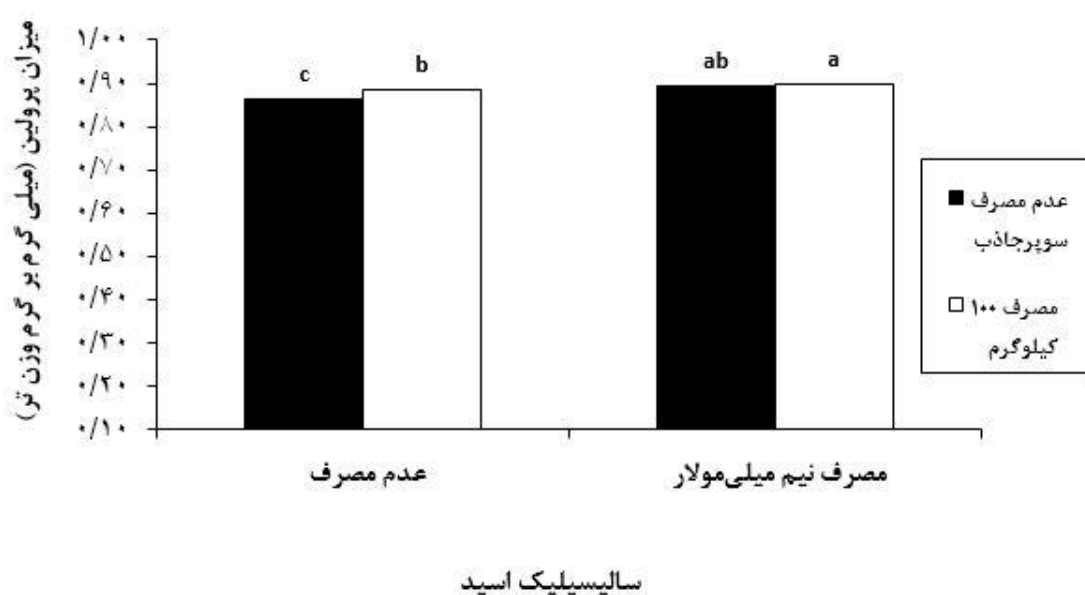
۷-۴- میزان پرولین

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد میزان پرولین به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (جدول ۳-۴). همانگونه که در جدول ۳-۴ مشاهده می‌شود به غیر از اثر متقابل آبیاری × سالیسیلیک اسید که معنی‌دار نبود، بقیه اثرات متقابل معنی‌دار بوده است. از نظر اثر متقابل آبیاری × سوپر جاذب، نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری در میزان پرولین تیماردور آبیاری ۱۶ روزه با استفاده از مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب با تیمار دور آبیاری ۸ روزه و بدون استفاده از سوپر جاذب وجود دارد (شکل ۴-۹).



شکل ۴-۹- اثر متقابل دور آبیاری و سوپرجاذب بر میزان پرولین.

از نظر اثر متقابل سوپرجاذب $\times$ سالیسیلیک اسید، نتایج نشان داد که اختلاف معنی داری در میزان پرولین تیمار مصرف نیم میلی مولار سالیسیلیک اسید و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب با تیمار عدم مصرف سالیسیلیک اسید و عدم مصرف سوپرجاذب وجود دارد (شکل ۴-۱۰).



شکل ۴-۱۰- اثر متقابل سوپرجاذب و سالیسیلیک اسید بر میزان پرولین.

پرولین یکی از ترکیبات مهم در واکنش های دفاعی گیاهان در برابر تنش است. هنگام تنش شوری و کمبود آب در دانه رست های گندم، سالیسیلیک اسید باعث القای تجمع پرولین در دانه رست ها می شود که با دخالت آبسزیک اسید حمایت می شود. در نتیجه کاهش تأثیرات زیان آور تنش شوری و کم آبی روی رشد دانه رست ها صورت می گیرد. شوری باعث کاهش رشد دانه رست های گندم می شود، اما وقتی این دانه رست ها با سالیسیلیک اسید تیمار می شوند و در وزن تر و خشک آن ها افزایش مشاهده می شود. بنابر این به نظر می رسد سالیسیلیک اسید در توسعه ی استراتژی های ضد تنش در سلول های گیاهی نقش داشته باشد (ساخابوت دینوا و فتخوت دینوا، ۲۰۰۳).

تیمار با سالیسیلیک اسید یک افزایش در سطح آبسزیک اسید را نشان می دهد که بیانگر افزایش واکنش های حفاظتی برای کاهش اثرات تنش روی رشد و تسریع میزان رشد و افزایش واکنش های ضد تنشی مثل ذخیره ی پرولین است (فریدا و همکاران، ۲۰۰۳).

ابراهیمی و جعفری حقیقی (۱۳۹۱) در آزمایشی که بر روی اثر کاربرد سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت در شرایط تنش خشکی داشتند مشاهده کردند که اثرات تنش همچون کاهش سطح برگ در غلظت های ۱ میلی مولار هورمون تا حدی کنترل شده است که این موضوع می تواند به میزان تجمع پرولین در برگ و دیگر تغییرات فیزیولوژیکی در گیاه اشاره کند. بنابراین بر اساس نتایج بدست آمده از آزمایش آنها مشخص گردید که غلظت ۱ میلی مولار سالیسیلیک اسید می تواند برای کشت ذرت در مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند، در جهت دستیابی به عملکرد مطلوب مناسب باشد.

براساس جدول (۳-۴) اثر سه جانبه آبیاری × سوپر جاذب × سالیسیلیک اسید در سطح احتمال ۵٪ معنی دار بود. در اثر سه جانبه آبیاری × سوپر جاذب × سالیسیلیک اسید، بیشترین میزان پرولین به تیمار آبیاری ۱۶ روزه، عدم مصرف سوپر جاذب و مصرف نیم میلی مولار سالیسیلیک اسید با میانگین ۰/۹۴۴۷ میلی گرم بر گرم وزن تر اختصاص داشت (جدول ۴-۴).

۴-۸- عملکرد علوفه تر چین اول

در این پژوهش تمام تیمارهای مختلف مورد بررسی، تأثیر معنی داری بر صفت عملکرد علوفه تر چین اول در سطح احتمال ۱٪ داشتند، ولی هیچ کدام از اثرات متقابل معنی دار نبودند و فقط اثر سه جانبه در سطح احتمال ۵٪ معنی دار بود (جدول ۴-۳).

در اثر سه جانبه آبیاری × سوپر جاذب × سالیسیلیک اسید، بیشترین عملکرد علوفه تر چین اول به تیمار آبیاری ۸ روزه، مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب و مصرف نیم میلی مولار سالیسیلیک اسید با میانگین ۵۴/۴۰ تن در هکتار اختصاص داشت (جدول ۴-۴).

از جمله فاکتورهای فیزیولوژیکی که در اثر خشکی تحت تأثیر قرار می گیرد، بازدارندگی فتوسنتز و در نهایت کاهش تولید می باشد (چاوست و همکاران، ۲۰۰۲). در مرحله دوره رشد رویشی، تنش خشکی از طریق کاهش شاخص سطح برگ، موجب کاهش تولید ماده خشک و کاهش عملکرد گیاه می شود (رستمی و همکاران، ۲۰۰۳). در یک مطالعه دیگر تأثیر تنش خشکی روی گلرنگ نشان داد که سطح برگ، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه و تعداد طبق در اثر تنش خشکی کاهش پیدا کرد و باوجود کاهش ماده خشک ساقه و ریشه، نسبت ریشه به ساقه افزایش داشت (هانگ و ایوانس، ۱۹۸۵).

به نظر می رسد با افزودن پلیمرهای سوپر جاذب به خاک، ظرفیت نگهداری آب در خاک بالا می رود و گیاه برای مدت طولانی تری به آب دسترسی دارد. همچنین پلیمر سوپر جاذب 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 و همراه با آبیاری، شرایط برای بهبود عملکرد فراهم می شود.

توحیدی مقدم و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی مقایسه پاسخ ۶ ژنوتیپ مختلف کلزا تحت تنش خشکی و کاربرد هیدروژل سوپر جاذب نشان دادند که در تنش خشکی کاهش فتوسنتز و محتوای کلروفیل مشاهده شد. در این مطالعه پلیمر سوپر جاذب قادر بود که اثرات مخرب کمبود آب را بوسیله جذب، حفظ و نگهداری آب را به طور معنی داری کاهش دهد. همچنین مشاهده کردند که عملکرد افزایش نشان داد و نیاز آبی کاهش یافت که در نتیجه کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب اعلام گردید.

یوسفی فرد و همکاران (۱۳۹۰) تاثیر استفاده از سوپرجاذب بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه سینگل کراس ۷۰۴ را در شرایط آب و هوایی لرستان را بررسی کردند. نتایج نشان دهنده آن بوده که در صورت استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب علاوه بر افزایش عملکرد محصول، کارایی مصرف آب هم افزایش یافته است.

مطالعات نشان می‌دهد سالیسیلیک اسید می‌تواند فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانسی را تنظیم کند و مقاومت گیاه به تنش را افزایش دهد (هی و همکاران، ۲۰۰۲). سالیسیلیک اسید افزایش پراکسیداسیون لیپیدها ناشی از اتیلن را کاهش می‌دهد، به این شکل که سالیسیلیک اسید با کاهش پراکسیداسیو لیپیدها از طریق اثر بر مکانیزم‌های آنزیمی و غیر آنزیمی گیاه را در مقابل تنش‌های اکسیداتیو محافظت می‌کنند، سالیسیلیک اسید با اثر بر روی H_2O_2 توان اکسیداتیو را کاهش می‌دهد (داوویس، ۲۰۰۵).

نتایج آزمایش احمدی‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) نشان داد که محلول پاشی با غلظت دو میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بیشترین تاثیر را بر صفات مورد بررسی داشت و موجب افزایش ارتفاع بوته، عملکرد علوفه تر، عملکرد علوفه خشک، کلروفیل، وزن هزار دانه، عملکرد زیستی و عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۱۵/۰، ۸/۱، ۸/۲، ۱۶/۷، ۱۵/۳، ۹/۳ و ۱۹/۱ درصد نسبت به تیمار شاهد شد.

