

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ

الرَّحِيمِ



دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

عنوان پایان نامه ارشد

تأثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر خصوصیات فیزیولوژیکی، عملکرد کمی و کیفی

چغندر قند تحت شرایط کم آبیاری

دانشجو

حمیدرضا شاه حسینی

استاد راهنما

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

اساتید مشاور

دکتر احمد غلامی

دکتر محمد عبداللہیان نوقابی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

آذر ۱۳۸۹

تقديم به

مادرم

تشکر و قدردانی

اکنون که به یاری پروردگار متعال موفق به اتمام فصل دیگری از دوران تحصیل خود شدم، لازم می دانم از زحمات تمام عزیزانی که مرا یاری نمودند قدردانی نمایم. از ریاست محترم دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود آقای دکتر درخشان، مدیر گروه و استاد راهنمای محترم آقای دکتر برادران فیروزآبادی، اساتید محترم مشاور آقایان دکتر غلامی و دکتر عبداللهیان نوقایی، اساتید محترم داور آقایان دکتر قلی پور و دکتر اصغری، نماینده محترم تحصیلات تکمیلی آقای مهندس رحیمی و سایر اساتید محترم گروه زراعت و دانشکده کشاورزی و کارکنان محترم دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود تشکر و قدردانی می نمایم. از ریاست محترم و کارکنان محترم کارخانه قند شهرستان شاهرود و مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند کرج و خانم ها مهندس شاه حسینی، مهندس احمدی، مهندس کاظمی، مهندس قاضوی و مهندس اکبری تشکر و قدردانی می نمایم. در پایان از زحمات برادر، خواهر و مادرم که در زندگی برایم در کنار مادر بودن، نقش پدر را نیز داشته تشکر و قدردانی می نمایم.

حمیدرضا شاه حسینی

کلامم ناتمام در سپاس از لطف بی کراتان

آذر ۱۳۸۹

چکیده

امروزه، کاربرد مواد تنظیم کننده رشد گیاه به منظور کاهش اثرات منفی ناشی از تنش های مختلف مطرح شده است. اسیدسالیسیلیک به عنوان یکی از این مواد موجب مقاومت گیاه به تنش های زیستی و غیر زیستی می شود. جهت بررسی این موضوع در گیاه چغندر قند آزمایشی در سال ۱۳۸۸ به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شد. فاکتور اصلی تنش کم آبیاری شامل ۳ سطح ۸، ۱۲ و ۱۶ روز آبیاری به ترتیب به عنوان عدم تنش، تنش ملایم و تنش شدید بود. فاکتورهای فرعی شامل ۳ سطح محلول پاشی اسید سالیسیلیک در غلظت های صفر، ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار و دفعات محلول پاشی در دو سطح یک مرتبه (۲ ماه پس از کاشت) و دو مرتبه (۲ و ۳ ماه پس از کاشت) بودند. تنش ملایم کم آبیاری موجب افزایش طول ریشه ذخیره ای شد در حالی که کمترین طول ریشه ذخیره ای مربوط به تیمار تنش شدید بود. بیشترین و کمترین قطر ریشه ذخیره ای به ترتیب در شرایط عدم تنش و تنش شدید حاصل شد. وزن خشک طوقه، برگ و دم برگ، همچنین میزان آب نسبی برگ و دم برگ در هر دو زمان قبل و بعد از آبیاری تحت تأثیر تنش کم آبیاری کاهش یافت. افزایش شدت تنش موجب کاهش معنی دار در کلروفیل برگ گردید. به طور متوسط در طول دوره رشد در شرایط عدم تنش ۰/۲۹ برگ و در شرایط تنش شدید ۰/۲۲ برگ در هر روز ظاهر گردید. با نزدیک شدن به انتهای فصل رشد، تأثیر سطوح تنش بر سرعت ظهور برگ کاهش یافت. کمترین سرعت اضمحلال برگ در شرایط عدم تنش حاصل شد. محلول پاشی برگ با بالاترین غلظت اسید سالیسیلیک (۰/۸ میلی مولار) بیشترین سرعت ظهور برگ (۰/۲۸ برگ در هر روز) را موجب شد. در مجموع کاربرد اسید سالیسیلیک سرعت اضمحلال برگ را کاهش داد، البته تفاوتی بین غلظت های اسید سالیسیلیک وجود نداشت. از بین رفتن برگ در گیاهانی که دو بار اسید سالیسیلیک دریافت کرده بودند در دوسوم ابتدای فصل کمتر از گیاهانی بود که یک بار محلول پاشی شدند. محلول پاشی با کمترین سطح اسید سالیسیلیک در مقایسه با شاهد منجر به افزایش ۲/۸ و ۳/۷ درصدی در مقدار آب نسبی برگ به ترتیب در اندازه گیری های قبل و بعد از آبیاری شد ولی دو برابر شدن غلظت محلول پاشی اثر منفی قابل توجهی داشت. تکرار دفعات محلول پاشی نیز مقدار آب نسبی برگ را کاهش داد. تنش ملایم کم آبیاری موجب افزایش عیار، قند قابل استحصال و راندمان استحصال قند شد. میزان پتاسیم ریشه در شرایط عدم تنش بیشتر از شرایط تنش بود. اثر متقابل تنش و دفعات محلول پاشی بر راندمان استحصال قند معنی دار شد. بیشترین مقدار آن در شرایط تنش ملایم و یک بار محلول پاشی مشاهده گردید. بیشترین قند ملاس از ریشه های قرار گرفته در معرض ترکیب های تیماری عدم تنش × یک بار محلول پاشی و تنش شدید × دو بار محلول پاشی حاصل شد. دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار به طور قابل توجهی هدر رفت قند ریشه به صورت ملاس را کاهش داده و موجب افزایش عملکرد شکر سفید گردید. بیشترین ماده خشک ریشه نیز مربوط به ترکیب تیماری تنش ملایم × یک بار محلول پاشی بود. تنش شدید کم آبیاری، شاخص سطح برگ، نسبت سطح برگ و نسبت وزن برگ را کاهش داد. همچنین کمترین میزان سطح ویژه برگ تا اواسط دوره رشد گیاه مربوط به شرایط تنش شدید بود.

کلمات کلیدی: تنش کم آبیاری، چغندر قند، اسید سالیسیلیک و محلول پاشی

لیست مقاله های مستخرج از پایان نامه

- ۱- تأثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر برخی صفات کمی و کیفی ریشه چغندر قند تحت شرایط کم آبیاری- یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران- تهران- دانشگاه شهید بهشتی- ۴-۲ مرداد ۱۳۸۹.

فهرست مطالب ها

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه
	فصل دوم: بررسی منابع
۷	۱-۲- وضعیت آب و هوا در جهان و ایران
۹	۲-۲- اهمیت آب در گیاه
۱۰	۳-۲- چغندر قند
۱۰	۱-۳-۲- تاریخچه
۱۰	۱-۱-۳-۲- تاریخچه چغندر قند در جهان
۱۲	۲-۱-۳-۲- تاریخچه چغندر قند در ایران
۱۲	۲-۳-۲- اهمیت
۱۴	۳-۳-۲- گیاه شناسی
۱۷	۴-۳-۲- ارقام
۱۷	۵-۳-۲- مراحل نمو
۱۸	۶-۳-۲- سازگاری
۲۱	۷-۳-۲- آفات، بیماری ها و علف های هرز
۲۱	۸-۳-۲- نیاز آبی
۲۴	۹-۳-۲- تجمع قند
۲۶	۱۰-۳-۲- محصولات
۲۶	۴-۲- ساکارز
۲۷	۵-۲- تنش خشکی
۲۷	۱-۵-۲- تعریف تنش خشکی
۳۲	۲-۵-۲- واکنش گیاه به تنش خشکی
۳۵	۳-۵-۲- تأثیر تنش خشکی بر فرآیندهای رشدی گیاه
۳۵	۱-۳-۵-۲- گیاهچه
۳۵	۲-۳-۵-۲- برگ
۳۸	۱-۲-۳-۵-۲- کلروفیل و فتوسنتز
۴۰	۲-۲-۳-۵-۲- ظهور و اضمحلال برگ
۴۱	۳-۳-۵-۲- ریشه
۴۲	۴-۵-۲- تأثیر تنش خشکی بر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه
۴۲	۱-۴-۵-۲- تأثیر تنش خشکی بر مقدار آب نسبی برگ و دمبرگ
۴۳	۵-۵-۲- تأثیر تنش خشکی بر کیفیت ریشه چغندر قند
۴۶	۶-۵-۲- تأثیر تنش خشکی بر عملکرد نهایی چغندر قند

۴۸	۶-۲- اسید سالیسیلیک
۴۸	۱-۶-۲- کلیات
۵۴	۲-۶-۲- بیوسنتز و متابولیسم
۵۶	۳-۶-۲- سیگنال شدن و انتقال
۵۷	۴-۶-۲- اثر اسید سالیسیلیک خارجی بر رشد و تولید زیستی
۵۸	۵-۶-۲- اثر اسید سالیسیلیک خارجی بر فتوسنتز و روابط آبی
۵۹	۶-۶-۲- اثر اسید سالیسیلیک بر گیاهان در شرایط تنش
۶۱	۱-۶-۶-۲- تنش زیستی
۶۲	۲-۶-۶-۲- تنش غیر زیستی
۶۲	۱-۲-۶-۶-۲- تنش عناصر سنگین
۶۳	۲-۲-۶-۶-۲- تنش شوری
۶۴	۳-۲-۶-۶-۲- تنش گرما
۶۴	۴-۲-۶-۶-۲- تنش سرمازدگی و یخ زدگی
۶۵	۵-۲-۶-۶-۲- تنش آزون و فرابنفش
۶۶	۶-۲-۶-۶-۲- تنش آبی

فصل سوم: مواد و روش ها

۶۷	۱-۳- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش
۶۷	۲-۳- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش
۶۹	۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی
۶۹	۴-۳- عملیات اجرایی
۶۹	۱-۴-۳- آماده سازی زمین
۷۱	۲-۴-۳- کاشت
۷۱	۳-۴-۳- داشت
۷۱	۴-۴-۳- اعمال تیمارها
۷۲	۵-۴-۳- برداشت
۷۲	۵-۳- نمونه برداری
۷۳	۶-۳- صفات زراعی و مرفولوژیک
۷۳	۱-۶-۳- وزن خشک برگ، دمبرگ، طوقه و ریشه
۷۳	۲-۶-۳- وزن خشک کل
۷۳	۳-۶-۳- سطح برگ
۷۳	۴-۶-۳- طول ریشه ذخیره ای
۷۴	۵-۶-۳- قطر ریشه ذخیره ای
۷۴	۶-۶-۳- سرعت ظهور برگ
۷۵	۷-۶-۳- سرعت اضمحلال برگ

۷۵	۷-۳- صفات فیزیولوژیک
۷۵	۱-۷-۳- مقدار آب نسبی برگ و دمبرگ
۷۶	۲-۷-۳- کلروفیل
۷۷	۸-۳- محاسبه برخی از پارامترهای رشدی
۷۸	۹-۳- عملکرد ریشه
۷۸	۱۰-۳- تجزیه کیفی ریشه
۷۹	۱-۱۰-۳- عیار قند
۷۹	۲-۱۰-۳- ناخالصی های ریشه
۸۰	۳-۱۰-۳- ضریب قلیائیت
۸۰	۴-۱۰-۳- قند ملاس
۸۰	۵-۱۰-۳- قند قابل استحصال
۸۰	۶-۱۰-۳- راندمان استحصال قند
۸۱	۷-۱۰-۳- عملکرد شکر
۸۱	۸-۱۰-۳- عملکرد شکر سفید
۸۱	۹-۱۰-۳- درصد ماده خشک ریشه
۸۱	۱۱-۳- تجزیه و تحلیل داده ها

فصل چهارم: نتایج و بحث

۸۲	۱-۴- صفات مرفولوژیکی چغندر قند
۸۲	۱-۱-۴- طول ریشه ذخیره ای
۸۴	۲-۱-۴- قطر ریشه ذخیره ای
۸۵	۳-۱-۴- وزن خشک برگ
۸۷	۴-۱-۴- وزن خشک دمبرگ
۸۹	۵-۱-۴- وزن خشک طوقه
۹۰	۶-۱-۴- وزن خشک ریشه ذخیره ای
۹۱	۷-۱-۴- وزن خشک کل
۹۲	۲-۴- صفات فیزیولوژیکی چغندر قند
۹۲	۱-۲-۴- کلروفیل
۹۵	۲-۲-۴- ظهور و اضمحلال برگ
۱۰۱	۳-۴- مقدار آب نسبی برگ و دمبرگ
۱۰۳	۴-۴- صفات کیفی ریشه ذخیره ای
۱۰۳	۱-۴-۴- عیار قند
۱۰۳	۲-۴-۴- ناخالصی های ریشه و ضریب قلیائیت
۱۰۶	۳-۴-۴- قند قابل استحصال
۱۰۶	۴-۴-۴- راندمان استحصال قند

۱۰۸	۴-۴-۵- قند ملاس
۱۰۹	۴-۴-۶- درصد ماده خشک ریشه
۱۱۲	۴-۵- عملکرد
۱۱۴	۴-۶- شاخص های رشد
۱۱۴	۴-۶-۱- شاخص سطح برگ
۱۱۹	۴-۶-۲- نسبت سطح برگ
۱۲۴	۴-۶-۳- نسبت وزن برگ
۱۲۶	۴-۶-۴- سطح ویژه برگ
۱۳۱	۴-۶-۵- وزن ویژه برگ
۱۳۵	۴-۶-۶- سرعت رشد محصول
۱۳۷	۴-۶-۷- سرعت رشد نسبی
۱۳۹	۴-۶-۸- سرعت جذب خالص
۱۴۱	نتیجه گیری
۱۴۲	پیشنهادات
۱۴۳	پیوست
۱۵۹	منابع

فهرست شکل ها

صفحه	شکل	
۵۴	۱-۲	ساختار مولکولی اسید سالیسیلیک
۵۵	۲-۲	مسیر بیوسنتز اسید سالیسیلیک
۷۰	۱-۳	نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده
۸۳	۱-۴	روند تغییرات طول ریشه ذخیره ای تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری
۸۳	۲-۴	مقایسه میانگین طول ریشه در ۷۵ روز پس از کاشت در غلظت ها و دفعات محلول پاشی با اسیدسالیسیلیک
۸۴	۳-۴	روند تغییرات قطر ریشه ذخیره ای تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری
۸۶	۴-۴	روند تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری
۸۸	۵-۴	روند تغییرات وزن خشک دمبرگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری
۸۸	۶-۴	مقایسه میانگین وزن خشک دمبرگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری
۸۹	۷-۴	روند تغییرات وزن خشک طوقه تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری
۹۰	۸-۴	روند تغییرات وزن خشک ریشه ذخیره ای تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری
۹۱	۹-۴	روند تغییرات وزن خشک کل تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری
۹۴	۱۰-۴	روند تغییرات کلروفیل تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری
۹۹	۱۱-۴	روند تغییرات سرعت ظهور برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری
۹۹	۱۲-۴	روند تغییرات سرعت ظهور برگ تحت تأثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک
۹۹	۱۳-۴	روند تغییرات سرعت ظهور برگ تحت تأثیر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک
۱۰۰	۱۴-۴	روند تغییرات سرعت اضمحلال برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری
۱۰۰	۱۵-۴	روند تغییرات سرعت اضمحلال برگ تحت تأثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک
۱۰۰	۱۶-۴	روند تغییرات سرعت اضمحلال برگ تحت تأثیر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک
۱۰۵	۱۷-۴	مقایسه میانگین مقدار پتاسیم ریشه در غلظت های مختلف اسیدسالیسیلیک و دفعات محلول پاشی با آن
۱۰۵	۱۸-۴	مقایسه میانگین مقدار سدیم ریشه در سطوح مختلف تنش کم آبیاری و دفعات محلول پاشی با اسیدسالیسیلیک
۱۰۷	۱۹-۴	مقایسه میانگین راندمان استحصال قند در سطوح مختلف تنش کم آبیاری و دفعات محلول پاشی با اسید سالیسیلیک
۱۰۹	۲۰-۴	مقایسه میانگین قند ملاس در سطوح مختلف تنش کم آبیاری و دفعات محلول پاشی با اسیدسالیسیلیک
۱۰۹	۲۱-۴	مقایسه میانگین قند ملاس در غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی با آن
۱۱۰	۲۲-۴	مقایسه میانگین درصد ماده خشک ریشه در سطوح مختلف تنش کم آبیاری و دفعات محلول پاشی با اسید سالیسیلیک
۱۱۲	۲۳-۴	مقایسه میانگین عملکرد شکر سفید در غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی با آن

- ۱۱۵-۴-۲۴- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ در سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت های مختلف اسیدسالیسیلیک در ۱۳۸ روز پس از کاشت
- ۱۱۷-۴-۲۵- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری
- ۱۱۷-۴-۲۶- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک
- ۱۱۷-۴-۲۷- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک
- ۱۲۰-۴-۲۸- مقایسه میانگین نسبت سطح برگ در سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت های مختلف اسیدسالیسیلیک در ۱۳۸ روز پس از کاشت
- ۱۲۲-۴-۲۹- روند تغییرات نسبت سطح برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری
- ۱۲۲-۴-۳۰- روند تغییرات نسبت سطح برگ تحت تأثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک
- ۱۲۲-۴-۳۱- روند تغییرات نسبت سطح برگ تحت تأثیر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک
- ۱۲۵-۴-۳۲- روند تغییرات نسبت وزن برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری
- ۱۲۵-۴-۳۳- روند تغییرات نسبت وزن برگ تحت تأثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک
- ۱۲۵-۴-۳۴- روند تغییرات نسبت وزن برگ تحت تأثیر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک
- ۱۲۷-۴-۳۵- مقایسه میانگین سطح ویژه برگ در سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت های مختلف اسیدسالیسیلیک در ۱۳۸ روز پس از کاشت
- ۱۲۹-۴-۳۶- روند تغییرات سطح ویژه برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری
- ۱۲۹-۴-۳۷- روند تغییرات سطح ویژه برگ تحت تأثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک
- ۱۲۹-۴-۳۸- روند تغییرات سطح ویژه برگ تحت تأثیر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک
- ۱۳۱-۴-۳۹- مقایسه میانگین وزن ویژه برگ در سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت های مختلف اسیدسالیسیلیک در ۱۳۸ روز پس از کاشت
- ۱۳۳-۴-۴۰- روند تغییرات وزن ویژه برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری
- ۱۳۳-۴-۴۱- روند تغییرات وزن ویژه برگ تحت تأثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک
- ۱۳۳-۴-۴۲- روند تغییرات وزن ویژه برگ تحت تأثیر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک
- ۱۳۶-۴-۴۳- روند تغییرات سرعت رشد محصول تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری
- ۱۳۶-۴-۴۴- روند تغییرات سرعت رشد محصول تحت تأثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک
- ۱۳۶-۴-۴۵- روند تغییرات سرعت رشد محصول تحت تأثیر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک
- ۱۳۸-۴-۴۶- روند تغییرات سرعت رشد نسبی تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری
- ۱۳۸-۴-۴۷- روند تغییرات سرعت رشد نسبی تحت تأثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک
- ۱۳۸-۴-۴۸- روند تغییرات سرعت رشد نسبی تحت تأثیر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک
- ۱۴۰-۴-۴۹- روند تغییرات سرعت جذب خالص تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری
- ۱۴۰-۴-۵۰- روند تغییرات سرعت جذب خالص تحت تأثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک
- ۱۴۰-۴-۵۱- روند تغییرات سرعت جذب خالص تحت تأثیر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک

فهرست جدول ها

صفحه	جدول
۶۸	۱-۳- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
۷۰	۲-۳- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش
۹۳	۱-۴- مقایسه میانگین کلروفیل برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف
۱۰۲	۲-۴- مقایسه میانگین مقدار آب نسبی برگ و دمبرگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک قبل و بعد از آبیاری
۱۱۱	۳-۴- مقایسه میانگین برخی صفات کیفی ریشه تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف
۱۱۳	۴-۴- مقایسه میانگین عملکرد ریشه، عملکرد شکر و عملکرد شکر سفید تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف
۱۱۸	۵-۴- میانگین اثرات متقابل دو جانبه شاخص سطح برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف
۱۲۳	۶-۴- میانگین اثرات متقابل دو جانبه نسبت سطح برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف
۱۲۴	۷-۴- مقایسه میانگین نسبت وزن برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری در نمونه برداری های مختلف
۱۳۰	۸-۴- میانگین اثرات متقابل دو جانبه سطح ویژه برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف
۱۳۴	۹-۴- میانگین اثرات متقابل دو جانبه وزن ویژه برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف
۱۴۳	۱- میانگین مربعات طول ریشه ذخیره ای تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف
۱۴۳	۲- مقایسه میانگین طول ریشه ذخیره ای تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف
۱۴۴	۳- میانگین مربعات قطر ریشه ذخیره ای تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف
۱۴۴	۴- مقایسه میانگین قطر ریشه ذخیره ای تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف
۱۴۵	۵- میانگین مربعات وزن خشک برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف
۱۴۵	۶- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

- پیوست ۷- میانگین مربعات وزن خشک دمبرگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف ۱۴۶
- پیوست ۸- مایسه میانگین وزن خشک دمبرگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف ۱۴۶
- پیوست ۹- میانگین مربعات وزن خشک طوقه تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف ۱۴۷
- پیوست ۱۰- مقایسه میانگین وزن خشک طوقه تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف ۱۴۷
- پیوست ۱۱- میانگین مربعات وزن خشک ریشه ذخیره ای تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف ۱۴۸
- پیوست ۱۲- مقایسه میانگین وزن خشک ریشه ذخیره ای تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف ۱۴۸
- پیوست ۱۳- میانگین مربعات وزن خشک کل تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف ۱۴۹
- پیوست ۱۴- مقایسه میانگین وزن خشک کل تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف ۱۴۹
- پیوست ۱۵- میانگین مربعات کلروفیل تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف ۱۵۰
- پیوست ۱۶- میانگین مربعات مقدار آب نسبی برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در دو زمان قبل و بعد از آبیاری ۱۵۱
- پیوست ۱۷- میانگین مربعات برخی صفات کیفی ریشه تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک ۱۵۲
- پیوست ۱۸- میانگین مربعات عملکرد تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک ۱۵۳
- پیوست ۱۹- میانگین مربعات شاخص سطح برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف ۱۵۴
- پیوست ۲۰- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف ۱۵۴
- پیوست ۲۱- میانگین مربعات نسبت سطح برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف ۱۵۵
- پیوست ۲۲- مقایسه میانگین نسبت سطح برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف ۱۵۵
- پیوست ۲۳- میانگین مربعات نسبت وزن برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف ۱۵۶

- ۱۵۷ پیوست ۲۴- میانگین مربعات سطح ویژه برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف
- ۱۵۷ پیوست ۲۵- مقایسه میانگین سطح ویژه برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف
- ۱۵۸ پیوست ۲۶- میانگین مربعات وزن ویژه برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف
- ۱۵۸ پیوست ۲۷- مقایسه میانگین وزن ویژه برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

فصل اول

مقدمه

پیامبر اسلام (ص) فرموده است که هیچ مسلمانی نیست که درختی بکارد و یا زراعتی انجام دهد که انسان، پرنده یا چهارپایی از آن تغذیه کند مگر آنکه برای او صدقه ای شمرده شود. کشاورزی به مفهوم عام، قدیمی ترین فعالیت بشر بوده است. بشر برای تأمین غذا، تأمین علوفه برای تغذیه دام ها و همین طور تهیه پوشاک به گیاهان نیازمند است. به طوری که در مراحل مشخصی از تمدن بشری از کشاورزی به عنوان تنها مفهوم حیات ذکر شده است. علم زراعت، فعالیت هایی از انسان را در بر می گیرد که به منظور تأمین نیازمندی های بعضی از گیاهان و در نتیجه بهره گیری از حداکثر قدرت تولیدی آنها انجام می شود. این فعالیت ها را، علاوه بر کاشت و برداشت محصول و حفاظت از آن در مقابل آفات، امراض و علف های هرز، می توان شامل تغییر در عوامل محیطی و یا انطباق گیاه و عملیات زراعی با عوامل محیطی دانست (خواجه پور، ۱۳۸۳).

رونق کشاورزی به عنوان پایه توسعه اقتصادی در جهت دستیابی به خود کفایی جز با بهره گیری از دست آوردهای علم و فن آوری ممکن نیست. روش های تولید باید ضمن حفظ منابع طبیعی در جهت افزایش تولید محصولات کشاورزی گام بردارد و این هدف در شرایطی تحقق می پذیرد که دانش فراگیر و فن آوری لازم عوامل تولید برای یک محصول زراعی در کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گیرد. در این میان اهمیت برخی محصولات کشاورزی بیش از بقیه است. چغندر قند، یکی از این گیاهان زراعی است که به عنوان یک گیاه صنعتی در کنار نیشکر، از مهم ترین گیاهان تولید کننده ساکارز یا شکر می باشد (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷). اهمیت این گیاه و قند حاصل از آن تا حدی است که در برخی کشورها و در یک سری دوره های زمانی از نظر سیاسی تأثیر گذار بوده است. چغندر قند مهم ترین منبع تولید قند و شکر در ایران می باشد و نیشکر از این لحاظ مقام دوم را دارد. بنابراین تحقیق و برنامه ریزی برای افزایش تولید این گیاه زراعی به منظور نیل به خود کفایی در کشور و جلوگیری از واردات شکر ضروری است (شهبابی فر و رحیمیان، ۱۳۸۷).

کشاورزی در فضای باز صورت می گیرد و آب و هوا فعالیت های کشاورزی را در تمام طول سال تحت تأثیر قرار می دهد. علاوه بر این تأثیر آب و هوا بر تولید محصولات غذایی اهمیت اساسی دارد. افزایش روز افزون جمعیت و نوسانات کمی و کیفی عملکرد، عواقب اقتصادی جدی به دنبال دارد که ممکن است سبب بروز مشکلات اجتماعی بزرگی گردد. امروزه که عملکرد محصولات زراعی به ظرفیت پتانسیل خود نزدیک می شوند، تولیدات کشاورزی در مقابل آب و هوا آسیب پذیرتر شده اند. در مزارع مدرن که آخرین اطلاعات علمی به کار گرفته می شود و تمام عملیات در بالاترین سطح تکنولوژی انجام می گیرد، آب و هوا به عنوان یک عامل مؤثر در تمام تمهیدات کشاورزی فشرده خود نمایی می کند. در نتیجه، زارعین جستجو در مورد اثرات آب و هوا بر عملکرد، الگوهای عملکرد در شرایط مختلف آب و هوایی و مخصوصاً روش هایی که اثرات منفی آب و هوا بر عملکرد را با انجام عملیات زراعی خاصی کاهش می دهد، شروع نموده اند (عبدالهیان نوقابی، ۱۳۷۹).

برای تعریف تنش، باید معیاری داشته باشد. معمولاً بازتاب های گیاهی را به عنوان معیاری برای مقایسه حالت تنش و عدم تنش در نظر می گیرند. مثلاً تغییر رشد یا بیوماس گیاه را به عنوان یک معیار در نظر گرفته و اندازه می گیرند. مفهوم تنش بستگی به مقاومت یک گیاه نسبت به عوامل نامطلوب و توانایی زیست گیاه در محیط های نامناسب دارد. یعنی ممکن است یک محیط برای گیاهی تنش زا باشد و در عین حال برای گیاه دیگر این چنین نباشد (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱). در بیشتر موارد، تنش به عنوان تغییر و دور شدن از شرایط مطلوب در نظر گرفته می شود و شامل تغییر تمام اعمال حیاتی در سطوح مختلف موجودات است. این امر در ابتدا می تواند موقت باشد ولی ممکن است دائمی گردد (استوکر، ۱۹۹۶). تنش ها را به دو دسته، تنش های زیستی و تنش های غیر زیستی یا محیطی تقسیم می کنند. تنش های محیطی از مهمترین عوامل کاهش دهنده عملکرد گیاهان زراعی در سطح جهان هستند. چنانچه تنش های محیطی حادث نمی شدند عملکردهای واقعی باید برابر با عملکردهای پتانسیل

گیاهان بود در حالی که در برخی از گیاهان زراعی متوسط عملکرد گیاهان کمتر از ۱۰ تا ۲۰ درصد پتانسیل عملکرد آنها است (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱). در نقاط خاصی از کره زمین به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، عوامل تنش زا تأثیر منفی بیشتری در تولید محصولات کشاورزی دارند و کشاورزی در آن مناطق با تحمل هزینه بیشتر و بازده کمتر صورت می گیرد. ایران یکی از این کشورها است که در اکثر نقاط آن تنش های غیر زیستی مختلف مانند خشکی، شوری و گرما و تنش های زیستی مانند علف های هرز، قارچ ها، باکتری ها، ویروس ها و حشرات موجب کاهش عملکرد، از بین رفتن حاصلخیزی خاک و در مواردی عدم امکان تداوم کشاورزی گردیده است (عبداللهیان نوقابی، ۱۳۷۱).

خشکی مهم ترین تنش غیر زیستی در بسیاری از نقاط جهان به شمار می آید. حدود نیمی از سطح خاکی کره زمین در معرض خشکی قرار داشته یا مستعد آن است. در عین حال بخش عمده ای از اراضی زراعی جهان در این مناطق قرار دارند (بروک، ۱۹۹۴). در سال های اخیر خشکی های شدیدی در مقیاس وسیع در مناطق مختلف جهان به وقوع پیوسته است. در آمریکا طی ۲ دهه اخیر، اثرات مخرب خشکی افزایش معنی داری داشته است که ناشی از افزایش وقوع خشکی و شدت آن بوده است. بین سال های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۳، ۱۰ مورد خشکی در آمریکا رخ داده که ۱۴۴ میلیارد دلار خسارت ایجاد کرده است. در اروپا، خشکی در بسیاری از مناطق در حال افزایش است. طی ۳۰ سال گذشته اروپا تحت تأثیر خشکی های زیادی واقع شده است. از سال ۱۹۹۱، میانگین خسارت سالانه خشکی در اروپا ۵/۳ میلیارد یورو بوده و خسارت ناشی از خشکی سال ۲۰۰۳ در اروپا ۸/۷ میلیارد یورو بوده است. در آسیا با افزایش خشکی طی چند دهه اخیر، تولید ذرت، گندم و برنج در برخی قسمت ها کاهش یافته است. بین سال های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۰ بالغ بر ۶۰ میلیون نفر در مناطق مرکزی و جنوب غرب آسیا از جمله در ایران، افغانستان، غرب پاکستان، تاجیکستان، ازبکستان و ترکمنستان در معرض خشکی قرار داشتند. در استرالیا، خشکی در دهه اخیر بی سابقه بوده است. خشکی در سال ۲۰۰۶ عملکرد غلات زمستانه را ۳۶ درصد کاهش داد و

حدود ۳/۵ میلیارد دلار خسارت وارد کرد. در آفریقا از سال ۱۹۶۰ به بعد خشکی های شدیدی در شرق آفریقا به وقوع پیوست که حاصل آن تشکیل انجمن ملی واحدی برای مبارزه با خشکی بود (اشوک میسرا و ویجای سینگ، ۲۰۱۰).

عامل اصلی محدود کننده توسعه کشاورزی و تولید در ایران محدودیت منابع آب و استفاده غیر منطقی و غیر اقتصادی از آن است (کرمی ۱۳۷۷). از طرفی نیاز شدید به تأمین مواد غذایی برای جمعیت رو به رشد و ایجاد امنیت غذایی ایجاب می کند که در حد امکان میزان تولیدات کشاورزی در کشور افزایش یابد. لذا برای تحقق این مسأله نیاز به برنامه ریزی دقیق تر جهت استفاده بهینه از منابع آب موجود به ویژه در بخش کشاورزی به عنوان عمده ترین بخش مصرف منابع آب کشور، احساس می گردد (محمدیان، ۱۳۸۰). با توجه به موقعیت اقلیمی کشور و نیز با عنایت بر مشکل آب و آبیاری در کشور نیل به اهداف خود کفایی در تولیدات کشاورزی با استفاده از روش هایی مانند مهار هر چه بیشتر منابع آبی قابل استحصال، بهبود وضعیت استفاده از منابع آبی موجود (افزایش بازده آبیاری و بالابردن بازدهی میزان محصول تولیدی در قبال مصرف واحد حجم آب در واحد سطح) و استفاده از ارقام مقاوم به خشکی و با کارایی بیشتر مصرف آب امکان پذیر است (توحیدلو، ۱۳۷۸). کم آبیاری، یک راهکار بهینه برای به عمل آوردن محصولات تحت شرایط کمبود آب است که همراه با کاهش محصول در واحد سطح و افزایش آن با گسترش سطح می باشد. در کم آبیاری به طور آگاهانه به گیاه اجازه داده می شود که با مصرف آب کمتر از نیاز، محصول خود را کاهش دهد (سپاسخواه و همکاران، ۱۳۸۵).

گیاهان زراعی مختلف ممکن است عکس العمل های متفاوتی در برابر آبیاری کم و در نتیجه تنش کم آبی از خود نشان دهند (محمدیان، ۱۳۸۰). چغندر قند نیز از این امر مستثنی نیست. به طوری که تنش خشکی از مشکلات عمده تولید چغندر قند در ایران و جهان به شمار می رود (شکاری، ۱۳۸۰ و هانس و همکاران، ۱۹۸۰). مکانیسم های تحمل به تنش در گیاه از گونه ای به گونه دیگر تفاوت دارد و

حتی در داخل یک گونه نیز در مراحل مختلف نمو یکسان نیست (اشرف و فولاد، ۲۰۰۷). واکنش ها به تنش های غیر زیستی در سطوح سلولی موجب بقای برخی گونه های گیاهی شده است (ژو، ۲۰۰۲). یکی از عمومی ترین پاسخ ها به تنش در گیاهان تولید انواع مختلفی از ترکیبات آلی سازگار می باشد (سراج و سینکلر، ۲۰۰۲). ترکیباتی سازگار، با وزن مولکولی کم و با قابلیت انحلال که اساساً غیر سمی بوده و موجب افزایش غلظت شیره سلولی می شوند که گیاهان را از انواع تنش های غیر زیستی محافظت می کنند و مکانیسم عمل آنها در نهایت منجر به تنظیم اسمزی، سمیت زدایی، حفظ انسجام غشا و حفظ نسبت آنزیم ها و پروتئین ها است (یانسی و همکاران، ۱۹۸۲ و بانرت و جانسون، ۱۹۹۶). علاوه بر این بخشی از این ترکیبات قابل انحلال اجزای سلولی را از صدمات دهیدراته شدن محافظت می کنند که این کار را از طریق تنظیم اسمزی انجام می دهند. این ترکیبات شامل پرولین، ساکارز، پلی یول ها، تری هالوز و ترکیبات آمونیوم چهارتایی^۱ (QACs) مانند گلايسين-بتائين، آلانین بتائین، پرولین بتائین و هیدروکسی پرولین بتائین هستند. تلاش شده که با دستکاری ژنتیکی گیاهانی تولید کنند که با افزایش تولید این ترکیبات در خود تنظیم اسمزی انجام داده و در مقابل تنش مقاوم باشند. البته در این زمینه به موفقیت کمی رسیده اند (رادس و هانسون، ۱۹۹۳).

افزایش مقاومت به تنش های غیر زیستی در برخی گیاهان، از طریق کاربرد خارجی ترکیبات آلی گوناگون صورت می گیرد. این ترکیبات می توانند موجب حفاظت از گیاه در برابر عوامل محیطی تنش زا شده و موجب افزایش محصول شوند (اشرف و فولاد، ۲۰۰۷). در این تحقیق از اسید سالیسیلیک به عنوان یکی از این ترکیبات استفاده شده است و تلاش شده که تأثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر خصوصیات فیزیولوژیکی، عملکرد کمی و کیفی چغندر قند تحت شرایط کم آبیاری مورد بررسی قرار گیرد.

^۱- Quaternary ammonium compounds

اهداف این تحقیق شامل موارد زیر می باشد:

- ۱- بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک چغندر قند در هر دو شرایط تنش کم آبیاری و عدم تنش.
- ۲- مقایسه تأثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک در دو غلظت ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار بر پارامترهای کمی و کیفی چغندر قند در شرایط تنش کم آبیاری و عدم تنش.
- ۳- مقایسه میزان تأثیر گذاری محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در یک مرحله و دو مرحله محلول پاشی در ایجاد تحمل به تنش کم آبیاری در چغندر قند.
- ۴- بررسی کلی تأثیر تنش کم آبیاری بر پارامترهای فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی و همچنین کیفیت ریشه چغندر قند.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- وضعیت آب و هوا در جهان و ایران

مطالعات اخیر طی ۱۵۷ سال گذشته نشان داده که دمای کره زمین در سطح جهانی افزایش یافته است. میزان افزایش دما در قرن بیستم در ۲ فاز بررسی شده است. فاز اول بین سال های ۱۹۱۰ تا ۱۹۴۰ به میزان ۰/۳۵ درجه سانتی گراد و فاز دوم از ۱۹۷۰ تا امروز به میزان ۰/۵۵ درجه سانتی گراد بوده است. میانگین دمای کره زمین از حداکثر ۲۱ هزار سال قبل و بعد از عصر یخبندان در حال افزایش بوده است (اشوک میسرا و ویجای سینگ، ۲۰۱۰).

اگر چه آب فراوان ترین ماده روی زمین است ولی، کمبود آب شیرین مهم ترین عامل محدودیت تولید محصولات کشاورزی در جهان می باشد. چنین تضاد عمیق به علت چگونگی توزیع جغرافیایی و کیفیت مصرف آب آبیاری است (خواجه پور، ۱۳۸۳). مناطق خشک و نیمه خشک که در حدود ۴۰ درصد از اراضی جهان را شامل می شوند بالغ بر ۷۰۰ میلیون نفر از جمعیت دنیا را در خود جای داده اند (شکاری، ۱۳۸۰). منطقه خاورمیانه در معرض خشکی قرار دارد (وهاب زاده و علی زاده، ۱۳۷۳).