۹-۴- عملکرد علوفه خشک چین اول

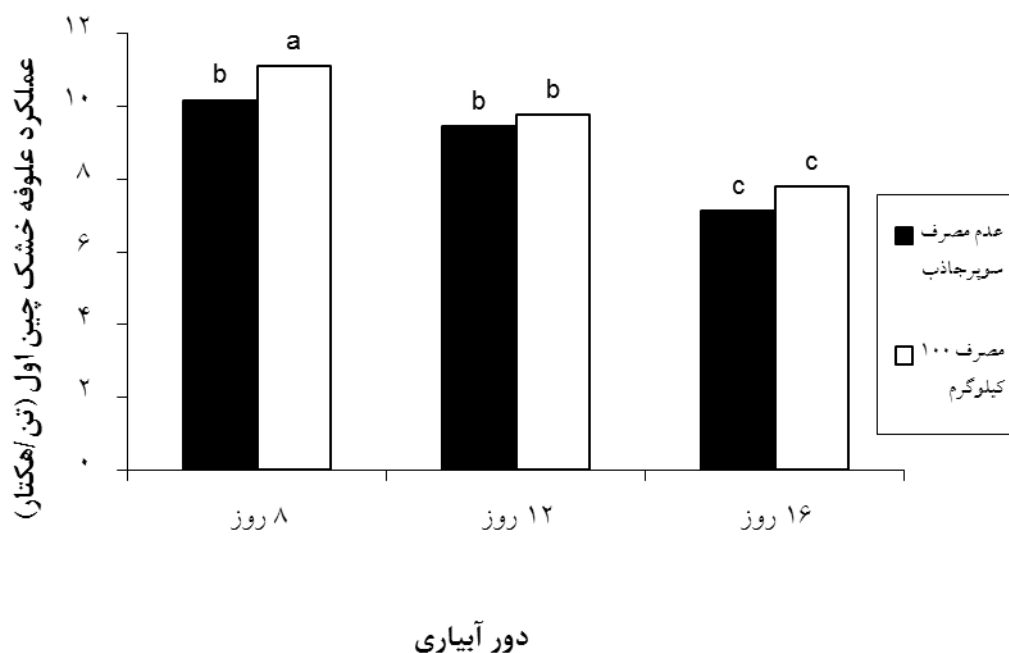
تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد بین دوره‌های مختلف آبیاری، سوپرجاذب و سالیسیلیک اسید مورد آزمایش، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد (جدول ۴-۳)، همچنین به غیر از اثر متقابل آبیاری × سوپرجاذب که در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود، بقیه اثرات متقابل معنی‌دار نبوده است (جدول ۴-۴).

در جدول ۴-۴ مقایسه میانگین صفت عملکرد علوفه خشک چین اول آورده شده است. مطابق این جدول، با مصرف نیم میلی مولار سالیسیلیک اسید، عملکرد علوفه خشک چین اول افزایش یافت،

بیشترین عملکرد علوفه خشک چین اول با میانگین ۹/۵۶ تن در هکتار در تیمار مصرف اسید و کمترین عملکرد علوفه خشک چین اول با میانگین ۸/۶۲ تن در هکتار در تیمار عدم مصرف اسید به- دست آمد، این افزایش عملکرد علوفه خشک چین اول در تیمار مصرف اسید نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف اسید)، ۱۰/۹۱٪ بود.

تایب (۲۰۰۵) گزارش کرد که سالیسیلیک اسید رشد را در گیاه جو افزایش داد. تاثیر پیش تیمار سالیسیلیک اسید بر درصد سبز کردن، شاخص سبز کردن، وزن تر و خشک برگ گیاهچه و وزن مخصوص برگ معنی دار می باشد (میار صادقی و همکاران، ۱۳۸۹).

از نظر اثر متقابل آبیاری × سوپرچاد، بیشترین عملکرد علوفه خشک چین اول به دور آبیاری ۸ روز با میانگین ۱۱/۱۱ تن در هکتار در مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرچاد اختصاص داشت (شکل ۴-۱۱). باتوجه به شکل به نظر می رسد که مصرف سوپرچاد واکنش مثبت تری به تنش خشکی داشته است و مصرف سوپرچاد، مضاف بر اینکه میزان اثر تنش خشکی را کاهش داده، عملکرد علوفه خشک چین اول را نیز در تمامی دوره های آبیاری افزایش داده است.



شکل ۴-۱۱- اثر متقابل دور آبیاری و سوپر جاذب بر عملکرد علوفه خشک چین اول.

براساس نتایج این تحقیق، به نظر می‌رسد که تنش خشکی با کاهش سرعت رشد و سطح برگ و همچنین تاثیر منفی بر باز بودن روزنه‌ها، جذب دی اکسید کربن و سرعت فتوسنتز کاهش می‌یابد که باعث کاهش وزن خشک سورگوم شد. اولین عکس‌العمل گیاه به تنش خشکی پس از بسته شدن روزنه‌ها، کاهش رشد برگ‌ها و نهایتاً کاهش تولید مواد فتوسنتزی خواهد بود که در نهایت منجر به کاهش وزن خشک کل گیاه می‌گردد (نیومن، ۱۹۹۵).

برخی از محققان نیز با مطالعه اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه اعلام نمودند که وزن خشک بوته، اولین عامل در گیاه زراعی است که با قطع آبیاری دچار کاهش می‌شود و درحالی که قطع آبیاری در مراحل رشد سریع گیاه اتفاق بیافتد میزان خسارت آن زیادتر خواهد شد، ولی کاهش میزان آب در دسترس گیاه در اواخر مراحل رشد، تأثیر کمتری بر تجمع ماده خشک گیاه دارد (امیدی، ۱۳۸۹).

سوپرجاذب می‌تواند مقادیر زیاد آب حاصل از آب آبیاری را در خود ذخیره و از نفوذ عمقی و تلفات آن جلوگیری کند. آب ذخیره شده در این مواد در مواقع کم آبی در خاک آزاد شده و مورد استفاده ریشه گیاه قرار می‌گیرد که این مکانیسم باعث می‌شود تا گیاه در طول دوره رشد دچار تنش نشود و عملکرد افزایش یابد.

خادم و همکاران (۱۳۹۰) تأثیر تنش خشکی و کاربرد نسبت‌های مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که در نتیجه‌ی کاربرد کود دامی و پلیمر سوپرجاذب بر تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و ماده خشک افزوده شد.

۴-۱۰- درصد پروتئین گیاه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد دوره‌های مختلف آبیاری و مصرف سالیسیلیک اسید مورد آزمایش، تأثیر معنی داری در سطح احتمال ۱٪ و کاربرد سوپرجاذب تأثیر معنی داری در سطح احتمال ۵٪ بر صفت درصد پروتئین دارند (جدول ۴-۵). همچنین مطابق این جدول، هیچ یک از اثرات متقابل، معنی دار نبود.

در جدول ۴-۶ مقایسه میانگین صفت درصد پروتئین گیاه آورده شده است. مطابق این جدول، با افزایش زمان دور آبیاری، درصد پروتئین گیاه کاهش یافت، حداکثر درصد پروتئین با میانگین ۱۱/۳۹ درصد در دور آبیاری ۸ روزه و کمترین درصد پروتئین با میانگین ۸/۸۲ درصد در دور آبیاری ۱۶ روزه به دست آمد.

کاهش پروتئین در شرایط کم آبی می‌تواند به دلیل کاهش تولید آن باشد که در نتیجه کاهش پلی ریبوزوم‌ها و مونوریبوزوم‌ها رخ می‌دهد، شاید هم دلیل دیگر آن، افزایش هیدرولیز پروتئین توسط گونه‌های اکسیژن فعال باشد (ایتوربه اورمالکته و همکاران، ۱۹۹۸، هور و نادر، ۱۹۹۸).

تنش ناشی از کمبود آب سبب کاهش رشد قسمت‌های مختلف گیاه اعم از ریشه‌ها، سطح برگ، ارتفاع بوته، وزن خشک، فتوسنتز و بسته شدن روزنه‌ها، تعرق، تخریب آنزیم‌ها، پروتئین‌ها و تغییر در سنتز پروتئین‌ها، تجمع اسیدهای آمینه و کاهش کلروفیل می‌شود (کوچکی و همکاران، ۲۰۰۴).

جدول ۴-۵- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی و اثرات متقابل آن‌ها بر صفات مورد مطالعه در سورگوم علوفه‌ای

میانگین مربعات					
منبع تغییرات	درجه	درصد	درصد	عملکرد علوفه	عملکرد علوفه
	آزادی	پروتئین	خاکستر	تر چین دوم	خشک چین دوم
تکرار	۲	۰/۰۴۲ ns	۰/۲۴۶ *	۴۸/۴۶۰ *	۰/۴۲۳ ns
آبیاری	۲	۲۰/۷۶۲**	۲۳/۱۱۴ **	۷۳۵/۲۶۹**	۴۸/۷۷۰**
خطای اول	۴	۰/۲۱۷	۰/۰۱۴	۱/۰۱۲	۱/۱۱۲
سوپرچاذب	۱	۰/۴۹۹*	۱/۷۲۰ *	۲۷۰/۱۰۷**	۷/۴۰۰**
آبیاری × سوپرچاذب	۲	۰/۰۸۰ ns	۱/۴۵۰ **	۰/۷۸۰ ns	۰/۰۵۳ ns
سالیسیلیک اسید	۱	۴/۲۷۱**	۳/۶۰۴ **	۴۳/۹۰۲ **	۱/۳۴۹*
آبیاری × سالیسیلیک اسید	۲	۰/۰۲۴ ns	۰/۰۵۳ ns	۳/۹۳۰ ns	۱/۳۳۱ *
سوپرچاذب × سالیسیلیک اسید	۱	۰/۰۶۸ ns	۰/۴۰۷ *	۵/۰۶۳ ns	۰/۶۵۷ ns
آبیاری × سوپرچاذب × سالیسیلیک اسید	۲	۰/۲۹۴ ns	۰/۱۲۶ ns	۵/۲۴۴ *	۱/۵۶۴ *
خطای دوم	۱۸	۰/۲۸۳	۰/۲۱۱	۲/۰۷۵	۰/۲۷۳
ضریب تغییرات (%)	-	۵/۱۸	۲/۴۶	۴/۸۴	۵/۷۰

ns، * و ** به ترتیب نشان دهنده غیر معنی داری و معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده سوپرچاذب نشان داد که بیشترین درصد پروتئین گیاه با میانگین ۱۰/۵۸ درصد مربوط به تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرچاذب و کمترین درصد پروتئین گیاه با میانگین ۱۰/۰۴ درصد مربوط به تیمار عدم مصرف سوپرچاذب می‌باشد (جدول ۴-۶).

یزدانی (۱۳۸۶) در آزمایش خود به این نتیجه رسید که عملکرد دانه، وزن صد دانه، تعداد غلاف در شاخه اصلی، عملکرد روغن دانه، درصد پروتئین و عملکرد پروتئین دانه سویا تحت تأثیر مقادیر مختلف سوپر جاذب قرار گرفتند و با افزایش مقادیر کاربرد سوپر جاذب، صفات یاد شده روند افزایشی نشان دادند.

مقایسه میانگین اثرات ساده سالیسیلیک اسید نشان داد تیمار مصرف نیم میلی-مولار اسید با میانگین ۱۰/۶۱ درصد بیشترین و تیمار عدم مصرف اسید با میانگین ۹/۹۲ درصد کمترین درصد پروتئین گیاه را داشتند (جدول ۴-۶).

سالیسیلیک اسید باعث افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری زا می‌شود (سالیسبری و رز، ۱۹۹۲) مانع ساخت اتیلن شده (رومانی و همکاران، ۱۹۸۹؛ هانگ و همکاران، ۱۹۹۳) و کیفیت پروتئین را نیز تغییر می‌دهد (جانگ و همکاران، ۱۹۹۳).

جدول ۴-۶- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در سورگوم علوفه‌ای.

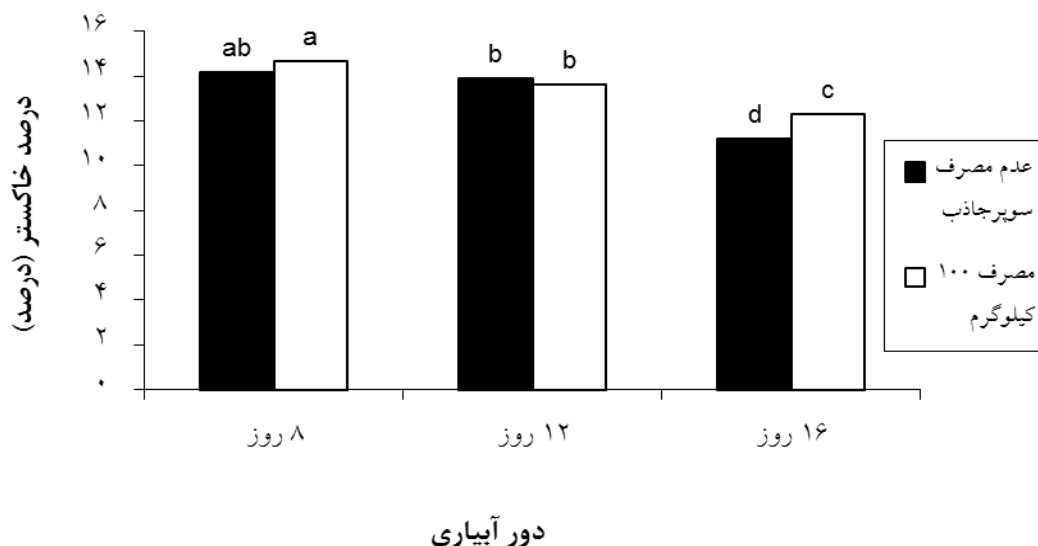
درصد	درصد	عملکرد علوفه	عملکرد علوفه	تیمارها
پروتئین گیاه	خاکستر	تر چین دوم	خشک چین دوم	
(%)	(%)	(ton/ha)	(ton/ha)	
آبیاری (a)				
۱۱/۳۹ ^a	۱۴/۴۰ ^a	۴۳/۶۰ ^a	۱۱/۱۳ ^a	۸ روز (a ₁)
۱۰/۵۸ ^b	۱۳/۷۵ ^b	۳۷/۱۷ ^b	۹/۲۵ ^b	۱۲ روز (a ₂)
۸/۸۲ ^c	۱۱/۷۴ ^c	۲۸/۰۲ ^c	۷/۱۰ ^c	۱۶ روز (a ₃)
سویر جاذب (b)				
۱۰/۵۸ ^a	۱۳/۰۷۵ ^b	۲۹/۰۶ ^b	۸/۷۱ ^b	عدم مصرف سویر جاذب (b ₁)
۱۰/۰۴ ^b	۱۳/۵۱۲ ^a	۳۳/۴۷ ^a	۹/۶۲ ^a	مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (b ₂)
سالیسیلیک اسید (c)				
۹/۹۲ ^b	۱۲/۹۸ ^b	۳۴/۱۶ ^b	۸/۷۷ ^b	عدم مصرف سالیسیلیک اسید (C ₁)
۱۰/۶۱ ^a	۱۳/۶۱ ^a	۳۷/۳۷ ^a	۹/۵۵ ^a	مصرف نیم میلی‌مولار اسید (C ₂)
آبیاری × سویر جاذب × اسید				
		۳۸/۹۹ ^{cd}	۱۰/۳۰ ^b	a ₁ b ₁ C ₁
		۴۱/۲۲ ^{cd}	۱۰/۹۵ ^b	a ₁ b ₁ C ₂
		۴۴/۶۸ ^b	۱۰/۸۵ ^b	a ₁ b ₂ C ₁
		۴۹/۵۱ ^a	۱۲/۴۴ ^a	a ₁ b ₂ C ₂
		۳۴/۱۹ ^e	۸/۶۰ ^{de}	a ₂ b ₁ C ₁
		۳۳/۹۵ ^e	۸/۹۶ ^d	a ₂ b ₁ C ₂
		۳۸/۶۷ ^d	۱۰/۰۷ ^{bc}	a ₂ b ₂ C ₁
		۴۱/۸۵ ^{bc}	۹/۳۷ ^{cd}	a ₂ b ₂ C ₂
		۲۳/۸۰ ^g	۷/۰۵ ^f	a ₃ b ₁ C ₁
		۲۶/۱۹ ^g	۶/۳۹ ^f	a ₃ b ₁ C ₂
		۳۰/۶۱ ^f	۶/۹۴ ^f	a ₃ b ₂ C ₁
		۳۱/۴۸ ^{ef}	۸/۰۳ ^e	a ₃ b ₂ C ₂

میانگین‌های هر گروه در هر ستون که در یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد.

۴-۱۱- درصد خاکستر

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تاثیر تیمارهای آبیاری و سالیسیلیک اسید بر صفت درصد خاکستر در سطح احتمال ۱٪ و اثر سوپر جاذب در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. همچنین به- غیر از اثر متقابل آبیاری $\times$ سوپر جاذب و سوپر جاذب $\times$ سالیسیلیک اسید که به ترتیب در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار بود، بقیه اثرات متقابل معنی‌دار نبوده است (جدول ۴-۵).

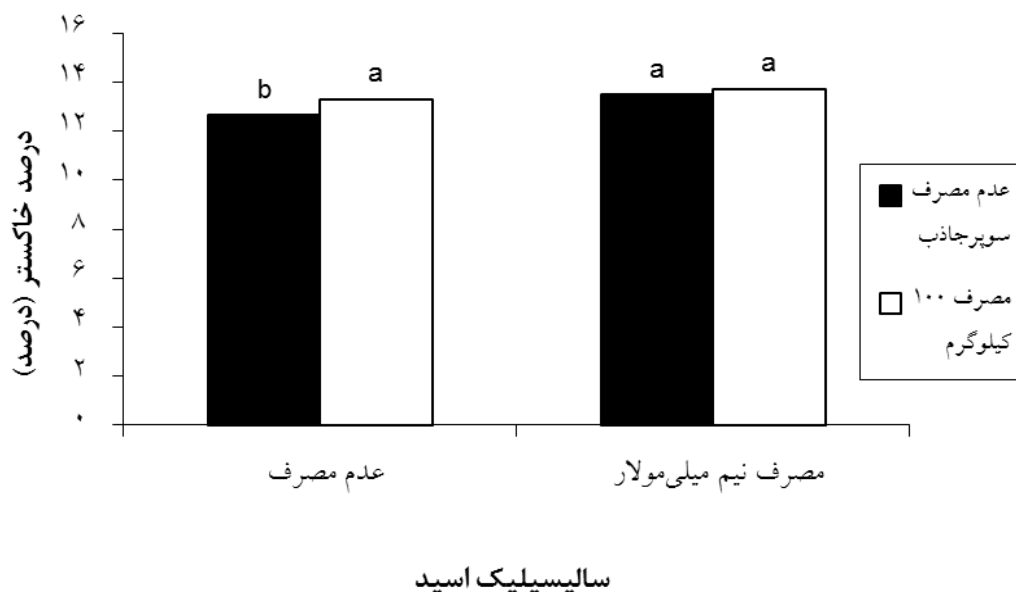
در اثر متقابل آبیاری $\times$ سوپر جاذب، نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری در درصد خاکستر تیمار دور آبیاری ۸ روزه با استفاده از مصرف ۱۰۰ کیلو سوپر جاذب با دور آبیاری ۱۶ روزه عدم مصرف ۱۰۰ کیلو سوپر جاذب وجود دارد (شکل ۴-۱۲).



شکل ۴-۱۲- اثر متقابل دور آبیاری و سوپر جاذب بر درصد خاکستر.

با توجه به اینکه درصد خاکستر بیانگر مقدار مواد معدنی در بافت‌های گیاهی بوده و جذب این مواد توسط ریشه در شرایط خشکی کاهش می‌یابد (لوئیس و فارلان، ۱۹۸۶)، در نتیجه کاهش درصد خاکستر علوفه در این شرایط بسیار محتمل است. کاهش درصد خاکستر علوفه در شرایط تنش خشکی توسط ویلسون (۱۹۸۳) و ناخدا و همکاران (۱۳۷۹) نیز گزارش گردیده است.