کشور ایران در نیمکره شمالی در عرض جغرافیایی ۲۵ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و ۴۴ درجه و ۶۳ دقیقه شرقی، در یکی از خشک ترین مناطق جهان قرار گرفته است. ایران از جمله کشورهای است که اقلیم بسیار متنوعی دارد و در کمربند مناطق خشک و بیابانی جهان واقع شده است. بررسی ها نشان داده است که کویرهای ایران جزو خشک ترین مناطق جهان است و استوای حرارتی زمین در مرداد ماه از این مناطق عبور می کند. بر اساس دومین گزارش وضعیت محیط زیست ایران، یکی از شگفتی های ایران این است که هفت گروه متفاوت آب و هوایی در این کشور شناسایی شده است و این وضعیتی نادر در میان کشورهای جهان است. حدود ۶۴ درصد مساحت ایران در آب و هوای خشک واقع شده است. آب و هوای خشک ایران را می توان به دو رده فراخشک و خشک بیابانی تقسیم کرد. حدود ۲۰ درصد مساحت ایران تحت تأثیر آب و هوای نیمه خشک است. ۴/۹ درصد از مساحت کل این کشور را آب و هوای مدیترانه ای

در بر گرفته است. ۳/۴ درصد از مساحت این کشور را آب و هوای نیمه مرطوب، حدود ۳/۶ درصد را آب و هوای مرطوب و حدود ۳ درصد را آب و هوای خیلی مرطوب در بر گرفته است. این گوناگونی آب و هوایی در ایران، وضعیت متفاوتی را نیز از جهت دما ایجاد کرده است. اگر چه میانگین دمای روزانه در مناطق خشک کشور ۲۷ درجه سانتی گراد است، ولی در تابستان در مناطقی از ایران دما به بالاتر از ۵۰ درجه سانتی گراد و در زمستان در مناطق مرتفع به کمتر از ۲۰- درجه سانتی گراد می رسد. ایران در پهنه اقلیمی خشک و نیمه خشک دنیا قرار گرفته و میزان تبخیر سالیانه در برخی از نقاط آن ۲۰ تا ۴۰ برابر میزان بارندگی می باشد. این موضوع نشان دهنده این است که پتانسیل تبخیر در این کشور زیاد است (شکاری، ۱۳۸۰).

مطالعات طرح جامع آب کشور نشان می دهد که منشأ اصلی منابع آب ایران ریزش های جوی بالغ بر ۴۱۳ میلیارد متر مکعب می باشد که از این مقدار ۹۳ میلیارد متر مکعب به صورت جریان های سطحی جاری شده، ۲۵ میلیارد متر مکعب به صورت مستقیم در آبخوان های آبرفتی نفوذ کرده و ۲۹۵ میلیارد متر مکعب به صورت تبخیر از دسترس خارج می گردد. علاوه بر این ۱۲ میلیارد متر مکعب آب به صورت جریان های سطحی و از طریق رودخانه های مرزی وارد کشور می گردد که با پیوستن آن به منابع آب سطحی منابع تجدید پذیر کل کشور به ۱۳۰ میلیارد متر مکعب بالغ می گردد (نورجو و همکاران، ۱۳۷۹). بیشترین بخش مصرف کننده آب در کشور بخش کشاورزی است. پس، بیشترین تلفات آب نیز به این بخش تعلق دارد (طالقانی، ۱۳۷۷ و توحیدلو، ۱۳۷۸).

حدود ۷۰ درصد از ریزش های جوی کشور به صورت باران و حدود ۳۰ درصد به صورت برف می باشد. با توجه به موقعیت اقلیمی کشور و نیز با عنایت بر مشکل آب و آبیاری در کشور نیل به اهداف خود کفایی در تولیدات کشاورزی با استفاده از روش هایی مانند مهار هر چه بیشتر منابع آبی قابل استحصال، بهبود وضعیت استفاده از منابع آبی موجود (افزایش بازده آبیاری و بالا بردن بازدهی میزان محصول

تولیدی در قبال مصرف واحد حجم آب در واحد سطح) و استفاده از ارقام مقاوم به خشکی و با کارایی بیشتر مصرف آب امکان پذیر است (توحیدلو، ۱۳۷۸). در شرایط آب و هوایی ایران، مصرف بهینه آب در تولید محصولات کشاورزی به عنوان یکی از مهم ترین عوامل محیطی مؤثر در رشد و نمو گیاهان از اهمیت خاصی برخوردار است (جهاد اکبر و ابراهیمیان، ۱۳۷۷).

۲-۲- اهمیت آب در گیاه

آب بیشتر از ۹۰ درصد وزن تر و در برخی کمتر از ۷۰ درصد وزن تر در بیشتر اندام های گیاهی را تشکیل می دهد. آب در پدیده هایی که در گیاه اتفاق می افتد نقش اساسی دارد. بین ۶۰ تا ۹۰ درصد آب در داخل سلول ها قرار داشته و تا حدودی به استحکام سلول ها کمک می کند. ۱۰ تا ۴۰ درصد بقیه در دیواره ها وارد شده و در آنجا محیط پیوسته ای بین سلول های مخصوص انتقال در دستجات آوندی و بقیه گیاه فراهم می کند (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶). بنابراین آب در انتقال مواد در گیاه و در داخل سلول ها نقش دارد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶ و جانسون و دیویس، ۱۹۷۱). نیروهای اسمزی که باعث ایجاد فشار آماس در سلول های آب دار می گردند در طویل شدن مکانیکی برگ ها و ریشه ها و باز و بسته شدن روزنه ها نقش مهمی دارند. بخش بزرگی از رشد برگ های چغندر قند و افزایش ذخیره قند ریشه ها در طول شب که فشار آماس زیاد است اتفاق می افتد (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷).

آب محیط مناسبی را برای انجام تغییرات شیمیایی فراهم می نماید و در فرآیند فتوسنتز برای احیای دی اکسید کربن یک ماده ضروری است (شکیبا، ۱۳۸۰). پایدار ماندن طیف وسیعی از مایعات کمپلکس مستلزم حضور آب است به طوری که در غیاب آب ذرات باردار بیش از حد متراکم و به هم نزدیک شده و در فرآیندهای شیمیایی نابسامانی ایجاد می شود. آب سبب آب گیری و خنثی سازی بار الکتریکی روی مولکول های کلئیدی می شود (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲). وجود آب برای جوانه زنی و

سبز شدن، حفظ آماس برگ به ویژه در مرحله گیاهچه، جلوگیری از پژمردگی و به حداکثر رساندن فتوسنتز و عملکرد بالقوه ضروری می باشد (جهاد اکبر و همکاران، ۱۳۷۹). در اکثر گیاهان نگهداری و ادامه رشد و نمو به حفظ مقادیر آب نسبتاً بالا در پروتوپلاسم بستگی دارد زیرا فرآیندهای فیزیولوژیکی بسیار مهم مانند گسترش سطح برگ، باز شدن روزنه ها و انجام فتوسنتز در اثر کاهش پتانسیل آب برگ تحت تأثیر قرار می گیرند (بیلورای و همکاران، ۱۹۸۳). تلفات آب به صورت تعرق به گیاه اجازه خنک شدن می دهد (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷) به طوری که در چغندر قند دمای برگی که تعرق می کند حدود ده درجه سانتی گراد کمتر از شرایط بدون تعرق است (ایدسو، ۱۹۸۲).

۲-۳- چغندر قند

۲-۳-۱- تاریخچه

۲-۳-۱-۱- تاریخچه چغندر قند در جهان

مبدأ چغندر قند اروپای مرکزی است. در زمان های بسیار قدیم در سواحل مدیترانه گونه های مختلفی از چغندر را به عنوان سبزی کشت می کردند. در آن زمان چغندر را برای مصرف برگ می کاشتند و احتمالاً شبیه گونه امروزی چغندر اسفناجی یا Swiss chard بوده است. در تمدن های یونان و روم یکی از مکمل های با ارزش غذایی به شمار می رفت. اسامی متعددی برای چغندر در زبان های باستانی متفاوت (سلج در عربی و سلیگ در ناباتی) آمده که ظاهراً از ریشه سیکولا مشتق شده است. بعد از قرن دوم میلادی کلمه چغندر زیر نام بتا به دفعات در نوشته های رومی آمده است (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷). به هر حال چغندر به عنوان گیاهی که دارای خواص ارزشمند می باشد در اوایل سالهای ۱۷۰۰ میلادی خود نمایی کرد (خدادادیان، ۱۳۷۱).

سال ۱۷۴۷ یک شیمیدان آلمانی به نام آندریاس مارگراف با انجام آزمایش روی ریشه چغندر رقم وایت مانگلد و رد مانگلد ثابت کرد که چغندر در ریشه ذخیره ای خود دارای مقداری قند قابل استخراج است (خدادادیان، ۱۳۷۱). بعدها فرانس کارل آکارد که شاگرد مارگراف بود و امروزه او را پدر صنعت قند می دانند چغندر را به منظور تولید شکر با موفقیت اصلاح نمود. چغندر از حداقل ۴۲۰ سال قبل از میلاد مسیح در مناطق مدیترانه ای کشت می شده است (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷). کاشت چغندر به عنوان گیاه تولید کننده قند از اواخر قرن هجدهم آغاز شده است (محمدیان، ۱۳۸۰). اولین کارخانه قند در دنیا توسط آکارد در سال ۱۸۰۱ میلادی در آلمان ساخته شد. امروزه چغندرقند در تمام قاره ها به جز استرالیا کشت می شود (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷). از این رو سابقه زراعت آن در دنیا به حدود ۲۰۰ سال می رسد (عبداللهیان نوقابی، ۱۳۷۱ و طالقانی، ۱۳۷۷). طبق نظر واویلف منشأ چغندرقند احتمالاً آسیای صغیر یا نواحی قفقاز است (عبداللهیان نوقابی، ۱۳۷۱).

چغندرهای زراعی را بر اساس شکل ظاهری به ۴ گروه چغندر برگی، چغندر باغی، چغندر علوفه‌ای و چغندرقند تقسیم می کنند. مهم ترین سازمان های تحقیقاتی چغندرقند در جهان، انستیتو تحقیقات بین المللی چغندرقند در اروپا^۱ و انجمن متخصصین چغندرقند در آمریکا^۲ هستند (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷). کشورهای برزیل، هندوستان، چین، تایلند و آمریکا از جمله تولیدکنندگان بزرگ شکر و کشورهای هندوستان، چین، برزیل، آمریکا و روسیه از جمله مصرف کنندگان بزرگ شکر در جهان هستند. در ضمن کشورهای برزیل، تایلند، هندوستان، استرالیا و فرانسه از جمله صادرکنندگان بزرگ و کشورهای روسیه، آمریکا، امارات، اندونزی و کره جنوبی از جمله واردکنندگان بزرگ شکر در جهان هستند (انجمن صنفی کارخانه‌های قند و شکر ایران، ۱۳۸۸).

۱- Institut international de recherches betteravieres
۲- American society of sugar beet technologists

۲-۳-۱-۲- تاریخچه چغندر قند در ایران

چغندر قند در گویش های باستانی ایران به نام های چندر، چنر و چگندر نامیده شده است. زراعت چغندر قند در ایران برای اولین بار در سال ۱۲۷۳ آغاز شد. در ایران اولین کارخانه قند در سال ۱۲۷۷ هجری شمسی در کهریزک احداث شد اما پس از مدت کوتاهی تعطیل گردید. هم اکنون ۳۵ کارخانه قند در کشور مشغول تولید شکر از چغندر قند هستند. استان خراسان رضوی در سطح کشور بیشترین سطح زیر کشت و تولید قند و شکر کشور را دارد (انجمن صنفی کارخانه های قند و شکر ایران، ۱۳۸۸). در سال زراعی ۸۶-۸۷ کل سطح زیر کشت چغندر قند در ایران ۵۳۹۵۱ هکتار، کل تولید چغندر قند ۱۸۲۹۳۰۲/۸۷ تن و عملکرد ۳۳/۹۱ تن در هکتار بوده است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۸). امروزه تحقیقات کشاورزی و انجام آزمایش های به زراعی و به نژادی مربوط به چغندر قند در سطح کشور رو به گسترش است. به طوری که علاوه بر مؤسسات و مراکز تحقیقات کشاورزی وابسته به وزارت جهاد کشاورزی و دانشکده های کشاورزی، اجرای تحقیقات کشاورزی در بخش خصوصی از قبیل شرکت های تحقیقات و خدمات کشاورزی و کارخانه های قند نیز رواج پیدا کرده است.

۲-۳-۲- اهمیت

تقاضای انسان برای غذای شیرین در دنیا عمومیت دارد. چغندر قند برای آدمی به عنوان یک سرچشمه انرژی زا و غذای خالص با جنبه حیاتی بوده و موقعیت منحصر به فردی را در قلمرو نباتات اشغال کرده است. چغندر قند به عنوان عسل گیاهی شناخته می شود. از نظر اصول طبقه بندی گیاه شناسی این نبات جزو کوچکی از سیصد هزار نوع رویدنی های رده بالای شناخته شده در جهان است. با وجود این یکی از ۱۲ نوع گیاهی است که غذای مردم جهان را تأمین می نماید. بشر در دوران تحول خود دست کم ۸۰۰۰ نوع از گونه های گیاهی را برای تغذیه خویش مورد آزمایش قرار داده است که نسبت به ۱۵۰ نوع آن توجه خود را متمرکز نموده است. چغندر قند یکی از ممتازترین و جالبترین آنها می باشد

که از نظر ارزش غذایی در ردیف گیاهانی مانند برنج، ذرت، گندم، سیبزمینی و حبوبات قرار دارد. ارزش بالای چغندر قند به دلیل بازدهی بالای آن است. به طوری که گیاهان دیگر کمتر قادرند تا این حد انرژی خورشیدی را به انرژی ذخیره ای تبدیل کنند (خدادادیان، ۱۳۷۱).

چغندر قند با تکنولوژی جدید کشاورزی سازگار بوده و زراعت آن تا حد زیادی مکانیزه شده است. کشف انواع بذور منورم آخرین موانع را برای مکانیزاسیون کامل تولید آن از میان برداشته است. این گیاه به خوبی در تناوب زراعی جای می گیرد. عمیق بودن ریشه و پاک بودن مزارع آن از علفهای هرز اجازه می دهد که در دوره های تناوبی مانند غلات- علوفه- چغندر قند جایگزین شود (برادران فیروز آبادی، ۱۳۸۱). چغندر قند به دلیل تحمل به خشکی، شوری و سایر تنش های محیطی و توانایی تولید بالا، به طیف وسیعی از شرایط آب و هوایی سازگار است و یکی از گیاهان اصلی در زراعت های فاریاب می باشد (جانسون و ایر، ۱۹۷۱). چغندر قند از نظر تحمل به خشکی با سورگوم قابل مقایسه است و می تواند در دامنه گسترده ای از سطوح آبیاری رشد کند (وینتر، ۱۹۸۰). در کل چغندر قند به صورت یک فرآورده غذایی در جهان مقام بایسته و شایسته خود را به دست آورده است و یکی از اجزای کلیدی متشکله اقتصادی کشاورزی ملی است (محمدیان، ۱۳۸۰). چغندر قند، یک محصول تضمینی است و همه ساله خرید آن توسط دولت تضمین می گردد. چغندر قند دارای ارزش دارویی نیز می باشد. در احادیث آمده که چغندر قند در ساحل بهشت روییده و شفا دهنده دردها است. چغندر قند از نظر املاح معدنی غنی بوده و عصاره آن یکی از بهترین و مقوی ترین شیرها است زیرا به ساختن گلبول های قرمز خون کمک می کند و جریان خون را بهبود می بخشد. برگ چغندر قند مواد پروتئینی زیادی دارد (راد و قاسمی نژاد، ۱۳۷۹). بتائین موجود در ریشه چغندر قند از طریق تأثیر بر متابولیسم چربی ها موجب تقویت کبد، کیسه صفرا و مجاری صفراوی شده و به کاهش میزان چربی خون کمک می کند (مورگان و کاتارچ، ۱۹۸۶). آب برگ

چغندر قند دارای مقدار فراوانی کلروفیل و ویتامین های A، C و مواد قلیایی مانند کلسیم، منیزیم، آهن و پتاسیم است (خوشبین، ۱۳۸۷).

۲-۳-۳- گیاه شناسی

چغندر قند با نام علمی *Beta vulgaris* گیاهی دیپلوئید ($2n=18$) از تیره اسفناجیان^۱ یا پنجه‌غازیان می باشد (خواجه پور، ۱۳۸۵). گیاهی دگرگشن و دوساله است که در سال اول ریشه و در سال دوم بذر تولید می کند ولی از نظر تولید، گیاهی یکساله محسوب می شود (طالقانی، ۱۳۷۷). چغندر قند گیاهی دیررس است (خواجه پور، ۱۳۸۳). طول دوره رشد آن برای تولید قند ۶ تا ۹ ماه است که طی این دوره دارای رشد رویشی فاقد ساقه بوده و به صورت مجموعه ای از برگ های بزرگ افقی (برگهای مسن) تا عمودی (برگهای جوان) مشاهده می شود. برگ ها به صورت متراکم از روی طوقه خارج شده و با زوایای مختلف نسبت به یکدیگر و خط عمودی قرار می گیرند. ظهور برگ ها در اثر فعالیت مریستم انتهایی صورت می گیرد. در مجموع تعداد کل برگ های گیاه ممکن است به حدود ۳۵ تا ۴۰ برگ برسد که معمولاً برگ های ۱۵ تا ۲۰ در گیاه بیشترین سطح را داشته و دارای حداکثر فعالیت می باشند (خواجه پور، ۱۳۸۵).

ساقه گل دهنده در سال دوم از مرکز طوقه بیرون می آید و دارای برگ های کوچک و باریک است (کوچکی، ۱۳۷۵). چغندر قند دارای گل های نر و ماده (دوجنسی) است که به صورت منفرد یا مجتمع در کنار برگچه ها تشکیل می گردند. گل ها کوچک و فنجانی شکل و بدون دمگل هستند. هر گل ۵ گلبرگ و ۵ پرچم دارد و هر پرچم متصل به قسمتی از گلپوش است (خواجه پور، ۱۳۸۵). تخمدان معمولاً دارای یک دانه است و از یک کلاله سه شاخه تشکیل شده است. هرگاه گل ها به صورت منفرد قرار گرفته باشند، بذر چغندر قند به صورت تک دانه یا منوژرم خواهد بود ولی اگر گل ها به صورت مجتمع باشند

۱- Chenopodiaceae

بذرهای چند دانه ای یا مولتی ژرم می شوند (عبداللهیان نوقابی، ۱۳۷۱ و توحیدلو، ۱۳۷۸). بذر این گیاه به صورت اپی جیل (برون خاکی) جوانه می زند (خواجه پور، ۱۳۸۵).

چغندر قند دارای یک ریشه اصلی قوی و ریشه های جانبی می باشد. ریشه اصلی از فعالیت لایه های زایا به وجود آمده و طول آن بسته به ژنوتیپ گیاه و عوامل محیطی از ۲۰ تا ۵۰ سانتی متر متغیر است. ریشه اصلی محل ذخیره مواد قندی و غیر قندی می باشد که ذخیره سازی قند معمولاً در بخشی که ریشه قطورتر است صورت می گیرد. ریشه های فرعی وظیفه جذب آب و مواد غذایی را عهده دار بوده و در اواخر دوره رشد تا اعماق ۱/۵ تا ۱/۸ متری خاک نفوذ می کنند (کوچکی و سلطانی، ۱۳۷۵). محصول زراعی چغندر قند، ریشه ای بزرگ و آب دار است که شامل سه قسمت اصلی زیر می باشد (کوچکی، ۱۳۷۵ و خواجه پور، ۱۳۸۵):

۱- طوقه: قسمت بالای ضخیم شده محور زیر لپه است که بیرون از زمین قرار گرفته و محل ظهور جوانه های برگ در سال اول و جوانه های تولید ساقه گل دهنده در سال دوم است. غلظت ساکارز (قند ذخیره ای موجود در ریشه) در این اندام از ریشه کمتر است در حالی که غلظت مواد قابل حل غیر ساکارزی آن از ریشه بیشتر است. بنابراین گیاهانی که از نسبت طوقه به ریشه کمتری برخوردار باشند از نظر کیفی مطلوب تر هستند (طالقانی، ۱۳۷۷). در کل طوقه بسته به بزرگی و کوچکی ریشه و شرایط محیطی ۸ تا ۱۰ درصد وزن کل ریشه (ریشه ذخیره ای و طوقه) را به خود اختصاص می دهد (عبداللهیان نوقابی، ۱۳۷۱).

۲- گردن: به منطقه کوتاه و صاف در زیر طوقه که قطورترین نقطه ریشه بوده و از رشد محور زیر لپه به وجود می آید اطلاق می شود (خواجه پور، ۱۳۸۵). گردن در چغندر قند در زیر خاک قرار داشته و فاقد برگ می باشد. به استثنای مراحل اولیه رشد ریشه های جانبی نیز به ندرت در این قسمت به وجود می آیند. در چغندرهای علوفه ای و لبویی منطقه گردن در بیرون خاک قرار دارد. قسمت گردن از نظر

تکنولوژیکی دارای کیفیت خوبی بوده و حدود ۲۱ درصد کل وزن ریشه را تشکیل می دهد (عبداللهیان نوقابی، ۱۳۷۱).

۳- ریشه ذخیره ای یا قسمت گوشتی: ذخیره قند در این قسمت انجام شده و به ریشه مستقیم و کم‌قطری منتهی می گردد (خواجه پور، ۱۳۸۵). این قسمت از ریشه دارای دو شیار کم و بیش عمیق در دو طرف خود است که ریشه های جانبی از این شیارها منشعب می گردند. ریشه های جانبی به طول تقریبی ۴۰ تا ۵۰ سانتیمتر بوده و با انشعابات بعدی ریشه های فرعی را به وجود می آورند. تعدادی از ریشه های فرعی مستقیماً از ریشه های ذکر شده روی قسمت اصلی ریشه منشعب می شوند. ریشه های جانبی در اوایل فصل رشد حدود ۱۰ درصد و در اواخر دوره رشد حدود ۳ درصد کل ماده خشک گیاه چغندر قند را تشکیل می دهند در حالی که سهم ریشه اصلی و برگ ها به ترتیب در اواخر دوره رشد ۷۰ و ۲۷ درصد می باشد (عبداللهیان نوقابی، ۱۳۷۱ و توحیدلو، ۱۳۷۸).

آن قسمت از ریشه ذخیره ای که در زمان برداشت، دمبرگ های زنده به آن متصل است، سر، به قسمت پایین تر از سر تا منطقه ای که آثار دمبرگ های اولیه وجود دارد، طوقه، به قسمت پایین تر از طوقه تا جایی که قطر ریشه ذخیره ای به ۳ سانتی متر می رسد، ریشه و به قسمت پایین تر از ریشه تا انتها، دم گفته می شود. بین این قسمت ها از لحاظ وزن، درصد قند و غلظت ناخالصی ها تفاوت وجود دارد که متأثر از تکنیک های زراعی، شرایط اقلیمی و نوع رقم می باشد. تشکیل حلقه های لایه های زاینده به مقدار کافی در مراحل اولیه رشد موجب ذخیره سازی مناسب قند در اواخر رشد گیاه می شود و معمولاً بین تعداد حلقه های دستجات آوندی و درصد قند در ریشه همبستگی مثبت وجود دارد. حداکثر تعداد حلقه ها در زمان برداشت ۱۲ تا ۱۵ است (کوچکی و سلطانی، ۱۳۷۵). بین اندازه ریشه و میزان قند آن همبستگی منفی وجود دارد. به همین جهت انتخاب برای فعالیت همزمان تعداد زیادتری حلقه های مریستمی از اهداف به نژادی برای افزایش همزمان عملکردهای ریشه و قند می باشد (خواجه پور، ۱۳۸۵).

۲-۳-۴-ارقام

ارقام چغندر قند از نظر وزن ریشه و درصد قند موجود در ریشه به چند تیپ مهم تقسیم می‌شوند

که عبارتند از:

تیپ E: در این تیپ عملکرد ریشه بالا و درصد قند کم می‌باشد.

تیپ N: در این تیپ عملکرد ریشه و درصد قند متوسط می‌باشد.

تیپ Z: در این تیپ عملکرد ریشه پایین و درصد قند بالا می‌باشد.

تیپ ZZ: در این تیپ مقدار قند بسیار بالا است که فقط در به نژادی استفاده می‌شود (خواجه پور،

۱۳۸۵).

۲-۳-۵-مراحل نمو

سبز شدن چغندر با باز شدن لپه‌ها مشخص می‌شود و از این لحاظ مشابه سایر گیاهان می‌باشد.

بحرانی‌ترین مرحله زندگی چغندر قند، مرحله جوانه زنی و سبز شدن است (آلبکرو و کاروالیو، ۲۰۰۳).

تنش رطوبتی، بافت خاک و عمق کاشت، در مدت زمان سبز شدن چغندر قند مؤثر می‌باشند (یانسی و

همکاران، ۱۹۸۲ و کمپل و انز، ۱۹۹۱). در بسیاری شرایط استقرار بوته‌ها در مرحله ۶ برگی و یا حدود

۳۰ روز پس از سبز شدن تقریباً قطعی محسوب می‌شود. چغندر قند در شرایط مناسب رشد غالباً طی ۳ تا

۴ ماه پس از سبز شدن و یا تقریباً در مرحله ۱۸ تا ۲۰ برگی به‌طور کامل زمین را پوشش می‌دهد.

چغندر قند را هنگامی رسیده محسوب می‌دارند که عیار قند در ریشه به یک میزان ثابت رسیده باشد. در

بعضی شرایط ممکن است رسیدگی با قهوه‌ای شدن برگ‌های کناری و زرد شدن برگ‌های میانی همراه

باشد (خواجه پور، ۱۳۸۵).

چغندر قند دارای هیچ گونه مکانیسم خود کنترلی جهت افزایش تجمع ساکارز نیست و به همین دلیل وابسته به محرک های خارجی است و عوامل اقلیمی از قبیل نور، دما، طول روز و رطوبت خاک تا حد زیادی تعیین کننده نوع رشد و مقدار ذخیره قند در ریشه می باشند (کوچکی، ۱۳۷۵ و خواجه پور، ۱۳۸۵). برنامه های به نژادی زیادی انجام شده تا چغندر قند به یک گیاه مناسب برای ساختن و ذخیره ساکارز تبدیل شود (هیلز و همکاران، ۱۹۹۰). چغندر قند گیاه مناطق معتدله است و از عرض جغرافیایی ۳۰ تا ۶۰ درجه شمالی کره زمین کشت می شود (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷). این گیاه از نظر گلدهی گیاهی روز بلند محسوب می شود (خواجه پور، ۱۳۸۵). چغندر قند در اکثر نقاط ایران در اوایل بهار کشت می شود (جلیلیان و همکاران، ۱۳۸۳). این گیاه، آفتاب پسند است. چغندر قند به محدوده وسیعی از شرایط اقلیمی سازگار بوده (هیلز و همکاران، ۱۹۹۰) و گیاهی سرما دوست است (خواجه پور، ۱۳۸۵).

دمای پایه برای جوانه زنی بذر چغندر قند، ۲/۹ درجه سانتی گراد (گومرسون، ۱۹۸۶)، برای تعیین مراحل فنولوژیکی چغندر قند، صفر درجه سانتی گراد (دار و همکاران، ۱۹۹۲)، برای محاسبه واحدهای گرمایی مؤثر در رشد، ۳ درجه سانتی گراد (دار و بویفین، ۱۹۹۵) و برای محاسبه واحدهای گرمایی مورد نیاز برای پیش بینی سبز شدن چغندر قند در مزرعه، ۴/۴ درجه سانتی گراد (یانسی و همکاران، ۱۹۸۲) است. دمای پایه برای جوانه زنی بذر چغندر قند در پتانسیل های مختلف اسمزی (تنش خشکی) تفاوت زیادی ندارد (گومرسون، ۱۹۸۶). واحد گرمایی مورد نیاز برای سبز شدن چغندر قند در آزمایشگاه و مزرعه، به ترتیب ۹۲ و ۸۱ درجه روز می باشد (یانسی و همکاران، ۱۹۸۲). چغندر قند گیاهی مقاوم و سرسخت است. بوته های جوان آن با وجود عملیات زیاد مکانیکی باقی می ماند و در مقابل سرما، گرما، خشکی هوا و ریزش برگ ها سرپا مانده و مقاومت می کنند. رشد مجدد برگ در مزرعه ای که از تگرگ خسارت دیده گواهی بر این مدعا می باشد (خدادادیان، ۱۳۷۱). از آنجایی که چغندر قند به سله و تراکم خاک بسیار

حساس است، غالباً به صورت جوی و پشته با روش آبیاری نشتی و در صورت مناسب بودن بافت و ساختمان خاک با روش آبیاری شیاری کشت می شود (خواجه پور، ۱۳۸۵).

چغندر قند به شوری زیاد حساس نیست (کوچکی، ۱۳۷۵) و قابل تطبیق با شرایط محیط است (خدادادیان، ۱۳۷۱). حد آستانه شوری برای چغندر قند، بر اساس جداول ارائه شده در نشریه شماره ۵۶ فائو برابر ۷/۷ دسی زیمنس بر متر است (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). این گیاه به خاک های اسیدی حساس است. لازم است پی اچ خاک های اسیدی به ۶ تا حداکثر ۶/۲ رسانده شود. پی اچ کمی قلیایی برای چغندر قند ایده آل به شمار می رود و تا پی اچ ۸ به خوبی رشد می نماید. دمای مناسب رشد چغندر قند بین ۲۰ تا ۲۴ درجه سانتی گراد است ولی انتقال قند از برگ ها به ریشه و ذخیره قند در ریشه در دماهای پایین بهتر انجام می شود (برادران فیروز آبادی، ۱۳۸۱). وقوع سرما در اوایل فصل رشد مطلوب نیست زیرا رشد اندام های زیرزمینی قبل از برگ ها متوقف می گردد. از طرفی عمر برگ در هوای بسیار گرم کوتاه است. بهترین شرایط محیطی از نظر دما برای چغندر قند بهاره وجود تابستان گرم جهت تأمین حداکثر رشد و پاییز آفتابی با دمای شبانه نزدیک به صفر است (کوچکی، ۱۳۷۵). چغندر قند از گیاهان مقاوم به بر و کلر خاک محسوب می شود (خواجه پور، ۱۳۸۵).

چغندر قند گیاهی C_3 است و دی اکسید کربن را از طریق چرخه کالوین تثبیت می کند (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷). این گیاه به نور زیادی برای رشد و تجمع قند در ریشه نیاز دارد (خواجه پور، ۱۳۸۵). افزایش طول روز از ۸ به ۱۰ تا ۱۴ ساعت تقریباً وزن ریشه ها و مقدار ساکارز تولیدی را دو برابر می کند ولی وزن قسمت های هوایی گیاه را چندان افزایش نمی دهد (کوچکی، ۱۳۷۵). چنانچه در طول دوره رشد آسمان به میزان زیادی ابری باشد درصد قند آن کاهش می یابد (کافی و همکاران، ۱۳۷۹). عملکرد ریشه در خاک های نیمه سنگین به شرط وجود زهکشی خوب نیز مطلوب می باشد (خواجه پور، ۱۳۸۵). علیرغم انعطاف پذیری بالای این گیاه به شرایط محیطی گوناگون معمولاً برای کشت از اراضی نسبتاً خوب

زراعی استفاده می شود که احتمالاً دلیل آن ارزش بسیار بالای اقتصادی و صنعتی این گیاه در مقایسه با سایر گیاهان است. از کشت این گیاه در اراضی با زهکشی نامناسب اجتناب می شود و در نواحی خشک نسبت به آبیاری آن اقدام می گردد. چغندر قند گیاهی است که می تواند تا حدودی خشکی را تحمل کند و در عین حال با کاهش میزان آب در دسترس، عملکرد اقتصادی قابل توجیه داشته باشد (وینتر، ۱۹۸۹). چغندر قند ریشه ای دارای دوره رویشی طولانی بدون مرحله حساس گلدهی، سیستم ریشه عمیق و ظرفیت لازم برای تنظیم اسمزی است که موجب تحمل بیشتر آن از نظر افت عملکرد و مقاومت آن به خشکی و شوری می گردد (کیزیلگلو و همکاران، ۲۰۰۷).

این گیاه می تواند کمبود آب و دسترسی به آن را با از دست دادن برگ‌های خشک جبران کرده و در زمان بهبود شرایط رشد، دوباره با تولید برگ های جدید خود را به حالت نرمال برگرداند (وینتر، ۱۹۸۹). چغندر قند گیاهی است که در مقایسه با اکثر گیاهان زراعی توانایی بیشتری در تولید ماده خشک در شرایط تنش خشکی دارد (اسچیتنهل، ۱۹۹۹). این گیاه به سرعت با کم آبیاری سازگار می شود زیرا آب ذخیره شده در اعماق خاک را استفاده می نماید و به دنبال بر طرف شدن تنش شدید رشد خود را به سرعت جبران می کند (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷). چغندر قند به دلیل داشتن دوره رویشی طولانی بدون مرحله حساس گلدهی و داشتن سیستم ریشه‌ای عمیق، ظرفیت تنظیم اسمزی بیشتری داشته و متحمل به شرایط خشکی و شوری خاک می باشد (دونام و کلارک، ۱۹۹۲). دورنبوس و پروت (۱۹۷۷)، مرحله بحرانی و حساس به تنش خشکی برای چغندر قند را ۳ تا ۴ هفته پس از جوانه زنی اعلام کردند. موفقیت کم آبیاری در مورد گیاهانی مانند چغندر قند در نقاط مختلف جهان به اثبات رسیده است. این گیاه با ریشه دوانی عمیق و استفاده از رطوبت خاک در اعماق پایین با تنش آبی مقابله می کند. چغندر قند قادر است تحت شرایط کم آبیاری به طور رضایت بخش به رشد خود ادامه دهد (میلر و آرسج، ۱۹۷۶).

۲-۳-۷- آفات، بیماری ها و علف های هرز

چغندر قند مورد هجوم آفات و بیماری های بسیاری قرار می گیرد. از جمله آفات چغندر قند می توان به کرم برگ خوار چغندر قند یا کارادرینا، بید، چند گونه از اگروتیس، کک، چند گونه از سرخرطومی، مگس، شته و تعدادی زنجره اشاره کرد. از بیماری های مهم چغندر قند در ایران نیز می توان به سفیدک سطحی، سفیدک داخلی، لکه گرد برگ، پوسیدگی ریشه، پوسیدگی باکتریائی، نماتدها، پیچیدگی و تورم رگبرگ ها، زردی، موزائیک چغندر قند و رایزومانیا اشاره نمود. مهم ترین علف های هرز چغندر قند، سوروف، سس، تاج خروس وحشی و ارزن وحشی هستند (خواجه پور، ۱۳۸۵).

۲-۳-۸- نیاز آبی

میزان تبخیر و تعرق و نیاز آبی گیاهان در مناطق مختلف با توجه به شرایط اقلیمی، متفاوت می باشد (پناهی و همکاران، ۱۳۸۵). تعیین نیاز آبی گیاهان برای بهره برداری بهینه از منابع آب، طراحی شبکه های آبیاری و برنامه ریزی آبیاری ضروری است. چغندر قند از نظر نیاز آبی به سه مرحله رشد برگی، رشد ریشه، و تشکیل قند تقسیم می شود (دلیبالتو و سارکیزو، ۱۹۷۴). حدود پتانسیل ماتریک جهت آبیاری چغندر قند به منظور نیل به حداکثر تولید بین ۴۰- تا ۶۰- سانتی بار (هر سانتی بار برابر یک کیلو پاسکال است) گزارش شده است (هانکس و همکاران، ۱۹۸۰). چغندر قند از نظر راندمان مصرف آب، بر اساس کل ماده خشک تولیدی، بر بسیاری از گیاهان وجینی برتر است (ریتز، ۲۰۰۵). مصرف آب به شدت به شرایط آب و هوایی، مدیریت آبیاری و طول دوره رشد و تا حدودی به تراکم گیاهی، نیتروژن، ژنوتیپ، بیماری ها و گاهی به عوامل دیگر بستگی دارد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶). چغندر قند، نیاز آبی نسبتاً زیادی دارد (رضوانی و همکاران، ۱۳۸۷). با توجه به ضریب تعرق چغندر قند که بین ۲۳۷ تا ۴۰۰ است،

این گیاه محصولی است که به رطوبت کافی نیاز داشته (کافی و همکاران، ۱۳۷۹) و آبیاری در عملکرد و کیفیت آن نقش مهمی ایفا می کند (کوچکی، ۱۳۷۵).

مصرف نسبی آب در چغندر قند نسبت به سایر گیاهان زراعی خیلی بالا نیست اما مصرف مطلق آب در یک هکتار به ویژه در سرعت های بالای تولید ماده خشک زیاد است (کافی و همکاران، ۱۳۷۹). مقدار آب آبیاری چغندر قند در سراسر جهان بسیار متغیر است. در انگلستان و فرانسه آبیاری به عنوان مکمل بارندگی است و حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی متر آب به منظور اطمینان از عدم محدودیت رشد گیاه ناشی از کم آبی لازم است در حالی که در نواحی گرم مانند آمریکا، نواحی مدیترانه ای و پاکستان تولید چغندر قند، بدون آبیاری ممکن نیست. بنابراین حساسیت رشد به آبیاری بستگی به مقدار آب اضافی مورد نیاز داشته و آبیاری، برای حداکثر عملکرد، باید حداقل آب مورد نیاز را بدون محدودیت تأمین کند. با توجه به اینکه چغندر قند گیاهی است که به عنوان محصول تجاری در طول دوره رشد خود به صورت رویشی باقی می ماند بنابراین در دوره رشد آن مانند سایر گیاهان مرحله بحرانی نیاز به آب ندارد. لذا کاهش کمیت و کیفیت محصول چغندر قند در اثر تنش رطوبتی، کمتر از گیاهان حساس مانند سیب زمینی می باشد. البته این به آن معنی نیست که آب برای رشد چغندر قند از اهمیت کمتری برخوردار است بلکه وجود آب برای جوانه زنی و سبز شدن، حفظ آماس برگ به ویژه در مرحله گیاهچه ای، جلوگیری از پژمردگی و به حداکثر رساندن فتوسنتز و عملکرد بالقوه ضروری می باشد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶ و یانتس و همکاران، ۱۹۸۳). به طور کلی چغندر قند از نظر مصرف آب جزو گیاهان پرمصرف است و حتی در شرایط مطلوب نیز آبیاری های تکمیلی باعث افزایش عملکرد آن خواهد شد (برادران فیروزآبادی، ۱۳۸۱).

آزمایشی با استفاده از لایسیمتر وزنی انجام شد و در آن مقدار نیاز آبی چغندر قند از ۱۱۹۵ میلی متر برای مرطوب ترین تیمار تا ۹۰۰ میلی متر برای خشک ترین تیمار اندازه گیری شد. در این محدوده

میزان مصرف آب هیچ گونه اثر معنی داری بر عیار قند یا عملکرد شکر نداشت اما بیشترین عملکرد ریشه در آب مصرفی ۱۰۳۶ میلی متر به دست آمد. برای مقادیر آب مصرفی کمتر عملکرد به صورت خطی کاهش یافت (اهلیگ و لمرت، ۱۹۷۹). در آزمایشی در تگزاس مشخص شد که چغندر قند قادر است از رطوبت قابل دسترس خاک تا عمق ۱/۲ متری استفاده نموده و عملکرد قابل قبولی داشته باشد اما بیشترین عملکرد به میزان ۷۶/۶ تن در هکتار با بیشترین آب مصرفی به میزان ۱۰۱۰ میلی متر به دست آمد. میزان نیاز آبی چغندر قند در تگزاس از ۱۵ مارس تا ۱۵ نوامبر ۱۱۸۵ میلی متر گزارش شده است (وینتر، ۱۹۸۹). در آزمایش دیگری در آیداهو، میزان نیاز آبی چغندر قند در طول دوره رشد آن از اول آوریل تا ۳۱ اکتبر (اواسط اردیبهشت تا اواسط مهر ماه)، ۸۵۱ میلی متر گزارش شده است (هیلز و همکاران، ۱۹۹۰).