نتایج آزمایش نشان داد که با مصرف سوپرجاذب، درصد خاکستر در هر دو سطح سالیسیلیک اسید افزایش یافت. و اختلاف معنی داری در درصد خاکستر تیمار مصرف سوپرجاذب در مصرف نیم میلی-مولار اسید با تیمار عدم مصرف سوپرجاذب در عدم مصرف سالیسیلیک اسید وجود دارد (شکل ۱۳-۴).



شکل ۴-۱۳- اثر متقابل سوپرجاذب و سالیسیلیک اسید بر درصد خاکستر.

به نظر می‌رسد محلول پاشی اسید به طریق برگی باعث افزایش جذب عناصر غذایی می‌گردد و بنابراین افزایش درصد خاکستر را به دنبال دارد.

۴-۱۲- عملکرد علوفه تر چین دوم

در این پژوهش تمام تیمارهای مختلف مورد بررسی، تأثیر معنی‌داری بر صفت عملکرد علوفه تر چین دوم در سطح احتمال ۱٪ داشتند، ولی هیچ کدام از اثرات متقابل معنی دار نبودند و فقط اثر سه جانبه معنی‌دار بود (جدول ۴-۵).

در اثر سه جانبه آبیاری $\times$ سوپر جاذب $\times$ سالیسیلیک اسید، بیشترین عملکرد علوفه تر چین دوم به تیمار آبیاری ۸ روزه، مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب و مصرف نیم میلی مولار سالیسیلیک اسید با میانگین ۴۹/۵۱ تن در هکتار اختصاص داشت (جدول ۴-۶).

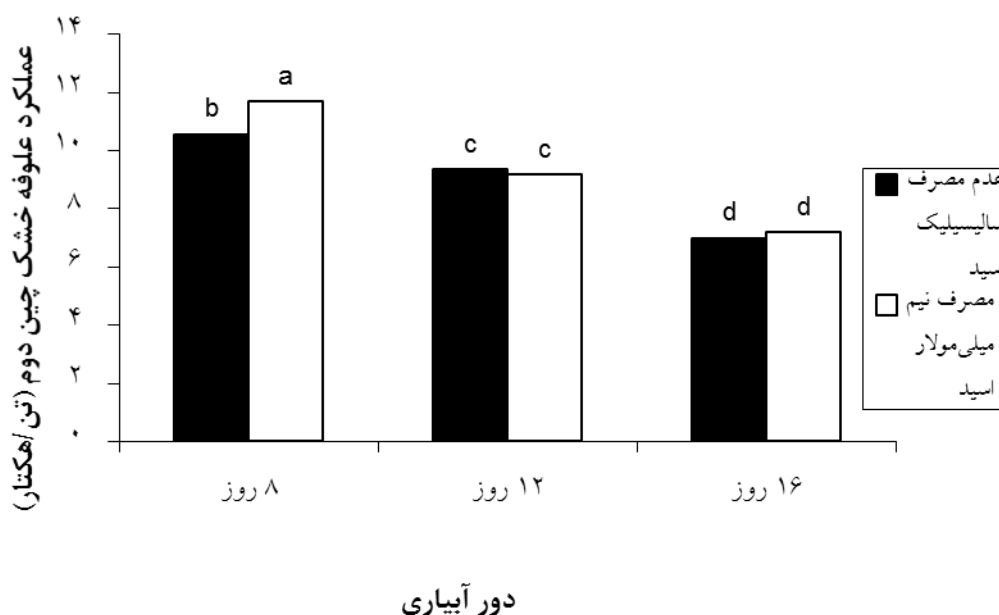
تنش خشکی موجب کاهش اندازه گیاه، تغییر رنگ برگ‌ها، کم شدن دوام سطح برگ‌ها، کاهش ماده خشک تولید شده، کاهش فتوسنتز جاری گیاه و در نتیجه باعث کاهش عملکرد می‌شود (کومار، ۲۰۰۰).

پورپاشا و همکاران (۱۳۹۰) در آزمایشی تاثیر مقادیر مختلف سوپر جاذب و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد رقم زرین گندم را در سال زراعی ۸۸-۸۹ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی ساعت‌لوی ارومیه بررسی کردند نتایج نشان داد مصرف ۲۰۰ کیلو گرم سوپر جاذب در هکتار بیشترین عملکرد دانه را با میانگین ۵۰۲۵ کیلو گرم در هکتار داشت.

۴-۱۳- عملکرد علوفه خشک چین دوم

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد بین دوره‌های مختلف آبیاری و سوپر جاذب، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ و بین سالیسیلیک اسید مورد آزمایش، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ وجود دارد (جدول ۴-۵)، همچنین به غیر از اثر متقابل آبیاری $\times$ سالیسیلیک اسید و اثر سه جانبه که در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود، بقیه اثرات متقابل معنی‌دار نبوده است (جدول ۴-۵).

از نظر اثر متقابل آبیاری $\times$ سالیسیلیک اسید، بیشترین عملکرد علوفه خشک چین دوم به دور آبیاری ۸ روز با میانگین ۱۱/۷۰ تن در هکتار در مصرف نیم میلی مولار سالیسیلیک اسید اختصاص داشت (شکل ۴-۱۴).



شکل ۴-۱۴- اثر متقابل دور آبیاری و سالیسیلیک اسید بر عملکرد علوفه خشک چین دوم.

در اثر سه جانبه آبیاری × سوپر جاذب × سالیسیلیک اسید، بیشترین عملکرد علوفه خشک چین دوم به تیمار آبیاری ۸ روزه، مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب و مصرف نیم میلی مولار سالیسیلیک اسید با میانگین ۱۲/۴۴ تن در هکتار اختصاص داشت (جدول ۴-۲).

کاهش وزن خشک گیاه به دلیل تنش خشکی، بیشتر ناشی از کاهش نور جذب شده توسط سایه-انداز گیاه و یا کاهش بازده استفاده از تابش و یا ترکیبی از این دو می باشد. افزایش یا کاهش این دو عامل تأثیر مستقیمی بر مقدار رشد و عملکرد نهایی گیاه دارد. کاهش بازده استفاده از تابش عمدتاً با کاهش ظرفیت فتوسنتزی برگ همراه است و کاهش فتوسنتز برگ و همچنین کاهش انتقال مواد پرورده به بخش های مختلف اجزای گیاه موجب کاهش ماده خشک هر بوته می شود (تسفای و همکاران، ۲۰۰۶).

فاضلی رستم پور و همکاران (۱۳۹۰)، پژوهشی که درباره اثر تنش آبی و پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت در منطقه بیرجند داشتند گزارش کردند که سوپرجاذب باعث افزایش معنی دار عملکرد دانه گردید. نتایج به دست آمده نشان داد که عملکرد دانه در تیمار شاهد، ۳۵، ۷۰ و ۱۰۵ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار به ترتیب ۸۱/۲۷، ۳۰۳/۱۹۴، ۲۹۴/۳ و ۳۲۴/۴۲ گرم بر مترمربع بود و تفاوت معنی داری بین شاهد با سطوح سوپرجاذب دیده شد.

یزدانی و همکاران (۱۳۸۶) اعلام کردند که کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم پلیمر سوپرجاذب در هکتار بین مقادیری که در آزمایش شان بررسی شدند، بهترین تأثیر را بر رشد و عملکرد سویا در تمامی شرایط آبیاری (آبیاری معمول و یا تحت شرایط تنش خشکی) از خود نشان داد. همچنین افزایش عملکرد دانه و عملکرد زیست توده توسط پلیمر سوپر جاذب در هر دو شرایط تنش و نرمال توسط مسلمی و همکاران (۲۰۱۲) نیز در گیاه ذرت گزارش شده است.

سالیسیلیک اسید و ترکیبات شبیه فنولیک مقاومت گیاهان را در مقابل تنش ها افزایش می دهد (برگمن و همکاران، ۱۹۹۴ و اگنس و همکاران، ۲۰۰۵).

نتیجه گیری

در این مطالعه افزایش دور آبیاری به دلیل کاهش صفاتی مانند تعداد پنجه در بوته، قطر ساقه، ارتفاع ساقه، تعداد برگ در بوته، سطح برگ تک بوته، محتوای نسبی آب برگ، درصد پروتئین و خاکستر باعث کاهش معنی دار عملکرد علوفه تر و خشک گیاه در هر دو چین شد. استفاده از سوپر جاذب و سالیسیلیک اسید توانست بسیاری از صفات مورد بررسی در این آزمایش را فقط در سطح تیمار آبیاری متناظر خود بهبود داد و نقش موثری در کاهش اثرات تنش نداشت. هر چند مطالعات گذشته بر تاثیر سوپر جاذب و سالیسیلیک اسید در کاهش اثرات تنش خشکی تاکید داشته اند، اما نتایج این آزمایش نشان داد که علیرغم اینکه این دو ماده قادرند بسیاری از خصوصیات رویشی گیاه سورگوم را بهبود بخشند ولی در کاهش اثرات تنش رطوبتی در این گیاه موفق نبوده اند. تکرار این آزمایش در سطوح تیماری بالاتر و همچنین سطوح تنش خشکی بالاتر پیشنهاد می شود.

پیشنهادهات

منطقه جاجرم دارای پتانسیل لازم برای کشت سورگوم علوفه‌ای و از عملکرد قابل توجهی برخوردار هست. در این بین، سورگوم علوفه‌ای Speed feed با خصوصیات ممتازی چون داشتن ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ بالا، عملکرد علوفه‌ی تر و خشک، قابلیت برداشت علوفه در چین دوم و در نهایت خصوصیات ممتازی همچون درصد پروتئین بالا از بهترین گیاهان علوفه‌ای در منطقه جاجرم می‌باشد. در همین راستا پیشنهاد می‌شود:

- با توجه به یک ساله بودن این تحقیق، جهت ارائه نتایج مستدل‌تر و بهتر، این آزمایش به صورت دو ساله و با سطوح تیماری بیشتر در منطقه تکرار شود.
- ارقام دیگری به غیر از رقم استفاده شده و دوره‌های دیگر آبیاری نیز مورد مطالعه و بررسی قرار گیرند.
- انواع دیگر سوپرجاذب‌های موجود در بازار و سطوح مختلف میزان مصرف سوپرجاذب و سالیسیلیک اسید نیز مورد مطالعه و بررسی قرار گیرند.
- ارتباط تنگاتنگی بین مراکز تحقیقاتی، ترویجی و اجرایی و کشاورزان جهت انتقال یافته‌های تحقیقاتی بوجود آید.

فهرست منابع

- ۱- ابراهیمی، م و ب. جعفری حقیقی، ۱۳۹۱. اثر کاربرد سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت در شرایط تنش خشکی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی، سال چهارم، شماره اول، صفحات: ۱-۱۳.
- ۲- ابوالحسنی، خ. ۱۳۸۱. ارزیابی لاین های حاصل از توده های بومی گلرنگ در دو رژیم رطوبتی. پایان نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۳- احمدی زاده، ا. غ. ر. خواجهی نژاد و ر. ا. عبدالشاهی. ۱۳۹۶. تاثیر سالیسیلیک اسید بر ویژگی های مورفولوژیک و عملکرد ارقام سورگوم تحت رژیم های مختلف آبیاری. تحقیقات غلات، دوره هفتم، شماره چهارم، ۶۰۳-۵۹۱.
- ۴- آقاعلیخانی، م. ۱۳۷۲. بررسی تأثیر مقادیر مختلف و شیوه توزیع کود ازته بر منحنی رشد و خصوصیات کمی و کیفی سورگوم علوفه ای. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه تربیت مدرس، ۲۱۳ صفحه.
- ۵- امیدی، ا. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی در مراحل رشدی مختلف بر عملکرد دانه و برخی ویژگیهای زراعی و فیزیولوژیکی سه رقم گلرنگ بهاره. مجله به زراعی نهال و بذر، جلد ۲۵ (۱): ۳۱-۱۵.
- ۶- امیدی، ا. ح.، اکبرلو، ح.، صمدی فیروزآبادی، ب. ۱۳۸۴. گلرنگ: خواص، انواع، ارقام، تولید و فرآوری. انتشارات دانش نگار.
- ۷- امینیان، ر.، م. پاکنژاد و س. م. حسینی. ۱۳۹۶. تأثیر نانو دیاکسید تیتانیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ تحت شرایط آبیاری معمولی و تنش کم آبیاری. تنشهای محیطی در علوم زراعی، جلد دهم، شماره سوم: ۳۹۰-۳۷۷.
- ۸- آنالقی، ا.، م. کشمیری و ح. مختارپور. ۱۳۷۹. بررسی ارقام داخلی سورگوم علوفه ای در مقایسه با رقم هیبرید اسپیدفید. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال هفتم، شماره ۴، صفحات: ۷۳-۸۳.
- ۹- المدرس، ع.، ر. طاهری و و. صفوی. ۱۳۸۷. سورگوم، گیاه شناسی، زراعت و بیوتکنولوژی. انتشارات جهاد دانشگاهی اصفهان. ۲۶۴ صفحه.
- ۱۰- اله دادی، ا و ب، موذن قمصری. ۱۳۸۴. بررسی تاثیر مقادیر مختلف سوپر آب آ - ۲۰۰ و سطوح مختلف آبیاری بر رشد و عملکرد ذرت علوفه ای. مجموعه مقالات سومین دوره تخصصی - آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروزل های سوپر جاذب تهران، ایران.
- ۱۱- الهیاری، س.، ا. گلچین و ع. ر. واعظی. ۱۳۹۲. مطالعه تأثیر کاربرد پلیمر سوپر جاذب آب بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم نخود تحت شرایط دیم. مجله پژوهش های تولید گیاهی، جلد بیستم، شماره اول، صفحات: ۱۴۰-۱۲۵.

۱۲- پور پاشا، م.، رشدی، م.، رضایی، م.، و مشعشی، ک. ۱۳۹۰. تاثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن و پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (رقم زرین). مجله پژوهش در علوم زراعی. ۳ (۱۲): ۸۵-۹۷.

۱۳- توربوریان، ش.، ب. پاساری و خ. محمدی. ۱۳۹۷. اثر محلولپاشی رس کائولین و قطع آبیاری بر خصوصیات کمی گیاه گلرنگ. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز- سال هفتم، شماره سی و هفتم، بهار ۹۳: ۶۳-۴۹.

۱۴- توکلی، ا. ۱۳۸۱. بررسی اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و عملکرد روغن گلرنگ. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۱۵- جهاننیده، ز.، ن.ع. ساجدی و ع. جهاننیده. ۱۳۹۱. تاثیر فصل کشت و سطوح مختلف سوپرجاذب بر برخی از صفات زراعی دو رقم نخود دیم. دوازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، ۵ صفحه.

۱۶- حسینی ابری، ع.، م. پرهیزکار، د. ارادتمند اصلی و پ. مرادی. ۱۳۸۹. تأثیر سطوح مختلف زئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گلرنگ دومین همایش ملی کشاورزی و توسعه پایدار، فرصت ها و چالش های پیش رو، اسفند ۸۹، دانشگاه آزاد اسلامی شیراز.

۱۷- خادم، ع.، م. رمرودی و م. گلوی. ۱۳۹۰. تأثیر تنش خشکی و کاربرد نسبت های مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای (*Zea mays* L.). مجله علوم گیاهان زراعی ایران ۴۲: (۱)، ۱۱۵ تا ۱۲۳.

۱۸- خشنود، ا. ۱۳۸۷. جزوه کارشناسی ارشد "تنش های گیاهی و مقاومت به خشکی" دانشگاه آزاد اسلامی بجنورد، ۱۱۲ صفحه.

۱۹- خلیلی محله، ج.، م. تاج بخش، ا. فیاض مقدم و ع. ا. سیادت. ۱۳۸۶. تاثیر تراکم بوته بر ویژگی های کمی و کیفی هیبریدهای سورگوم علوفه ای در کشت دوم. نشریه پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ۷۵، صفحات: ۶۷-۵۹.

۲۰- رستمی، م. ۱۳۸۳. اثر تن خشکی آخر فصل بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک ارقام گندم و تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد. زینلی، ا. ۱۳۷۸. گلرنگ (شناخت، تولید و مصرف). دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۲۱- رضوانی مقدم، پ. ۱۳۶۹. اثر مقادیر مختلف کود ازته بر ارزش غذایی، عملکرد و خصوصیات رشد چهار رقم سورگوم علوفه ای. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۴۴ صفحه.

۲۲- سرمدنیا، غ. ۱۳۷۲. اهمیت تنش های محیطی در زراعت، مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران، صفحات ۱۵۷-۱۶۹.

- ۲۳- شیراسماعیلی، غ.، ع.ا. مقصودی مود، غ. خواجهویی نژاد و ر. عبدالشاهی. ۱۳۹۶. بررسی واکنش ارقام گلرنگ به تیمارهای آبیاری در کشت های بهاره و تابستانه. نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۰ - شماره ۳- پاییز ۱۱۶: ۹۶-۵۲-۳۶.
- ۲۴- طاهری امیری. ع.، ح. شریفیان و م. حسام. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر بکارگیری سوپر جاذب بر عملکرد سویا. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۴ صفحه.
- ۲۵- طلایی ع. و اسدزاده ع. ۱۳۸۴. بررسی تأثیر هیدروژل های سوپر جاذب در کاهش خشکی درختان زیتون. سومین دوره آموزشی و سمینار کاربرد کشاورزی هیدروژل های سوپر جاذب. پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران.
- ۲۶- غلامی، م. ۱۳۸۵. سوپر جاذب ها. مجله معماری سبز، شماره ۱۰۱، ۴۱ صفحه.
- ۲۷- فاضلی رستم پور، م.، م. ج. ثقه الاسلامی و س. غ. ر. موسوی. ۱۳۹۰. اثر تنش آبی و پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت در منطقه بیرجند. مجله تنش های محیطی در علوم زراعی، جلد چهارم، شماره اول، نیمه اول، صفحات: ۱۹-۱۱.
- ۲۸- فتحی، ق. ۱۳۷۸. رشد و تغذیه گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۳۷۲ صفحه.
- ۲۹- فراست، م.، ن. ع. ساجدی و م. میرزاخانی. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ های گلرنگ بهاره. نشریه پژوهش های زراعی ایران، ۱۰ (۲): ۳۴۶-۳۵۳.
- ۳۰- فرجام، س.، م. جعفرزاده و و. توشیح. ۱۳۸۳. بررسی اثرات سوپر جاذب و تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود دیم تلقیح شده با باکتری مزورایزوبیوم. دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران.
- ۳۱- فومن اجیر لو، ع. ۱۳۷۵. گزارش نهایی اصلاح سورگوم در ایران در سال های ۷۵-۱۳۶۵. همراه با نتایج تحقیقات به نژادی آن. صفحات: ۱۱-۶.
- ۳۲- کبیری، ک. ۱۳۸۴. هیدروژل های سوپر جاذب (معرفی و کاربرد ها). مجموعه مقالات سومین دوره آموزشی و سمینار تخصصی کاربرد کشاورزی هیدروژل های سوپر جاذب، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، تهران.
- ۳۳- کافی، م.، ا. زند و ب. کامکار. (مترجمان). ۱۳۷۹. فیزیولوژی گیاهی. جهاد دانشگاهی مشهد.
- ۳۴- کوچکی، ع. و ج. خلقانی. ۱۳۷۴. شناخت مبانی تولید محصولات زراعی (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۱۸۸، ۵۳۶ صفحه.
- ۳۵- کوچکی، ع.، ح. خیابانی و غ. سرمدنیا. ۱۳۶۶. تولید محصولات زراعی (ترجمه) انتشارات فرهنگی رضوی مشهد.
- ۳۶- محبی، س. ۱۳۷۵. بررسی تأثیر فاصله بوته و تاریخ کاشت بر صفات کمی و کیفی سورگوم علوفه ای. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، ۱۱۰ صفحه.