بررسی هایی که تا کنون در مناطق مختلف ایران انجام شده است، مقدار نیاز آبی محصولات زراعی مناطق با اقلیم های مختلف را از حداقل ۱۲۰۰ تا حداکثر ۲۰۰۰ میلی متر گزارش داده است (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶). میزان تبخیر و تعرق استاندارد چغندر قند در همدان ۱۰۹۶ میلی متر گزارش شده است. میزان تبخیر و تعرق استاندارد چغندر قند با استفاده از لایسیمتر در شرایط اقلیمی ارومیه ۱۷۰۵ میلی متر اندازه گیری شد. در یک آزمایش میزان آب مصرفی چغندر قند در شرایط بدون تنش در کرج با استفاده از روش آبیاری بارانی تک شاخه ای و دور ۸ روز و ۱۸ نوبت آبیاری ۸۸۳ میلی متر برآورد شد. میزان آب مورد نیاز برای زراعت چغندر قند در منطقه کرج در روش آبیاری سطحی حدود ۱۳۵۰ میلی متر برآورد شده است (پناهی و همکاران، ۱۳۸۵). عملکرد ریشه چغندر قند با مصرف حدود ۱۵۰۰ و ۸۰۰ میلی متر آب در سیستم آبیاری بارانی تک شاخه ای به ترتیب ۳۶/۷۱ و ۲۲/۱۵ تن در هکتار گزارش شد (توحیدلو و غالبی، ۱۳۷۹). در آزمایش دیگری با استفاده از لایسیمتر، میزان تبخیر و تعرق استاندارد چغندر قند در شرایط اقلیمی کرمانشاه ۱۸۸۵ میلی متر به دست آمد. مقدار آب مورد نیاز چغندر قند در

شرایط اقلیمی مشهد در سال های ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ به ترتیب ۱۳۸۴ و ۱۰۹۲ میلی متر و میانگین ۱۲۳۴ میلی متر اعلام شد (پناهی و همکاران، ۱۳۸۵).

۲-۳-۹- تجمع قند

ریشه چغندر قند، تا مرحله ۸ تا ۱۰ برگی، هیچ گونه ذخیره ای ندارد. عدم سایه اندازی برگ‌های چغندر قند روی هم موجب شده که راندمان فتوسنتزی شاخص سطح برگ زیاد باشد. به همین جهت نسبت فتوسنتز به تنفس زیاد است و قند مازاد بر مصرف در تمام دوره رشد گیاه و به خصوص پس از آنکه بوته به حداکثر اندازه خود رسید کم و بیش وجود دارد. بیماری ها و کمبود مواد غذایی موجب افزایش ریزش برگ ها شده و عملکرد را نقصان می دهند. قند در طی روز از طریق آوند آبکش به ریشه رفته و در واکوئل سلول های پارانشیمی ریشه در مناطق آوندی و پارانشیمی ذخیره می شود. در چغندر قند، چون جذب ساکارز به درون واکوئل های سلول در خلاف جهت شیب غلظت ساکارز صورت می گیرد، باید یک فرآیند وابسته به انرژی وجود داشته باشد. عقیده بر این است که انتقال ساکارز از غشای واکوئل سلول های مقصد به صورت هم جهت با پتاسیم و در خلاف جهت انتقال پروتون ها صورت می گیرد. ظاهراً این فرآیند توسط هورمون های ایندول استیک اسید (IAA) و آبسیزیک اسید (ABA) تحریک می شود (کوچکی و سلطانی، ۱۳۷۵).

بیشترین غلظت ساکارز در سلول های مربوط به مناطق آوندی وجود دارد (زامسکی و ازینهات، ۱۹۸۱). درصد ساکارز در مرکز قطورترین بخش ریشه بیشتر است (کوچکی و سلطانی، ۱۳۷۵). حرکت ساکارز از آوندهای آبکشی به سلول های ذخیره ای به صورت آپوپلاستیک می باشد. سلول های کوچک تر دارای ساکارز بیشتری هستند و دلیل آن نزدیکی آنها به آوند آبکشی است (وایز، ۱۹۷۹). ظاهراً ریشه به عنوان یک بافت ذخیره ای دارای کشش برای دریافت مواد فتوسنتزی از برگ ها می باشد و یا در شرایط

عدم تحریک رشد هوایی توزیع مواد فتوسنتزی تا حدی به نفع ریشه است اما چنانچه عوامل محیطی مثل دمای بالا و فراوانی رطوبت و نیتروژن خاک سبب تحریک رشد هوایی گردند این گرایش به ارسال مواد فتوسنتزی به ریشه نقصان می یابد. ظرفیت ذخیره سازی بالقوه ریشه چغندر قند به حجم موجود در ریشه برای ذخیره سازی و حداکثر قابلیت نگهداری ساکارز در این حجم، بستگی دارد. زیادی پتاسیم خاک در اواخر فصل رشد گیاه موجب کاهش درصد بلوره شدن قند می گردد (کوچکی و سلطانی، ۱۳۷۵).

بنابراین به نظر می رسد که تشدید تجمع قند مستلزم کم شدن رشد برگ ها، کاهش سرعت افزایش اندازه ریشه و بالا بودن نسبت فتوسنتز به تنفس می باشد. چنین شرایطی در کشت بهاره معمولاً با خنک شدن هوا در اواخر فصل رشد به وجود می آید. تجمع قند در پاییز مستلزم روزهایی با دمای مناسب و آفتاب درخشان برای فتوسنتز و شب هایی خنک برای پائینی تنفس است. میانگین دمای شبانه روزی ۲۲ تا ۱۵ درجه سانتی گراد برای این منظور مناسب است. مشروط بر آنکه فراوانی رطوبت و نیتروژن خاک موجب تحریک رشد رویشی نگردد. حتی در صورت وجود روزهای آفتابی تجمع قند با رسیدن میانگین دمای شبانه روزی هوا به حدود ۱۰ درجه سانتی گراد متوقف می شود. زیرا فتوسنتز کافی به دلیل پائینی دمای روز انجام نمی گیرد. افزایش عیار ریشه پس از رسیدن میانگین دمای شبانه روزی هوا به حدود ۱۰ درجه سانتی گراد در پاییز به دلیل تداوم فتوسنتز نیست بلکه حاصل کاهش درصد رطوبت ریشه می باشد (خواجه پور، ۱۳۸۵).

۲-۳-۱۰- محصولات

اهمیت چغندر قند در کشاورزی تنها مربوط به تولید شکر از آن نیست (کوچکی، ۱۳۷۵). ترکیب ریشه چغندر قند و شربت خام تولیدی از پیچیدگی زیادی برخوردار است (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷). از ریشه چغندر قند علاوه بر شکر محصولات جانبی تولید می شود که می توانند به عنوان مواد غذایی دامی مورد استفاده قرار گیرند. برگ ها به تنهایی یا همراه با طوقه می توانند به عنوان مواد غذایی دامی مورد استفاده قرار گیرند. از تفاله و ملاس که در فرآیند تولید شکر از ریشه به دست می آیند می توان مستقیماً یا مخلوط با سایر مواد در تغذیه دام استفاده کرد. در فرآیند تخمیری ملاس علاوه بر الکل غذای با ارزش دیگری به نام ویناس (ملاس تغلیظ شده لینت دار) نیز تولید می گردد (برادران فیروز آبادی، ۱۳۸۱).

۲-۴- ساکارز

ساکارز یا شکر جزو معدود مواد شیمیایی می باشد که در طبیعت می توان آن را به صورت خالص تهیه کرد. ساکارز فرآورده ای با خاصیت شیرین کنندگی و قابلیت نگهداری بالا است که این امکان را می دهد تا به عنوان اجزای تشکیل دهنده یا افزودنی در طیف وسیعی از غذاها، نوشیدنی ها و مواد دارویی مصرف گردد. هزاران سال است که شکر یکی از ترکیبات مهم و با ارزش در رژیم غذایی بشر بوده و همیشه ساکارز نامیده شده است (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷). شکر با طعم شیرین و مطبوع و انرژی خاص خود به صورت مستقیم مانند مصرف آن با چای، قهوه و شیر و یا به صورت غیر مستقیم در صنایع غذایی و غیر غذایی نظیر نوشابه سازی، تهیه کیک و بیسکویت، شکلات، شربت، آب نبات، کمپوت، مربا و غیره مورد استفاده قرار می گیرد. افرادی که درگیر کارهای سنگین بدنی نیستند، روزانه به مواد غذایی اساسی شامل ۱۰ گرم پروتئین، ۹۰ گرم چربی و ۵۰ گرم هیدرات های کربن نیاز دارند. بنابراین هیدرات

های کربن قسمت اعظم (بیش از ۷۰ درصد) غذای انسان را تشکیل می دهند (راد و قاسمی نژاد، ۱۳۷۹). ساکارز یا قند معمولی از کربوهیدرات های محلول است که به راحتی جذب می شود. اولین کربوهیدرات فسفره نشده آزاد که در اثر فتوسنتز در برگ های چغندر قند تولید می شود ساکارز است (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷).

مواد جامد غیر قندی سبب کاهش بلوره شدن ساکارز می گردند (خواجه پور، ۱۳۸۵). غلظت ساکارز در چغندر قند تحت تأثیر نوع بذر، زمین، کود و شرایط محیطی و سیلو قرار دارد. غلظت ساکارز در قسمت های مختلف ریشه چغندر قند متفاوت است. به طور کلی غلظت ساکارز در ناحیه وسط ریشه بیشتر است و به طرف سر و دم کاهش می یابد. کاهش به طرف سر شدیدتر از کاهش به طرف دم است. تفاوت غلظت ساکارز در قسمت های مختلف غده چغندر قند بستگی به شدت فتوسنتز و انتقال مواد جذب شده گیاهی به قسمت های ذخیره ای دارد. در طول دهه اخیر تولید ساکارز از چغندر قند حدود ۳۷ درصد و از نیشکر ۶۳ درصد بوده است (انجمن صنفی کارخانه های قند و شکر ایران، ۱۳۸۸).

۲-۵- تنش خشکی

۲-۵-۱- تعریف تنش خشکی

واژه های تنش و مقاومت به تنش به همان صورتی که برای انسان و سایر حیوانات به کار می رود، برای گیاهان نیز استفاده می شود (برادران فیروز آبادی، ۱۳۸۱). خشکی یک اصطلاح هواشناسی بوده و به معنای دوره ای است که در آن مقدار بارندگی از مقدار تبخیر و تعرق بالقوه کمتر باشد (لویت، ۱۹۸۰). خشکی از دیدگاه علوم مختلف تعاریف خاص خود را دارد. از دیدگاه هواشناسی به معنی کمبود بارش در یک منطقه برای یک دوره زمانی خاص است. از دیدگاه هیدرولوژیکی دوره ای است که در آن منابع آب سطحی و زیرسطحی ناکافی است. از دیدگاه اجتماعی-اقتصادی کاهش منابع مختلف آب و به دنبال آن

کاهش یک محصول مهم اقتصادی است و از دیدگاه زراعی دوره ای همراه با کاهش رطوبت خاک و عملکرد محصول است (اشوک میشر و ویجای سینگ، ۲۰۱۰).

خشکی به عنوان یک آسیب محیطی تلقی می شود و توجه محیط بانان، بوم شناسان، آب شناسان، هوا شناسان، زمین شناسان و دانشمندان علم زراعت را جلب نموده است (بروک، ۱۹۹۴). خشکی در تمام اقلیم ها رخ می دهد. به عنوان مثال خشکی در مناطق با بارندگی زیاد و کم رخ می دهد. البته در مناطق با بارندگی زیاد کمتر گزارش شده است و می تواند برای یک دوره زمانی مثلاً یک فصل یا یک سال ادامه داشته باشد. دلایل وقوع خشکی متعدد هستند. دماهای بالا، بادهای گرم، رطوبت نسبی پایین، زمان وقوع بارش و خصوصیات بارش شامل توزیع روزهای بارش در طی فصل رشد محصول، شدت بارش، مدت بارش و زمان شروع و پایان بارش در وقوع خشکی نقش اساسی دارند. علاوه بر رطوبت اتمسفر، کمبود رطوبت لایه های بالایی خاک و بر هم خوردن نسبت تبخیر و تعرق در وقوع خشکی نقش دارند. با رشد جمعیت و توسعه کشاورزی و افزایش مصرف انرژی در بخش صنعت و افزایش تقاضا برای آب، تقریباً هر ساله در بسیاری از نقاط جهان کمبود آب رخ می دهد. عوامل دیگر مانند تغییرات اقلیم و آلودگی آب های زیرزمینی نیز در کمبود آب نقش دارند. خشکی اثر و خیمی روی منابع آب های سطحی و زیرزمینی دارد و می تواند منجر به کاهش موجودی آب، کاهش کیفیت آب، ناتوانی در تولید محصول و کاهش عملکرد و بر هم زدن سطح آب رودخانه ها شده و اثرات و خیمی بر فعالیت های اقتصادی و اجتماعی داشته باشد. خشکی در برنامه ریزی و مدیریت منابع آب نقش دارد (اشوک میشر و ویجای سینگ، ۲۰۱۰).

خشکی یک بلای طبیعی محسوب می شود ولی به دلایل زیر با سایر بلاهای طبیعی تفاوت دارد:

۱- تعیین زمان شروع و پایان خشکی مشکل است و اثرات آن طی چند سال بروز می یابد. به همین دلیل یک بلای طبیعی خزنده نامیده می شود.

۲- تعریف خشکی و عوامل ایجاد کننده آن در مقیاس واحد جهانی سخت است.

۳- اثرات شدید خشکی اغلب غیر ساختاری بوده و فراتر از مرزهای جغرافیایی واقع می شوند.

۴- فعالیت های انسان می تواند مستقیماً با خشکی مرتبط باشد و در ایجاد آن نقش داشته باشد. از جمله می توان قطع درختان جنگل و بهره برداری بیش از حد آب های زیر زمینی را نام برد (ویلپهیت، ۲۰۰۰).

بریانت (۱۹۹۱)، بلایای طبیعی را بر اساس درجه شدت، مدت، وسعت، عوارض حیاتی، اقتصادی و اجتماعی طبقه بندی کرد و متوجه شد که خشکی در صدر اغلب این موارد قرار می گیرد و بلایای طبیعی دیگر مانند سیل، زلزله، طوفان و گردباد بعد از آن قرار دارند. در قرن بیستم خشکی شدیدترین اثر بین بلایای طبیعی را داشته است (بروک، ۱۹۹۴).

تنش خشکی به منزله کمبود آب در گیاه بوده و این وضعیت موجب می شود که سلول از حالت آماس خارج شده و سرعت تعرق از سرعت جذب آب بیشتر باشد (اشوک میشر و ویجای سینگ، ۲۰۱۰).

واژه تنش خشکی در مواردی که تنش در اثر عدم وقوع بارندگی مفید و به صورت طبیعی ایجاد شده باشد به کار می رود در حالی که اگر گیاه به طور مصنوعی در معرض کمبود آب قرار گیرد از واژه تنش کمبود آب استفاده می شود (سرمدنیا، ۱۳۷۳ و شکاری، ۱۳۸۰). چنانچه در اثر خشکی هوا رطوبت داخلی گیاه به کمتر از ۵۰ درصد مقدار عادی خود برسد در این صورت گیاه دچار آب کشیدگی خواهد شد و اگر رطوبت داخلی گیاه کمتر از مقدار عادی ولی بالاتر از ۵۰ درصد باشد، در این صورت گیاه دچار پسایدگی می گردد. اگر تنش خشکی موجب از دست دادن آب به صورت مایع گردد، آن را تنش اسمزی می نامند (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱). بنابراین تنش خشکی به تنهایی مفهوم یکنواختی نداشته و رابطه گیاه با خشکی هوا و کمبود رطوبت خاک متفاوت است (سرمدنیا، ۱۳۷۳ و شکاری، ۱۳۸۰).

طبق نظر فیزیولوژیست های گیاهی، تنش خشکی پدیده ای فراتر از فقدان بارندگی بوده و حداقل حاصل اثر هفت تنش محیطی زیر است:

- ۱- پایین بودن رطوبت قابل دسترس خاک، که محدود کننده مقدار آب محیط ریشه است.
- ۲- زیاد بودن تبخیر، که به علت رطوبت نسبی کم، دمای بالا، شدت آفتاب زیاد و وزش بادهای شدید می باشد.
- ۳- بالا رفتن دمای اندام گیاه، که موجب تنفس زیاد و صدمه به فرآیندهای متابولیکی و ساختمان سلول می شود.
- ۴- تابش خورشیدی زیاد، که منجر به ممانعت نوری، اکسیداسیون نوری و سرانجام مرگ برگ ها می شود.
- ۵- فشردگی خاک در اثر خشک شدن آن، که رشد ریشه را محدود کرده و موجب کاهش رشد برگ ها می شود.
- ۶- از دسترس خارج شدن مواد غذایی به خصوص در افق های بالای خاک که سریع تر خشک می شوند.
- ۷- تجمع نمک ها در لایه های بالایی خاک و اطراف ریشه ها که منجر به تنش اسمزی و سمیت یونی می شوند (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱).

طبق دیدگاه کشاورزی خشکی زمانی رخ می دهد که نیاز واقعی محصول به آب تأمین نشود و منجر به کاهش عملکرد محصول شود. از آنجایی که نیاز آبی در گیاهان مختلف متفاوت است بنابراین مفهوم خشکی و خشکسالی هم از دیدگاه کشاورزی برای محصولات مختلف یکسان نیست. خشکی در کشاورزی معمولاً بعد از خشکی از نظر هواشناسی و قبل از خشکی از نظر هیدرولوژیک اتفاق می افتد (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱). علاوه بر تعاریف ذکر شده، تعاریف گوناگون اما دارای مفهوم مشابه برای خشکی و اثرات آن بیان شده است. به عقیده لویت (۱۹۸۰) خشکی می تواند در اثر وجود یک یا چند عامل آب و هوایی که موجب کمبود آب در داخل گیاه شود، به وجود آید و شرایط محیطی خاک یا هوا و

یا هر دو را که مانع دستیابی گیاه به آب کافی جهت اعمال حیاتی آن شده و تکرار آن منجر به از دست رفتن آب بافت گیاه می شود را خشکی می نامند. کرامر (۱۹۸۳) خشکی را به صورت فقدان یا کمبود نزولات در محیط گیاه معرفی می کند که بر اثر آن گیاه آسیب می بیند. به نظر کرامر میزان خسارات وارد شده تابع نوع گیاه، ظرفیت نگهداری آب در خاک و شرایط جوی مؤثر بر تبخیر و تعرق می باشد. بلوم (۱۹۹۶) نیز خشکی را یک تنش چند بعدی و کمپلکس می داند که روی سطوح مختلف سازماندهی گیاهان تأثیر می گذارد. تنش خشکی در مقایسه با سایر تنش ها ناگهان اتفاق نمی افتد و گسترش آن تدریجی بوده به طوری که در انتهای دوره شدت می یابد (دال و دایلس، ۱۹۹۵).

چندین شاخص برای خشکی تعریف شده اند که در آنها عوامل مختلف از جمله مدت، شدت، فاصله زمانی، وسعت، کمیت و کیفیت خشکی و مقیاس ماه یا سال در نظر گرفته شده است. از جمله این شاخص ها می توان به شاخص شدت خشکی پالم^۱ (PDSI)، شاخص بارندگی نامتعارف^۲ (RAI)، شاخص رطوبت محصول^۳ (CMI)، شاخص خشکی بالمی و مولی^۴ (BMDI)، شاخص دسترسی به آب سطحی^۵ (SWSI)، شاخص خشکی رطوبت خاک^۶ (SMDI)، شاخص بارش محلی^۷ (NRI)، شاخص بارش استاندارد^۸ (SPI) و شاخص خشکی استرداد^۹ (RDI) اشاره کرد (اشوک میشر و ویجای سینگ، ۲۰۱۰).

۱- Palmer drought severity index
۲- Rainfall anomaly index
۳- Crop moisture index
۴- Bhalme and mooly drought index
۵- Surface water supply index
۶- Soil moisture drought index
۷- National rainfall index
۸- Standardized precipitation index
۹- Reclamation drought index

۲-۵-۲- واکنش گیاه به تنش خشکی

تنش کمبود آب اثرات فیزیولوژیکی مختلفی بر گیاه می گذارد که نوع و میزان خسارت آن به شدت تنش و مقاومت گیاه بستگی دارد (خزاعی، ۱۳۸۱). رشد و فتوسنتز گیاهان، تحت تأثیر شرایط محیطی مختلف، از جمله تنش خشکی قرار می گیرد. توانایی زنده ماندن و ادامه رشد و نمو و فتوسنتز گیاه در تنش های محیطی به پتانسیل ژنتیکی گیاه وابسته است که به صورت پاسخ های فیزیولوژیکی و مولکولی بروز می یابند. برخی از مواد تنظیم کننده رشد خارج از گیاه می توانند گیاه را از طریق فتوسنتز بیشتر در مرحله گیاهچه ای، برای تحمل تنش توانا تر سازند. عکس العمل گیاه در برابر تنش آب با فعالیت متابولیکی، مرفولوژیکی، مرحله رشد و عملکرد پتانسیل گیاه در ارتباط است (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲). جوانه زنی و استقرار گیاهچه در تعیین تراکم نهایی بوته ها در واحد سطح دارای اهمیت ویژه ای است. گزارش های متعدد حاکی از آن است که بذرهایی که بتوانند در مرحله جوانه زنی واکنش مناسبی به تنش خشکی نشان دهند، در مرحله گیاهچه ای رشد بهتری داشته و سیستم ریشه ای قوی تری تولید می کنند (کوچکی، ۱۳۶۷).

مراحل بحرانی نسبت به خشکی در گیاهان زراعی مختلف، متفاوت است. برای مثال در گندم، مراحل ظهور ساقه، ظهور گل و ابتدای تشکیل دانه، در جو، مرحله پنجه زنی، ظهور ساقه و مرحله خمیری، در یونجه، مرحله گیاهچه ای، در نخود، مرحله گلدهی و تشکیل غلاف، در توتون، مرحله گلدهی، در نیشکر، مرحله حداکثر رشد رویشی و در چغندر قند حدود ۳ تا ۴ هفته پس از خروج از خاک حساس ترین مراحل به خشکی هستند. به منظور حفظ سطح آب مورد نیاز در بافت گیاهی و یا فعال سازی اعمال ویژه ای در گیاه در شرایط تنش خشکی، مکانیسم های کنترل ژنی یا فیزیولوژیک وجود دارد (بلوم، ۱۹۹۶). یکی از واکنش های گیاهان به تنش خشکی، تنظیم اسمزی می باشد (بلوم، ۱۹۸۹). واکنش های کلی به تنش آب تقریباً همیشه منجر به تطابق گیاه با مصرف و ذخیره آب می شود، به گونه ای که به

کامل شدن چرخه زندگی کمک کرده و تکثیر گونه ها را تضمین می کند (کرمی، ۱۳۷۷). بر اساس

گزارش هسیانو (۱۹۷۳)، واکنش های گیاه به تنش خشکی شامل مکانیسم های زیر است:

۱- کاهش پتانسیل آب یا فعالیت آب سلولی.

۲- کاهش فشار تورژسانس سلول.

۳- تراکم مولکول های کوچک و درشت، هنگامی که حجم سلول در اثر کاهش فشار آماس تقلیل می یابد.

۴- به هم خوردن روابط فضایی پلاسمایی، تونوپلاست و غشاهای ارگانلی در اثر تغییرات حجمی.

۵- تغییر در ساختمان و شکل ماکرومولکول ها با حذف آب هیدراسیون و یا از طریق تغییر ساختمان آب

پیوندی.

گیاهان در جای خود ثابت هستند، بنابراین شیوه های دفاعی مختلفی در آنها برای مقاومت در برابر

تنش ها به وجود می آید. این روش های مقاومت یا به صورت ژنتیکی در گیاه وجود دارند یا تحت تأثیر

عوامل محیطی یا تنش جهت سازگاری در گیاه ایجاد می شوند و شامل موارد زیر هستند:

۱- گیاه بدون آسیب شدید تنش را تحمل می کند.

۲- گیاه در برابر عامل تنش با ایجاد روش های حفاظتی مناسب دفاع می کند.

۳- گیاه با حذف اثرات تنش به اصلاح و بازسازی بخش های آسیب دیده می پردازد (کرمی، ۱۳۷۷).

تلاش های زیادی برای تعریف و طبقه بندی مقاومت به خشکی شده است. مقاومت به خشکی در

حقیقت عبارت از توانایی گونه ها یا ارقام زراعی از نظر رشد و تولید در شرایط خشکی است (کوچکی و

همکاران، ۱۳۷۶). به عقیده می و میلنورپ (۱۹۶۲) و لویت (۱۹۸۰)، گیاهان با یکی از راهبردهای زیر به

مقابله با خشکی می پردازند:

۱- فرار از خشکی: توانایی گیاه زراعی از نظر تکمیل چرخه زندگی خود قبل از توسعه کمبود آب و یا به صورت حالت رکود و در نتیجه زنده ماندن در فصل خشک می باشد.

۲- تحمل به خشکی: گیاه به دو طریق خشکی را تحمل می نماید:

۱-۲- اجتناب از پسابیدگی: توانایی گیاه زراعی از نظر تحمل به دوره خشکی طولانی است و از طریق ادامه جذب آب، حفظ آب به مقدار زیاد در بافت های خود و یا کاهش در میزان اتلاف آب از گیاه تحقق می یابد.

۲-۲- تحمل پسابیدگی: توانایی گیاه زراعی نسبت به تحمل خشکی طولانی، با وجود مقدار آب کم در بافت های خود می باشد.

تولید گیاهان در شرایط کم آبی به مقدار دسترسی آب و کارآیی مصرف آب بستگی دارد. گیاهی که قادر است آب بیشتری را جذب کند و یا کارآیی مصرف آب بیشتری داشته باشد از مقاومت به خشکی بیشتری برخوردار خواهد بود (تایز و زیگر، ۱۹۹۱). خورشید و همکاران (۱۳۸۲)، اظهار داشتند که می توان ژنوتیپ های چغندر قند را بر اساس عملکرد در شرایط تنش خشکی و عدم تنش در چهار گروه قرار داد:

۱- ژنوتیپ های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش خشکی و عدم تنش.

۲- ژنوتیپ های با عملکرد بالاتر در شرایط بدون تنش.

۳- ژنوتیپ های با عملکرد نسبی بالا در شرایط تنش.

۴- ژنوتیپ های با عملکرد پایین در هر دو شرایط تنش خشکی و عدم تنش.

۲-۵-۳- تأثیر تنش خشکی بر فرآیندهای رشدی گیاه

۲-۵-۳-۱- گیاهچه

حساس ترین مراحل به تنش های محیطی در بسیاری از گیاهان زراعی، مراحل جوانه زنی و رشد اولیه گیاهچه است. بذرهایی که در شرایط تنش، جوانه زنی مناسب تری داشته باشند، در مراحل بعدی رشد، گیاهچه هایی با بنیه بهتر و سیستم ریشه ای قوی تر تولید می کنند (الشركوی و همکاران، ۱۹۸۹). سرعت جوانه زنی و استقرار گیاهچه در شرایط تنش نقش مهمی در رشد گیاهچه ایفا می کنند. در یک آزمایش روی سویا از پلی اتیلن گلیکول برای ایجاد تنش خشکی و کلرور سدیم برای ایجاد تنش شوری استفاده شد و مشاهده شد که تأثیر پلی اتیلن گلیکول در کاهش پتانسیل آب، کاهش رشد بذرهای جوانه زده و توقف رشد گیاهچه بیشتر از کلرور سدیم بود (خواجه حسینی و همکاران، ۲۰۰۰). خشک شدن سریع سطح خاک بر جوانه زنی و رشد گیاهچه پنبه نیز مؤثر بوده است (تاسلی و کاسناو، ۲۰۰۳). چغندرقد در مقایسه با سایر گیاهان زراعی، نیاز رطوبتی بیشتری برای جوانه زنی دارد، به طوری که در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و در پتانسیل آب کمتر از ۳/۵ بار جوانه نمی زند (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶).

۲-۵-۳-۲- برگ

برگ ها اندام اصلی دریافت نور و فتوسنتز در گیاهان زراعی می باشند. توسعه سطح برگ ها در ابتدای فصل رشد موجب می شود که نور خورشید با کارایی بیشتری مورد استفاده قرار گیرد. سرعت ایجاد و گسترش سطوح برگی در تولید محصول بسیار مهم است. علاوه بر آن عملکرد و دوام سطح برگ نیز با هم همبستگی نشان می دهند. دوام سطح برگ عامل مهمی در میزان فتوسنتز گیاه محسوب می شود و برآورد مناسبی را از اندازه و دوام سیستم فتوسنتزی به نمایش می گذارد (کوچکی و سرمدنیاء، ۱۳۸۲). گیاهان در شرایط مزرعه ممکن است در برخی مراحل رشد درجاتی از کمبود آب را تجربه کنند

که این امر بر برخی شاخص های فیزیولوژیکی مهم مانند سطح برگ و میزان کلروفیل اثر مستقیم دارد. کمبود آب، رشد گیاه، سطح برگ و در نهایت فتوسنتز را کاهش می دهد (فرناندز و همکاران، ۱۹۹۶). وقتی تنش اتفاق می افتد شاخص هایی مانند درصد پوشش زمین توسط گیاه، شاخص سطح برگ و تابش دریافت شده که اثرات تنش بر تک برگ ها را در خود دارند به آهستگی افزایش یافته و در گیاهان تحت تنش سریع تر انتقال می یابند (کوچکی و سلطانی، ۱۳۷۵). تنش خشکی سرعت رشد نسبی و مطلق را نیز کاهش می دهد. در آزمایشی تنش خشکی موجب کاهش سرعت رشد در گندم در یک دوره رشدی تا ۴۰ درصد شد (چاپمن و وستیج، ۱۹۹۳). در پژوهش انجام شده توسط ولدآبادی و همکاران (۱۳۷۹)، تنش خشکی موجب کاهش سطح برگ در ارزن، ذرت و سورگوم شد. در ضمن، حداکثر رشد زمانی اتفاق افتاد که گیاه در مرحله حداکثر شاخص سطح برگ بود و بعد از این مرحله سرعت رشد کاهش یافت. برگ های رشد یافته در شرایط کمبود آب، معمولاً کوچکتر بوده و سطح ویژه برگ کاهش پیدا می کند (دال و دایلس، ۱۹۹۵). در شرایط کمبود آب، سطح آبسزیک اسید در ریشه ها افزایش یافته و از ریشه ها به برگ ها منتقل می شود. یعنی جایی که بسته شدن روزنه را القا می کند. در نتیجه، با بسته شدن روزنه ها تعرق کم می شود. در گیاهان نخستین علائم کمبود آب با بسته شدن روزنه ها ظهور می کند.

مطالعات گسترده نشان داده است که کاهش هدایت روزنه ای برگ تا حد زیادی به افزایش سطح آبسزیک اسید در آوند چوبی بستگی دارد. بنابراین آبسزیک اسید تولیدی به عنوان یک علامت تنش خشکی، هدایت روزنه ای را تنظیم می کند (تاردیو و همکاران، ۱۹۹۲). غلظت های زیاد آبسزیک اسید موجب کاهش رشد برگ می شود (ژانگ و دیویس، ۱۹۹۰). در نتیجه کاهش سطح برگ سبب کاهش فتوسنتز خالص می شود (پسرکلی، ۱۹۹۹). محدودیت رطوبت در خاک از طریق کاهش سطح برگ و متعاقب آن کاهش فتوسنتز و کاهش انتقال مواد به ریشه گیاهان زراعی مؤثر خواهد بود (سرمدنیا و

کوچکی، ۱۳۶۸). گزارشات مشابهی مبنی بر کاهش سطح برگ بر اثر کاهش مقدار آب خاک ارائه شده است (موچو و همکاران، ۱۹۸۶). تنش خشکی موجب کاهش شاخص سطح برگ به میزان ۲۵ درصد در ذرت و ۲۰ درصد در سورگوم شده است (سایر، ۱۹۹۴).

تنش خشکی وزن خشک قسمت های هوایی را بیشتر از وزن خشک ریشه کاهش می دهد و موجب پایین آمدن عملکرد دانه کلزا می شود (نصری و همکاران، ۱۳۸۵). تشدید کمبود آب در اوایل دوره رشد تا اواسط دوره گلدهی موجب کوچک شدن گیاه، گره های کمتر و شاخه های میوه دهنده و شاخص سطح برگ کمتر در پنبه می شود (بارک و اوماهونی، ۲۰۰۱). تنش رطوبتی در زمان نمو دانه در گندم موجب پژمرده شدن برگ ها و کاهش شدید فتوسنتز شد (واردلاو، ۱۹۶۷). در مطالعه ای روی گندم دوروم، تحت شرایط تنش و کنترل رطوبت مشاهده شد که تنش خشکی موجب کاهش حداکثر مقدار سطح برگ در شرایط تنش گردید (گیونتا و همکاران، ۱۹۹۵).

رطوبت کم خاک در مرحله رشد مقدماتی در چغندر قند موجب کاهش شاخص سطح برگ می شود، در نتیجه امکان حصول به پتانسیل بالای عملکرد وجود ندارد (قوشچی، ۱۳۸۳). برخی محققین عقیده دارند که انتخاب ژنوتیپ هایی با شاخص سطح برگ کمتر و یا برگ های کوچک تر، برای شرایط دیم مناسب تر هستند (گیونتا و همکاران، ۱۹۹۵). در چغندر قند، کمبود آب موجب تغییرات مرفولوژیک و فیزیولوژیک می گردد. در شرایط تنش، سطح پهنک و طول دم برگ چغندر قند نسبت به شرایط بدون تنش کمتر است (کارتر و همکاران، ۱۹۸۰). چغندر قند می تواند کمبود آب و دسترسی به آن را با از دست دادن برگ های خشک جبران کرده و در زمان بهبود شرایط رشد، دوباره با تولید برگ های جدید، خود را به حالت نرمال بازگرداند (وینتر، ۱۹۸۹). دوام سطح برگ توسط عواملی مانند کاهش توسعه سلول، کاهش تقسیم سلولی، لوله ای شدن برگ ها، کاهش نورگرایی، مرگ جوانه برگ ها و مرگ برگ های اصلی کاهش می یابد (بلوم، ۱۹۹۶).

افزایش تنش خشکی، فتوسنتز را کاهش می دهد. البته سرعت کاهش آن به اندازه کاهش رشد برگ نیست. عوامل محدود کننده فتوسنتز در تنش خشکی در دو گروه قرار دارند. اول عوامل محدودکننده روزنه ای هستند. به این صورت که در تنش خشکی با بسته شدن روزنه ها غلظت دی اکسید کربن در داخل برگ و انتقال آن به کلروپلاست کاهش می یابد و فتوسنتز محدود می گردد. دوم عوامل محدود کننده غیر روزنه ای هستند که شامل عوامل زیست شیمیایی فتوسنتز مانند کلروفیل (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱)، مقدار و فعالیت آنزیم روبیسکو (فلیکاز و مدرادو، ۲۰۰۲)، انتقال الکترون فتوسنتزی، فتوفسفوریلاسیون و مقدار متابولیت ها (گیمنز و همکاران، ۱۹۹۲) می باشند.

تنش خشکی بر هدایت مزوفیلی که از عوامل غیر روزنه ای مؤثر در فتوسنتز است نیز اثر نامطلوبی دارد (پسرکلی، ۱۹۹۹). تنش خشکی ملایم فتوسنتز را به طور عمده از طریق عوامل قابل برگشت روزنه ای کاهش می دهد، اما در شرایط شدیدتر، یا در تنش طولانی مدت، عوامل غیر روزنه ای نیز مزید بر علت می گردند (احمدی و بیکر، ۱۳۷۹). محسن زاده و همکاران (۱۳۸۲) نشان دادند که دو هفته تنش خشکی موجب کاهش کلروفیل در برگ های گندم می شود. کاستونگای و مارکاهارات (۱۹۹۲) اظهار داشتند که واکنش اولیه لوبیا به تنش رطوبتی بسته شدن روزنه ها می باشد که موجب کاهش سرعت فتوسنتز تحت این شرایط و کاهش فشار جزئی دی اکسید کربن داخل برگ می شود. در آزمایشی برای بررسی اثر تنش خشکی و کلروکولین کلراید (CCC) بر رشد و فتوسنتز گیاهچه دو رقم گندم، تنش خشکی پس از ۱۴ روز موجب کاهش معنی دار مقدار فتوسنتز و هدایت روزنه ای و میزان تعرق گردید. سنجش مقدار کلروفیل محتوی برگ نیز نشان داد که پس از ۱۴ روز تنش خشکی، مقدار کلروفیل a و b به طور معنی داری کاهش یافت. همچنین تنش خشکی موجب کاهش سرعت رشد نسبی در هر دو رقم گندم شد (محسن زاده و همکاران، ۱۳۸۲).

کاهش کلروفیل که به عنوان عامل محدود کننده غیر روزنه ای فتوسنتز محسوب می شود (صالحی، ۲۰۰۴) در تنش خشکی شدید به دلیل افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز (مجوندار و همکاران، ۱۹۹۱) و پراکسیداز (اشرف و همکاران، ۱۹۹۴) اتفاق می افتد. مایورال و همکاران (۱۹۸۱)، نشان دادند که تنش رطوبتی میزان کلروفیل برگ را کاهش می دهد. کاهش سبزیگی برگ در شرایط تنش طولانی مدت ممکن است تا حدودی به دلیل کاهش جریان نیتروژن به بافت ها و متابولیسم نیترات رداکتاز باشد (احمدی و بیکر، ۱۳۷۹). در همه گیاهان، فتوسیستم ۲ تحت تأثیر تنش خشکی شدید قرار می گیرد (هی و همکاران، ۱۹۹۷). تنش خشکی از طریق بسته شدن روزنه ها، کاهش سطح برگ و کاهش هدایت مزوفیلی موجب کاهش فتوسنتز می شود (لیانگ و همکاران، ۱۹۹۶). کمبود آب و تنش خشکی، موجب تغییرات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی در چغندر قند، از جمله کاهش سطح برگ و فتوسنتز می شود (کارتر و همکاران، ۱۹۸۰).