۳۷-مرادی مرجانه، ا و م. گلدانی. ۱۳۹۰. ارزیابی سطوح مختلف سالیسیلیک اسید بر تعدادی شاخص های رشد گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) تحت شرایط کم آبیاری. مجله تنشهای محیطی در علوم زراعی، جلد چهارم، شماره اول، نیمه اول، صفحات: ۴۵-۳۳.

۳۸- معاونت تولیدات گیاهی. ۱۳۸۶. معرفی سورگوم. وزارت جهاد کشاورزی. سایت وزارتخانه www.maj.ir

۳۹-ناخدا ب، ا. هاشمی دزفولی و ن. بنی صدر. ۱۳۷۹. بررسی تنش کم آبی بر عملکرد علوفه و خصوصیات کیفی ارزن علوفه ای نوتریفید. مجله علوم کشاورزی ایران، شماره ۴، ۷۱۲-۷۰۱.

۴۰-نورمحمدی، ق.، ع. کاشانی و ع.ا. سیادت. ۱۳۷۷. زراعت غلات، جلد اول، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۴۷۶ صفحه.

۴۱-هاشمی دزفولی، ا. و کوچکی، ع. و بنایان اول، م. ۱۳۷۴. افزایش عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۷ صفحه.

۴۲-یزدانی، ف.، ا. اله دادی، غ.ع. اکبری و م.ر. بهبهانی. ۱۳۸۶. تأثیر مقادیر پلیمرسوپرجاذب و سطوح تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی شماره ۷۵، تابستان ۱۳۸۶. صفحات ۱۷۴-۱۶۸.

۴۳-یزدی صمدی، ب. ۱۳۷۵. بررسی مقاومت به خشکی در ارقام ایرانی و خارجی گلرنگ. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲: ۱۱-۶.

۴۴-یوسفی فرد، ی.، ع. عصاره و م. کلهر. ۱۳۹۰. تأثیر استفاده از سوپر جاذب، بر عملکرد و اجزا عملکرد ذرت دانه ای سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط آب و هوایی لرستان. علوم و مهندسی آب، دوره ۱، شماره ۳، صفحات: ۱۶-۷.

- 45- **Abedi, T. and Pakniyat, H. 2012.** Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivar of oilseed rap (*Brassica napus* L.). *Plant Breeding* 46 (4): 27-34.
- 46- **Abedi-koupai J and Asadkazemi J, 2006.** Effect of hydrophilic polymer on the field performance of an ornamental plant (*Cupressus arizonica*) under reduced irrigation regimes. *Iranian Polymer Journal* 15(9). 715-725.
- 47- **Abel, G.H., 1976.** Effects of irrigation regimes, planting date, nitrogen levels, and spacing on safflower cultivar. *Agron. J.* 68, 448-451.
- 48- **Al-Harbi, A.R., A.M. Al-Omran, A.A. Shalalay, and M.L. Choudhary. 1999.** Efficacy of a hydrophilic polymer declines with time in greenhouse experiments. *HortScience* 34(2): 223-224.
- 49- **Alizadeh, K. and J. Carapetian. 2006.** Genetic variation in a safflower germplasm grown in rainfall cold drylands. *Agron. J.*, 5: 50-52.
- 50- **Almansouri, M., J. M. Kinet. and S. Lutts. 2001.** Effect of salt and osmotic stress on germination in durum wheat (*Triticum aestivum* Desf.). *Plant and Soil.* 231: 243-254.

- 51- **Basra, S. M. A., Afzal, I., Rashid, A. R. and Farooq, M., 2006.** Pre-sowing seed treatment to improve germination and seedling growth in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cadernode Pesquisa Ser. Bio., Santa Cruz de Sul*, 17: 155-164.
- 52- **Behdani, M.A., Jami Al-Ahmadi, M., 2008.** Evaluation of growth and yield safflower cultivars in different planting dates. *Iranian J. Field Crops Res.* 6(2), 245-254. [In Persian with English summary].
- 53- **Ben-Hur, M., and J.Letey. 1989.** Effect of polysaccharides, clay dispersion, and impact energy on water infiltration. *Soil Science Society of America Journal* 53: 233-238.
- 54- **Blackman, V.H. 1919.** The compound interest law and plant growth. *Ann. Bot.* 33: 353-360.
- 55- **Bowman, D.C. and R.Y. Evans. 1991.** Calcium inhibition of polyacrylamide gel hydration is partially reversible by potassium. *Hort Science* 26(8):1063-1065.
- 56- **Bradford, K.J., 1994.** Water stress and water relations of seed development: A critical review. *Crop. Sci.* 34, 1-11.
- 57- **Bullock, D.G., R.L. Nielsen and W.E. Nyquist. 1988.** Agrowth analysis camparison of corn growth in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Sci.* 28:254-258.
- 58- **Butler, L.G. 1982.** Polyphenols and their effects on sorghum quality. In: ICRISAT. 1982. *Proc. Int. Symp. On Sorghum grain quality* . ICRISAT, India.
- 59- **Butler, L.G. and J.C. Rogler. 1985.** Enhancement of high tannin sorghum utilization: characterization, metabolism and detoxification of sorghum tannins and other Polyphenols. In: Winn, J.F. *Fighting hunger with research.* INTSORMIL. U.S. Agency for Nebraska, E.U.A., Washington D.c. and Univ. Nebraska, Lincoln. Pp.140-145.
- 60- **Chanbdracar, B.L., Sechar, N., Tuteja, S.S., Tripathi, R.S., 1994.** Effect of irrigation and nitrogen of growth and yield of summer sesame (*Sesamum indicum*) *Indean. J. Agron.* 39, 701-702.
- 61- **Chaves, M.M., Pereira, J.S., Maroco, J., Rodrigues, M. L., Ricardo, C.P.P., Osorio, M.L., Carvalho, I., Faria, T., Pinherio, C., 2002.** How plants cope with water stress in the field. *Photosynthesis and growth.* *Ann. Bot.* 89, 907-916.
- 62- **Chon, S.U., C.J. Nelsm, and J.H. Coutls. 2004.** Osmtic and autotoxic effects of ceaf extracts on germination and seedling growth of Alfalfa. *Agronomy Journal*, 96: 1673-1679.
- 63- **Dahlberg, J. A., and M.S. Spinks. 1995.** Current status of US Sorghum germplasm collection. *International Sorghum and Millet Newsletter.* 36:4-12.
- 64- **Dat, J.F., Lopez-Delgado, H., Foyer, C.H and Scott, I.M., 1998.** Parallel changes in H₂O₂ and catalase during thermotolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings. *Plant Physiol.* 116:1351-1357.
- 65- **De Sclaux, D., Huynh, T.T., Roumet, P., 2000.** Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress. *Crop Sci.* 40: 716-722.
- 66- **De Wet, J.M.J. 1978.** Systematics and of sorghum of *Sorghum* Set. *Sorghum* (Gramineae). *Amer. J. Bot.* 65: 477.
- 67- **De Wet, J.M.J. and J.P. Huckabay. 1967.** The origin of *Sorghum bicolor*. II. Distribution and domestication. *Evolution* 21: 787.
- 68- **De Wet, J.M.J., J.R. Harlan, and E.G. Price. 1970.** Origin of variability in the *Svontanea* complex of *sorghum bicolor*. *Am. J. Bot.* 57(6):704- 707.

- 69- **De, R. and R.K. Kar. 1995.** Seed germination and seedling growth of mungbean (*Vigna radiata*) under water stress induced by PEG-6000. *Seed Science and Technology*. 23: 301-308.
- 70- **Degaiorgi, C.F. 2002.** Hydrogels for immobilization of bacteria used in treatment of metal contaminated wastes. *Radiation Physics and chemistry*. 63: 109-113.
- 71- **Dehgan B., Yeager T.H., and Almira F.C. 1994.** photinin and podocarpus growth response to a hydrophilic polymer amended medium. *Hort. Sci.* 29 (6), 641-644.
- 72- **Dogget, H. 1970.** Sorghum. Trop. Agric. Series: Longman, Harlow.
- 73- **Dogget, H. 1988.** Sorghum. 2nd Edn. Trop. Agric. Series: Longman. 512pp
- 74- **Dogget, H. 1976.** Sorghum. In: Simmonds, N.W.(Ed). 1967. *Evolution of Crop plant*: Longman.
- 75- **Doggett, H. 1988.** Sorghum. New York: Longman Scientific and Technical.
- 76- **El-Tayeb, M. A. 2005.** Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid, *Plant Growth Regulation* 45: 215-225.
- 77- **FAO, 1972.** Improvement and production of maize, sorghum, and millets. Lectures of 1st FAO/SIDA training course, India, June-November 1971, India.
- 78- **FAO. 2014.** FAOstat. Retrieved from <http://faostat.fao.org/>
- 79- **Farida M. shakirova, R.Sakhabutdionva, 2003.** Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*, 164:317-322.
- 80- **Farokhinia, M., Roshdi, M., Pasban Eslam, B., Sasan Dost, R., 2011.** Evaluation of some physiological characteristics and yield of spring safflower under water stress condition. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 43(3), 545-553. [In Persian with English Summary.]
- 81- **Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S.M., 2009.** Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*. 29(1), 212-185.
- 82- **Ferraris, R., and D.A. Charles-Edwards. 1986.** A comparative analysis of the growth of sweet and forage sorghum crops. I. Dry matter production phenology and morphology. *Aust. J. Agric. Res.* 37: 513-572.
- 83- **Fouman, A. 1996.** Sorghum breeding in Iran in 1985-1996. Seed and Plant Improvement Institute Publications, Karaj, Iran.
- 84- **Fouman, A., M.R. Ghanadha, and A. Moghaddam. 2003.** Evaluation of combining ability of Sorghum lines for improving hybrid cultivars. *Seed and Plant*. 19:137-154.
- 85- **Fraser, G.W., J.R. Cox, and D.A. Woolhiser. 1996.** Wet-dry cycle effects on warm season grass seedling establishment. *J. range manag.* 40:2-6.
- 86- **Gardner, F.P., R.B. Pearce, and R.L. Mitchell. 1985.** *Physiology of crop Plant*: Iowa State Univ. Press.
- 87- **Ghaderi, N., Talayi, A., Ebadi, A., Lesani, H., 2010.** Effect of drought stress and reirrigation on some physiological properties of grape varieties Sahany, Farokhi and white currants. *Iranian J. Hortic. Sci.* 41(2), 179-188. [In Persian with English summary].
- 88- **Ghaffarzadeh gavgani, A. 2005.** Thorny and thornless safflower genotypes for resistance to water shortages late in the season. M.Sc. Thesis. Islamic Azad University of Karaj