پایداری کلروفیل به عنوان یک معیار مقاومت به خشکی برای انتخاب ارقام مقاوم شناخته شده است. شاخص پایداری بالا به معنی بی تأثیر بودن تنش بر گیاه می باشد و موجب دسترسی بهتر گیاه به کلروفیل می شود (مودهان و همکاران، ۲۰۰۰). امن و همکاران (۱۹۹۹) میزان کلروفیل برگ پرچم در گیاه گندم در شرایط تنش خشکی، در مرحله گرده افشانی را توسط کلروفیل متر (SPAD502) اندازه گرفتند و نشان دادند که بر خلاف انتظار، میزان کلروفیل با افزایش تنش به طور معنی داری افزایش می یابد. این نتیجه بیان گر پایداری بالای کلروفیل برگ پرچم در این گیاه می باشد. اگر چه با افزایش تنش خشکی، میزان کلروفیل برگ کاهش می یابد ولی نسبت کلروفیل a/b افزایش می یابد (آنتولین و همکاران، ۱۹۹۵). افزایش نسبت کلروفیل a/b موجب تیره شدن برگ ها و افزایش عدد کلروفیل متر می گردد (احمدی و بیکر، ۱۳۷۹). همچنین تنش خشکی موجب کاهش عملکرد در کلزا شد (یحوی تبریز و صدرآبادی حقیقی، ۱۳۸۲).

سرعت رشد برگ، اغلب مهم ترین عامل تعیین کننده تولید در گیاه به شمار می رود (برادران فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۸۱). یک برگ با نمو آغازینه شروع به نمو می کند و پس از مدت معینی می میرد. آغازش، گسترش و مرگ، فرآیندهایی پیچیده با راهکارهای متفاوت می باشند (کومار و همکاران، ۱۹۹۴). آغازش برگ و توسعه سطح برگ در اثر کمبود آب کاهش می یابد و حتی ممکن است متوقف شود. با ایجاد تنش خشکی در چغندرقدند، سرعت ظهور برگ^۲ (LAR) کاهش و عمر مفید تولیدی آنها قبل از پیری به طور قابل توجهی کوتاه می شود (برادران فیروز آبادی، ۱۳۸۱). یعنی سرعت اضمحلال برگ^۳ (LDR) افزایش می یابد. وقتی تنش اتفاق می افتد تک تک برگ ها دچار تغییر می شوند. این تغییر تغییر شامل تأخیر در ظهور، گسترش کندتر، کاهش تولید مواد فتوسنتزی و تسریع پیری است (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷). در پژوهش انجام شده توسط خورشیدی بنام و همکاران (۱۳۸۱)، تنش خشکی موجب کاهش سطح برگ در ارزن، ذرت و سورگوم شد و ملاحظه شد که کاهش سطح برگ، بیشتر از کاهش اندازه برگ، حاصل کاهش مقدار برگ بوده است. به نظر می رسد که این گونه اثر تنش مربوط به اثر بیشتر آن بر تشکیل آغازی برگ ها نسبت به اثر بر رشد برگ ها باشد.

سپهری و همکاران (۱۳۸۱)، اثر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو و اجزای عملکرد را در ذرت بررسی کردند و نشان دادند که بعد از اعمال کمبود رطوبت در مرحله ۸ برگی، زمان ظهور برگ به تأخیر افتاد. حداکثر اختلاف در زمان ظهور برگ در مرحله ۱۲ برگی مشاهده شد. در ضمن مشاهده شد که در گیاهان دچار تنش کم آبی، سرعت ظهور برگ نسبت به شرایط عدم تنش آهسته تر بود. در انگلستان، آزمایشی روی چغندرقدند انجام شد و در آن تنش دیر هنگام خشکی، موجب ریزش زود هنگام برگ شد و سرعت اضمحلال برگ را افزایش داد (براون و همکاران، ۱۹۸۷).

۱- Leaf appearance and senescence

۲- Leaf appearance rate

۳- Leaf death rate

ریشه نیز مانند هر اندام دیگر گیاهی، ممکن است تحت تأثیر تنش خشکی قرار گیرد. در شرایط تنش خشکی، کاهش آماس و افزایش قدرت مکانیکی خاک خشک تر می تواند رشد ریشه ذخیره ای و سیستم ریشه فیبری را محدود سازد. اما عامل اصلی تعیین کننده رشد ریشه، عرضه کربوهیدرات ها از برگ است. وقتی تنش این عرضه را کاهش دهد، رشد ریشه به طور اجتناب ناپذیری کاهش می یابد (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷).

مهم ترین بازتابی که در اثر بروز تنش خشکی برای گیاه رخ می دهد، نامتناسب بودن رشد ریشه و اندام هوایی است. این امر، بیشتر منجر به افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی می گردد. افزایش در این نسبت عمدتاً در نتیجه کاهش بیشتر در رشد اندام هوایی در شرایط تنش خشکی می باشد. اما بررسی های دیگر نشان دادند که در موارد نادر، توده کلی ریشه و وزن ریشه در دوره های مطلق تنش خشکی افزایش می یابد (برادران فیروزآبادی، ۱۳۸۱). بنابراین تغییر سیستم کلی ریشه می تواند اثر مثبتی در تأمین آب و سازگاری گیاه با خشکی داشته باشد. البته باید در نظر داشت که سطوحی از تنش منجر به تقویت رشد ریشه می شود که فتوسنتز را به طور کامل متوقف نکند. در چنین تنش هایی، گیاه با محدود کردن توسعه برگ، مواد جذب شده قابل استفاده بیشتری را برای رشد ریشه به جا می گذارد. وقتی شدت تنش چنان باشد که فتوسنتز را متوقف کند، لزوماً رشد ریشه کاهش خواهد یافت (کرمی، ۱۳۷۷).

تراکم ریشه معمول برای چغندر قند بالغ در خاک سطحی حدود ۲ سانتیمتر ریشه در میلی متر خاک است (براون و دانهام، ۱۹۸۹). اگر خاک به طور کامل خشک شود، تعداد زیادی از ریشه های فیبری از بین می روند. اما در زمان خیس شدن خاک، ریشه های تازه جایگزین آنها می شوند (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷). زمانی که عمق یک متری پروفیل خاک خیلی خشک نباشد، تراکم ریشه در حد کمتر از ۰/۵ سانتی متر ریشه به میلی متر خاک است و ریشه دهی عمقی تحریک می شود (براون و دانهام،

۱۹۸۹). در شرایط تنش خشکی، سیستم ریشه، لایه های سطحی خاک را خشک می نماید. در نتیجه جذب آب به تدریج از قسمت های پایین تر پروفیل خاک صورت می گیرد. در این شرایط ریشه های نزدیک به سطح خاک می میرند لیکن با مرطوب شدن دوباره خاک، ریشه های جدیدتر به سرعت رشد می کنند و جذب آب دوباره شروع می شود. وقتی که تمام آب قابل استفاده از قسمتی از خاک گرفته شود، مواد غذایی در این قسمت از پروفیل خاک غیر قابل استفاده می گردد (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷).

ادیبی فر و همکاران (۱۳۸۵)، اثرات تنش خشکی بر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند و شناسایی ارقام مقاوم را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که وزن خشک کل ریشه، یعنی مجموع وزن طوقه و ریشه، در انتهای فصل رشد کاهش یافته و درصد کاهش این صفت در شرایط تنش ملایم و شدید نسبت به شرایط عدم تنش به ترتیب ۴۵ و ۵۱ درصد بود. خورشید و همکاران (۱۳۷۹)، در آزمایش بررسی همبستگی بین صفات کمی و کیفی چغندر قند در شرایط تنش شوری و خشکی در مقایسه با شرایط عدم تنش نشان دادند که در شرایط عدم تنش، بین وزن خشک ریشه با طول و عرض برگ، طول دمبرگ و طول ریشه همبستگی مثبت و معنی داری وجود داشت. در حالی که در شرایط تنش خشکی، بین وزن خشک ریشه با وزن خشک اندام هوایی و طول دمبرگ، همبستگی منفی و معنی داری وجود داشت. این موضوع بیان کننده این است که در شرایط تنش خشکی، مقادیر پایین این صفات می توانند تا حدودی در افزایش عملکرد ریشه مؤثر باشند.

۲-۵-۴- تأثیر تنش خشکی بر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه

۲-۵-۴-۱- تأثیر تنش خشکی بر مقدار آب نسبی برگ و دمبرگ

پتانسیل کل آب برگ، پتانسیل اسمزی برگ، تنظیم اسمزی، مقاومت انتشاری برگ، مقدار آب نسبی برگ، سرعت افت آب برگ، ضریب ارتجاعی، دمای کانوپی و اختلاف دمای کانوپی و هوا، عواملی

هستند که به طور مستقیم و غیر مستقیم به واکنش گیاه به کمبود آب بستگی دارند (متین و همکاران، ۱۹۸۹). حداقل مقدار آب در بافت های گیاهی با عبارات مختلفی همچون محتوای نسبی آب گیاه^۱ (RWC) سنجیده می شود (دال و دایلس، ۱۹۹۵). مقدار آب نسبی برگ با سرعت تعرق ارتباط دارد. لذا از این مؤلفه به مقدار زیادی جهت تعیین اختلاف ارقام از نظر تحمل به خشکی استفاده می شود (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷). تنش های محیطی با تغییر ساختمان غشا از نظر کمیت و کیفیت اسیدهای چرب و پروتئین ها، می توانند رشد گیاه را تحت تأثیر قرار دهند. در گیاهان تحت تنش، وزن اولیه برگ ها کاهش می یابد و برای رسیدن به حالت تورژسانس کامل آب بیشتری جذب نموده و افزایش وزن تر بیشتری خواهند داشت (اهدایی، ۱۳۷۲). مقدار آب نسبی برگ در سیب زمینی برای گیاهان آبیاری شده بین ۸۰ تا ۱۰۰ درصد و برای گیاهان آبیاری نشده بین ۷۶ تا ۸۷ درصد است (لوون، ۱۹۸۱). تغییرات مقدار آب نسبی برگ تحت شرایط تنش خشکی، در ارقام مختلف به قابلیت نگهداری آماس برگ تحت شرایط تنش خشکی بستگی دارد (بانسال و ناجاراجان، ۱۹۸۳). در پژوهشی روی سیب زمینی مشخص شد که ارقام دارای مقدار آب نسبی برگ بیشتر، مقاومت بیشتری به تنش خشکی داشتند (اکانیاک و دسونگ، ۱۹۹۲). میرزایی و همکاران (۱۳۸۴)، اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد را بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی چغندر قند بررسی کردند و نشان دادند که رطوبت نسبی برگ و دمبرگ در مرحله رشد برگی، بیشتر از مرحله رشد ریشه و مرحله ذخیره سازی قند بود.

۲-۵-۵- تأثیر تنش خشکی بر کیفیت ریشه چغندر قند

کیفیت چغندر قند تنها یک صفت نیست که بتوان با استفاده از ارزش های عددی منفرد، به شکل کیفی ارائه نمود، بلکه ترکیبی از تمام حالات فیزیکی و شیمیایی ریشه چغندر قند بوده که بر فرآیند تولید، محصول شکر و یا محصولات جانبی اثر می گذارد (الدفیلد، ۱۹۷۴). حالت مطلوب آن است که چغندر قند،

۱- Relative water content

درصد قند بالایی داشته باشد. اما درصد قند، به طور کامل بیان گر میزان و یا مقیاس کیفیت چغندر قند نمی باشد. بنابراین با توجه به اینکه شکر قابل استحصال به مواد غیر قندی مهم بستگی دارد، باید میزان ناخالصی ها (مانند سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره) را نیز در نظر گرفت (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷). بنابراین افزایش کیفیت محصول چغندر قند از طریق بالا بردن درصد قند و کاهش مواد غیرقندی به ویژه نیتروژن، سدیم و پتاسیم انجام می گیرد. زیرا افزایش این ناخالصی ها با جلوگیری از کریستالیزه شدن ساکارز، قابلیت استحصال قند را کاهش داده و موجب افزایش میزان ملاس تولیدی می گردد (کر و لمن، ۱۹۹۷).

آب و هوا، مهم ترین عامل خارجی مؤثر در عملکرد و کیفیت چغندر قند است. به طوری که کم آبی و دمای بالا در دوره رشد، علاوه بر کاهش رشد، موجب افزایش غلظت قند در ریشه ها (کوچکی، ۱۳۷۵)، افزایش ناخالصی های ریشه چغندر قند و نیز ترکیبات نیتروژنه می شوند (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷). اعمال تنش خشکی در اواخر فصل، موجب افزایش ناخالصی های ریشه به ویژه پتاسیم، نیتروژن و گاهی سدیم شده و در نتیجه موجب افزایش میزان ملاس تولیدی می گردد (دونام و کلارک، ۱۹۹۲). در پژوهشی که توسط ادیبی فر و همکاران (۱۳۸۵) در مورد اثرات تنش خشکی بر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند و شناسایی رقم مقاوم به خشکی انجام شد، اثر دور آبیاری بر درصد قند خالص و ناخالص معنی دار نبود ولی بر وزن خشک ریشه در سطح یک درصد معنی دار بود. بیشترین وزن خشک ریشه به ترتیب در شرایط عدم تنش، تنش شدید و تنش ملایم به دست آمد. به طور کلی تنش رطوبتی در اواخر دوره رشد چغندر قند موجب افزایش ناخالصی های ریشه چغندر قند از جمله پتاسیم و سدیم شده و راندمان استحصال قند را کاهش و درصد قند ملاس را افزایش می دهد (براون و همکاران، ۱۹۸۷). برادران فیروز آبادی (۱۳۸۱)، در تحقیقی بیان کرد که با کم شدن آب قابل دسترس، درصد شکر قابل استحصال افزایش می یابد. این صفت از طریق کم کردن ناخالصی های قند ملاس از درصد قند ناخالص به دست می

آید. لذا این افزایش در شرایط تنش به دلیل افزایش درصد قند ناخالص و نیز کاهش سدیم در این شرایط می باشد. جهاد اکبر و همکاران (۱۳۷۹)، تأثیر تنش کم آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند در منطقه مشهد را بررسی کردند و نشان دادند که کم آبیاری، کارایی مصرف آب را افزایش می دهد و افزایش میزان مصرف آب، نسبت قند خالص به قند ناخالص را کاهش می دهد. تحقیقات آمادوسی و همکاران (۱۹۸۹)، در رابطه با تأثیر کم آبیاری بر چغندر قند نشان داد که کم آبیاری موجب کاهش ماده خشک ریشه و افزایش درصد قند شده و در نهایت عملکرد قند را افزایش می دهد. در تحقیقات وینتر (۱۹۸۹)، کاهش ماده خشک چغندر قند به میزان ۵۰ درصد در اثر اعمال ۴۰ درصد کم آبیاری در مقایسه با تیمار آبیاری کامل گزارش شده است. هنگ و میلر (۱۹۸۶)، با اعمال کم آبیاری بر چغندر قند اعلام نمودند که تجمع قند در ریشه، ۸ هفته پس از آغاز تنش کم آبیاری به حداکثر می رسد و سپس با ادامه آن، مقدار قند ریشه کاهش می یابد در حالی که در آبیاری کامل، تجمع قند در ریشه تا مرحله برداشت افزایش پیدا می کند. غلظت شکر در ریشه چغندر قند ممکن است به علت اعمال تنش رطوبتی ملایم قبل از برداشت، تا حد یک درصد افزایش داشته باشد ولی بایستی دقت نمود که عملکرد شکر تولیدی ممکن است به واسطه کاهش عملکرد ریشه کاهش داشته باشد (کوچکی و سلطانی، ۱۳۷۵).

جهاد اکبر و همکاران (۱۳۸۰)، اعلام کردند که کاهش مصرف آب از طریق تأخیر در آبیاری چغندر قند در ابتدای فصل رشد، موجب کاهش سدیم ریشه و ناخالصی های شربت و در نتیجه افزایش عیار قند و درصد قند قابل استحصال می گردد. همچنین تحقیقات جهاد اکبر و همکاران (۱۳۸۲)، نشان داد که کم آبیاری موجب کاهش معنی دار قند ناخالص و سدیم ریشه شده ولی نیتروژن مضره با اعمال کم آبیاری به طور معنی داری افزایش می یابد. آنان اعلام نمودند که با مصرف بیشتر آب، سدیم ریشه افزایش یافته و عیار قند در چغندر قند کاهش می یابد.

۲-۵-۶- تأثیر تنش خشکی بر عملکرد نهایی چغندر قند

اثرات تنش آب بر عملکرد، چند جانبه است (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲). عملکرد در چغندر قند شامل عملکرد بیوماس، عملکرد ریشه و عملکرد قند می باشد اما اجزای اقتصادی آن، ریشه ذخیره ای و به ویژه قند است (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷). در چغندر قند، عملکرد شکر از حاصل ضرب عملکرد ریشه در عیار قند به دست می آید و عملکرد شکر سفید از حاصل ضرب عملکرد ریشه در قند قابل استحصال به دست می آید (برادران فیروز آبادی، ۱۳۸۱). عملکرد شکر سفید همبستگی مثبتی با عملکرد ریشه دارد (وزان، ۱۳۸۱). در چغندر قند عملکرد قند بخشی از عملکرد ماده خشک ریشه است و عملکرد بالای قند هنگامی به دست می آید که عملکرد ماده خشک تولید شده در ریشه بالا باشد (پنمن، ۱۹۷۰). با توجه به اینکه تنش خشکی به رشد ارگان ها و اندازه نهایی آنها صدمه می زند، در نتیجه اجزای عملکرد و عملکرد نهایی کاهش می یابد (برادران فیروز آبادی، ۱۳۸۱). در آزمایش انجام شده توسط میرزایی و همکاران (۱۳۸۴)، مشخص شد که قطع آبیاری بیش از یک مرحله در مراحل مختلف رشد چغندر قند، موجب کاهش عملکرد کمی چغندر قند می شود. به طور کلی تنش رطوبتی موجب کاهش کمی عملکرد ریشه و عملکرد شکر شد. البته مقدار تأثیر تنش خشکی بستگی به زمان و شدت تنش داشت. کاهش عملکرد ریشه و قند ناشی از تنش در مرحله رشد ریشه و مرحله ذخیره سازی قند شدیدتر بود.

میرزایی و همکاران (۱۳۸۴) بهینه سازی کم آبیاری بر اساس توابع تولید، هزینه و قیمت چغندر قند در کرج را بررسی و بیان کردند که آبیاری کامل، بالاترین میزان عملکرد ریشه (۵۹/۱ تن در هکتار) را به دنبال داشت اما به دلیل بالا رفتن هزینه ها و کاهش عیار قند، سود خالص کاهش یافت. در کم آبیاری با کاهش ۳۱/۳ درصد آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل، اگر چه عملکرد به میزان ۱۳/۸ درصد کاهش یافت اما سود خالص نهایی تغییر معنی داری نداشت و اعمال این روش، بالاترین میزان درآمد خالص به ازای هر واحد آب مصرفی را تولید کرد. اکبری (۱۳۷۷)، در تحقیق خود، نتیجه گرفت که

با کاهش ۳۰ درصد آب مصرفی، عملکرد ریشه چغندر قند ۱۰ درصد کاهش یافت اما با افزایش درصد قند، کاهش محصول ریشه جبران شد. به طوری که عملکرد قند کاهش قابل ملاحظه ای نداشت. وزیری (۱۳۷۷)، نیز مشاهده کرد که اثر آبیاری بر عملکرد ریشه چغندر قند در سطح ۵ درصد معنی دار بود. در تحقیق انجام شده توسط ادیبی فر و همکاران (۱۳۸۵)، اعمال تنش خشکی، سبب کاهش عملکرد ریشه شد. ساکیلار و همکاران (۲۰۰۲)، تأثیر دو روش آبیاری سطحی و زیر سطحی با دو رژیم آبیاری ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی در چغندر قند را مورد مقایسه قرار دادند و مشخص شد که اعمال ۸۰ درصد نیاز آبی در روش آبیاری زیر سطحی، موجب صرفه جویی در مصرف آب به میزان ۶/۱۶ درصد شد، بدون اینکه در عملکرد ریشه کاهش معنی داری مشاهده شود.

بزا و تایا (۱۹۹۹)، اعلام کردند که اعمال ۲۵ درصد کم آبیاری، کاهش ۲۱ درصدی تولید ریشه در چغندر قند را به دنبال دارد ولی کارایی مصرف آب در مقایسه با تیمار آبیاری کامل ۵ درصد افزایش می یابد. نوریجو و همکاران (۱۳۸۵)، عنوان کردند که با کاهش مقدار آب آبیاری و افزایش دور آبیاری از عملکرد ریشه به طور معنی داری کاسته شد. عملکرد شکر نیز کاهش یافت ولی میزان آن به اندازه مقدار کاهش عملکرد ریشه نبود. در تنش های خشکی شدید، میزان پتاسیم و نیتروژن مضره در ریشه افزایش و سدیم کاهش می یابد و در نهایت مجموع این عوامل سبب کاهش عملکرد نهایی شکر سفید می گردد (برادران فیروز آبادی و همکاران، ۱۳۸۱). در پژوهش انجام شده توسط جهاد اکبر و همکاران (۱۳۷۹)، با کاهش مصرف آب، عملکرد شکر سفید به طور معنی داری کاهش یافت و مشخص شد عملکرد ریشه به شدت نسبت به تنش رطوبت و کاهش مصرف آب از طریق کم آبیاری حساسیت نشان می دهد.

۲-۶- اسید سالیسیلیک^۱

۲-۶-۱- کلیات

یونانیان قدیم و آمریکایی ها دریافتند که برگ ها و پوست درختان بید، تب و درد جزئی را از بین می بردند. در سال ۱۸۲۱، یوهان بوخنر که در آلمان کار می کرد، اولین کسی بود که مقادیر مشخصی از سالیسیلین را جدا ساخت. این ماده شامل مقداری الکل گلیکوزید سالیسیل و سالیسیلات غالب در پوست بود. شخصی به نام رافائل پیریا این ترکیب فعال موجود در پوست بید را اسید سالیسیلیک نامید که از اسم لاتین Salix به معنی بید گرفته شده است. تولید تجاری این ماده در سال ۱۸۷۴ در آلمان آغاز شد و برای تولید و تجارت دارو در آلمان به کار می رفت (هایات و همکاران، ۲۰۱۰).

اسید سالیسیلیک یا ارتوهیدروکسی بنزوئیک اسید، گروهی از هورمون های گیاهی (راسکین، ۱۹۹۲) و ترکیبی درون زا است و به یک گروه از ترکیبات فنلی تعلق دارد و دارای یک حلقه آروماتیک همراه با یک گروه هیدروکسیل می باشد (الطیب، ۲۰۰۵) که به وسیله سلول های ریشه و میکرواورگانیزم های مختلف تولید شده و به اشکال مختلف در هوا، سطح برگ و اطراف سلول های ریشه وجود دارد. این ماده در بسیاری از گیاهان وجود دارد و نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مانند رشد، تکامل گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه زنی ایفا می کند (پاپوا و همکاران، ۲۰۰۳ و الطیب، ۲۰۰۵). اسید سالیسیلیک در حالت آزاد به صورت پودر کریستاله سفید رنگ وجود دارد که نقطه ذوب آن ۱۵۷ تا ۱۵۹ درجه سانتی گراد و pH آن ۲/۴ و سوزش آور می باشد. فرمول مولکولی این ماده $C_7H_6O_3$ می باشد. جرم مولکولی آن ۱۳۸/۱۲ گرم بر مول و چگالی آن ۱/۴۴۳ گرم بر سانتی متر مکعب است. یکی از مشتقات اسید سالیسیلیک، استیل اسید سالیسیلیک یا آسپیرین می باشد که پس از جذب سریعاً به اسید سالیسیلیک تبدیل می شود. در محیط آبی، استیل اسید سالیسیلیک به راحتی به

^۱- Salicylic acid

اسیدسالیسیلیک تبدیل می شود. امروزه اسید سالیسیلیک در اشکال متنوع و به صورت گسترده ای در گیاهان شناخته شده است. پیش ماده بیوسنتز اسید سالیسیلیک، اسید شیکیمیک^۱ است. میکرواورگانیسم‌های مختلف، اسید سالیسیلیک را از مسیر اسید کوریزومیک که یک حد واسط مهم مسیر اسید شیکیمیک است، سنتز و به بیرون ترشح می کنند (استیچر و همکاران، ۱۹۹۷). مقدار زیادی اسیدسالیسیلیک در نمونه های خاک برداشت شده از رایزوسفر ذرت و لوبیا گزارش شده است (الطیب، ۲۰۰۵). در تحقیقی روی یولاف گزارش شد که میزان مهار کنندگی اسید سالیسیلیک به غلظت این ماده و pH وابسته است (هارپر و بالک، ۱۹۸۱). زیرا جذب اسید سالیسیلیک تحت تأثیر pH است به طوری که با کاهش pH خاصیت مهار کنندگی اسید سالیسیلیک افزایش می یابد.

اسید سالیسیلیک در تنظیم رشد، نمو و عمل متقابل با میکرواورگانیسم ها و پاسخ به تنش های محیطی در گیاهان نقش دارد (یالپانی و همکاران، ۱۹۹۴ و سنارانتا و همکاران، ۲۰۰۲). علاوه بر این در جوانه زنی دانه ها، عملکرد میوه، گلدهی و گلیکولیز در گیاهان (هایات و همکاران، ۲۰۱۰)، جذب و انتقال یون (هارپر و بالک، ۱۹۸۱)، سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه ای و تعرق نقش دارد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). اسید سالیسیلیک، یک مولکول سیگنالی اساسی در مقاومت به بیماری ها در گیاهان در پاسخ به حملات پاتوژنی گوناگون است (انیدی و همکاران، ۱۹۹۲ و آلورز، ۲۰۰۰) و در مقاومت به محدوده وسیعی از تنش های اکسیداتیو در گیاهان نقش دارد. اسید سالیسیلیک نقش های فیزیولوژیکی گوناگونی در گیاهان دارد. کاربرد خارجی این ماده، در تولید زیستی، رشد و فعالیت آنزیم های گوناگون در گیاهان در مقابل تنش های زیستی و غیر زیستی مختلف نقش دارد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰).

اسید سالیسیلیک تولید شده توسط گیاهان اثر آللوپاتیک روی گیاهان اعمال می نماید. همچنین اثر مهار کنندگی روی بیوسنتز اتیلن دارد که این اثر نیز به pH محیط عمل وابسته است و این اثر را از

^۱- Shikimic acid

طریق تأثیر بر آنزیم ۱- آمینو سیکلو پروپان ۱- کربوکسیلات سنتتاز (ACC سنتتاز) اعمال می‌نماید (الطیب، ۲۰۰۵). اسید سالیسیلیک به دلیل داشتن گروه OH- هیدروکسیل آزاد روی حلقه بنزوئیک‌اسید، قادر به شلاته کردن یا کلاته کردن فلزات می باشد، بنابراین با شلاته کردن آهن موجود در آنزیمی به نام ۱- آمینو سیکلو پروپان ۱- کربوکسیلات اکسیداز (ACC اکسیداز)، موجب بلوکه کردن این آنزیم و در نهایت مهار بیوسنتز اتیلن می شود (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). علاوه بر این اسید سالیسیلیک بر آنزیم ACC سنتتاز نیز اثر می گذارد (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۲).

اسید سالیسیلیک معمولاً با اثر بر هورمون های آبسزیک اسید (سنارانتا و همکاران، ۲۰۰۲) و اتیلن (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۲) بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و رشد گیاه را تنظیم می کند. از جمله با اثر روی آبسزیک اسید و تجمع این هورمون در گیاه باعث خوگیری گیاه نسبت به تنش های محیطی می شود (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). بین اثر اسید سالیسیلیک و اتیلن بر مقدار مالون د آلدئید، رابطه آنتاگونیستی وجود دارد (مجد و همکاران، ۱۳۸۵). در پژوهش انجام شده توسط مظاهری تیرانی و همکاران (۱۳۸۷)، تیمار توأم ۵۰ پی پی ام اتیلن و ۰/۵ میلی مول اسید سالیسیلیک، مقدار کاروتنوئیدها را افزایش داد. کاروتنوئیدها قادرند انرژی زیاد طول موج های کوتاه را گرفته و اکسیژن یک تایی را به سه تایی تبدیل کنند و با گرفتن رادیکال های اکسیژن تولید شده نقش آنتی اکسیدانی خود را ایفا کنند (اینز و مونتگاو، ۲۰۰۰). اسید سالیسیلیک موجب تجمع آبسزیک اسید و ایندول استیک اسید نیز می شود ولی روی سیتوکینین اثری ندارد. اسید سالیسیلیک گسترش، تقسیم و مرگ سلولی را تنظیم کرده و در واقع بین رشد و پیری تعادل ایجاد می کند (پاپوا و همکاران، ۲۰۰۳).

اسید سالیسیلیک در ایجاد پاسخ های گیاهان در برابر تنش های محیطی نقش دارد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). کات و کلسیگ (۱۹۹۲)، نشان دادند که اسید سالیسیلیک در جوانه زنی نقش دارد. کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک باعث تحریک جوانه زنی بذر می شود (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). به

گزارش الطیب (۲۰۰۵) درصد جوانه زنی بذرهای جو در محلول یک میلی مول اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد افزایش معنی داری نشان داد. پژوهش انجام شده توسط مظاهری تیرانی و منوچهری کلانتری (۱۳۸۵) نشان داد که درصد جوانه زنی بذر کلزا در غلظت های بیشتر از یک میلی مول اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد در تیمار با اسید سالیسیلیک کاهش معنی داری دارد. به عقیده مظاهری تیرانی و همکاران (۱۳۸۷) اسید سالیسیلیک در غلظت های یک میلی مول و پایین تر به عنوان ترکیب ضد تنشی موجب کاهش اثرات اکسیداتیو ناشی از تولید اتیلن می شود ولی غلظت ۱/۵ میلی مول اسید سالیسیلیک اثرات تنشی ناشی از اتیلن را تشدید می کند. البته گزارش شده است که این ماده در غلظت های بیشتر از یک میلی مول در رفع آسیب های ناشی از تنش اکسیداتیو طی جوانه زنی دخالت دارد (لوپز و همکاران، ۱۹۹۹). در مقایسه ای که روی تیپ وحشی و جهش یافته آرابیدوپسیس انجام گرفت، اسید سالیسیلیک را به عنوان بر طرف کننده آسیب های اکسیداتیو طی جوانه زنی بذر معرفی کردند (هایات و همکاران، ۲۰۱۰).

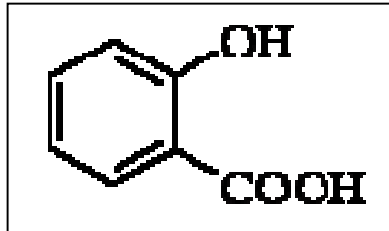
اسید سالیسیلیک در تنظیم و ایجاد علامت هایی برای تجلی ژن ها در زمان پیری در گیاه آرابیدوپسیس نقش دارد. این ماده مانع رسیدگی میوه ها می شود (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). ثابت شده که اسید سالیسیلیک نقش دوگانه در آرابیدوپسیس دارد. از یک طرف اسید سالیسیلیک از طریق اثر بر حوضچه های گلوکاتیون دفاع آنتی اکسیدانی را فعال می کند و با اثر بر آنزیم های آنتی اکسیدان موجب مقاومت گیاه به تنش های محیطی می شود. از طرف دیگر، مرگ برنامه ریزی شده سلول را از طریق O_3 فعال می کند (گیچو و همکاران، ۲۰۰۲). اسید سالیسیلیک موجب جلوگیری از صدمه به اسیدهای چرب غیر اشباع، کاهش نفوذ پذیری غشا و حفاظت از غشای تیلاکوئیدی در زمان تنش شوری در گیاهچه های آرابیدوپسیس می شود (بورسانو و همکاران، ۲۰۰۱). اسید سالیسیلیک با اثر بر H_2O_2 ، توان آنتی اکسیدانی را افزایش داده و از گیاه در برابر تنش های اکسیداتیو محافظت می کند (جانسن و توماس،

۲۰۰۱ و دیویس، ۲۰۰۵). مظاهری تیرانی و همکاران (۱۳۸۷) نتیجه گرفتند که اسید سالیسیلیک افزایش پراکسیداسیون لیپیدهای ناشی از اتیلن را کاهش می دهد. بنابراین اسید سالیسیلیک به نوعی با کاهش پراکسیداسیون لیپیدها از طریق اثر بر مکانیسم های دفاع آنزیمی و غیر آنزیمی، گیاه کلزا را در مقابل تنش اکسیداتیو محافظت می کند. اسید سالیسیلیک در گیاهچه های گندم از طریق افزایش مقدار آبسازیک اسید باعث پیش سازگاری نسبت به استرس های اکسیداتیو می شود. این ماده با اثر بر مقدار آبسازیک اسید باعث تکامل واکنش های ضد تنش (تجمع پرولین) در گیاهچه های گندم می شود (شکروا و ساهابوتینوا، ۲۰۰۳). کاربرد اسید سالیسیلیک موجب کاهش خسارت کمبود آب و شوری روی گیاهچه و تسریع در تجدید فرآیندهای رشد در گندم گردیده است (سهابوتینوا و همکاران، ۲۰۰۴).

گزارشات متعددی مبنی بر نقش اسید سالیسیلیک بر کاهش اثرات ناشی از تنش ها وجود دارد. اسید سالیسیلیک با اثر بر آنزیم های آنتی اکسیدان مانند کاتالاز (اسلای مارکر و همکاران، ۲۰۰۲)، سوپراکسیددیسموتاز (دت و همکاران، ۱۹۹۸)، پلی فنل اکسیداز (دت و همکاران، ۱۹۹۸)، پراکسیدازها (الطیب، ۲۰۰۵) و متابولیت هایی مانند آسکوربیک اسید (دت و همکاران، ۱۹۹۸ و اسلای مارکر و همکاران، ۲۰۰۲) و گلووتاتیون (دت و همکاران، ۱۹۹۸) اثرات ناشی از تنش های خشکی (سنارانتا و همکاران، ۲۰۰۲)، گرما (دت و همکاران، ۱۹۹۸)، سرما (تاسجین و همکاران، ۲۰۰۳)، شوری (الطیب، ۲۰۰۵)، فلزات سنگین (چادوری و پاندا، ۲۰۰۴) و بیماری های گیاهی (دیویس، ۲۰۰۵) را کاهش می دهد. همچنین، اسید سالیسیلیک می تواند نقش محوری در مقاومت گیاهان به بیماری داشته باشد. در توتون و کدو، مقدار اسید سالیسیلیک بعد از آلوده شدن گیاه به عامل بیماری زا تا چند برابر افزایش می یابد (امبوراب، ۲۰۰۲). اسید سالیسیلیک در گوجه فرنگی و لوبیا سبب افزایش مقاومت به دمای پایین و بالا می شود (سنارانتا و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین سبب کاهش آسیب عناصر سنگین در برنج و تغییر در فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان در زمان سرمازدگی در ذرت می شود (هایات و همکاران، ۲۰۱۰).

تجمع لکتین ها در گندم نیز به اسید سالیسیلیک نسبت داده می‌شود (شکیروا و بیزارکوا، ۱۹۹۷). کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک سبب ایجاد تحمل به تنش های گرما (دت و همکاران، ۱۹۹۸)، سرمازدگی (هایات و همکاران، ۲۰۱۰) و شوری در دولپه ای ها نیز می گردد (بورسانو و همکاران، ۲۰۰۱).

حسین و همکاران (۲۰۰۸) اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و گلیسین بتائین روی اصلاح روابط آبی و کارایی مصرف آب در آفتاب گردان را طی دو سال متوالی بررسی کردند و برای این کار از غلظت ۰/۷۲۴ میلی مول اسید سالیسیلیک و ۱۰۰ میلی مول گلیسین بتائین، دو روش کاشت سطحی و شیاری و دو زمان جوانه زنی و گلدهی استفاده نمودند و نتیجه گرفتند که کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک اثر معنی داری روی پارامترهای روابط آبی طی هر دو سال داشت. به گزارش حسین و همکاران (۲۰۰۸) کاربرد خارجی محلول های سازگار می تواند موجب رشد موفق گیاهان زراعی با مصرف آب پایین شود. در ضمن پرایمینگ بذر همراه با اسید سالیسیلیک، تحمل به تنش دمای پایین در ذرت هیبرید را توسط فعالیت آنتی اکسیدان و بقای محتوای آب بافت بالا بهبود بخشید (فاروغ و همکاران، ۲۰۰۸). به طور کلی، اسید سالیسیلیک دارای اثرات کلیدی در گیاهان می باشد که از آن جمله می توان به تأثیر در پایداری غشا (گلاس و دانلوپ، ۱۹۷۴)، جذب عناصر غذایی (گلاس، ۱۹۷۵)، روابط آبی (باروکسی و اینهلگ، ۱۹۹۳)، عملکرد روزه ها (آلدسکدی و همکاران، ۱۹۹۸) و افزایش رشد (راجاسکاران و بلک، ۱۹۹۹) اشاره کرد. البته کاربرد اسید سالیسیلیک در غلظت های زیاد می تواند موجب افزایش سطح تنش در گیاهان شود (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). اسید سالیسیلیک در همزیستی لگوم ها و رایزوبیوم نقش مهمی دارد (راسماسن و همکاران، ۱۹۹۱). ساختار مولکولی اسید سالیسیلیک در شکل ۱-۲ نشان داده شده است.



شکل ۱-۲- ساختار مولکولی اسید سالیسیلیک (هایات و همکاران، ۲۰۱۰)

۲-۶-۲- بیوسنتز و متابولیسم

حدود سال ۱۹۶۰ پیشنهاد شد که اسید سالیسیلیک در گیاهان از اسید سینامیک و توسط دو مسیر مهم سنتز می شود (شکل ۲-۲). یکی مسیر دکربوکسیلاسیون اسید سینامیک از اسید بنزوئیک است که برای مثال در برنج (هایات و همکاران، ۲۰۱۰) و تنباکو (یالپانی و همکاران، ۱۹۹۴) وجود دارد. آنزیمی که تبدیل اسید سینامیک به اسید بنزوئیک را کatalیز می کند در *Quercus pedunculata* شناسایی شده است. مسیر دیگر، ۲- هیدروکسیلاسیون از سینامیک اسید به ۲- کوماریک اسید و سپس دکربوکسیله شدن به اسید سالیسیلیک است که توسط آنزیم ترانس- سینامات- ۴- هیدروکسیلات کatalیز می شود و ابتدا در گیاهچه های نخود فرنگی مشاهده شده است (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). اسیدسالیسیلیک از مجموعه ای از مولکول های مختلف تشکیل شده است (ابراهیم و تاورس، ۱۹۵۹). ترکیبی از اسید سالیسیلیک به نام بتا- گلوکوزید- اسید سالیسیلیک در ریشه های گیاهچه های یولاف شناسایی شده است (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). آنزیمی که فرآیند متابولیسم اسید سالیسیلیک به ترکیب بتا- گلوکوزید- اسید سالیسیلیک را کatalیز می کند، اسید سالیسیلیک- گلوکوزیل ترانسفراز (Gtase) نام دارد (یالپانی و همکاران، ۱۹۹۴). اسید سالیسیلیک می تواند به ۲ و ۳- د هیدرو بنزوئیک اسید یا ۲ و ۵- د هیدرو بنزوئیک اسید متابولیزه شود که در برگ های *Astible sinensis* شناسایی شده است (هایات و همکاران، ۲۰۱۰).