- 89- **Haee, R. F., Van Staden, J. and Smith, M. T. 2002.** Improved germination in seeds of guayule (*Parthenium argentatum*) following polyethylene glycol and gibberellic acid pretreatments. *Annual Applied Biology*. 118:175-184
- 90- **Hahn, D.H., and L.W. Rooney. 1985.** Genotype effect on tannins and phenols of sorghum. *Cereal Chem.* 63:4-6.
- 91- **Hang, I. N. and D. W, Evans. 1985.** Deficit sprinkler irrigation of sunflower and sufflower. *Agron. J.* 77:588-592.
- 92- **Harlan. J.R. and J.M.J. De wet. 1972.** A .Simplified classification of cultivated sorghum. *Crop Sci.* 12: 172-176.
- 93- **Hashemi Dezfouli, A. 1994.** Growth and yield of safflower as affected by drought stress. *Crop Res. Hisar.* 7(3): 313-319.
- 94- **Hayat, S., Ahmad, A., 2007.** Salicylic Acid: A Plant Hormone. Springer. 97-99.
- 95- **Helalia, A., and J. Letey. 1988.** Cationic polymer effects on infiltration rates with a rainfall simulator. *Soil Science Society of America Journal* 52: 247-250.
- 96- **Heuer B and Nadler A, 1998.** Physiological responses of potato plants to soil salinity and water deficit. *Plant Science*, 137:43-51
- 97- **Hodges, T., and E.T., Kanemasu. 1977.** Modeling dry matter production of winter wheat. *Agron. J.* 69:974-978.
- 98- **Hopkins, W. G. and Huner, N. P. A. 2008.** Introduction to plant physiology. Fourth Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York, USA, 503p.
- 99- **Hoseney, R., D.J. Andrews and H. Clark. 1987.** Sorghum and pearl millet. *In:* Olson, R.A. and Fery, K.J. (Ed.) Nutritional quality of cereal grains: genetic and agronomic improvement. No. 28 in Agronomy series, ASA, Madison, Wisconsin, EUA.
- 100- **House, L.R. 1985.** A guid to sorghum breeding. ICRISAT, Patancharu, Andhra Pradesh 502324. India. 206 pp.
- 101- **House, L.R. 1985.** A guid to sorghum breeding. ICRISAT, Patancharu, Andhra Pradesh 502324. India. 206 pp.
- 102- **Huttermann. A., Zommordi. M., Reise. K. 1999.** Addition of hydrogels to soil prolonging the survival of pinus halepensis seedling subjected to drought. *Soil and Tillage Reaserch* 50: 295-304.
- 103- **Iturbe-Ormaexte I, Escordeo P, Arrese-Igor C and Becana M, 1998.** Oxidative damage in pea plants exposed to water deficit or paraquat. *Plant Physiology*, 116: 173-181.
- 104- **Jean. A. Buchala, M. 1998.** The biosynthesis of SA in potato. *Plan Physiol.* 117:1095-1101.
- 105- **Kafi, M., Borzoie, A., Salehi, M., Kamandi, A., Nabati, J., 2008.** Physiology of Environmental Stresses in Plants. Mashhad Jahad-edaneshgahi press. 502p.
- 106- **Kafi, M., Rostami, M., 2007.** Effect of drought stress on yield, yield components and oil content of three safflower genotypes in reproductive stage in irrigation with saline water. *Iranian Journal of Field Crops Research.* 5(1), 121-131. [In Persian with English Summary.]
- 107- **Kafi, M., Rostami, M., 2008.** Effect of drought stress in reproductive growth stage on yield and components yield and oil content three safflower cultivars in irrigation with salty water conditions. *Iranian J. Field Crops Res.* 5(1), 121-131. [In Persian with English summary.]

- 108- **Kang, G. 2003.** Salicylic acid changes activities of H₂O₂ metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. *Environmental and Experimental Botany* 50: 9-15.
- 109- **Kazemi Arbat, H., 2006.** Morphology and Anatomy of Cereal crops. Tabriz University
- 110- **Koocheki, A., 2004.** Agronomy in drought region. Jahade Daneshgahi Publisher, Mashhad [In Persian].
- 111- **Koocheki, A., Nassiri-Mahallati, M., Azizi, G., 2004.** The effects of water stress and defoliation on some of quantitative traits of *Zataria multiflora*, *Ziziphora clinopodioides*, *Thymus vulgaris* and *Teucrium polium*. *Iranian J. Field Crops Res.* 2(1), 89-105. [In Persian with English summary].
- 112- **Krieg, D.R. 1983.** Sorghum. *In*: Teare, I. D and Peet, M.M. (Eds.) Crop-Water relations: 547pp.
- 113- **Kumar, H. 2000.** Development potential of safflower in comparison to sunflower. Sesame and Safflower Newsletter. Institute of sustainable agriculture. Spain. 15: 86- 89.
- 114- **Laosheng, W.U. 2002.** Polyacrylamide (PAM)-Effective Erosion Fighter and Infiltration enhancer but Not a Conserver of Water. <http://kimberly.ars.usda.gov/pamPage.shtml>.
- 115- **Lawlor, D. and Coronic, G. 2002.** Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher gonal plant cell and environment. *University journal of Science.* 22 (1):5-14.
- 116- **Lewis DC and Mc Farlane JD, 1986.** Effect of foliar applied manganese on the growth of safflower and the diagnosis of manganese deficiency by plant issue and seed analysis. *Australian Journal Agriculture Research*, 37: 567-572.
- 117- **Maiti, R.K. 1986.** Morphological Sorghum. *Fac. Agron., Univ. Auton.*
- 118- **Maiti, R.K., L.O., Flores campos, and U.R., Lopej Dominguez. 1994.** Growth analysis and productivity of 15 genotypes of glossy sorghum for forage and grain production in irrigated and rainfed situations. *International Sorghum and Millets Newsletter.* 35: 133-134.
- 119- **Mann, J.A., C.T., Kimber and F.R., Miller. 1983.** The origin and early cultivation of Sorghum in Africa: College Texas, USA. No.1454.
- 120- **Mao, S., Islam, M.R., Xue, X., Yang, X., Zhao, X., Hu, Y., 2011.** Evaluation of a watersaving superabsorbent polymer for corn (*Zea mays* L.) production in arid regions of Northern China. *Afri. J. Agric. Res.* 6(17), 4108-4115.
- 121- **Maranville, J.W., and S. Madhavan. 2002.** Physiology adaption for nitrogen use efficiency in sorghum. *Plant and Soil.* 245: 25-34.
- 122- **Martin, F.W. 1985.** Sorghum. *In*: CRC Handbook of Tropical Food Crops: CRC Press, Inc., Ohio, USA.
- 123- **Mason, L., and M.S., Zuber. 1976.** Diallel Analysis of Maize for Leaf Angle, Leaf Area, Yield and Yield components. *Crop Sci.* 17:499-502.
- 124- **Mass, S.J., G.F. Arkin, and W.D. Rosenthal. 1987.** Relationships between the areas of successive leaves on grain sorghum. *Agron. J.* 79:739-745.
- 125- **Medrano, H., Escolana, J.M., Bota, J., Gulias, J., Flexas, J., 2002.** Regulation of photosynthesis of C₃ plants in response to progressive drought: Stomatal conductance as a reference parameter. *Ann. Bot.* 89, 895-905.

- 126- **Mehrabian Moghaddam N., Arvin M.J., Khajouee Nejad Gh.R., Maghsoudi K. 2011.** Effect of salicylic acid on growth and forage and grain yield of maize under drought stress in field conditions. Seed and Plant Production Journal. 27-2 (1): 41-55. (In Persian).
- 127- **Mikkelsen, R.L. 1994.** Using hydrophylic polymer to control nutrient release. Fertilizer Research 38: 53-59.
- 128- **Moslemi, Z., D., Habibi, A., Asgharzadeh, M.R., Ardakani, A., Mohammadi, and A. Sakari., 2012.** Effects of super absorbent polymer and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of maize under drought stress and normal conditions. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 12: 358-364.
- 129- **Mousavifar, B.E., Behdani, M.A., Jami Al-Ahmadi, M., 2009.** Response of spring safflower cultivars to different irrigation intervals in Birjand condition. Proceedings of Regional Congress on Water Crisis and Drought. Rasht, Iran, pp. 670-675.
- 130- **Murthy, B.R., V. Arandchalam, and M.B.L. Saxena. 1967.** Classification and Catalogue of the world collection of sorghum. India I. Genetics. 27:1 (spec. no.).
- 131- **Naderi Darbaghshahy, M.R., Noor Mohammadi, Gh., Majidi, A., Darvish, F., Shirani Rad, A.M. and Madani, H. 2004.** Effects of drought stress and plant density on ecophysiological traits of three safflower lines in summer planting in Isfahan. Seed. Plant Prod. J., 20: 281-296.
- 132- **Nazarli, H., M.R. Zardashti, R. Darvishzadeh, and S. Najafi. 2010.** The effect of water stress and polymer on water use efficiency, yield and several morphological traits of sunflower. Not Sci. Biol. 2(4), 53-58. Publication. 588p. [In Persian].
- 133- **Neucere, N.J., and G. Sumrell. 1980.** Chemical composition of different varieties of grain sorghum. J. Agric. Food Chem. 27: 809-812.
- 134- **Neumann, P.M. 1995.** The role of cell wall adjustment in plant resistance to water deficits. Crop Science. 35: 1258-1266.
- 135- **Norman, M.I.T., C.I. Pearson, and P.G.E. Searle. 1984.** The ecology of tropical food crops: Cambridge Univ. Press.
- 136- **Omidi, H., Movahadi, F. and Movahadi, Sh. 2012.** The effect of salicylic acid and scarification on germination characteristics and proline, protein and soluble carbohydrate content of *Prosopis (Prosopis farcta L.)* seedling under salt stress. Range and Desert Research 18 (4): 608-623.
- 137- **Peacock, J.M., and G.L. Wilson. 1984.** Sorghum. The physiology of field crops: John Wiley and sons Ltd.
- 138- **Poehlman, J.M. 1987.** Breeding Field Crops. 3 rd end. Van Nostrand Reinhold, New York, U.S.A. Publishing, Wallingford. 107-131.
- 139- **Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare Fizabady, A., Madani, H., and Soltani, E. 2012.** Effect of micronutrient fertilizers on sunflower growth and yield in drought stress condition. Elec. J. Crop Prod., 3(1): 57-72. (In Persian).
- 140- **Rahmani, N., Taherkhani, T., Daneshian, J., 2009.** Effect of nitrogen application on physiological yield indexes under conditions of drought stress in calendula medicinal plants (*Calendula Officinalis L.*). New Findings in Agriculture. 4, 355-365. [In Persian with English Summary].