۲-۶-۳- سیگنال شدن و انتقال

اسید سالیسیلیک معمولاً به صورت یک مولکول سیگنالی است که در ایجاد و سیگنال شدن پاسخ های دفاعی در برابر حملات پاتوژن های گوناگون نقش دارد (دارنر و همکاران، ۱۹۹۷) و موجب تحریک سیستم مقاومت^۱ (SAR) در گیاهان می شود. سنتز اسید سالیسیلیک می تواند آزادانه در داخل سلول و یا خارج سلول و بافت ها و اندامک ها صورت بگیرد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰) و در نهایت توسط رادیکال های آزاد اکسیژن و کلسیم تنظیم می شود (چن و همکاران، ۲۰۰۱). اسید سالیسیلیک به عنوان یک مولکول سیگنالی و تنظیم کننده در کلروپلاست نقش دارد (ازونوا و پایوا، ۲۰۰۰). همچنین در فعالیت های فتوسنتزی (فریدالدین و همکاران، ۲۰۰۳) و بازدارندگی رسیدن میوه ها (هایات و همکاران، ۲۰۱۰) نقش دارد.

اسید سالیسیلیک به صورت متیله در لایه کوتیکولی وجود دارد. متیل سالیسیلات یک مولکول سیگنالی است که در بافت های آوند آبکشی وجود دارد. متیل سالیسیلات از اسید سالیسیلیک در تنباکو و بعد از ابتلا به بیماری و شروع پاسخ های دفاعی سنتز می شود. سطوح متیل سالیسیلات در بافت های گیاهی در شرایط مقابله با باکتری ها و ویروس ها افزایش می یابد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). در تنباکو، دو آنزیم اسید سالیسیلیک باندینگ پروتئین ۲ (SABP₂) و اسید سالیسیلیک متیل ترانسفراز ۱ (SAMT₁) تعادل بین اسید سالیسیلیک و متیل سالیسیلات را حفظ می کنند. SABP₂ متیل سالیسیلات را از حالت غیر فعال به حالت فعال بر می گرداند (فروهر و همکاران، ۲۰۰۵) و SAMT₁ شکل گیری متیل سالیسیلات از اسید سالیسیلیک را کاتالیز می کند. متیل سالیسیلات به عنوان یک سیگنال SAR در تنباکو نقش دارد. بر اساس SABP₂ و یا SAMT₁ در گیاهان، سیستم مقاومت بلوکه یا تحریک می شود (پارک و همکاران، ۲۰۰۹).

^۱- Systemic acquired resistance

۲-۶-۴- اثر اسید سالیسیلیک خارجی بر رشد و تولید زیستی

اسید سالیسیلیک و دیگر سالیسیلات ها در فعالیت های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاهان مؤثر بوده و در تنظیم رشد و تولیدات زیستی در گیاه نقش اساسی دارند. اسید سالیسیلیک و ترکیبات مشابه آن در برگ و تولید ماده خشک در ذرت و سویا نقش دارند. هنگامی که دانه های گندم پیش از کاشت در اسید سالیسیلیک غوطه ور شدند، جوانه زنی و رشد گیاهچه ها در گندم تحریک شد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). فریدالدین و همکاران (۲۰۰۳)، گزارش کردند که هنگام محلول پاشی مقادیر کم اسیدسالیسیلیک، ذخیره، جمع آوری و تجمع ماده خشک به طور معنی داری افزایش یافت در حالی که غلظت های بالاتر، اثر بازدارنده داشت. در تحقیق دیگر توسط هایات و همکاران (۲۰۱۰)، غوطه ور شدن دانه ها در غلظت های پایین اسید سالیسیلیک (۰/۰۰۰۰۱ مول)، تعداد برگ، وزن تر و وزن خشک گیاهچه های گندم را افزایش داد. به طور مشابه، در پاسخ به محلول پاشی اسید سالیسیلیک روی گیاهچه های جو، رشد گیاهچه ها افزایش یافت (پانچوا و همکاران، ۱۹۹۶).

محلول پاشی اسید سالیسیلیک موجب افزایش معنی داری در پارامترهای رشد، محتوای پیگمان ها و سرعت فتوسنتز در ذرت شد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). حسین و همکاران (۲۰۰۷)، در آزمایشی گلدانی اسید سالیسیلیک را روی برگ های گندم اسپری کرده و بهبودی رشد و افزایش وزن خشک دانه و برگ را گزارش کردند. اراسلان و همکاران (۲۰۰۷)، آزمایشی برای بررسی اثر کاربرد خارجی اسیدسالیسیلیک روی رشد و فعالیت فیزیولوژیکی و آنتی اکسیدان تحت شرایط تنش شوری و سمیت روی هویج انجام دادند و مشاهده کردند که کاربرد اسید سالیسیلیک به طور معنی داری موجب افزایش رشد، وزن خشک ریشه، غلظت سولفور و فعالیت آنتی اکسیدان های ساقه و ذخیره ریشه شد. کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک تجمع پرولین را تنظیم و سمیت یونی و تجمع بر و کلر در ساقه و ریشه ذخیره های هویج را کاهش می دهد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). با این حال پانچوا و همکاران (۱۹۹۶)،

تأخیر در ظهور برگ و کاهش رشد برگ و ریشه در جو را در شرایط کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک گزارش کردند. کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک در انتقال عناصر غذایی نقش دارد و موجب کاهش جذب فسفات و پتاسیم توسط ریشه‌ها و کاهش pH شد. غلظت های پایین اسید سالیسیلیک موجب افزایش ریشه دهی در گیاه جعفری شد. محلول پاشی اسید سالیسیلیک به طور معنی داری موجب افزایش طول ریشه در سویا شد. کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک به طور معنی داری اندازه و وزن دانه در گندم را در مقایسه با شاهد افزایش داد. در خیار و گوجه فرنگی، اسپری شدن گیاهان با غلظت های پایین اسید سالیسیلیک عملکرد میوه را به طور معنی داری افزایش داد. محلول پاشی اسید سالیسیلیک در سویا موجب افزایش گلدهی شد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). کومار و همکاران (۲۰۰۰)، در یک تجزیه مقایسه‌ای، اثر تجمعی اسید سالیسیلیک با جیبرلین، کینتین، نفتالین استیک اسید (NAA)، اترال و کلروکولین کلراید را مطالعه کرده و عنوان کردند که اثر تشدید کننده اسید سالیسیلیک و جیبرلین روی گلدهی در مقایسه با ترکیبات دیگر یا هورمون ها بیشتر است.

۲-۶-۵- اثر اسید سالیسیلیک خارجی بر فتوسنتز و روابط آبی

هایات و همکاران (۲۰۱۰)، گزارش کردند که در گندم، پیش تیمار دانه ها با غلظت های پایین اسید سالیسیلیک (۰/۰۰۰۰۱ مول)، محتوای پیگمان ها را به طور معنی داری افزایش داد در حالی که غلظت های بالاتر مفید نبود. غوطه ور کردن بذر در اسید سالیسیلیک موجب افزایش پیگمان ها در کلزا شد (گای و همکاران، ۲۰۰۲) در حالی که غلظت های بالاتر اثر بازدارنده داشت (فریدالدین و همکاران، ۲۰۰۳) و موجب کاهش کلروفیل در گیاهان پیش تیمار شده با اسید سالیسیلیک شد (آناندی و راماناگان، ۱۹۹۷). اسید سالیسیلیک سنتز کاروتنوئیدها و زانتوفیل ها را فعال و سرعت فتوسنتز را در گندم افزایش داد و این افزایش همراه با کاهش پیگمان های کلروفیل و نسبت کلروفیل a/b در گندم بود

(هایات و همکاران، ۲۰۱۰). کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک موجب افزایش سرعت فتوسنتز، غلظت دی‌اکسیدکربن درونی، کارایی مصرف آب، هدایت روزنه ای و نسبت تعرق در کلزا (فریدالدین و همکاران، ۲۰۰۳) و کاهش اثرات سمیت کادمیوم بر کلروفیل برگ در ذرت (کرانتو و همکاران، ۲۰۰۸) شد. افزایش در نسبت تعرق و هدایت روزنه ای در پاسخ به محلول پاشی اسید سالیسیلیک و دیگر سالیسیلات ها در ذرت و سویا گزارش شده است (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). در تحقیقی دیگر، محلول پاشی اسید سالیسیلیک موجب افزایش کارایی مصرف آب، نسبت تعرق و غلظت دی‌اکسید کربن درونی در سویا شد (کومار و همکاران، ۲۰۰۰). با این حال بر خلاف این نتایج، پس از محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در لوبیا قرمز نسبت تعرق به طور معنی داری کاهش یافت (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). اسپری کردن اسید سالیسیلیک در مقادیر پایین روی برگ کلزا، فعالیت آنزیم کربنیک آنهیدراز را به طور معنی داری افزایش داد (فریدالدین و همکاران، ۲۰۰۳). غوطه ور کردن دانه های گندم در اسیدسالیسیلیک پیش از کاشت نیز چنین اثری داشت (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). با این حال تیمار با غلظت های بالاتر اسید سالیسیلیک، فعالیت برخی آنزیم ها را کاهش داد. با افزایش غلظت اسیدسالیسیلیک، فعالیت آنزیم ریبولوز ۱ و ۵- بیس فسفات کربوکسیلاز / اکسیژناز در جو کاهش یافت و این کاهش همراه با افزایش فعالیت آنزیم فسفو انول پیرووات کربوکسیلاز بود که منجر به کاهش فتوسنتز شد و این برخلاف نتایج فریدالدین و همکاران (۲۰۰۳) بود.

۲-۶-۶- اثر اسید سالیسیلیک بر گیاهان در شرایط تنش

محیط های پرتنش ایجاد گونه هایی از اکسیژن به نام رادیکال های آزاد اکسیژن^۱ (ROS) مانند رادیکال های سوپراکساید (O_2^-)، هیدروژن پراکساید (H_2O_2) و رادیکال هیدروکسیل (OH) می کنند و به این ترتیب در گیاهان تنش اکسیداتیو ایجاد می کنند (پراساد و همکاران، ۱۹۹۹). این افزایش سطح

۱- Reactive oxygen species

رادیکال های آزاد اکسیژن در گیاهان از طریق هوموستازی ردوکس موجب آسیب اکسیداتیو به مولکول های زیستی مانند لیپیدها، پروتئین ها و اسیدهای نوکلئیک می شود (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). هنگام کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک در غلظت های مناسب، افزایش کارآیی سیستم آنتی اکسیدان در گیاهان مشاهده می شود (پراساد و همکاران، ۱۹۹۹).

تیمار اسید سالیسیلیک تنش اکسیداتیو ناشی از تماس علف کش غیر انتخابی پاراکوات در خیار و تنباکو را کاهش می دهد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). علاوه بر این تیمار اسید سالیسیلیک منجر به کاهش موقتی فعالیت آنزیم کاتالاز و افزایش سطح H_2O_2 می شود (جاندا و همکاران، ۲۰۰۳) که احتمالاً در آماده سازی سیستم مقاومت (چن و همکاران، ۱۹۹۳) و تحمل در برابر تنش اکسیداتیو (هایات و همکاران، ۲۰۱۰) نقش کلیدی دارد. کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان، کاتالاز، پراکسیداز (POX) و سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) را در برخی گیاهان قرار گرفته در معرض تنش خشکی (هایات و همکاران، ۲۰۱۰) یا شوری (یوسف و همکاران، ۲۰۰۸) افزایش می دهد. کرانتو و همکاران (۲۰۰۸)، گزارش کردند که کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک در ذرت فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان مانند آسکوربات پراکسیداز (APX) و سوپر اکسید دیسموتاز را افزایش و فعالیت آنزیم کاتالاز را کاهش می دهد. در برنج، پرایمینگ بذر با غلظت پایین اسید سالیسیلیک قبل از کاشت سطوح زیاد رادیکال های آزاد اکسیژن به سبب قرار گیری در معرض کادمیوم را کاهش و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان، کاتالاز، گوایکول پراکسیداز، گلوتاتیون رداکتاز و سوپر اکسید دیسموتاز را افزایش و به این ترتیب گیاه را از خطر تنش اکسیداتیو محافظت می کند (پاندا و پاترا، ۲۰۰۷). با این حال بر خلاف این مشاهدات، چادوری و پاندا (۲۰۰۴)، گزارش کردند که در برنج، فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان، کاتالاز، پراکسیداز، سوپر اکسید دیسموتاز و گلوتاتیون رداکتاز در شرایط غوطه وری بذور پیش از کاشت در اسیدسالیسیلیک کاهش یافت.

گیاهان دائمی اغلب در برابر حملات پاتوژن ها بی پناه هستند و بر سر این موضوع با یکدیگر رقابت می کنند. گیاهان مکانیسم های مختلفی برای دفاع در برابر پاتوژن ها دارند. از جمله اینکه گیاهان مقادیر زیادی اسید سالیسیلیک در خود تجمع می دهند. مقادیر زیادی اسید سالیسیلیک در برگ های تنباکوی آلوده شده به ویروس موزائیک تنباکو مشاهده شد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). این اتفاق در خیار آلوده به ویروس نکروزیس نیز رخ داد (متراکس و دورنر، ۲۰۰۴). اسید سالیسیلیک خارجی در سیگنال های دفاعی در بسیاری از دولپه ای ها نقش دارد. هنگام کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک یا استیل اسید سالیسیلیک بیان ژنی پاتوژنی و مقاومت در برابر پاتوژن های مختلف شامل ویروس ها، باکتری ها، آف میست ها و قارچ ها در بسیاری از دولپه ای ها و تک لپه ای ها تحریک می شود. اسید سالیسیلیک در پاسخ به ویروس ها از سلولی به سلول دیگر حرکت می کند. غلظت های پایین اسید سالیسیلیک موجب افزایش فعالیت سیستم های دفاعی در آرابیدوپسیس می شود (هایات و همکاران، ۲۰۱۰).

لامب و دیکسون (۱۹۹۷)، گزارش کردند که اسید سالیسیلیک سبب افزایش تجمع H_2O_2 در بافت های گیاهی شده و به این ترتیب در ایجاد پاسخ های دفاعی در برابر حملات پاتوژن ها نقش اساسی دارد. اسید سالیسیلیک روی پراکسیداسیون لیپید اثر دارد که نقش اساسی در ایجاد پاسخ های دفاعی (اندرسون و همکاران، ۱۹۹۸) و تحریک سیستم دفاعی در گیاهان آلوده شده توسط پاتوژن ها دارد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). حمله پاتوژن های سمی و غیر سمی میزان اسید سالیسیلیک در موتانت های آرابیدوپسیس را افزایش می دهد (ناورا و متراکس، ۱۹۹۹).

۲-۶-۶-۲- تنش غیرزیستی

۲-۶-۶-۱- تنش عناصر سنگین

نقش اسید سالیسیلیک در کاهش سمیت عناصر سنگین در گیاهان به اثبات رسیده است. پیش‌تیمار اسید سالیسیلیک به مقدار کم منجر به جلوگیری از تخریب غشا بر اثر جیوه در برنج شد. علاوه بر این کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک موجب کاهش اثرات سمی کادمیوم در جو و ذرت شد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک در سویا از طریق افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان گوناگون موجب حفاظت در برابر آسیب اکسیداتیو در شرایط سمیت کادمیوم شد (گوتیرز و همکاران، ۱۹۹۸ و درازیک و میهایلوویچ، ۲۰۰۵). در تحقیق انجام شده توسط درازیک و همکاران (۲۰۰۶)، غوطه ور کردن بذور در اسید سالیسیلیک پیش از کاشت موجب افزایش رشد ریشه و ساقه در گونه های مختلف برنج در شرایط تنش کادمیوم شد. این تیمار موجب حفاظت و بقای هوموستازی یونی در گیاهچه های یونجه شد.

همچنین تیمار بذور با اسید سالیسیلیک پیش از کاشت موجب حذف اثرات بازدارندگی کادمیوم روی فعالیت آنزیم های ریبولوز بی فسفات کربوکسیلاز (RUBP) و فسفو انول پیرووات کربوکسیلاز (PEPC) و افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان آسکوربات پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز و کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز در ذرت شد (کرانتو و همکاران، ۲۰۰۸). تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک در برنج فعالیت آنزیم های کاتالاز، پراکسیداز، سوپر اکسید دیسموتاز و گلوتاتیون ریداکتاز را در مقایسه با گیاهان تیمار نشده افزایش داد (چادوری و پاندا، ۲۰۰۴). با این حال پرایمینگ بذور با اسید سالیسیلیک موجب افزایش فعالیت آنزیم های کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز، گلوتاتیون ریداکتاز و گوایکول پراکسیداز در برنج شد. تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک، سطح تیوباربیتوریک اسید (TBARS)، H_2O_2 و O_2 را در برنج کاهش داده و موجب تحمل به تنش اکسیداتیو ناشی از مقادیر زیاد کادمیوم شد (پاندا و پاترا، ۲۰۰۷).

کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک می تواند اثرات سمی ناشی از شوری را کاهش دهد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). غوطه ور کردن بذور در اسید سالیسیلیک موجب افزایش تحمل به تنش شوری در گیاهچه های گندم (هامادا و الحکیمی، ۲۰۰۱) و افزایش فعالیت آنزیم هایی مانند آلدوز ریداکتاز و آسکوربات پراکسیداز و تجمع اسمولیت هایی مانند پرولین در گوجه فرنگی شد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). کاربرد خارجی این ماده موجب تجمع مقدار زیاد پرولین در گیاهچه ها و در نتیجه کاهش اثرات مخرب تنش شوری شد. همچنین مانع از کاهش سطوح ایندول استیک اسید و سیتوکینین در شرایط تنش شوری در گندم شد و در نتیجه موجب افزایش تقسیم سلولی در مریستم نوک ریشه و افزایش رشد و تولید شد (شکیروا و ساهابوتینوا، ۲۰۰۳).

پیش تیمار بذور با اسید سالیسیلیک موجب تجمع آبسیزیک اسید و در نتیجه پیش سازگاری گیاهچه ها با تنش شوری می شود (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). علاوه بر این تیمار اسید سالیسیلیک سطح رادیکال های آزاد اکسیژن را کاهش داد و بنابراین فعالیت آنزیم های پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز را در ریشه های گیاهچه های جوان گندم کاهش داد (شکیروا و ساهابوتینوا، ۲۰۰۳). دولت آبادیان و همکاران (۱۳۸۷) در تحقیق خود نشان دادند که پیش تیمار بذور گندم با اسید سالیسیلیک در شرایط تنش شوری موجب افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان و در نتیجه جوانه زنی بذور می شود. این یافته ها نشان می دهند که فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان به طور مستقیم یا غیر مستقیم توسط اسیدسالیسیلیک تنظیم می شود و به این ترتیب موجب حفاظت در برابر تنش شوری می شود (ساهابوتینوا و همکاران، ۲۰۰۴). کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک فتوسنتز و ثبات غشا را در شرایط تنش شوری در جو افزایش داد و در نتیجه موجب افزایش رشد گردید (الطیب، ۲۰۰۵). اثرات مخرب تنش شوری با کاربرد اسید سالیسیلیک در گیاهچه های آرابیدوپسیس کاهش یافت (بورسانو و همکاران، ۲۰۰۱). غوطه ور کردن بذور در اسید سالیسیلیک پیش از کاشت، اثرات مثبتی روی پتانسیل اسمزی،

وزن خشک ریشه و ساقه، نسبت پتاسیم به سدیم و محتوای پیگمان های فتوسنتزی (کلروفیل a و b و کاروتنوئیدها) در گیاهچه های گندم، در شرایط تنش شوری و عدم تنش داشت (هایات و همکاران، ۲۰۱۰).

۲-۶-۲-۳- تنش گرما

اسید سالیسیلیک در ایجاد تحمل به تنش گرما در گیاهان نقش اساسی دارد. محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در غلظت های پایین موجب تحمل به تنش گرما در خردل شد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). پاسخ های مشابهی نیز در سیب زمینی و در شرایط استفاده از استیل اسید سالیسیلیک مشاهده شد (لوپز و همکاران، ۱۹۹۹). پیش تیمار با اسید سالیسیلیک موجب افزایش تحمل به تنش اکسیداتیو و افزایش تحمل به گرما در چمن شد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). تیمار با اسید سالیسیلیک موجب کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز و افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز شد ولی بر آنزیم پراکسیداز اثری نداشت. درعین حال، تیمار با اسید سالیسیلیک فعالیت آنزیم کاتالاز و سوپراکسیددیسموتاز را در علف چمنی در شرایط تنش گرما افزایش داد (هی و همکاران، ۲۰۰۵).

۲-۶-۲-۴- تنش سرما زدگی و تنش یخ زدگی

کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک موجب تحمل به سرما زدگی یا تنش سرما در گیاهان می شود. کاربرد ۰/۵ میلی مول اسید سالیسیلیک در ذرت رشد یافته در محلول هیدروپونیک موجب افزایش تحمل به تنش سرما شد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). آنالوگ های اسید سالیسیلیک، مانند بنزالدهید آسپیرین یا کوماریک اسید نیز نقش حفاظتی در برابر تنش سرما در ذرت دارد (هاروات و همکاران، ۲۰۰۲). با این حال ممکن است اسید سالیسیلیک یا آنالوگ های آن اثرات زیان آوری روی گیاهان در شرایط عدم تنش داشته باشند (جاندا و همکاران، ۲۰۰۰). کاربرد اسید سالیسیلیک موجب کاهش آسیب سرما زدگی و

تراوش الکترولیت ها در برنج، ذرت و خیار گردید (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). پیش تیمار با اسیدسالیسیلیک، موجب افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان مختلف در ذرت شد (جاندا و همکاران، ۲۰۰۰). کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک علاوه بر ایجاد تحمل به تنش سرمازدگی، در ایجاد تحمل به تنش یخزدگی نیز نقش دارد (تاسجین و همکاران، ۲۰۰۳).

۲-۶-۲-۵- تنش ازون و فرا بنفش

گیاهان در معرض تشعشعات فرا بنفش مقدار زیادی اسید سالیسیلیک را در خود تجمع می دهند (یالپانی و همکاران، ۱۹۹۴). اسید سالیسیلیک، اثرات مخرب ازون بر آرابیدوپسیس را کاهش داده و موجب کاهش حساسیت به آن می شود. این ماده از طریق افزایش فعالیت سیستم آنتی اکسیدان، موجب افزایش تحمل به تنش ازون در آرابیدوپسیس می شود (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). تشعشع فرا بنفش موجب افزایش تجمع اسید سالیسیلیک در تنباکو می شود که احتمالاً به دلیل افزایش فعالیت آنزیم بنزوئیک اسید هیدروکسیلاز (BAZ هیدروکسیلاز) می باشد که مسئول بیوسنتز اسید سالیسیلیک است (یالپانی و همکاران، ۱۹۹۴). کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک اثرات مخرب تشعشع فرا بنفش روی علف کنتاکی را کاهش داد (اروین و همکاران، ۲۰۰۴). این تیمار کارآیی فتوشیمیایی و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان، کاتالاز و سوپر اکسید دیسموتاز را در شرایط قرار گیری در معرض تشعشع فرا بنفش افزایش داد. همچنین محتوای آنتوسیانین و آلفا-توکوفرول را در گیاهانی که در معرض تشعشع UV-B قرار داشتند افزایش داد. بنابراین می توان گفت که اسید سالیسیلیک نقش مهمی در پیشگیری و کاهش اثرات مخرب ازون و یا تشعشعات فرا بنفش ایفا می کند (هایات و همکاران، ۲۰۱۰).

اسید سالیسیلیک نقش کلیدی در ایجاد تحمل به تنش آبی (خشکی و غرقابی) در گیاهان دارد. کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک در گوجه فرنگی رشد یافته در شرایط تنش کم آبی، موجب افزایش معنی داری در پارامترهای فتوسنتزی، پایداری غشا، فعالیت آنزیم های نیترات ریداکتاز و کربنیک آنهیدراز و کلروفیل به همراه افزایش در فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسیددیسموتاز شد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). در ضمن قرار دادن بذور در محلول استیل اسید سالیسیلیک موجب افزایش تحمل به تنش خشکی و تجمع ماده خشک شد (هامادا و الحکیمی، ۲۰۰۱).

کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک در غلظت های پایین موجب کاهش اثرات مخرب تنش خشکی روی گوجه فرنگی شد (سناراتتا و همکاران، ۲۰۰۲). تیمار گیاهچه های گندم با اسید سالیسیلیک موجب بالا بردن محتوای رطوبت، ماده خشک و افزایش فعالیت آنزیم کربوکسیلاز و روبیسکو و مجموع محتوای کلروفیل در مقایسه با شاهد شد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). علاوه بر این، کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک در جو اثرات مخرب کمبود آب روی غشای سلولی را کاهش و موجب افزایش محتوای آبسزیک اسید در برگ ها و در نهایت افزایش تحمل به تنش کم آبی شد (باندورسکا و استرینسکی، ۲۰۰۵).

فصل سوم

مواد و روشها

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

آزمایش در سال ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، واقع در شهر بسطام (کیلومتر ۸ جاده شاهرود- آزادشهر) اجرا شد. شهرستان شاهرود در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۶ متر است. منطقه بسطام دارای اقلیم سرد و خشک است. میانگین بارندگی سالانه در این منطقه بین ۱۵۰ تا ۱۶۰ میلی متر است و بارندگی ها عمدتاً در فصل پاییز و زمستان رخ می دهد. حداقل و حداکثر دمای منطقه به ترتیب ۹/۶- و ۴۰ درجه سانتی گراد است. بر اساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی شاهرود، در سال زراعی ۸۷-۸۸ مجموع بارندگی در این منطقه ۲۰۳/۶ میلی متر و میانگین حداقل و میانگین حداکثر دمای روزانه به ترتیب ۵/۹ و ۱۹/۵ درجه سانتی گراد بوده است.

۳-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری در جدول ۳-۱ نشان داده شده است.

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

۳۰/۶	درصد اشباع (S.P)
۸/۰۹	هدایت الکتریکی ($Ec \times 10^6$)
۷/۸۹	اسیدیته گل اشباع (pH of pasta)
۲۷/۰	درصد مواد خنثی شونده (% T. N. V.)
۰/۷۹	کربن آلی (% O.C)
۰/۰۵۷	ازت کل (Total N%)
۱۴/۰	فسفر قابل جذب (P(ava) P. P. M)
۱۴۳/۰	پتاسیم قابل جذب (K(ava) P. P. M)
۲۲/۰	رس (% Clay)
۴۴/۰	لائی (% Silt)
۳۲/۰	شن (% Sand)
۱/۵	درصد رطوبت
۴/۱	نسبت جذب سدیم (SAR)
۸۱/۲	مجموع کاتیون ها (m.e./lit)
۲۲/۲	(m.e./lit) Na^+
۲۶/۰	(m.e./lit) Mg^{2+}
۳۳/۰	(m.e./lit) Ca^{2+}
۸۰/۶	مجموع آنیون ها (m.e./lit)
۲۸/۶	(m.e./lit) So_4^{2-}
۴۷/۵	(m.e./lit) Cl^-
۴/۵	(m.e./lit) Hco_3^-
۰/۰	(m.e./lit) Co_3^{2-}

۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اصلی ۳ سطح تنش کم آبیاری (A)، شامل عدم تنش (a_1)، تنش ملایم (a_2) و تنش شدید (a_3) بود. فاکتور های فرعی ۳ غلظت اسید سالیسیلیک (B)، شامل غلظت صفر (b_1)، $0/4$ (b_2) و $0/8$ (b_3) میلی مولار و دفعات محلول پاشی (C)، شامل یک مرتبه (c_1) و دو مرتبه (c_2) محلول پاشی بودند (جدول ۳-۲). تعداد تیمارها در مجموع ۱۸ و تعداد کل کرت های آزمایشی ۵۴ کرت بود. نقشه کشت (شکل ۳-۱) با استفاده از نرم افزار SAS تصادفی و ترسیم گردید.

۳-۴- عملیات اجرایی

۳-۴-۱- آماده سازی زمین

زمین در سال قبل به صورت آیش و سال قبل از آن زیر کشت گندم بود. ۱۶ روز قبل از کاشت در تاریخ ۲۰ اردیبهشت ۱۳۸۸ اقدام به آماده سازی زمین با استفاده از گاوآهن برگردان دار و دیسک گردید. سپس ابعاد کرت ها معین شد. هر کرت شامل ۴ خط کاشت به طول ۹ متر و فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی متر بود. دو خط کناری به عنوان حاشیه و دو خط وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایش در نظر گرفته شد. بین کرت های اصلی، دو خط به صورت نکاشت قرار داده شد.

جدول ۳-۲- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش

$a_1b_1c_1$	یک بار محلول پاشی با آب در شرایط عدم تنش
$a_1b_1c_2$	دو بار محلول پاشی با آب در شرایط عدم تنش
$a_1b_2c_1$	یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط عدم تنش
$a_1b_2c_2$	دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط عدم تنش
$a_1b_3c_1$	یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط عدم تنش
$a_1b_3c_2$	دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط عدم تنش
$a_2b_1c_1$	یک بار محلول پاشی با آب در شرایط تنش ملایم
$a_2b_1c_2$	دو بار محلول پاشی با آب در شرایط تنش ملایم
$a_2b_2c_1$	یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش ملایم
$a_2b_2c_2$	دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش ملایم
$a_2b_3c_1$	یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش ملایم
$a_2b_3c_2$	دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش ملایم
$a_3b_1c_1$	یک بار محلول پاشی با آب در شرایط تنش شدید
$a_3b_1c_2$	دو بار محلول پاشی با آب در شرایط تنش شدید
$a_3b_2c_1$	یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش شدید
$a_3b_2c_2$	دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش شدید
$a_3b_3c_1$	یک بار محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش شدید
$a_3b_3c_2$	دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش شدید

r_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2
	b_1	b_2	b_3	b_1	b_2	b_3	b_1	b_2	b_2	b_2	b_2	b_2	b_1					
	c_1	c_1	c_1	c_2	c_2	c_2	c_2	c_1	c_1	c_2	c_1	c_1	c_2	b_3	b_3	b_1	b_2	
														c_1	c_2	c_1	c_2	
r_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2
	b_1	b_2	b_2	b_2	b_1	b_2	b_2	b_1	b_1	b_2	b_2	b_2	b_2					
	c_1	c_1	c_2	c_2	c_2	c_1	c_2	c_1	c_1	c_2	c_1	c_2	c_2	b_2	b_1	b_2	b_1	
														c_1	c_1	c_1	c_2	
r_3	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2
	b_2	b_2	b_1	b_2	b_2	b_1	b_1	b_2	b_2	b_2	b_2	b_2	b_2	b_2	b_2	b_1	b_1	b_2
																		c_1

C ₁	C ₂	C ₂	C ₂	C ₁	C ₁	C ₁	C ₂	C ₂	C ₁	C ₂	C ₁	C ₂	C ₁	C ₂	C ₁	C ₂	
----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	--

L.p .

شکل ۳-۱- نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده

۳-۴-۲- کاشت

عملیات کاشت در تاریخ ۵ خرداد ۱۳۸۸ با دست و در عمق ۲ سانتی متری انجام شد. فاصله دو بوته روی ردیف ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. بذر چغندر قند مورد استفاده، رقم زرکان (ZE^{۵۶۰۱}) بود که بذری منورژم و تیمار شده با قارچ کش بود. استفاده از این رقم در منطقه شاهرود رایج است.

۳-۴-۳- داشت

آبیاری به صورت جوی و پشته ای انجام شد. با توجه به اینکه چغندر قند در مراحل اولیه رشد، مخصوصاً در سه تا چهار هفته بعد از سبز شدن به شرایط نامناسب رطوبتی حساس می باشد (توحیدلو، ۱۳۷۸)، بنابراین از هنگام کاشت تا استقرار کامل بوته ها آبیاری به طور مرتب و کامل انجام شد. مقادیر آب مصرفی تا استقرار کامل گیاه برای تمام تیمارها یکسان بود. طی دوران داشت، دو بار وجین کامل علف های هرز توسط دست انجام شد. به منظور مقابله با سفیدک سطحی در اوایل شهریور، گوگرد پاشی روی برگ ها و توسط دست انجام گرفت.

۳-۴-۴- اعمال تیمارها

پس از استقرار کامل بوته ها اقدام به اعمال تیمارهای تنش کم آبیاری گردید. برای اعمال تیمارهای عدم تنش، تنش ملایم و تنش شدید دور آبیاری به ترتیب ۸، ۱۲ و ۱۶ روز در نظر گرفته شد. تیمار اسید سالیسیلیک حدود ۲ و ۳ ماه پس از کاشت یعنی در تاریخ های ۳۱ تیر (مرحله اول محلول پاشی) و ۳۱ مرداد (مرحله دوم محلول پاشی) اعمال گردید. برای این منظور غلظت های ۰/۴ و

۰/۸ میلی مولار از اسید سالیسیلیک تهیه و به همراه تیمار بدون اسید سالیسیلیک (آب خالص) در زمان‌های ذکر شده روی گیاه محلول پاشی شد. استفاده از آب خالص به عنوان یکی از سطوح محلول پاشی به منظور حذف اثر آب در کاهش تنش وارده به گیاه در مقایسات و مشخص شدن اثر واقعی اسید سالیسیلیک به تنهایی در شرایط تنش صورت پذیرفت. محلول پاشی‌ها در ابتدای صبح و در هوای صاف و ملایم اعمال شد. طوری که برگ‌های گیاه کاملاً خیس شوند. به منظور بهبود جذب برگ‌ی اسید سالیسیلیک، از تریتون X۱۰۰ با غلظت ۰/۰۱ درصد به عنوان روکشگر استفاده گردید.

۳-۴-۵- برداشت

تاریخ ۳ آذر ۱۳۸۸ تمام ریشه‌های هر کرت توسط دست و با دوشاخه مخصوص برداشت چغندر قند (مشابه بیل) برداشت گردید. تعداد ۵۰ ریشه از هر کرت به عنوان معیار آن کرت به طور تصادفی انتخاب شد. عملیات سر زنی ریشه‌ها از ناحیه سر داخل مزرعه انجام شده و گل و لای روی ریشه‌ها جدا گردید. سپس ریشه‌های هر کرت داخل کیسه‌ای مجزا قرار داده شده و به کارخانه قند شهرستان شاهرود منتقل گردید.

۳-۵- نمونه برداری جهت صفات مرفولوژیکی

پس از اعمال کلیه تیمارها، نمونه برداری‌ها به روش تخریبی (عبداللهیان نوقایی، ۱۳۷۱) و در پنج نوبت در طول فصل رشد انجام شد. در ۴ نمونه برداری اول که در زمان‌های ۷۵، ۱۰۷، ۱۳۸، ۱۵۸ روز پس از کاشت و به فواصل حدود یک ماه از هم صورت گرفت، از هر کرت پس از حذف یک ردیف از گیاهانی که در رقابت شرکت نداشتند (به عنوان حاشیه)، ۴ بوته به عنوان معیار آن کرت برداشت گردید. نمونه برداری نهایی، ۱۸۲ روز پس از کاشت و همزمان با برداشت نهایی انجام شد که در این نمونه برداری

پس از حذف حاشیه، تعداد ۸ بوته از هر کرت به عنوان نمونه و معیار آن کرت برداشت گردید. نمونه ها بلافاصله پس از برداشت در کیسه های پلاستیکی قرار داده شده و جهت تعیین برخی صفات به آزمایشگاه منتقل گردید.

۳-۶-۳- صفات زراعی و مرفولوژیک

۳-۶-۳-۱- وزن خشک برگ، دمبرگ، طوقه و ریشه

نمونه های منتقل شده به آزمایشگاه به چهار بخش برگ، دمبرگ، طوقه و ریشه تفکیک شدند. ریشه های نمونه گیری شده پس از شستشو به قطعات ریز خرد شدند. اجزای تفکیک شده به طور مجزا در پاکت قرار داده شده و توسط دستگاه آون در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۹۶ ساعت خشک شدند. سپس با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ وزن شدند. مقادیر به دست آمده بر حسب گرم در متر مربع محاسبه گردید.

۳-۶-۳-۲- وزن خشک کل

این صفت از مجموع وزن خشک اندام هوایی و ریشه هر نمونه بر حسب گرم در متر مربع به دست آمد.

۳-۶-۳-۳- سطح برگ

سطح برگ نمونه ها پس از جداسازی توسط کاغذ شطرنجی تعیین شد. سپس بر حسب متر مربع سطح برگ در متر مربع سطح زمین محاسبه گردید.

۳-۶-۳-۴- طول ریشه ذخیره ای

فاصله بین محل برش سر تا نوک ریشه به عنوان طول ریشه ذخیره ای در نظر گرفته شد. طول ریشه توسط خط کش معمولی اندازه گیری شد. میانگین طول ریشه های نمونه برداری شده در هر کرت بر حسب میلی متر برای انجام محاسبات استفاده شد.

۳-۶-۵- قطر ریشه ذخیره ای

بزرگترین قطر تک تک ریشه های نمونه برداری شده از هر کرت توسط خط کش معمولی اندازه گیری شد. میانگین قطر ریشه های نمونه برداری شده در هر کرت بر حسب میلی متر برای انجام محاسبات استفاده شد.

۳-۶-۶- سرعت ظهور برگ

سرعت ظهور برگ (LAR) عبارت از تعداد برگ های جدید ظاهر شده در یک گیاه طی دوره ای خاص از زمان است که می تواند با استفاده از دو روش زیر تعیین شود:

۱- در روش اول که بیشتر از این روش استفاده می شود، برگ در شروع هفته علامت گذاری شده و در پایان هفته تعداد برگ های جدید ثبت می گردد (کلارک و لومیس، ۱۹۷۸ و لی و اسپچمل، ۱۹۸۸).

۲- روش دوم با استفاده از روابط زیر، یعنی مشتق گیری از منحنی رشد کل برگ تولیدی^۱ (TLP) می باشد (لی و اسپچمل، ۱۹۸۸).

$$TLP = a + bt + ct^2 \quad \text{فرمول (۱-۳)}$$

$$LAR = dTLP / dt = b + 2ct \quad \text{فرمول (۲-۳)}$$

پارامترهای a ، b و c با استفاده از روش کمترین مربعات برآورد شده و از آنجایی که TLP پیوسته است، LAR را می توان برای روزهای خاص محاسبه کرد (لی و اسپچمل، ۱۹۸۸).

^۱- Total leaf production

یادداشت برداری ها به منظور تعیین سرعت ظهور برگ، در تکرار دوم انجام شد. در هر کرت ۴ بوته (۲ بوته متوالی در هر خط) انتخاب (لی و اسپچیمل، ۱۹۸۸) و علامت گذاری شدند. هر یک از بوته ها به عنوان یک تکرار از یک تیمار در نظر گرفته شد. شمارش برگ ها از ۷۰ روز پس از کاشت آغاز شد و تا زمان برداشت و به مدت ۱۵ هفته در هر هفته تعداد برگ های جدید ظاهر شده در هر بوته شمارش شده و آخرین برگ شمارش شده (کوچکترین) علامت گذاری شد. برگی که طول آن حداقل ۱ سانتی متر بود به عنوان برگ جدید شمارش گردید.

۳-۶-۷- سرعت اضمحلال برگ

سرعت اضمحلال برگ بیان گر تعداد برگ هایی است که در یک گیاه طی یک دوره زمانی خاص از بین می روند. این صفت نیز می تواند با استفاده از دو روش زیر تعیین گردد:

۱- شمارش هفتگی تعداد برگ های از بین رفته

۲- مشتق گیری از معادلات مجموع تعداد برگ های از بین رفته^۱ (CSL) که شامل موارد زیر می باشد:

$$CSL = a + bt + ct^x \quad \text{فرمول (۳-۳)}$$

$$LDR = d(CSL) / dt = b + \gamma ct \quad \text{فرمول (۴-۳)}$$

پارامترهای a ، b و c برای هر منحنی به روش کمترین مربعات برآورد شده و از آنجا که CSL یک عمل پیوسته است، LDR می تواند برای هر روز محاسبه گردد (لی و اسپچیمل، ۱۹۸۸). جهت تعیین سرعت اضمحلال برگ، در تاریخ هایی که برگ های جدید شمارش می شد، برگ های از بین رفته هر بوته نیز شمارش می شد. معیار برگ اضمحلال یافته عدم وجود کلروفیل در برگ بود.

۳-۷- صفات فیزیولوژیک

^۱- Cumulative number of senescent leaves

۳-۷-۱- مقدار آب نسبی (RWC) برگ و دمبرگ

مقدار آب نسبی برگ و دمبرگ در ۲ زمان قبل از آبیاری در ۱۲۶ و بعد از آبیاری در ۱۲۷ روز پس از کاشت برحسب درصد اندازه گیری شد. به منظور تعیین مقدار نسبی آب برگ و دمبرگ، بین ساعات ۱۱ تا ۱۴ وارد مزرعه شده و در هر کرت ۳ بوته به طور تصادفی انتخاب شد و برگ چهارم هر بوته که برگی جوان و کاملاً رشد یافته بود قطع گردید. هر یک از ۳ بوته انتخاب شده به عنوان یک واحد نمونه‌گیری در نظر گرفته شد. دمبرگ‌های هر نمونه از برگ مربوط به آن جدا شده و هر کدام در یک پوشش پلاستیکی داخل یخدان به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ وزن شدند (وزن تر) و سپس به مدت ۲۴ ساعت (حبیبی، ۱۳۷۲) در آب مقطر و در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (کرامر، ۱۹۸۳). پس از این مدت برگ‌ها و دمبرگ‌ها را از آب مقطر خارج کرده و بعد از اینکه آب روی آنها با کاغذ صافی خشک شد مجدداً وزن شدند (وزن اشباع). پس از آن به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و سپس وزن شدند (وزن خشک). محاسبه مقدار آب نسبی با استفاده از رابطه زیر صورت گرفت (توحیدلو، ۱۳۷۸).

$$\text{فرمول (۳-۵)} \quad 100 \times \left\{ \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن خشک}} \right\} = \text{مقدار آب نسبی}$$

۳-۷-۲- کلروفیل

اندازه‌گیری کلروفیل برگ از ۷۱ روز پس از کاشت آغاز و هر هفته تا زمان برداشت انجام شد. در هر کرت تعداد ۴ بوته (۲ بوته متوالی در هر خط) به عنوان معیار کرت انتخاب و علامت‌گذاری شدند. در هر اندازه‌گیری تعداد سه برگ (جدید، معمولی و قدیمی) از هر بوته انتخاب شده و کلروفیل آن توسط دستگاه SPAD502 تعیین شد. سپس میانگین آنها محاسبه گردید. در نهایت میانگین کلروفیل ۴ بوته در هر کرت بر حسب واحد SPAD (هیسکوکس و ایسرایستام، ۱۹۷۸) برای محاسبات تعیین شد.

۳-۸- محاسبه برخی از پارامترهای رشدی

پارامترهای زیر با استفاده از روابط موجود محاسبه گردیدند (وارن ویلسون، ۱۹۸۱):

۱- شاخص سطح برگ^۱ (LAI):

فرمول (۳-۶) سطح زمین / مساحت یک طرف سطح برگ = شاخص سطح برگ

۲- نسبت سطح برگ^۲ (LAR):

فرمول (۳-۷) وزن خشک کل / سطح برگ = نسبت سطح برگ

۳- نسبت وزن برگ^۳ (LWR):

فرمول (۳-۸) وزن خشک کل / وزن خشک برگ = نسبت وزن برگ

۴- سطح ویژه برگ^۴ (SLA):

فرمول (۳-۹) وزن خشک برگ / سطح برگ = سطح ویژه برگ

۵- وزن ویژه برگ^۵ (SLW):

فرمول (۳-۱۰) سطح برگ / وزن خشک برگ = وزن ویژه برگ

۶- سرعت رشد محصول^۶ (CGR)

فرمول (۳-۱۱) (زمان اول - زمان دوم) / مساحت زمین (وزن خشک کل در زمان اول - وزن خشک کل در زمان دوم) = سرعت رشد محصول

۷- سرعت رشد نسبی^۱ (RGR)

۱- Leaf area index
۲- Leaf area ratio
۳- Leaf weight ratio
۴- Specific leaf area
۵- Specific leaf weight
۶- Crop growth rate

فرمول (۱۲-۳)

وزن خشک کل / سرعت رشد محصول = سرعت رشد نسبی

۸- سرعت جذب خالص^۷ (NAR)

فرمول (۱۳-۳)

نسبت سطح برگ / سرعت رشد نسبی = سرعت جذب خالص

۳-۹- عملکرد ریشه^۳ (RY)

عملکرد ریشه توسط تعداد ۵۰ ریشه ای که در نهایت از هر کرت برداشت شد، پس از سر زنی و تمیز کردن گل و لای آن، تعیین گردید. سپس با استفاده از مساحت برداشت ۵۰ ریشه، عملکرد ریشه در هکتار بر حسب تن در هکتار محاسبه شد و در تجزیه نهایی مورد استفاده قرار گرفت.

۳-۱۰- تجزیه کیفی ریشه

جهت تعیین کیفیت ریشه، ابتدا ۵۰ ریشه برداشت شده از هر کرت به واحد عیار سنجی کارخانه قند شاهرود منتقل شد. پس از اینکه تمام ریشه ها به خوبی شسته شدند، توسط سیستم Web از آنها خمیر ریشه (پلپ)^۴ تهیه گردید. سپس خمیرها منجمد شده و به آزمایشگاه تکنولوژی قند مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند کرج منتقل گردیدند. در آنجا پارامترهای کیفی ریشه توسط دستگاه بتالایزر^۵ مدل D- ۳۰۱۶ تعیین گردید. دستگاه بتالایزر مدل D- ۳۰۱۶ متشکل از ۳ دستگاه فلیم فتومتر، اسپکتروفتومتر و پلاریمتر است که برای اندازه گیری هر یک از صفات پتاسیم، سدیم و

۷- Relative growth rate

۱- Net assimilation rate

۲- Root yield

۳- Polp

۴- Beta lyser

نیتروژن مضره و ساکارز به طور همزمان استفاده می گردد. نمونه ها ۲۴ ساعت قبل از اندازه گیری صفات از فریزر خارج شدند و در یخچال قرار گرفتند تا یخ آنها ذوب شود.

۳-۱۰-۱- عیار قند^۱ (SC)

رایج ترین روش اندازه گیری عیار قند یا درصد قند، پلاریمتری یا ساکارومتری است که بر اساس میزان چرخش نور پلاریزه عمل می کند. برای این منظور، مقدار ۲۶ گرم از خمیر ریشه تهیه شده را با ۱۷۷ میلی لیتر سواستات سرب مخلوط کرده و پس از اینکه خوب به هم زده شد، از مخلوط حاصل توسط فیلترهای خاص، عصاره شفاف تهیه شد و عیار قند عصاره توسط دستگاه تجزیه کیفی چغندر قند و به روش پلاریمتری و بر حسب درصد تعیین شد (شیخ الاسلامی، ۱۳۸۲).

۳-۱۰-۲- ناخالصی های ریشه

مهمترین ناخالصی های ریشه شامل مقدار پتاسیم (K^+)، سدیم (Na^+) و نیتروژن مضره یا نیتروژن آمینه (α -amino-N) بر حسب میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه چغندر قند اندازه گیری شد (شیخ الاسلامی، ۱۳۸۲). این مقادیر نیز با استفاده از عصاره شفاف تهیه شده از مخلوط خمیر ریشه و سواستات سرب و توسط دستگاه بتالایزر بر حسب میلی اکی والان در صد گرم خمیر چغندر قند تعیین شدند. در این دستگاه مقادیر پتاسیم و سدیم به روش فلیم فتومتری و با مقایسه طیف نوری حاصله با طیف نوری گسترده لیتیم تعیین و نیتروژن مضره توسط روش اسپکتروفتومتری یا رنگ سنجی یا عدد آبی که توسط استاک و پاولاس پایه گذاری شده است (شیخ الاسلامی، ۱۳۸۲)، اندازه گیری می گردد. اساس کار این روش، تغییر رنگ معرف کوپر در قبال نیتروژن مضره و مقایسه با استانداردهای موجود می باشد.

^۱- Sugar content

۳-۱۰-۳- ضریب قلیائیت^۱ (ALC)

ضریب قلیائیت یا آلکالینیتی از روی میزان عناصر اصلی ایجاد کننده ناخالصی در ریشه، یعنی پتاسیم، سدیم و نیتروژن مضره محاسبه گردید.

$$ALC = K + Na / \alpha\text{-amino-N} \quad \text{فرمول (۱۴-۳)}$$

۳-۱۰-۴- قند ملاس^۲ (MS)

قند موجود در ملاس بر حسب درصد توسط فرمول راین فیلد و همکاران (۱۹۷۴) به دست آمد.

$$MS = 0.343(K + Na) + 0.094(\alpha\text{-amino-N}) - 0.29 \quad \text{فرمول (۱۵-۳)}$$

۳-۱۰-۵- قند قابل استحصال^۳ (WSC)

قند قابل استحصال از اختلاف بین عیار قند و قند ملاس بر حسب درصد محاسبه شد (عبداللهیان نوقابی و همکاران، ۱۳۸۴).

$$WSC = SC - (MS + 0.16) \quad \text{فرمول (۱۶-۳)}$$

۳-۱۰-۶- راندمان استحصال قند^۴ (ECS)

۱- Alkalinity
۲- Molasses sugar
۳- White sugar content
۴- Extraction coefficient of sugar

راندمان استحصال قند یا ضریب استحصال قند بر حسب درصد شکر توسط فرمول زیر محاسبه شد
(علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷).

$$ESC = (WSC / SC) \times 100 \quad \text{فرمول (۱۷-۳)}$$

۳-۱۰-۷- عملکرد شکر^۱ (SY)

عملکرد شکر از حاصل ضرب عملکرد نهایی ریشه در درصد قند بر حسب تن در هکتار محاسبه شد
(قائمی و همکاران، ۱۳۸۷).

$$SY = RY \times SC \quad \text{فرمول (۱۸-۳)}$$

۳-۱۰-۸- عملکرد شکر سفید^۲ (WSY)

شکر قابل استحصال، بیانگر کیفیت تکنولوژیکی واقعی چغندر قند است (مانتووانی و واساری،
۱۹۸۹). عملکرد شکر سفید بر حسب تن در هکتار از طریق فرمول زیر محاسبه شد.

$$WSY = RY \times WSC \quad \text{فرمول (۱۹-۳)}$$

۳-۱۰-۹- درصد ماده خشک ریشه

درصد ماده خشک ریشه با خشک کردن نمونه خمیر تهیه شده از ریشه و بعد از اندازه گیری صفات کیفی
ریشه در آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد بر حسب درصد محاسبه شد.

۳-۱۱- تجزیه و تحلیل داده ها

۱- Sugar yield

۲- White sugar yield

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزارهای SAS و MSTATC و رسم نمودارها توسط

نرم افزار EXCEL انجام شد.

فصل چهارم

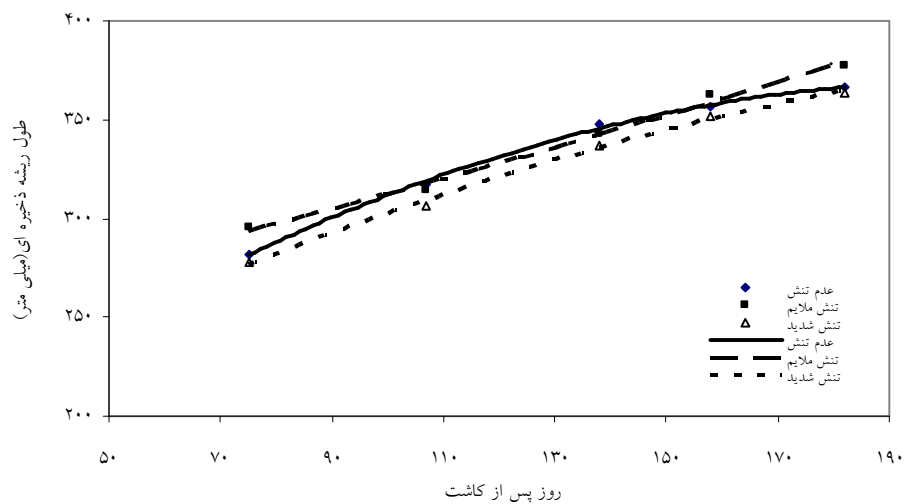
نتایج و بحث

۴-۱- صفات مرفولوژیکی چغندر قند

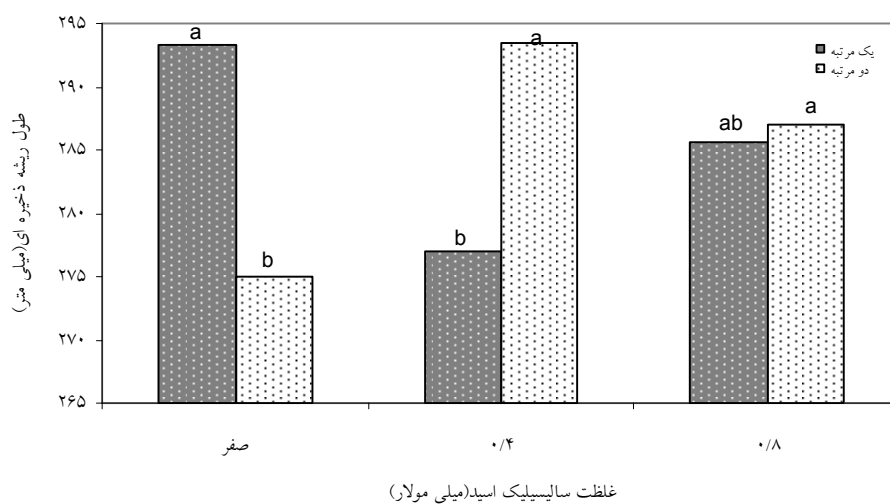
۴-۱-۱- طول ریشه ذخیره ای

تنش کم آبیاری، تأثیر معنی داری بر طول ریشه ذخیره ای در ۷۵ روز پس از کاشت داشت (جدول پیوست ۱). در این زمان، بیشترین طول ریشه ذخیره ای مربوط به تیمار تنش ملایم و کمترین طول ریشه مربوط به تیمار تنش شدید بود (جدول پیوست ۲). در شرایط تنش کم آبی، گیاه تلاش می کند تا با افزایش طول ریشه از رطوبت موجود در اعماق خاک استفاده کند. چنانچه تنش ملایم باشد گیاه با محدود کردن توسعه برگ، مواد قابل استفاده بیشتری برای ریشه می فرستد ولی در شرایط تنش شدید، به دلیل توقف یا کاهش شدید فتوسنتز، رشد ریشه کاهش می یابد (کرمی، ۱۳۷۷). بررسی روند افزایش طول ریشه ذخیره ای در طی دوره رشد تحت تأثیر تنش کم آبیاری (شکل ۴-۱) نشان داد که از ۷۵ روز پس از کاشت تا زمان برداشت نهایی محصول، طول ریشه در کلیه تیمارهای آبیاری افزایش یافت. همان طور که در شکل ۴-۱ دیده می شود طول ریشه ها در تیمار تنش شدید همواره کوتاه تر از دو تیمار دیگر بود.

بین ترکیبات تیماری تنها اثر متقابل غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در ۷۵ روز پس از کاشت بر طول ریشه ذخیره ای معنی دار شد (جدول پیوست ۱). در این زمان، بیشترین طول ریشه (۲۹۴ میلی متر) در شرایطی به دست آمد که دو بار از اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۴ میلی مولار استفاده شد که البته اختلاف قابل توجهی با یک بار محلول پاشی با آب (شاهد) نداشت. کمترین میزان (۲۷۵ میلی متر) در شرایط دو بار محلول پاشی با آب به عنوان شاهد مشاهده شد (شکل ۴-۲).



شکل ۴-۱- روند تغییرات طول ریشه ذخیره ای تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری

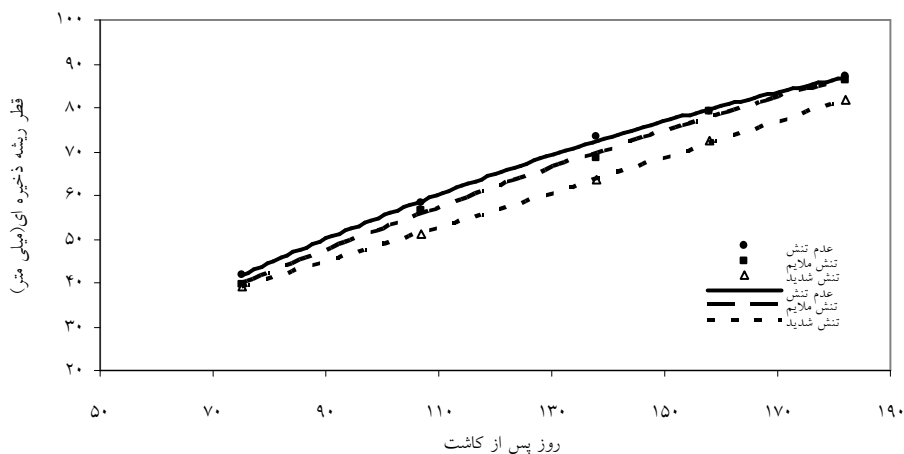


شکل ۴-۲- مقایسه میانگین طول ریشه ذخیره ای در ۷۵ روز پس از کاشت در غلظت ها و دفعات محلول پاشی با اسید سالیسیلیک

۲-۱-۴- قطر ریشه ذخیره ای

اثر تنش کم آبیاری، در ۱۰۷ روز پس از کاشت بر قطر ریشه ذخیره ای معنی دار شد (جدول پیوست ۳). در این شرایط، بیشترین میزان قطر ریشه ذخیره ای مربوط به تیمار عدم تنش و کمترین آن مربوط به تیمار تنش شدید کم آبیاری بود (جدول پیوست ۴). خورشید و همکاران (۱۳۷۹) نیز نشان دادند که تنش شدید کم آبی موجب کاهش قطر ریشه می شود. قطر ریشه ذخیره ای نیز مانند طول آن از ۷۵ روز پس از کاشت تا زمان برداشت نهایی افزایش یافت. اگر چه شیب این افزایش در کلیه تیمارهای آبیاری تقریباً یکسان بود اما در کل دوره ریشه های حاصل از تیمار تنش شدید از قطر کمتری برخوردار بودند (شکل ۳-۴).

اثر غلظت اسید سالیسیلیک و اثر دفعات محلول پاشی بر قطر ریشه ذخیره ای معنی دار نشد. میانگین های مربوط به آنها در جدول پیوست ۴ قابل مشاهده است. هیچ یک از اثرات متقابل نیز بر قطر ریشه ذخیره ای اثر معنی داری نداشتند.

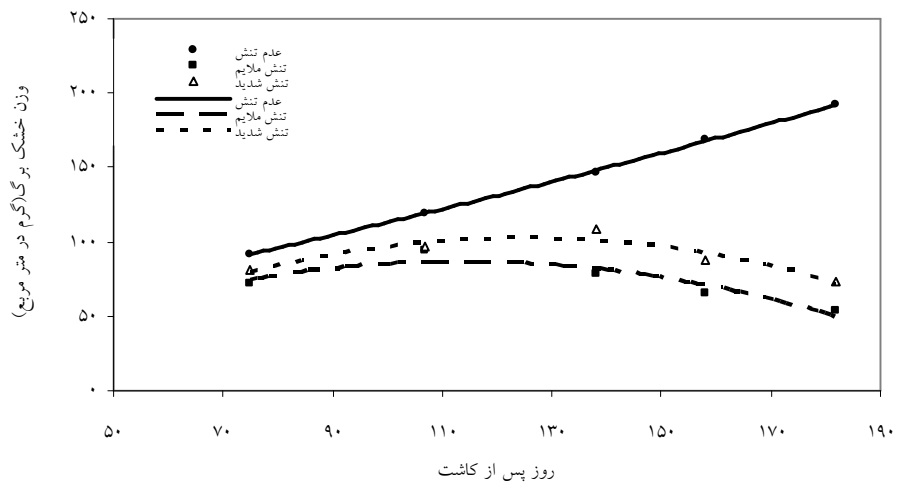


شکل ۳-۴- روند تغییرات قطر ریشه ذخیره ای تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری

۴-۱-۳- وزن خشک برگ

اثر تنش کم آبیاری در ۱۸۲ روز پس از کاشت که مصادف با زمان برداشت نهایی بود، بر وزن خشک برگ معنی دار شد (جدول پیوست ۵). در این زمان، بیشترین وزن خشک برگ مربوط به تیمار عدم تنش و کمترین آن مربوط به تیمار تنش ملایم کم آبیاری بود (جدول پیوست ۶). در شرایط تنش ملایم کم آبی، گیاه مواد غذایی بیشتری از برگ به ریشه می فرستد و در این شرایط وزن خشک برگ کاهش می یابد. در این شرایط، رابطه ای منفی بین وزن خشک اندام هوایی و ریشه وجود دارد (خورشید و همکاران، ۱۳۷۹). در شکل ۴-۴ نیز مشاهده می شود که در شرایط عدم تنش، وزن خشک برگ تا زمان برداشت نهایی افزایش یافت. در حالی که در هر دو شرایط تنش ملایم و تنش شدید وزن خشک برگ رو به کاهش نهاد. با این تفاوت که در شرایط تنش شدید روند نزولی تقریباً از ۱۳۵ روز پس از کاشت شروع شد ولی در تنش ملایم از حدود نمونه برداری دوم یعنی ۱۱۰ روز پس از کاشت این حالت مشاهده گردید.

اثر غلظت اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در هیچ زمانی بر وزن خشک برگ معنی دار نشد. با این وجود همان طور که در جدول پیوست ۶ مشاهده می شود گیاهانی که غلظت ۰/۴ میلی مولار از اسید سالیسیلیک را دریافت کرده بودند از ۱۰۷ روز پس از کاشت به بعد از ماده خشک بیشتری در برگ های خود برخوردار بودند. هیچ یک از اثرات متقابل نیز بر وزن خشک برگ اثر معنی داری نداشتند.

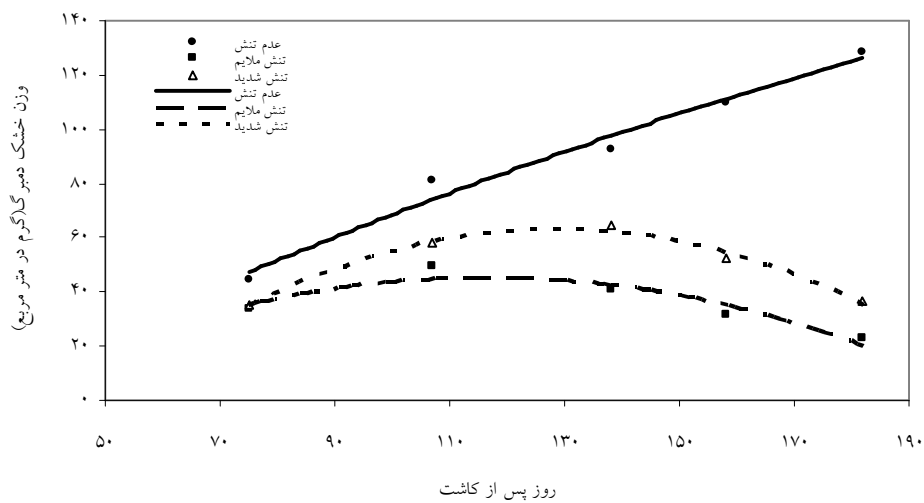


شکل ۴-۴ - روند تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری

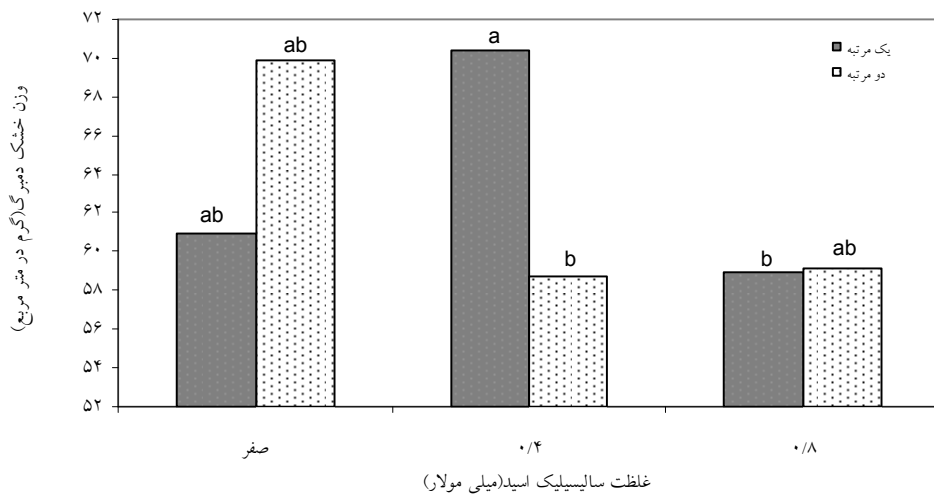
۴-۱-۴- وزن خشک دمبرگ

اثر تنش کم آبیاری در ۷۵، ۱۳۸، ۱۵۸ و ۱۸۲ روز پس از کاشت بر وزن خشک دمبرگ معنی دار شد (جدول پیوست ۷). در تمام این زمان ها، بیشترین وزن خشک دمبرگ در شرایط عدم تنش و کمترین آن در شرایط تنش ملایم کم آبیاری حاصل شد. به عنوان مثال در زمان برداشت (۱۸۲ روز پس از کاشت) وزن خشک دمبرگ در شرایط تنش ملایم و تنش شدید معادل $۸۲/۳$ و $۷۱/۶$ درصد نسبت به عدم تنش کاهش یافت (جدول پیوست ۸). همان طور که قبلاً نیز به آن اشاره شد در شرایط تنش ملایم کم آبی، وزن خشک اندام هوایی بیش از شرایط تنش شدید کاهش می یابد که دلیل آن ارسال بیشتر مواد غذایی به ریشه در این شرایط است (خورشید و همکاران، ۱۳۷۹). بررسی وزن خشک دمبرگ در طی دوره رشد تحت تأثیر تنش کم آبیاری (شکل ۴-۵)، نتایجی مشابه با روند تغییرات وزن خشک برگ نشان داد. وزن خشک دمبرگ نیز در شرایط عدم تنش تا زمان برداشت نهایی افزایش یافت در حالی که در شرایط تنش شدید از اواخر دوره رشد و در شرایط تنش ملایم از اواسط دوره رشد شروع به کاهش نمود.

اثر متقابل غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در ۱۰۷ روز پس از کاشت بر وزن خشک دمبرگ معنی دار شد (جدول پیوست ۷). در این زمان، بیشترین وزن خشک دمبرگ در شرایطی به دست آمد که یک بار از اسید سالیسیلیک به میزان $۰/۴$ میلی مولار استفاده شد. تکرار محلول پاشی در همین غلظت و نیز دو برابر شدن غلظت اسید سالیسیلیک تأثیر منفی قابل ملاحظه ای بر وزن خشک دمبرگ داشت (شکل ۴-۶).



شکل ۴-۵- روند تغییرات وزن خشک دمیبرگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری

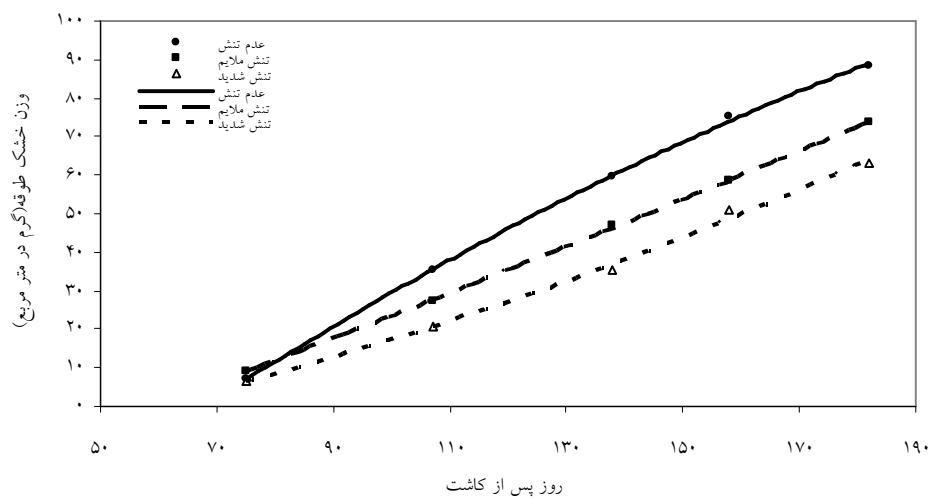


شکل ۴-۶- مقایسه میانگین وزن خشک دمیبرگ در ۱۰۷ روز پس از کاشت در غلظت ها و دفعات محلول پاشی با اسید سالیسیلیک

۴-۱-۵- وزن خشک طوقه

وزن خشک طوقه در ۷۵، ۱۵۸ و ۱۸۲ روز پس از کاشت به طور معنی داری در سطح آماری ۵ درصد تحت تأثیر تنش کم آبیاری قرار گرفت (جدول پیوست ۹). در نمونه برداری ۷۵ روز پس از کاشت بیشترین وزن خشک طوقه متعلق به تیمار تنش ملایم بود که با توجه به اینکه تیمارهای تنش به تازگی اعمال شده بودند، زیاد مورد تأکید نمی باشد. از این زمان به بعد کاهش دسترسی به آب و افزایش شدت تنش منجر به کاهش وزن خشک طوقه گردید که در دو نمونه برداری آخر معنی دار بود. به این ترتیب که تنش شدید کمترین وزن خشک طوقه را دارا بود. ادیبی فر و همکاران (۱۳۸۵) نیز نشان دادند که کاهش وزن خشک طوقه، به ویژه در انتهای فصل رشد در شرایط تنش شدید بیشتر است.

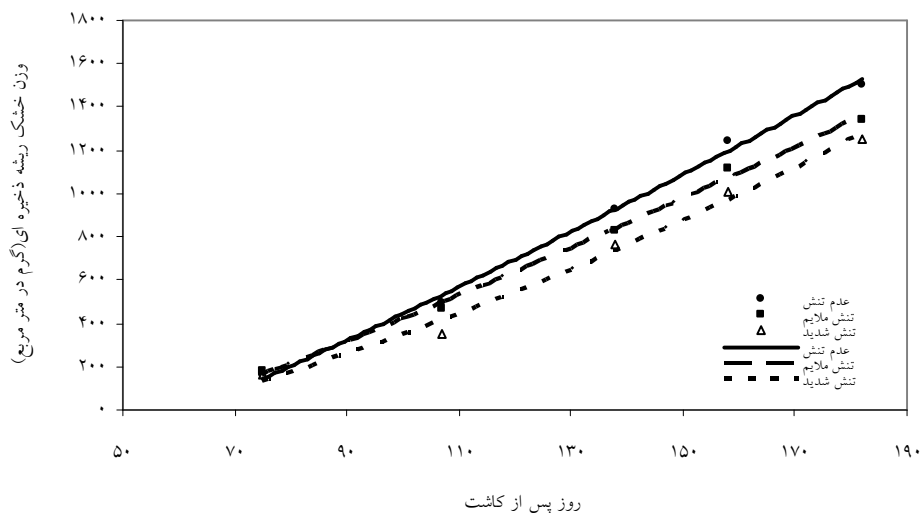
وزن خشک طوقه در تمام تیمارها تا زمان برداشت نهایی محصول روند افزایشی داشت که در شکل ۴-۷ و جدول پیوست ۱۰ مشاهده می گردد. البته شیب این افزایش در شرایط عدم تنش بیشتر از دو تیمار دیگر بود. اثر غلظت اسید سالیسیلیک، دفعات محلول پاشی و اثرات متقابل بر وزن خشک طوقه معنی دار نشد.



شکل ۴-۷- روند تغییرات وزن خشک طوقه تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری

۴-۱-۶- وزن خشک ریشه ذخیره ای

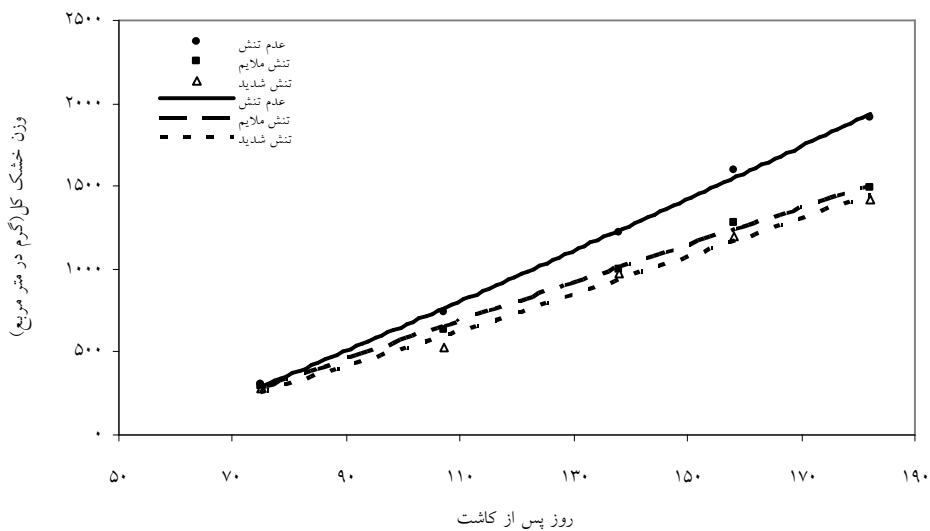
هیچ یک از اثرات اصلی و متقابل در این آزمایش بر وزن خشک ریشه ذخیره ای معنی دار نشد (جدول پیوست ۱۱). همان طور که در شکل ۴-۸ دیده می شود در تمام تیمارهای تنش کم آبیاری، در مراحل اولیه رشد چغندر قند سرعت تجمع ماده خشک در ریشه پایین بود و سپس با شروع مرحله حجیم شدن ریشه ها تجمع ماده خشک با سرعت بیشتری افزایش یافت و مجدداً در اواخر دوره رشد سرعت افزایش وزن خشک ریشه کاهش یافت. در مجموع روند افزایش و تجمع ماده خشک ریشه در شرایط عدم تنش نسبت به شرایط تنش از شیب بیشتری برخوردار بود. میانگین اثرات اصلی در جدول پیوست ۱۲ قابل مشاهده است.



شکل ۴-۸- روند تغییرات وزن خشک ریشه ذخیره ای تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری

۷-۱-۴- وزن خشک کل

منظور از وزن خشک کل در چغندر قند، کل ماده خشک تولید شده در اثر فرآیند فتوسنتز است که در اندام های مختلف گیاه از جمله برگ، طوقه و ریشه انباشته می شود. هیچ یک از اثرات اصلی و متقابل روی این صفت معنی دار نشد (جدول پیوست ۱۳). بررسی تغییرات وزن خشک کل طی دوره رشد (شکل ۹-۴) نشان داد که در شرایط مختلف تنش، در مراحل اولیه رشد که گیاه هنوز کوچک است، افزایش وزن خشک ناچیز بود ولی همزمان با بزرگ شدن گیاه، ازدیاد وزن خشک آن به مرور تا زمان برداشت نهایی افزایش یافت. سرعت افزایش وزن خشک کل در تمام تیمارهای تنش در فاصله ۱۳۰ تا ۱۶۰ روز پس از کاشت از زمان های دیگر بیشتر بود. میانگین های مربوط به اثرات اصلی در جدول پیوست ۱۴ قابل مشاهده است.



شکل ۹-۴- روند تغییرات وزن خشک کل تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری

۴-۲- صفات فیزیولوژیکی چغندر قند

۴-۲-۱- کلروفیل

اثر تنش کم آبیاری در تمام اندازه گیری ها، به جز ۹۹ و ۱۰۶ روز پس از کاشت، بر مقدار کلروفیل معنی دار بود (جدول پیوست ۱۵) و در تمام این زمان ها، بیشترین کلروفیل در شرایط عدم تنش و کمترین کلروفیل نیز به جز ۱۱۳ روز پس از کاشت در شرایط تنش شدید کم آبیاری حاصل شد. تفاوت کلروفیل برگ بین این دو شرایط از ۱/۶۷ واحد (۱۰۶ روز پس از کاشت) تا ۷/۲۶ واحد (۷۸ روز پس از کاشت) متغیر بود ولی در مجموع بیشترین تفاوت ها در چهار هفته اول اندازه گیری کلروفیل مشاهده گردید (جدول ۴-۱) که بیان گر عکس العمل سریع و شدید گیاه نسبت به شرایط تنش و تولید تنظیم کننده های اسمزی است. در شرایط تنش پیش ماده سنتز کلروفیل (اسید گلوتامیک) به سمت تولید پرولین تمایل پیدا می کند و این امر موجب کاهش محتوای کلروفیل برگ می گردد (برادران فیروزآبادی، ۱۳۸۷). بلوچ و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیق خود نشان دادند که تنش خشکی موجب کاهش کلروفیل در چغندر قند می شود. کاهش کلروفیل بر اثر تنش خشکی در مریم گلی نیز گزارش شده است (الیزابتا برائو و مانیوش، ۲۰۰۸).

روند تغییرات کلروفیل در شرایط مختلف آبیاری طی ۱۶ هفته در شکل ۴-۱۰ نشان داده شده است. تا حدی مشاهده می گردد که تغییرات کلروفیل در طی فصل رشد در گیاهانی که تحت تنش قرار نداشتند کمتر از گیاهان تحت تنش بود. اثر غلظت و اثر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک و هیچ کدام از اثرات متقابل بر مقدار کلروفیل برگ معنی دار نشد.