- 141- **Rajasekaran, L.R. 2002.** New plant growth regulators protect photosynthesis and enhance growth under drought of jack pine seedlings. *Plant Growth Regul* 18:175.
- 142- **Rashed Mohasel, M., and Behdani, A. 1994.** The effect of plant density and cultivar on yield and yield components of safflower. *Agric. Sci. Technol. J.*, 8: 2. 110- 124. (In Persian).
- 143- **Raskin, I.1992.** Role of Salicylic Acid in plants. *Ann. Rev. plant physiol Mol.Biol.* 43:439-463.
- 144- **Rezaie Soukht Abandani, R., Ramezani, R., 2010.** Effect of irrigation period and nitrogen fertilizer on growth physiological index and yield of forage corn (hybrid s.c 704) in Mazandaran province conditions. *Journal of Crop Physiology.* 2(3), 19- 44. [In Persian with English Summary.]
- 145- **Richards, R.A., Rebetzke, G.J., Condon, A.G, Van Herwaarden, A.F., 2002.** Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Science.* 42, 111-121.
- 146- **Robiul Islam, M.R., Y. Hu, S. Mao, P. Jia, A.E. Eneji, and X. Xue. 2011.** Effects of water-saving superabsorbent polymer on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in corn (*Zea max* L.) under drought stress. *J. Sci. Food Agric.* 91: 813-819.
- 147- **Rostami, M., R, Mirzaei. M, Kafi. 2003.** Assessment of drought resistance in four safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars at the germination stage. 7th International Conference on the Development of Drylands, 14-17 September 2003, Tehran, Iran.
- 148- **Sakhabutdinova, A. R and Fatkhutdinova, D. R. 2003.** Salicylic acid prevents the damanging action of stress factors on wheat plant. *Plant Physiol*, 314-319.
- 149- **Salter, A.M., B. Melton, M. Wilson, and C. Currier. 1984.** Selection in alfalfa forage yield with three moisture levels in drought boxes. *Crop Science*, 24: 345-349.
- 150- **Scow, K.M. and M.Alexander. 1992.** Effect of diffusion on the kinetics of biodegradation: experimental results with synthetic aggregates. *Soil Science Society of America Journal* 56: 128-134.
- 151- **Shah, J. W and R. Andrews. 2002.** Cation exchange capacity affectes greens truf growth. *Golf Course Manage.* 73-77.
- 152- **Shakirova, F.M., A.R. Shakhbutdinova, M.V. Bezrukova, R.AFatkhutdionova, and D.R. Fatkhutdionova. 2003.** Changes in the hormonal status of wheat seedling induced by salicylic acid and salinity. *Plant Sci.* 164: 317-322.
- 153- **Shakirova, F.M., and M.V. Bezrukova. 1997.** Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. *Biol. Bull. (Izv. Russ. Acad.Sci).* 24: 109-112.
- 154- **Silberbush, M. and E. Adar and Y.Malach. 1993.** Use of a hydrophylic polymer to improve water storage and availability to crops grown in sand dunes. *Agricultural Water Management.* 23: 303-313.
- 155- **Singh, B., and Usha, K., 2003.** salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress plant Growth Rrgulation, 39:137-141.
- 156- **Singh, N.T., and G.S. Dhaliwal. 1972.** Effect of soil temperature on seedling emergence in different crops. *Plant and Soil* 37:441.

- 157- **Sirousmehr, A.R., Shakiba, M.R., Alyari, H., Toorchi, M., and Dabbagh Mohammadinasab, A. 2008.** Effects of water deficit stress and plant density on yield and some morphological traits of Autumn-sown safflower cultivars. *Pajouhesh-Va- Sazandegi J.*, 78: 80-87. (In Persian.)
- 158- **Snowden, J.D. 1955.** The wild Fodder sorghum of the senus Eusorghum. *J Linn. Soc. Lond.* 55: 191.
- 159- **Soman, P. 1981.** Factors affecting seed germination and seedling emergence in millet and sorghum: ICRISAT Internal Rept., India.
- 160- **Tasgin, E., Atic, O. & Nalbantoglu, B. (2003).** Effect of salicylic acid on freezing tolerance in winter wheat leaves. *Plant Growth Regul*, 41, 231-236.
- 161- **Tavakoli, A., 2002.** Evaluation of the effect of irrigation disruption in different growth stages on yield and components yield safflower plant. MSc. Thesis. Fac. Agric. Tehran Univ., Iran. (In Persian with English summary).
- 162- **Tesfay, K., Walker, S., Tsubo, M., 2006.** Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in semi-arid conditions. *Europ. J. Agron.* 25, 60-70.
- 163- **Teyel, M.Y., O.A. EL-Hady. 1981.** Super gel as a soil conditioner. *Acta Horticulturae* 119: 247-250.
- 164- **Tohidi-Moghadam H.R., A.H. Shirani-Radl, G. Nour-Mohammadi, D. Habibi, S.A.M. Modarres-Sanavy, M. Mashhadi-Akbar-Boojari, and A. Dolatabadian. 2009.** Response of six oilseed rape genotypes to water stress and hyhydrogel application. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 39:243-250 [indexed in ISI] ISSN: 1517-6398.
- 165- **Wall, I.S., and W.M. Ross. 1970.** Sorghum production and utilization (eds): A VI, Westport, Conn., USA.
- 166-**Wallace, D.H., J.L. Ozburn, and H.M. Munger. 1972.** Physiological genetics of crop yield. *Adv. Agron.* 24: 97-146.
- 167- **Wang, Y.and C.A. Boogher. 2006.** Effect of medium-incorporated hydrogel on plant growth and water use of two foliage species. *Journal of Environmental Horticulture* 5: 125-127.
- 168- **Widiastuti, N., H. Wu, M. Ang, and D.K. Zhang. 2008.** The potential application of natural zeolite for greywater treatment. *Desalination*. 218, 271-280.
- 169- **Wilson JR, 1983.** Effect of water stress on in vitro dry matter digestibility and chemical composition of herbage of tropical pasture species. *Australian Journal Agriculture Research*, 34: 377-390.
- 170- **Wilson, D.K., P.D. Jamieson, W.A. Jermyrand, and R. Hanson. 1985.** Models of growth and water use of field pea (*Pisum sativum* L.) in:M.C. Hebblethwaite and T.C. K. Dawkins (eds), *The peap crop*. Butterworths London, UK.
- 171- **Worr, W., A.I. De La Roche, J. Singh, and H. Voldeng. 1998.** Imbibitional chilling injury in cultivars of soybean differing in temperature sensitivity to pod formation and maturation period. *Can. J. Bot.*61:2996.

Abstract:

Drought stress is the most important factor limiting the production of agricultural products. The use of inexpensive compounds such as growth regulators and soil conditioners can reduce the effects of drought stress on crops. In order to investigate the effect of salicylic acid and superabsorbent on the growth and yield of sorghum under dehydration, an experimental split plot plot was performed in a randomized complete block design with 3 replications in Jajarm city.

Irrigation regimes (including three levels of 8 days, 12 days and 16 days) in the main plots and a combination of superabsorbent soil application (Includes two levels 1-no superabsorbent application, 2- 100kg superabsorbent application per hectare) and salicylic acid spraying (including two levels 1- no use of acid, 2- consumption of half a milliamlar acid) were factorially placed in subplots. The results showed that 16-day irrigation regime treatment reduced tiller number, stem diameter and height, leaf number and area, relative leaf water content, wet and dry forage yield in the first and second cut, protein and ash percentage compared to 8 and 12 irrigation treatments. He fasted, but dehydration increased proline levels.

Application of superabsorbent affected all studied traits, and increased stem height, leaf area, relative leaf water content, wet and dry forage yield in the first cutting by 10.17, 14, 8.15, 17.40 and 12.13 percent, respectively, compared to Non-superabsorbent treatment. Also, The results showed that application of 0.5 mM SA in the 4 to 6 leaf stage had the greatest impact on evaluated traits, so that application of 0.5 mM SA caused an increasing of stem height, leaf area, relative leaf water content, wet and dry forage yield in the first cutting and the percentage of protein and ash by 7.44, 10.96, 5.88, 8.05, 10.90, 6.95, 4.85 percent, respectively, compared to the Non-salicylic acid treatment.

In general, it can be stated that although the highest forage yield (54.40 tons per hectare) was obtained from the combination of 8-day irrigation regime with 100 kg / ha of superabsorbent soil and half a mM spraying of salicylic acid. The application of these two substances did not play a significant role in reducing the effects of under-irrigation stress, but, in this experiment, the application of superabsorbent and salicylic acid was able to improve many of the studied traits at the same level of low irrigation.

Keywords: Stem height, drought stress, proline, relative leaf water content, protein percentage and yield.



Shahrood University of
Technology

Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Agro Ecology

Effect of application of super absorbent polymer and salicylic acid on growth and yield of sorghum under water stress conditions

By: Adeleh Alaghi

Supervisor: Dr. Hamid reza Asghari

February 2022