جدول ۴-۱- مقایسه میانگین کلروفیل برگ (واحد اسپد) تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

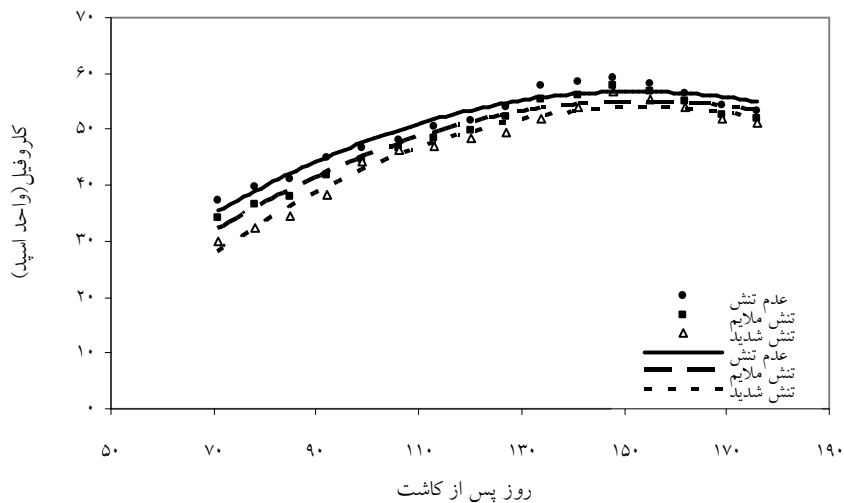
تیمار	۷۱	۷۸	۸۵	۹۲	۹۹ روز پس از کاشت
تنش کم آبیاری	۳۷/۳۰۶ a	۳۹/۵۷۲ a	۴۰/۰۷۲ a	۴۴/۹۷۸ a	۴۶/۶۰۶
عدم تنش	۳۳/۰۶۷ b	۳۵/۴۰۰ b	۳۶/۷۱۷ b	۳۹/۷۰۶ b	۴۳/۲۳۹
تنش ملایم	۳۰/۰۹۴ c	۳۲/۳۱۷ c	۳۴/۳۱۷ b	۳۸/۳۵۰ b	۴۴/۳۳۳
تنش شدید	۱/۹۵۷	۲/۲۴۷	۲/۴۹۳	۲/۷۳۲	۲/۵۶۸
LSD ۵٪					
غلظت محلول پاشی	۳۳/۹۶۱	۳۶/۲۲۸	۳۷/۹۶۷	۴۱/۷۶۱	۴۵/۳۱۷
صفر میلی مولار	۳۲/۷۳۹	۳۵/۰۷۲	۳۶/۶۲۲	۴۰/۳۳۳	۴۳/۹۳۹
۰/۴ میلی مولار	۳۳/۷۶۷	۳۵/۹۸۹	۳۷/۵۱۷	۴۰/۹۳۰	۴۴/۹۲۲
۰/۸ میلی مولار	۱/۴۳۳	۱/۴۸۹	۱/۴۹۱	۱/۴۴۶	۱/۳۸۹
LSD ۵٪					
دفعات محلول پاشی	۳۳/۹۸۹	۳۶/۲۷۸	۳۷/۸۳۳	۴۱/۴۶۳	۴۴/۸۸۲
یک مرتبه	۳۲/۹۸۹	۳۵/۲۴۸	۳۶/۹۰۴	۴۰/۵۵۹	۴۴/۵۷۰
دو مرتبه	۱/۱۷۰	۱/۲۱۵	۱/۲۱۷	۱/۱۸۰	۱/۱۳۳
LSD ۵٪					

ادامه جدول ۴-۱- مقایسه میانگین کلروفیل برگ (واحد اسپد) تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

تیمار	۱۰۶	۱۱۳	۱۲۰	۱۲۷	۱۳۴ روز پس از کاشت
تنش کم آبیاری	۴۸/۰۲۲	۵۰/۶۲۸ a	۵۱/۶۵۰ a	۵۴/۱۲۲ a	۵۷/۸۶۱ a
عدم تنش	۴۵/۲۰۰	۴۶/۳۶۱ b	۴۹/۰۰۶ b	۵۱/۲۸۹ b	۵۴/۱۹۴ b
تنش ملایم	۴۶/۳۵۶	۴۷/۱۰۶ b	۴۸/۵۵۶ b	۴۹/۵۸۳ c	۵۲/۰۲۲ b
تنش شدید	۲/۴۶۹	۲/۰۶۵	۱/۷۵۵	۱/۳۰۵	۲/۱۸۴
LSD ۵٪					
غلظت محلول پاشی	۴۶/۹۳۳	۴۸/۲۷۸	۴۹/۶۱۷	۵۱/۲۱۷	۵۴/۵۰۶
صفر میلی مولار	۴۵/۷۳۹	۴۷/۴۸۹	۴۹/۴۳۹	۵۱/۷۲۲	۵۴/۶۷۸
۰/۴ میلی مولار	۴۶/۹۰۶	۴۸/۳۲۸	۵۰/۱۵۶	۵۲/۰۵۶	۵۴/۸۹۴
۰/۸ میلی مولار	۱/۳۲۵	۱/۲۸۵	۱/۰۱۸	۰/۸۹۰	۰/۸۸۷
LSD ۵٪					
دفعات محلول پاشی	۴۶/۶۷۴	۴۸/۱۸۹	۵۰/۰۰۰	۵۱/۸۸۵	۵۴/۷۴۱
یک مرتبه	۴۶/۳۷۸	۴۷/۸۷۴	۴۹/۴۷۴	۵۱/۴۴۴	۵۴/۶۴۴
دو مرتبه	۱/۰۸۲	۱/۰۴۹	۰/۸۳۱	۰/۷۲۶	۰/۷۲۴
LSD ۵٪					

ادامه جدول ۴-۱- مقایسه میانگین کلروفیل برگ (واحد اسپید) تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

تیما	۱۴۱	۱۴۸	۱۵۵	۱۶۲	۱۶۹	۱۷۶ روز پس از کاشت
تنش کم آبیاری						
عدم تنش	۵۸/۴۷۲ a	۵۹/۱۳۳ a	۵۸/۰۹۴ a	۵۶/۲۸۹ a	۵۴/۴۲۸ a	۵۳/۴۲۸ a
تنش ملایم	۵۴/۹۵۶ b	۵۷/۰۰۶ b	۵۵/۷۸۹ b	۵۴/۰۳۹ b	۵۲/۰۵۶ b	۵۱/۳۰۰ b
تنش شدید	۵۳/۸۵۰ b	۵۶/۸۱۱ b	۵۵/۴۱۱ b	۵۳/۸۱۱ b	۵۲/۰۳۳ b	۵۱/۰۸۳ b
LSD %	۲/۲۷۰	۱/۴۸۵	۱/۷۷۵	۱/۸۴۶	۱/۲۸۵	۱/۵۵۲
غلظت محلول پاشی						
صفر میلی مولار	۵۵/۵۲۸	۵۷/۵۷۸	۵۶/۰۷۸	۵۴/۳۴۴	۵۲/۶۲۸	۵۱/۵۸۳
۰/۴ میلی مولار	۵۵/۴۹۴	۵۷/۳۴۴	۵۶/۲۳۹	۵۴/۵۷۲	۵۲/۷۲۲	۵۱/۸۷۲
۰/۸ میلی مولار	۵۶/۲۵۶	۵۸/۰۲۸	۵۶/۹۷۸	۵۵/۲۲۲	۵۳/۱۶۷	۵۲/۳۵۶
LSD %	۰/۹۴۵	۰/۸۴۳	۱/۰۴۶	۱/۰۷۴	۰/۹۰۷	۰/۸۷۳
دفعات محلول پاشی						
یک مرتبه	۵۵/۷۵۲	۵۷/۶۳۷	۵۶/۵۵۲	۵۴/۷۷۸	۵۳/۰۶۳	۵۲/۱۶۳
دو مرتبه	۵۵/۷۶۷	۵۷/۶۶۳	۵۶/۳۱۱	۵۴/۶۴۸	۵۲/۶۱۵	۵۱/۷۱۱
LSD %	۰/۷۷۴	۰/۶۸۸	۰/۸۵۴	۰/۸۷۷	۰/۷۴۱	۰/۷۱۳



شکل ۴-۱- روند تغییرات کلروفیل تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری

۴-۲-۲- ظهور و اضمحلال برگ

سرعت ظهور برگ در طول دوره رشد با افزایش شدت تنش کاهش یافت (شکل ۴-۱۱). در ۷۷ روز پس از کاشت (اولین اندازه‌گیری) متوسط سرعت ظهور برگ برای تیمارهای عدم تنش، تنش ملایم و تنش شدید به ترتیب ۰/۵۷، ۰/۵۱ و ۰/۴۲ برگ در هر روز بود که تا ۹۸ روز پس از کاشت در تمام تیمارهای آبیاری کاهش یافت و به ترتیب به ۰/۳۵، ۰/۳۳ و ۰/۳۰ برگ در هر روز رسید. طی این مدت متوسط سرعت ظهور برگ به ترتیب ۰/۴۵، ۰/۴۲ و ۰/۳۷ برگ در هر روز بود. از ۹۸ تا ۱۱۲ روز پس از کاشت (اواسط دوره رشد) سرعت ظهور برگ در تمام تیمارهای آبیاری افزایش یافت و به ترتیب به ۰/۴۸، ۰/۴۶ و ۰/۴۲ برگ در هر روز رسید. در طی این مدت متوسط سرعت ظهور برگ ۰/۴۶، ۰/۴۲ و ۰/۳۸ برگ در هر روز به ترتیب در تیمار عدم تنش، تنش ملایم و تنش شدید بود. به مرور از این زمان تا انتهای دوره رشد (با شروع پاییز و سرما) سرعت ظهور برگ تقریباً در تمام اندازه‌گیری‌ها کاهش یافت و در نهایت به ۰/۰۴، ۰/۰۴ و ۰/۰۲ برگ در هر روز در اواخر دوره رشد در ۱۷۵ روز پس از کاشت (آخرین اندازه‌گیری) رسید.

ملاحظه می‌شود که با نزدیک شدن به انتهای فصل رشد، تأثیر سطوح تنش بر سرعت ظهور برگ کاهش یافت. از شروع اندازه‌گیری (۷۷ روز پس از کاشت) تا پایان اندازه‌گیری و انتهای فصل رشد (۱۷۵ روز پس از کاشت) متوسط سرعت ظهور برگ ۰/۲۹، ۰/۲۶ و ۰/۲۲ برگ در هر روز به ترتیب برای تیمارهای عدم تنش، تنش ملایم و تنش شدید بود. یعنی سرعت ظهور برگ در شرایط تنش به میزان کمی کاهش یافته است. این موضوع مطابق نتایج براون و همکاران (۱۹۸۷)، میلفورد و همکاران (۱۹۸۵) و شاه و لومیس (۱۹۶۵) است. آنها اظهار داشتند که در شرایط تنش خشکی، سرعت ظهور برگ فقط به مقدار کمی کاهش می‌یابد. در حالی که عمر مفید تولید آنها قبل از پیری، به طور قابل توجهی کوتاه می‌شود. سرعت ظهور برگ در تابستان ۳/۱۶، ۲/۸ و ۲/۴۳ برگ در هر هفته به ترتیب برای تیمارهای عدم

تنش، تنش ملایم و تنش شدید به دست آمد (براون و همکاران، ۱۹۸۷). میلفورد و همکاران (۱۹۸۵) اظهار داشتند که هر هفته دو تا سه برگ در طول ماه های تابستان در چغندر قند ظاهر می گردند. کلارک و لومیس (۱۹۷۸) نیز اظهار داشتند که بعد از مرحله ۸ تا ۱۰ برگی تقریباً ۵ برگ در هر هفته در چغندر قند ظاهر می شود.

روند تغییرات سرعت ظهور برگ تحت تأثیر غلظت های گوناگون اسید سالیسیلیک در شکل ۴-۱۲ مشاهده می شود. سرعت متوسط ظهور برگ در اولین اندازه گیری که در ۷۷ روز پس از کاشت انجام شد ۰/۴۹، ۰/۵ و ۰/۵ برگ در هر روز به ترتیب برای تیمارهای صفر، ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک بود. این سرعت در انتهای فصل رشد و ۱۷۵ روز پس از کاشت (آخرین اندازه گیری) به ۰/۰۴، ۰/۰۴ و ۰/۰۲ برگ در هر روز رسید. متوسط سرعت ظهور برگ در طی دوره رشد برای این تیمارها به ترتیب ۰/۲۶، ۰/۲۴ و ۰/۲۸ برگ در هر روز بود. یعنی بیشترین میزان در شرایط استفاده از اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۸ میلی مولار مشاهده شد.

اگر چه سرعت ظهور برگ در شرایط یک و دو بار محلول پاشی در آغاز اندازه گیری ها (۷۷ روز پس از کاشت) به ترتیب ۰/۵۲ و ۰/۴۷ برگ در هر روز و در انتها در هر دو شرایط برابر و ۰/۰۳ برگ در هر روز بود، متوسط آن در طول دوره رشد و در هر دو شرایط یک و دو بار محلول پاشی، یکسان و برابر ۰/۲۶ برگ در هر روز به دست آمد (شکل ۴-۱۳). این نتایج نشان می دهند که دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک تأثیری بر سرعت ظهور برگ ندارد. مجد و همکاران (۱۳۸۵) در آزمایش خود اظهار داشتند که اسید سالیسیلیک اثر معنی داری بر اجزای رویشی نخود ندارد.

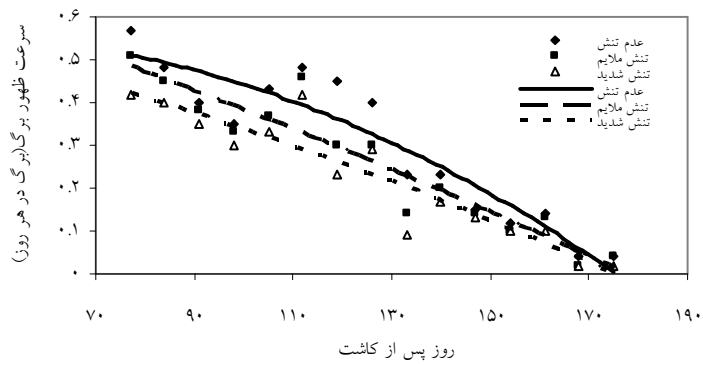
بررسی روند تغییرات سرعت اضمحلال برگ بین تیمارهای آبیاری در طول دوره رشد (شکل ۴-۱۴) نشان داد که در کل فصل اضمحلال برگ در شرایط تنش ملایم شدیدتر بود. در اولین اندازه گیری (۷۷ روز پس از کاشت) سرعت متوسط اضمحلال برگ معادل ۰/۱۱، ۰/۱۱۸ و ۰/۲۵ برگ در هر روز به

ترتیب در شرایط عدم تنش، تنش ملایم و تنش شدید بود. در طول دوره رشد متوسط سرعت اضمحلال برگ برای این تیمارها به ترتیب ۰/۱۹، ۰/۲۴ و ۰/۲۱ برگ در هر روز و در انتهای دوره رشد (۱۷۵ روز پس از کاشت) به ترتیب ۰/۰۷، ۰/۱۳ و ۰/۱۱ برگ در هر روز بود. همان طور که در شکل ۴-۱۴ مشاهده می‌شود سرعت اضمحلال برگ در اوایل دوره رشد به مرور زیاد شده و در اواسط دوره رشد به شدت کاهش می‌یابد. در اواخر دوره رشد نیز با توجه به کاهش سرعت رشد گیاه و کاهش سرعت ظهور و تعداد برگ، سرعت اضمحلال برگ نیز کاهش یافت. سرعت اضمحلال برگ از اواسط تابستان تا اوایل مهر ۱/۵۶، ۱/۹ و ۱/۵۷ برگ در هر هفته به ترتیب برای تیمارهای عدم تنش، تنش ملایم و تنش شدید کم آبیاری بود. لی و اسپچیمل (۱۹۸۸) سرعت اضمحلال برگ را از اواسط اردیبهشت تا اوایل مهر، معادل ۰/۱۱ تا ۱/۲۶ برگ در هر گیاه در هر هفته به دست آوردند.

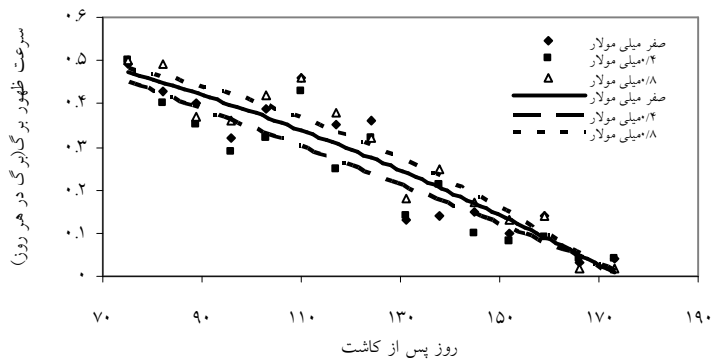
نتایج حاکی از کاهش اضمحلال برگ در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک بود. به طوری که سرعت متوسط اضمحلال برگ در اوایل رشد و اولین اندازه گیری (۷۷ روز پس از کاشت) معادل ۰/۲۱، ۰/۱۷ و ۰/۱۷ برگ در هر روز به ترتیب برای غلظت های صفر، ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک به دست آمد. متوسط آن در طول دوره رشد به ترتیب ۰/۲۳، ۰/۲ و ۰/۲ برگ در هر روز برای این تیمارها بود. یعنی استفاده از اسید سالیسیلیک سرعت اضمحلال برگ را به میزان ۰/۰۳ برگ در هر روز کاهش داد. در اواخر دوره رشد سرعت اضمحلال برگ در همه تیمارها کاهش یافت به طوری که در آخرین اندازه گیری (۱۷۷ روز پس از کاشت) سرعت اضمحلال برگ در هر سه غلظت تقریباً برابر و به ترتیب ۰/۱، ۰/۱۱ و ۰/۱ برگ در هر روز برای غلظت های صفر، ۰/۴ و ۰/۸ میلی مولار بود. بنابراین با نزدیک شدن به انتهای فصل رشد از تأثیر اسید سالیسیلیک بر سرعت اضمحلال برگ کاسته شد (شکل ۴-۱۵). به طور کلی منحنی های برازش داده شده از بین نقاط در شکل ۴-۱۵ بیان گر تأثیر مثبت غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک در کاهش اضمحلال برگ در کل فصل رشد می باشد. الیزابتارائو و مانیوش (۲۰۰۸)

در تحقیق خود اظهار داشتند که کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک موجب کاهش اضمحلال برگ در اثر تنش خشکی در مریم گلی می شود.

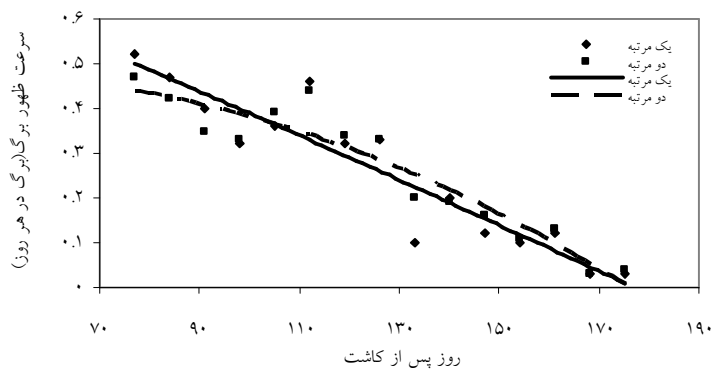
متوسط سرعت اضمحلال برگ در طول دوره رشد برای تیمارهای یک و دو مرتبه محلول پاشی به ترتیب ۰/۲۲ و ۰/۲ برگ در هر روز به دست آمد (شکل ۴-۱۶). در مجموع همان طور که در شکل ۴-۱۶ دیده می شود، از بین رفتن برگ در گیاهانی که دو بار اسید سالیسیلیک دریافت کرده بودند تقریباً در دوسوم ابتدای فصل کمتر از گیاهانی بود که تنها یک بار محلول پاشی شدند.



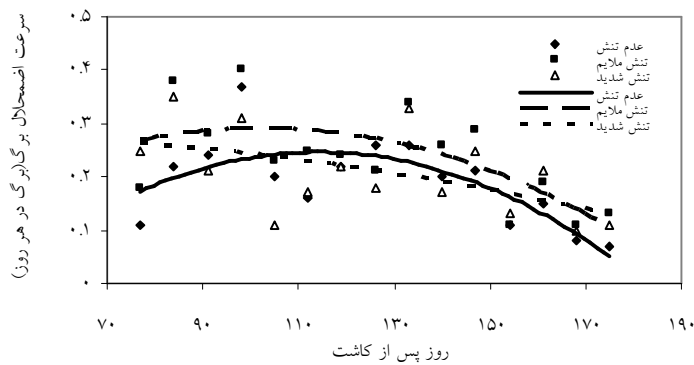
شکل ۴-۱۱- روند تغییرات سرعت ظهور برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری



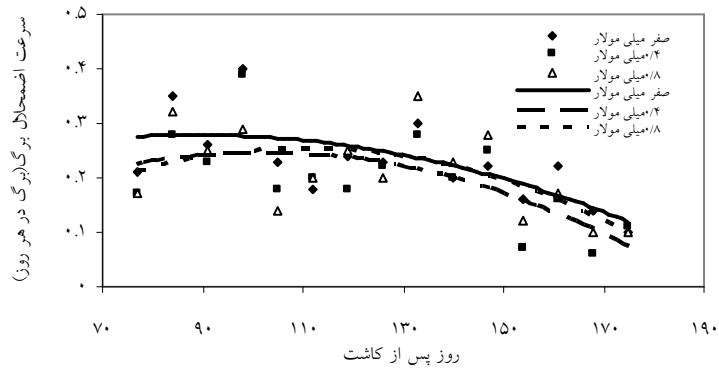
شکل ۴-۱۲- روند تغییرات سرعت ظهور برگ تحت تأثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک



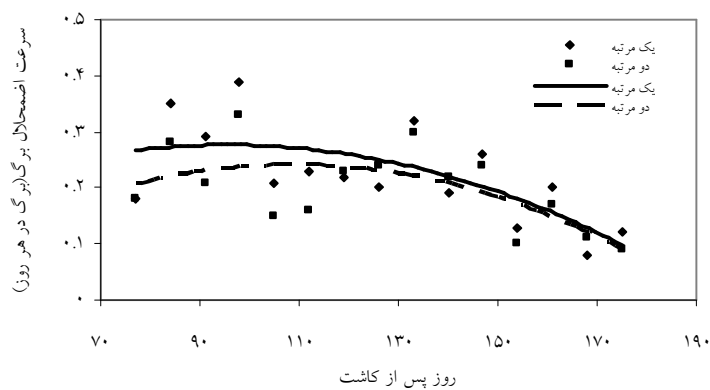
شکل ۴-۱۳- روند تغییرات سرعت ظهور برگ تحت تأثیر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک



شکل ۴-۱۴- روند تغییرات سرعت اضمحلال برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری



شکل ۴-۱۵- روند تغییرات سرعت اضمحلال برگ تحت تأثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک



شکل ۴-۱۶- روند تغییرات سرعت اضمحلال برگ تحت تأثیر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک

۴-۳- مقدار آب نسبی برگ و دمبرگ

مقدار آب نسبی برگ و دمبرگ در دو حالت قبل و بعد از آبیاری اندازه گیری شد. اثر تنش کم آبیاری در هر دو زمان قبل و بعد از آبیاری بر مقدار آب نسبی برگ و دمبرگ معنی دار شد (جدول پیوست ۱۶). بیشترین میزان آب نسبی برگ در هر دو زمان مربوط به تیمار عدم تنش و کمترین مقدار نیز مربوط به تیمار تنش شدید کم آبی بود. به طوری که این صفت در برگ گیاهانی که هر ۱۶ روز یک بار آب دریافت کردند (تنش شدید) در قبل و بعد از آبیاری به ترتیب $19/3$ و $16/5$ درصد کمتر از گیاهانی بود که هر ۸ روز یک بار آبیاری شدند (جدول ۴-۲). در مورد دمبرگ نیز نتایج تقریباً مشابهی به دست آمد و در دو اندازه گیری قبل و بعد از آبیاری اختلاف بین شرایط عدم تنش و تنش شدید به ترتیب $19/4$ و $18/9$ درصد بود. اختلاف بین شرایط تنش ملایم و تنش شدید از لحاظ آماری معنی دار نبود (جدول ۴-۲). چنانچه مقدار آب نسبی بین ۷۰ تا ۱۰۰ درصد باشد، تنش وارده به گیاه جزئی بوده و به دلیل بسته شدن روزنه ها کاهش موقتی در فتوسنتز رخ می دهد که به سرعت قابل برگشت است ولی اگر مقدار آب نسبی بین ۳۵ تا ۷۰ درصد باشد تنش وارده به حدی است که ظرفیت فتوسنتزی برگ به ویژه در شدت های بالای نور کاهش قابل توجهی پیدا می کند و این وضعیت فقط با آب گیری مجدد و به کندی بهبود می یابد. در مقادیر پایین تر از ۳۵ درصد صدمه وارده به دستگاه فتوسنتزی غیرقابل برگشت است (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۱). بلوچ و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیق خود نشان دادند که تنش خشکی موجب کاهش مقدار آب نسبی برگ در چغندر قند می شود. کاهش مقدار آب نسبی برگ بر اثر تنش خشکی در سیب زمینی (خورشیدی بنام و همکاران، ۱۳۸۱) و مریم گلی (الیزابتارائو و مانیبوش، ۲۰۰۸) نیز گزارش شده است.

اثر غلظت اسید سالیسیلیک بر مقدار آب نسبی برگ در هر دو زمان قبل و بعد از آبیاری در سطح آماری ۵ درصد معنی دار شد (جدول پیوست ۱۶). محلول پاشی کمترین سطح اسید سالیسیلیک در

مقایسه با شاهد منجر به افزایش ۲/۸ و ۳/۷ درصدی در مقدار این صفت به ترتیب در اندازه گیری های قبل و بعد از آبیاری گردید که در اندازه گیری بعد از آبیاری از لحاظ آماری معنی دار نیز بود. ولی دو برابر شدن غلظت محلول پاشی اسید سالیسیلیک اثر منفی قابل توجهی داشت به طوری که مقدار آب نسبی برگ حتی از شرایط شاهد نیز کمتر شد و مقدار آن نسبت به شاهد به میزان ۱/۸ و ۰/۴۲ درصد به ترتیب در دو زمان قبل و بعد از آبیاری کاهش یافت. اگر چه کاهش مشاهده شده در غلظت ۰/۸ میلی مولار نسبت به شاهد معنی دار نبود ولی نسبت به غلظت ۰/۴ میلی مولار در سطح آماری متفاوتی قرار داشت (جدول ۴-۲). در تحقیق هایات و همکاران (۲۰۰۸) کاربرد اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم آبی مقدار آب نسبی برگ در گوجه فرنگی را افزایش داد. اثر دفعات محلول پاشی بر مقدار آب نسبی برگ معنی دار نشد (جدول پیوست ۱۶) ولی همان طور که در جدول ۴-۲ ملاحظه می گردد، تکرار محلول پاشی مقدار این صفت را کاهش داده است. اثر غلظت اسید سالیسیلیک، دفعات محلول پاشی و نیز هیچ کدام از اثرات متقابل، بر مقدار آب نسبی دمبرگ معنی دار نشد (جدول پیوست ۱۶).

جدول ۴-۲- مقایسه میاگین مقدار آب نسبی برگ و دمبرگ (درصد) تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در دو زمان قبل از آبیاری (۱۲۶ روز پس از کاشت) و بعد از آبیاری (۱۲۷ روز پس از کاشت)

تیمار	برگ- قبل از آبیاری	برگ- بعد از آبیاری	دمبرگ- قبل از آبیاری	دمبرگ- بعد از آبیاری
تنش کم آبیاری				
عدم تنش	۷۲/۹۸۸ a	۸۴/۱۳۰ a	۷۳/۴۵۴ a	۸۶/۷۸۸ a
تنش ملایم	۵۷/۳۴۷ b	۶۸/۵۹۶ b	۵۸/۹۵۳ b	۷۰/۲۴۷ b
تنش شدید	۵۳/۶۸۱ b	۶۷/۵۸۶ b	۵۴/۰۲۹ b	۶۷/۹۲۳ b
LSD ۵٪	۹/۶۰۵	۱۲/۱۴۰	۱۳/۸۰۳	۱۰/۲۰۹
غلظت محلول پاشی				
صفر میلی مولار	۶۱/۰۰۴ ab	۷۳/۰۲۸ b	۶۱/۸۷۹	۷۴/۶۴۲
۰/۴ میلی مولار	۶۳/۸۲۷ a	۷۶/۷۳۲ a	۶۴/۲۹۲	۷۶/۷۲۵
۰/۸ میلی مولار	۵۹/۱۸۵ b	۷۲/۶۰۸ b	۶۰/۲۶۵	۷۳/۵۹۲
LSD ۵٪	۳/۱۸۶	۳/۳۷۱	۳/۴۶۸	۳/۳۵۶
دفعات محلول پاشی				
یک مرتبه	۶۲/۴۴۹	۷۴/۹۸۵	۶۳/۱۴۰	۷۵/۸۸۳
دو مرتبه	۶۰/۲۲۹	۷۳/۲۶۱	۶۱/۱۵۱	۷۴/۰۹۰
LSD ۵٪	۲/۶۰۲	۲/۷۵۳	۲/۸۳۱	۲/۷۴۰

۴-۴- صفات کیفی ریشه ذخیره ای

۴-۴-۱- عیار قند

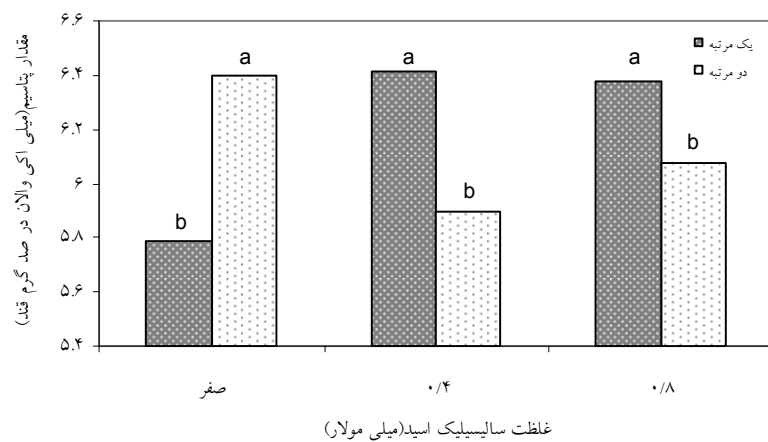
اثر تنش کم آبیاری بر عیار قند بسیار معنی دار شد (جدول پیوست ۱۷). بیشترین عیار قند در شرایط تنش ملایم با میانگین ۱۹/۹ درصد حاصل شد که از لحاظ آماری نسبت به دو شرایط دیگر برتر بود. بین شرایط عدم تنش و تنش شدید تفاوت آماری مشاهده نگردید (جدول ۴-۳). کردا (۲۰۰۲) اظهار داشت که تنش کم آبیاری موجب افزایش ساکارز در ریشه چغندر قند در طول فصل رشد می شود. جهادا کبر و همکاران (۱۳۸۲) نیز در تحقیقی نشان دادند که تنش کم آبیاری درصد قند ریشه چغندر قند را افزایش می دهد. آنها اعلام نمودند که با مصرف بیشتر آب، سدیم ریشه افزایش یافته و عیار قند در چغندر قند کاهش می یابد. نتایج این تحقیق مبنی بر تأثیر کم آبیاری در افزایش درصد قند، یافته های تحقیقاتی توکلی (۱۳۷۵)، اکبری (۱۳۷۷)، محمدیان و همکاران (۱۳۸۸)، هاروگریوز و سامانی (۱۹۸۴)، وینتر (۱۹۸۹)، انگلیش و همکاران (۱۹۹۰)، بزا و تایا (۱۹۹۹) و ریتز (۲۰۰۵) را تأیید می کند. محلول پاشی با اسید سالیسیلیک و همین طور تکرار این محلول پاشی و هیچ کدام از اثرات متقابل تأثیر معنی داری بر عیار قند ریشه چغندر قند نداشت (جدول پیوست ۱۷).

۴-۴-۲- ناخالصی های ریشه و ضریب قلیائیت

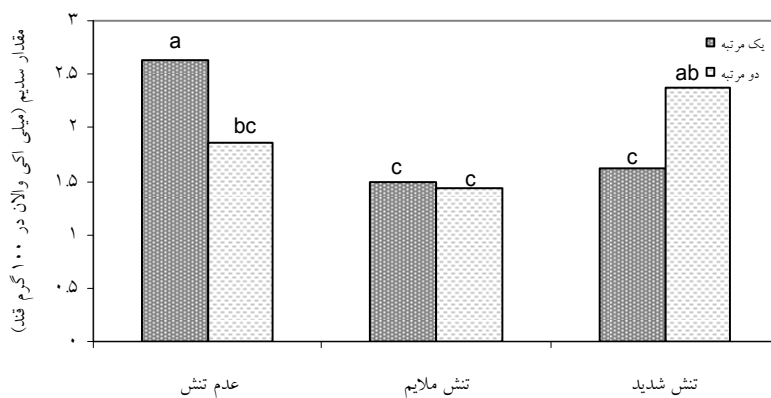
نیترژن، سدیم و پتاسیم عناصر اصلی تشکیل دهنده ناخالصی ریشه چغندر قند هستند. از بین این عناصر، اثر تنش کم آبیاری تنها بر مقدار پتاسیم معنی دار شد (جدول پیوست ۱۷). میزان پتاسیم در ریشه های به دست آمده از شرایط بدون تنش بیشترین مقدار را داشت که البته با شدیدترین سطح تنش اختلاف معنی داری نداشت. تنش ملایم به طور معنی داری میزان پتاسیم ریشه را کاهش داد (جدول ۴-۳). آبیاری زیاد می تواند موجب افزایش ناخالصی های ریشه شامل پتاسیم، سدیم و نیترژن مضره شود

(جهاد اکبر و همکاران، ۱۳۸۲). وینتر (۱۹۸۹) اظهار نمود که هر اینچ آبیاری میزان ناخالصی ریشه را ۶/۵ قسمت در میلیون نسبت به عدم آبیاری افزایش می دهد. اثر متقابل غلظت و دفعات محلول پاشی با اسیدسالیسیلیک بر مقدار پتاسیم ریشه در سطح آماری ۵ درصد معنی دار به دست آمد (جدول پیوست ۱۷). در شکل ۴-۱۷ ملاحظه می گردد که یک بار مصرف اسید سالیسیلیک منجر به افزایش این ناخالصی در ریشه گردید. اگر چه تکرار محلول پاشی در هر دو غلظت اسید سالیسیلیک به طور قابل توجهی میزان پتاسیم را کاهش داد ولی باز هم مقدار آن از یک بار محلول پاشی با آب بیشتر بود که بیان گر تأثیر منفی اسید سالیسیلیک و افزایش ناخالصی ریشه است. این نتیجه در مورد اثرات اصلی نیز مشاهده گردید که از لحاظ آماری معنی دار نبود (جدول ۴-۳).

اثر متقابل تنش و دفعات محلول پاشی نیز بر مقدار سدیم ریشه بسیار معنی دار شد (جدول پیوست ۱۷). در گیاهانی که هر ۸ روز یک بار آبیاری شدند، تکرار محلول پاشی با اسید سالیسیلیک میزان ناخالصی سدیمی ریشه را به طور معنی داری کاهش داد، در گیاهانی که در دوره های ۱۲ روزه آبیاری شدند، تفاوت چشمگیری بین دفعات محلول پاشی دیده نشد و در گیاهانی که هر ۱۶ روز یک بار آب دریافت کردند، تکرار محلول پاشی تأثیر منفی داشته و سدیم ریشه را افزایش داد. در مجموع بیشترین میزان ناخالصی سدیمی ریشه در شرایط عدم تنش و یک بار محلول پاشی و کمترین مقدار آن در شرایط تنش ملایم و دو بار محلول پاشی با اسید سالیسیلیک به دست آمد (شکل ۴-۱۸). ضریب قلیائیت یا آلکالینیتی، نسبت مجموع سدیم و پتاسیم به نیتروژن مضره موجود در ریشه چغندر قند است. هیچ کدام از اثرات اصلی و متقابل بر آلکالینیتی معنی دار نشدند.



شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین مقدار پتاسیم ریشه در غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی با آن



شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین مقدار سدیم ریشه در سطوح مختلف تنش کم آبیاری و دفعات محلول پاشی با اسید سالیسیلیک

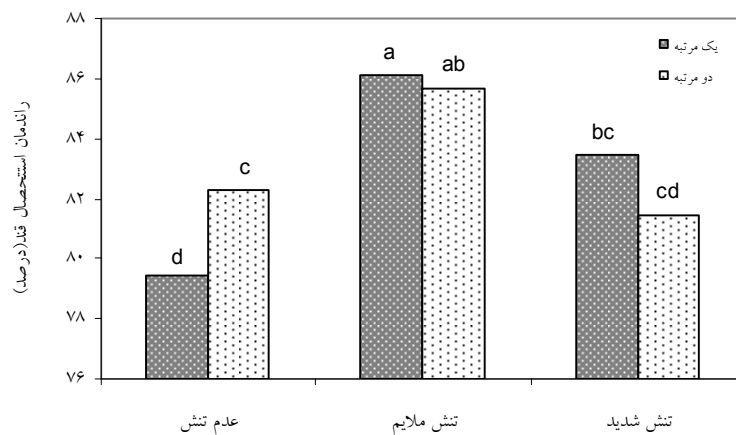
۴-۴-۳- قند قابل استحصال

قند قابل استحصال یا مقدار شکر قابل استحصال، مقدار شکر موجود در ریشه چغندر قند است که در کارخانه قابل استحصال می باشد. تنش کم آبیاری تأثیر بسیار معنی داری بر قند قابل استحصال داشت (جدول پیوست ۱۷). همانند عیار قند، بیشترین میزان قند قابل استحصال مربوط به شرایط تنش ملایم بود که از لحاظ آماری اختلاف معنی داری داشت و کمترین میزان در شرایط عدم تنش کم آبیاری حاصل شد که البته با تنش شدید در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۴-۳). محمدیان (۱۳۸۰) اعلام نمود که تنش ملایم خشکی اثر مثبتی بر درصد قند قابل استحصال دارد. نتایج این تحقیق مطابق یافته‌های تحقیقاتی کر و لمن (۱۹۹۷) و رحیمیان و اسدی (۱۳۷۹) می باشد. سایر اثرات اصلی و متقابل بر این صفت معنی دار نبود (جدول پیوست ۱۷).

۴-۴-۴- راندمان استحصال قند

راندمان استحصال قند، مقدار شکر سفید قابل استحصال از ساکارز موجود در ریشه چغندر قند است. اثر تنش کم آبیاری بر راندمان استحصال قند نیز معنی دار بود (جدول پیوست ۱۷). هر چند تنش شدید موجب کاهش راندمان استحصال قند می شود (میرزایی و رضوانی، ۱۳۸۶)، در این تحقیق بیشترین میزان راندمان مربوط به شرایط تنش ملایم بود. به طوری که میزان این صفت در شرایط تنش ملایم با میانگین ۸۵/۹ درصد حدود ۵ درصد بیشتر از شرایط بدون تنش بود (جدول ۴-۳). در حالی که در شدیدترین سطح تنش به واسطه کاهش احتمالی در فرآیند فتوسنتز و افزایش تنفس و همچنین بالاتر بودن میزان ناخالصی‌های ریشه (شکل ۴-۱۸ و جدول ۴-۳)، کارایی استحصال قند با میانگین ۸۲/۵ درصد حدود ۳/۴ درصد کمتر از شرایط تنش ملایم بود (جدول ۴-۳).

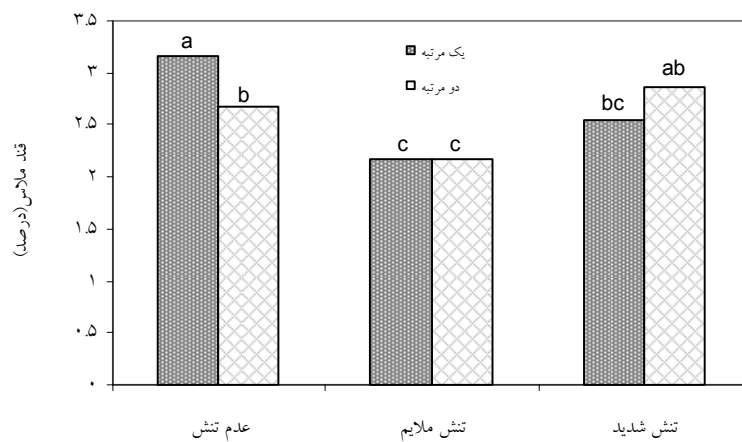
اثر متقابل تنش و دفعات محلول پاشی نیز بر راندمان استحصال قند معنی دار شد (جدول پیوست ۱۷). بیشترین میزان در شرایط تنش ملایم و یک بار محلول پاشی به دست آمد که البته اختلاف معنی داری با دو بار محلول پاشی در همین شرایط نداشت. کمترین میزان در شرایط عدم تنش و باز هم یک بار محلول پاشی به دست آمد (شکل ۴-۱۹). در مجموع همان طور که در بیشتر صفات مشاهده گردید تکرار محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در شرایط بدون تنش دارای اثر مثبت بوده ولی در شرایط وجود تنش تأثیر منفی داشته است.



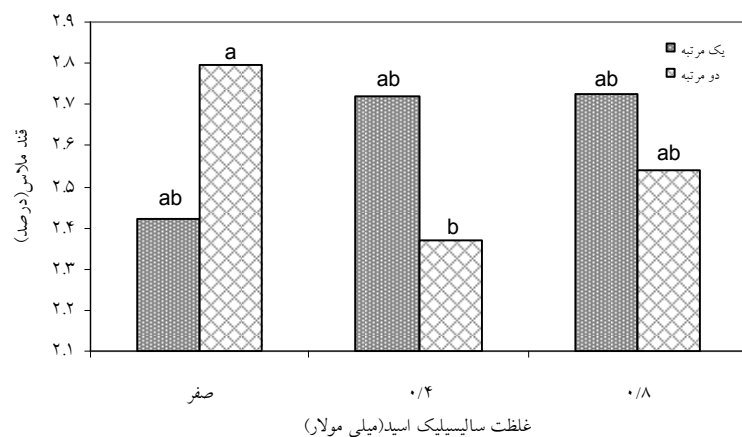
شکل ۴-۱۹- مقایسه میانگین راندمان استحصال قند در سطوح مختلف تنش کم آبیاری و دفعات محلول پاشی با اسید سالیسیلیک

قند ملاس، مقدار شکر غیر قابل استحصال از ریشه است که بر اساس مقدار پتاسیم، سدیم و نیتروژن مضره به وسیله یکی از فرمول های تجربی متداول برآورد می شود. هیچ یک از اثرات اصلی روی این صفت معنی دار نشده، ولی اثر متقابل تنش و دفعات محلول پاشی و همین طور غلظت و دفعات محلول پاشی معنی دار شدند (جدول پیوست ۱۷). پایین بودن میزان ناخالصی سدیمی (شکل ۴-۱۸) و پتاسیمی (جدول ۴-۳) ریشه ذخیره ای و نیز بالا بودن راندمان استحصال قند (شکل ۴-۱۹) در شرایط تنش ملایم موجب کاهش قند ملاس در این شرایط گردید. به طوری که پایین ترین مقدار قند ملاس در تیمار تنش ملایم مشاهده شد که از این لحاظ تفاوتی بین یک و دو بار محلول پاشی وجود نداشت (شکل ۴-۲۰). بیشترین قند ملاس از ریشه های قرار گرفته در معرض ترکیب های تیماری عدم تنش + یک بار محلول پاشی و تنش شدید + دو بار محلول پاشی حاصل شد که از لحاظ آماری معنی دار نیز بود (شکل ۴-۲۰).

شکل ۴-۲۱ نتایج مربوط به ترکیب تیماری غلظت و دفعات محلول پاشی را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می گردد دو بار محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار به طور قابل توجهی هدررفت قند ریشه به صورت ملاس را کاهش داد. در حالی که یک بار محلول پاشی با هر دو غلظت اسیدسالیسیلیک تأثیری در کاهش قند ملاس نداشت.



شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین قند مالبس در سطوح مختلف تنش کم آبیاری و دفعات محلول پاشی با اسید سالیسیلیک

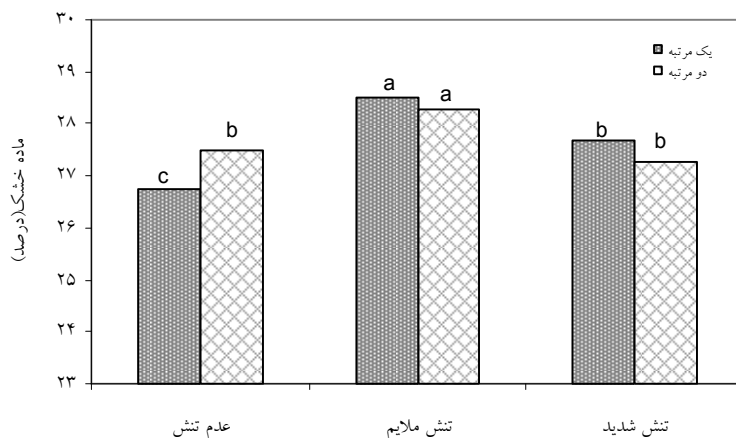


شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین قند مالبس در غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی با آن

۴-۴-۶- درصد ماده خشک ریشه

اثر تنش کم آبیاری بر میزان ماده خشک ریشه در سطح آماری ۵ درصد معنی دار شد (جدول پیوست ۱۷). بیشترین ماده خشک ریشه در شرایط تنش ملایم به دست آمد (جدول ۳-۴). همان طور که در جداول پیوست ۶ و ۸ مشاهده می گردد در شرایط تنش ملایم وزن خشک بخش هوایی شامل برگ و

دمبرگ کاهش قابل ملاحظه ای در مقایسه با شرایط دیگر نشان داد در حالی که گیاهان قرار گرفته در این تیمار هر ۱۲ روز یک بار آبیاری شده و شدت تنش به حدی نبود که فتوسنتز به طور کامل متوقف شود. لذا مواد فتوسنتزی تولید شده به جای ماندن در بخش هوایی به سمت ریشه ذخیره ای سرازیر شده و همین امر موجب افزایش معنی دار در ماده خشک و عیار قند ریشه گردید. از بین ترکیب تیمارها تنها اثر متقابل تنش و دفعات محلول پاشی بر ماده خشک ریشه بسیار معنی دار شد (جدول پیوست ۱۷). شکل ۴-۲۲ نیز مؤید این موضوع است که بیشترین ماده خشک ریشه در دفعات متفاوت محلول پاشی با اسید سالیسیلیک متعلق به تیمار تنش ملایم است. این شکل نشان می دهد که تکرار محلول پاشی با این ماده به جز شرایط عدم تنش که موجب افزایش معنی دار در ماده خشک ریشه گردید، در شرایط تنش مقدار این صفت را به طور جزئی کاهش داد. در مجموع بیشترین مقدار در شرایط تنش ملایم و یک بار محلول پاشی به دست آمد.



شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین درصد ماده خشک ریشه در سطوح مختلف تنش کم آبیاری و دفعات محلول پاشی با اسید سالیسیلیک

جدول ۴-۳- مقایسه میانگین برخی صفات کیفی ریشه تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

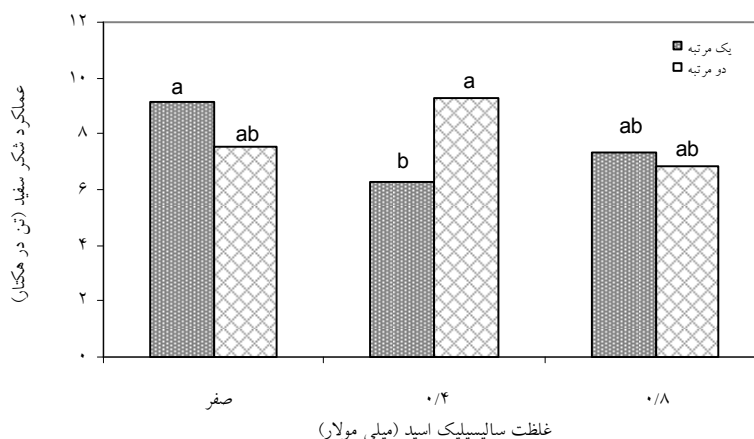
تیمار	عیار قند (درصد)	پتاسیم (میلی اکی والان)	سدیم (میلی اکی والان)	نیتروژن مضره (میلی اکی والان)	ضریب قلیائیت
تنش کم آبیاری					
عدم تنش	۱۸/۴۸۳ b	۶/۶۵۶ a	۲/۲۴۳	۱/۸۱۴	۵/۰۸۷
تنش ملایم	۱۹/۸۹۲ a	۵/۴۶۷ b	۱/۴۵۹	۱/۴۱۲	۵/۱۸۲
تنش شدید	۱۸/۸۷۵ b	۶/۳۵۴ ab	۱/۹۹۵	۱/۶۴۱	۵/۵۳۹
LSD %	۰/۶۰۲	۰/۹۱۱	۰/۷۵۶	۰/۵۷۰	۱/۲۴۶
غلظت محلول پاشی					
صفر میلی مولار	۱۸/۹۰۰	۶/۰۹۲	۱/۹۶۸	۱/۶۴۰	۵/۲۰۷
۰/۴ میلی مولار	۱۹/۰۵۰	۶/۱۵۴	۱/۸۳۲	۱/۵۷۴	۵/۴۹۲
۰/۸ میلی مولار	۱۹/۳۰۰	۶/۲۲۹	۱/۸۹۷	۱/۶۵۲	۵/۱۰۹
LSD %	۰/۴۳۷	۰/۴۶۸	۰/۳۶۷	۰/۳۳۵	۰/۷۷۹
دفعات محلول پاشی					
یک مرتبه	۱۹/۰۹۳	۶/۱۹۳	۱/۹۱۶	۱/۵۸۸	۵/۴۰۴
دو مرتبه	۱۹/۰۷۴	۶/۱۲۵	۱/۸۸۳	۱/۶۵۶	۵/۱۳۵
LSD %	۰/۳۵۷	۰/۳۸۲	۰/۲۹۹	۰/۲۷۳	۰/۶۳۶

ادامه جدول ۴-۳- مقایسه میانگین برخی صفات کیفی ریشه تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

تیمار	قند قابل استحصال (درصد)	راندمان استحصال قند (درصد شکر)	قند ملاس (درصد)	درصد ماده خشک ریشه (درصد)
تنش کم آبیاری				
عدم تنش	۱۴/۹۷۰ b	۸۰/۸۶۷ b	۲/۹۱۳	۲۷/۱۱۳ b
تنش ملایم	۱۷/۰۹۳ a	۸۵/۸۹۱ a	۲/۱۶۶	۲۸/۳۹۴ a
تنش شدید	۱۵/۵۶۸ b	۸۲/۴۶۸ ab	۲/۷۰۷	۲۷/۴۶۱ b
LSD %	۰/۹۶۹	۳/۵۷۶	۰/۶۰۵	۰/۷۷۵
غلظت محلول پاشی				
صفر میلی مولار	۱۵/۶۹۲	۸۲/۹۳۰	۲/۶۰۸	۲۷/۵۶۶
۰/۴ میلی مولار	۱۵/۸۷۲	۸۳/۱۷۶	۲/۵۴۴	۲۷/۶۲۵
۰/۸ میلی مولار	۱۶/۰۶۷	۸۳/۱۲۰	۲/۶۳۳	۲۷/۷۷۷
LSD %	۰/۶۰۳	۱/۷۰۷	۰/۲۹۳	۰/۳۸۱
دفعات محلول پاشی				
یک مرتبه	۱۵/۸۷۲	۸۳/۰۱۲	۲/۶۲۱	۲۷/۶۳۴
دو مرتبه	۱۵/۸۸۲	۸۳/۱۳۹	۲/۵۷۰	۲۷/۶۷۷
LSD %	۰/۴۹۲	۱/۳۹۴	۰/۲۳۹	۰/۳۱۱

۴-۵- عملکرد

عملکرد ریشه، عملکرد شکر و عملکرد شکر سفید مورد ارزیابی قرار گرفت. عملکرد شکر یا عملکرد قند ناخالص، مقدار شکر تولید شده در واحد سطح در مزرعه به صورت ساکارز ذخیره شده در ریشه چغندر قند است. عملکرد شکر سفید یا عملکرد قند خالص، مقدار شکر قابل استحصال از چغندر قند در واحد سطح در مزرعه است. در این میان و در بین اثرات اصلی و متقابل، تنها اثر متقابل غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر عملکرد شکر سفید معنی دار شد (جدول پیوست ۱۸). عملکرد شکر سفید به میزان زیادی به عملکرد ریشه وابسته است و افزایش ماده خشک ریشه می تواند موجب افزایش عملکرد شکر سفید شود. پتانسیل واقعی تولید شکر سفید در واحد سطح، مهم ترین شاخص اقتصادی در تولید چغندر قند است که از حاصل ضرب عملکرد ریشه و درصد قند قابل استحصال به دست می آید (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷). بیشترین عملکرد شکر سفید (حدود ۹/۵ تن در هکتار) در شرایطی به دست آمد که دو بار محلول پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۴ میلی مولار انجام شد. البته فقط با یک بار محلول پاشی با همین غلظت دارای اختلاف معنی دار از لحاظ آماری بود (شکل ۴-۲۳). میانگین‌های مربوط به اثرات اصلی نیز در جدول ۴-۴ ارائه شده است.



شکل ۴-۲۳- مقایسه میانگین عملکرد شکر سفید در غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی با آن

جدول ۴-۴- مقایسه میانگین عملکرد ریشه، عملکرد شکر و عملکرد شکر سفید تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

تنش کم آبیاری	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	عملکرد شکر (تن در هکتار)	عملکرد شکر سفید (تن در هکتار)
تنش کم آبیاری			
عدم تنش	۶۳/۱۶۰	۱۱/۵۱۵	۹/۲۱۹
تنش ملایم	۴۰/۴۹۰	۸/۰۵۳	۶/۹۲۷
تنش شدید	۴۵/۲۲۰	۸/۵۰۲	۷/۰۱۶
LSD ۵٪	۳۸/۶۷۸	۶/۷۸۸	۵/۲۲۵
غلظت محلول پاشی			
صفر میلی مولار	۵۳/۸۲۳	۱۰/۰۷۹	۸/۳۲۵
۰/۴ میلی مولار	۴۹/۹۷۷	۹/۴۰۲	۷/۷۶۲
۰/۸ میلی مولار	۴۵/۰۶۷	۸/۵۸۸	۷/۰۷۵
LSD ۵٪	۱۱/۳۹۳	۲/۱۵۰	۱/۸۰۵
دفعات محلول پاشی			
یک مرتبه	۴۸/۸۸۷	۹/۱۹۵	۷/۵۶۴
دو مرتبه	۵۰/۳۵۷	۹/۵۱۸	۷/۸۷۷
LSD ۵٪	۹/۳۰۲	۱/۷۵۶	۱/۴۷۴

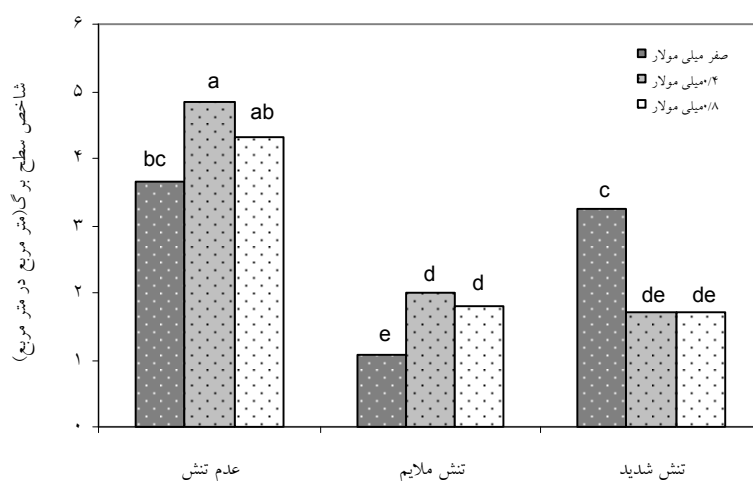
۴-۶- شاخص های رشد

۴-۶-۱- شاخص سطح برگ (LAI)

لازمه تجزیه و تحلیل رشد اندازه گیری دو عامل سطح برگ و وزن خشک در فواصل مکرر است. شاخص سطح برگ بیان کننده سطح برگ (فقط یک طرف) به سطح زمین اشغال شده توسط محصول است. معمولاً شاخص سطح برگ ۳ تا ۵ جهت تولید حداکثر ماده خشک برای اغلب محصولات کاشته شده لازم است (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲). اثر تنش کم آبیاری در ۷۵، ۱۰۷ و ۱۳۸، اثر غلظت اسیدسالیسیلیک در ۷۵، ۱۰۷، ۱۵۸ و ۱۸۲ و اثر دفعات محلول پاشی در ۷۵، ۱۰۷، ۱۳۸، ۱۵۸ و ۱۸۲ روز پس از کاشت یعنی در تمام نمونه گیری ها بر شاخص سطح برگ معنی دار شدند (جدول پیوست ۱۹). میانگین های اثرات اصلی در جدول پیوست ۲۰ نشان داده شده است.

اثر متقابل تنش و غلظت اسید سالیسیلیک در ۷۵، ۱۰۷، ۱۳۸ و ۱۵۸ روز پس از کاشت بر سطح برگ معنی دار شد (جدول پیوست ۱۹). در تمام زمان ها به جز ۷۵ روز، بیشترین سطح برگ در شرایطی به دست آمد که از اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۴ میلی مولار در شرایط عدم تنش استفاده شد و در ۷۵ روز بیشترین سطح برگ در حالتی بود که از اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۸ میلی مولار در شرایط عدم تنش استفاده شد (جدول ۴-۵). با توجه به اینکه در همین زمان در شرایط تنش ملایم و شدید نیز غلظت ۰/۸ سطح برگ بیشتری نسبت به ۰/۴ نشان داد لذا می توان استنباط کرد که احتمالاً به دلیل حساسیت بیشتر گیاه به تنش در اوایل دوره رشد، غلظت بیشتری از اسید سالیسیلیک در این زمان مفید خواهد بود. البته در مجموع در شدیدترین سطح تنش کاربرد اسید سالیسیلیک، رشد برگی را کاهش داد ولی در اواسط دوره رشد با افزایش تعداد و اندازه برگ ها، مقدار کمتری از اسید سالیسیلیک می تواند مؤثر باشد. در هر حال نتایج نشان می دهد که در شرایط عادی و همین طور تنش های ملایم استفاده از این ماده در افزایش سطح برگ مؤثر است (جدول ۴-۵). به عنوان نمونه میانگین های مربوط به این ترکیب تیماری در

۱۳۸ روز پس از کاشت در شکل ۴-۲۴ مقایسه شده اند. همان طور که ملاحظه می شود در تمام زمان ها، بیشترین میزان سطح برگ در شرایطی به دست آمده که از اسید سالیسیلیک در شرایط عدم تنش استفاده شده است. در شرایط تنش ملایم نیز کاربرد اسید سالیسیلیک موجب بهبود شاخص سطح برگ گردید. در هر دوی این شرایط غلظت ۰/۴ نسبت به ۰/۸ برتر بود که البته از لحاظ آماری معنی دار نبود.



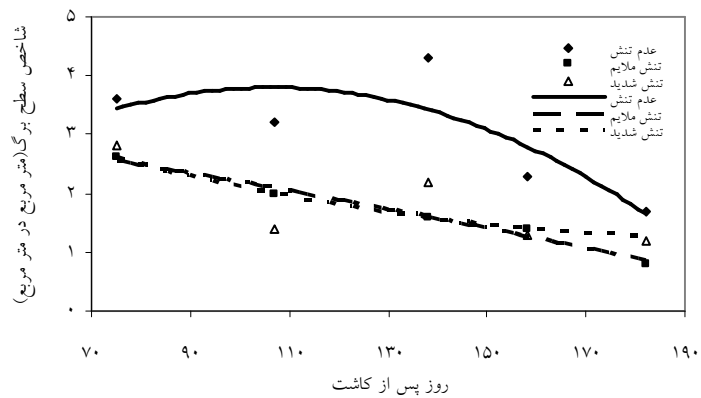
شکل ۴-۲۴- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ در سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک در ۱۳۸ روز پس از کاشت

اثر متقابل تنش و دفعات محلول پاشی در ۱۰۷، ۷۵ و ۱۸۲ روز پس از کاشت بر سطح برگ معنی دار شد (جدول پیوست ۱۹). بیشترین سطح برگ در ۷۵ و ۱۸۲ روز پس از کاشت در زمانی به دست آمد که در شرایط عدم تنش، یک بار محلول پاشی انجام شد و در ۱۰۷ روز پس از کاشت در شرایط عدم تنش و دو بار محلول پاشی حاصل شد. کمترین سطح برگ در سه زمان ذکر شده در شرایطی به دست آمد که تنش ملایم و دو بار محلول پاشی انجام گردید. اثر متقابل غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در ۱۰۷، ۱۳۸ و ۱۸۲ روز پس از کاشت معنی دار شد (جدول پیوست ۱۹). در زمان برداشت (۱۸۲ روز

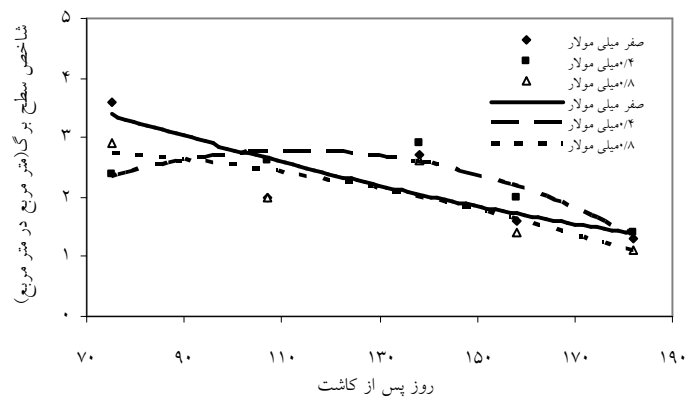
پس از کاشت) بیشترین سطح برگ در شرایطی به دست آمد که یک بار از اسیدسالیسیلیک با غلظت ۰/۴ میلی مولار استفاده شد و کمترین مقدار در شرایطی به دست آمد که یک بار از این ماده با غلظت ۰/۸ میلی مولار استفاده شد.

روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر تنش کم آبی طی دوره رشد گیاه (شکل ۴-۲۵) نشان می دهد که طی دوره رشد شاخص سطح برگ در تمام تیمارها کاهش یافت. بیشترین سطح برگ در تمام دوره رشد گیاه مربوط به شرایط عدم تنش بود که تا حدود ۱۲۰ روز پس از کاشت حالت افزایشی داشت و سپس روند کاهشی در پیش گرفت. در دو تیمار تنش روند کاهشی این صفت تقریباً یکسان بود. تنش کم آبی موجب کاهش سطح پهنک و طول دمبرگ چغندر قند نسبت به شرایط بدون تنش می شود. همچنین در شرایط تنش سلول های مزوفیلی پهنک برگ کمتر و کوچکتر هستند (شاه و لومیس، ۱۹۶۵). شکاری (۱۳۸۰) گزارش کرد که سطح برگ متناسب با افزایش میزان تنش کم آبی کاهش یافته و این کاهش حتی در صورت آبیاری مجدد نیز قابل بازیافت نیست. طالقانی (۱۳۷۷) در تحقیق خود اظهار داشت که تنش کم آبی شاخص سطح برگ در چغندر قند را کاهش می دهد. کاهش سطح برگ بر اثر تنش کم آبی در ذرت (سپهری و همکاران، ۱۳۸۱) و کلزا (شکاری، ۱۳۸۰) نیز گزارش شده است.

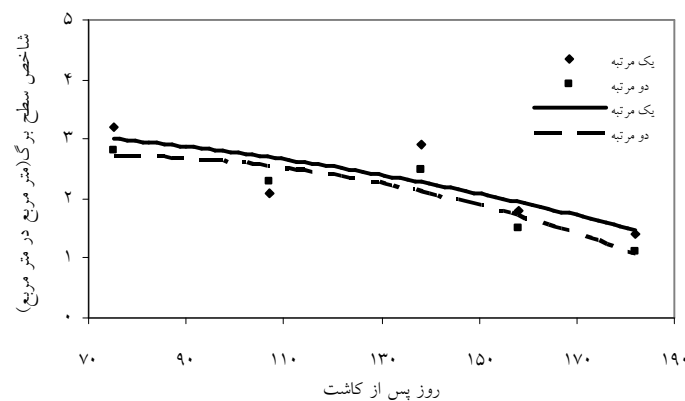
محلول پاشی گیاهان با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک به طور مشخص موجب افزایش شاخص سطح برگ از ۱۱۰ روز پس از کاشت تا انتهای فصل رشد گردید (شکل ۴-۲۶). البته در مجموع بیشترین شاخص سطح برگ زمانی به دست آمد که فقط یک بار محلول پاشی صورت پذیرفت. تکرار محلول پاشی موجب کاهش این صفت گردید (شکل ۴-۲۷).



شکل ۴-۲۵- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری



شکل ۴-۲۶- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک



شکل ۴-۲۷- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک

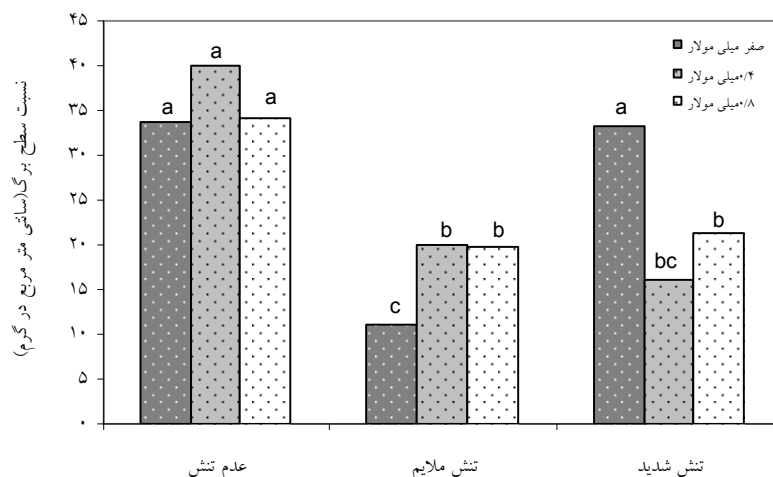
جدول ۴-۵- میانگین اثرات متقابل دو جانبه شاخص سطح برگ (متر مربع در متر مربع) تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

ترکیب تیماری	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تنش × غلظت					
عدم تنش × صفر	۳/۶۳	۲/۹۳	-	۱/۶۰	۱/۶۵
عدم تنش × ۰/۴	۳/۰۵	۳/۵۵	-	۲/۹۲	۱/۸۲
عدم تنش × ۰/۸	۴/۱۸	۳/۱۵	-	۲/۳۷	۱/۶۵
تنش ملایم × صفر	۳/۷۲	۱/۳۲	-	۱/۱۲	۰/۷۳
تنش ملایم × ۰/۴	۱/۹۷	۲/۶۷	-	۱/۸۳	۱/۱۵
تنش ملایم × ۰/۸	۲/۰۳	۲/۱۵	-	۱/۲۳	۰/۵۸
تنش شدید × صفر	۳/۵۷	۱/۷۵	-	۲/۰۲	۱/۴۲
تنش شدید × ۰/۴	۲/۳۲	۱/۴۷	-	۱/۲۲	۱/۲۷
تنش شدید × ۰/۸	۲/۵۲	۰/۸۳	-	۰/۷۲	۱/۰۰
LSD ۵٪	۰/۶۵	۰/۳۵	۰/۶۵	۰/۳۷	۰/۳۳
تنش × دفعات					
عدم تنش × یک بار	۴/۰۶	۲/۷۳	۴/۷۴	۲/۵۰	۲/۲۶
عدم تنش × دو بار	۳/۱۹	۳/۶۹	۳/۸۱	۲/۰۹	۱/۱۶
تنش ملایم × یک بار	۲/۶۰	۲/۲۴	۱/۷۲	۱/۶۱	۰/۸۲
تنش ملایم × دو بار	۲/۵۴	۱/۰۴	۱/۵۲	۱/۱۸	۰/۸۲
تنش شدید × یک بار	۲/۸۸	۱/۲۴	۲/۲۲	۱/۳۱	۱/۰۶
تنش شدید × دو بار	۲/۷۲	۱/۴۶	۲/۲۱	۱/۳۲	۱/۴۰
LSD ۵٪	۰/۵۳	۰/۲۹	۰/۵۳	۰/۳۰	۰/۲۷
غلظت × دفعات					
صفر × یک بار	۳/۷۸	۱/۸۲	۲/۲۰	۱/۷۳	۱/۴۱
صفر × دو بار	۰/۳۵۰				
۰/					
۰/۳۱۱_۰/۱۴۲_۰/۱۱۲					
۰/۴ × یک بار	۲/۴۴	۲/۳۳	۲/۹۷	۲/۱۱	۱/۸۷
۰/۴ × دو بار	۲/۴۴	۲/۷۹	۲/۷۳	۱/۸۷	۰/۹۴
۰/۸ × یک بار	۳/۳۱	۲/۰۷	۳/۵۲	۱/۵۸	۰/۸۴
۰/۸ × دو بار	۲/۵۱	۲/۰۲	۱/۷۰	۱/۳۰	۱/۳۱
LSD ۵٪	۰/۵۳	۰/۲۹	۰/۵۳	۰/۳۰	۰/۲۷

۴-۶-۲- نسبت سطح برگ (LAR)

نسبت سطح برگ بیان کننده نسبت بین سطح پهنک یا بافت های فتوسنتز کننده به کل بافت های تنفس کننده یا وزن گیاه است. نسبت سطح برگ، نشان دهنده پر برگی یک گیاه می باشد ولی مقادیر میانگین آن دقیق نیستند. گیاهانی مانند آفتاب گردان و چغندر قند در مقایسه با گیاهانی مثل کاج دارای نسبت سطح برگ زیادی بودند و همچنین سرعت رشد نسبی در آنها ده برابر بزرگ تر است (کوچکی و سرمدنی، ۱۳۸۲). اثر تنش کم آبیاری در ۱۰۷، ۷۵ و ۱۳۸، اثر غلظت اسید سالیسیلیک در ۷۵، ۱۵۸ و ۱۸۲ و اثر دفعات محلول پاشی در ۱۰۷، ۷۵، ۱۵۸ و ۱۸۲ روز پس از کاشت بر نسبت سطح برگ معنی دار شدند (جدول پیوست ۲۱). میانگین های اثرات اصلی در جدول پیوست ۲۲ نشان داده شده است.

اثر متقابل تنش و غلظت در تمام نمونه گیری ها بر نسبت سطح برگ معنی دار شد (جدول پیوست ۲۱). در اواسط دوره رشد (۱۳۸ روز پس از کاشت)، بیشترین سطح برگ در شرایط عدم تنش و استفاده از غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک به دست آمد (شکل ۴-۲۸) که البته نسبت به دو غلظت دیگر در همین شرایط و نیز غلظت صفر در تنش شدید اختلاف معنی داری نداشت. همان طور که در شکل مشاهده می گردد در تنش ملایم دو سطح اسید سالیسیلیک موجب افزایش یکسان و معنی دار این پارامتر در مقایسه با شاهد گردیدند.

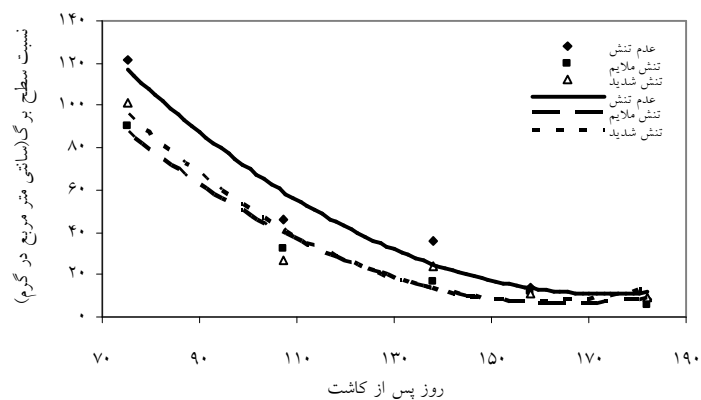


شکل ۴-۲۸- مقایسه میانگین نسبت سطح برگ در سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک در ۱۳۸ روز پس از کاشت

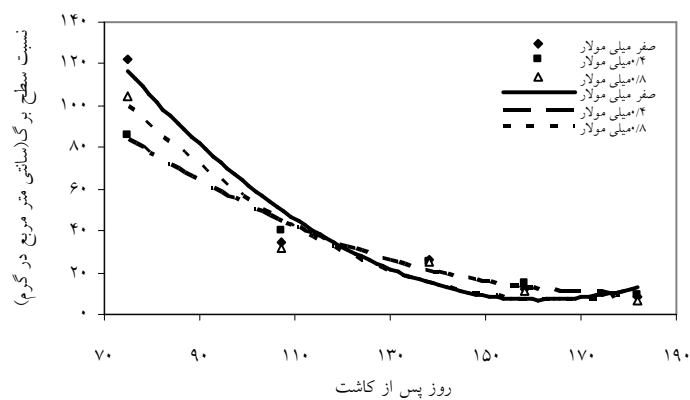
اثر متقابل تنش و دفعات محلول پاشی در ۱۰۷، ۱۵۸ و ۱۸۲ روز پس از کاشت بر نسبت سطح برگ معنی دار شد (جدول پیوست ۲۱). در ۱۰۷ روز پس از کاشت بیشترین سطح برگ در شرایط عدم تنش و دو بار محلول پاشی به دست آمد در حالی که در ۱۵۸ و ۱۸۲ روز پس از کاشت یعنی در اواخر دوره رشد بیشترین نسبت سطح برگ به ترتیب در شرایط تنش ملایم و عدم تنش همراه با یک بار محلول پاشی به دست آمد (جدول ۴-۶). اثر متقابل غلظت و دفعات محلول پاشی در ۱۳۸ و ۱۸۲ روز پس از کاشت بر نسبت سطح برگ معنی دار شد (جدول پیوست ۲۱). بیشترین نسبت سطح برگ در این زمان ها به ترتیب در یک بار محلول پاشی با غلظت های ۰/۸ و ۰/۴ میلی مولار حاصل شد (جدول ۴-۶). که تأییدی دوباره بر این مطلب است که افزایش دفعات محلول پاشی الزاماً نمی تواند اثر مثبتی بر کاهش اثرات تنش داشته باشد.

روند تغییرات نسبت سطح برگ طی دوره رشد تحت تأثیر تیمارهای مختلف در شکل های ۴-۲۹، ۴-۳۰ و ۴-۳۱ نشان داده شده است. به طور کلی در طول دوره رشد نسبت سطح برگ کاهش می یابد. در ابتدای فصل بافت های نگهدارنده و مصرف کننده کم بوده و کل پوشش هوایی گیاه با کارایی بسیار

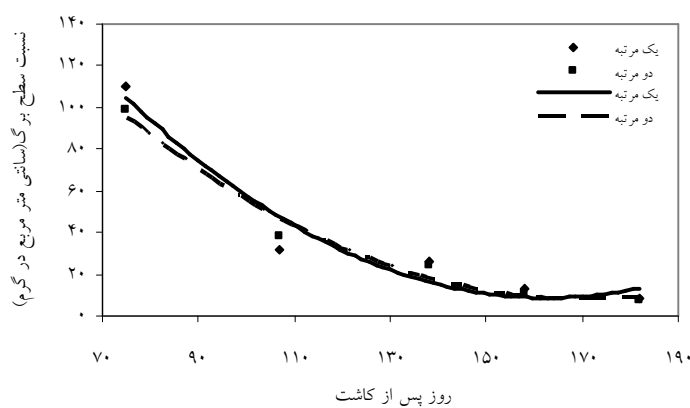
بالا تولید کننده هستند. به همین دلیل در ابتدای فصل نسبت سطح برگ در حداکثر مقدار خود قرار دارد. همان طور که در شکل ها مشاهده می گردد در چغندر قند تا حدود ۱۳۰ روز پس از کاشت به شدت این نسبت روند نزولی داشت. پس از آن به دلیل ایجاد توازن نسبی بین اجزای فتوسنتز کننده و مصرف کننده روند کاهشی این شاخص کند شد. در تمام مراحل بیشترین میزان نسبت سطح برگ مربوط به تیمار عدم تنش بود. البته اختلاف آن نسبت به تیمارهای تنش با گذشت زمان به مرور کمتر شد (شکل ۴-۲۹). تنش خشکی به خصوص در اواخر دوره رشد موجب کاهش سطح برگ می شود (سپهری و همکاران، ۱۳۸۱). در خصوص غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک نتایجی تقریباً مشابه با شاخص سطح برگ به دست آمد. به طوری که در مورد صفت نسبت سطح برگ نیز غلظت ۰/۴ میلی مولار تقریباً از اواسط فصل به بعد برتری نسبی خود را نسبت به دو غلظت دیگر نشان داد (شکل ۴-۳۰). تغییرات این صفت از دیدگاه دفعات محلول پاشی در کل فصل یکسان و مشابه بود (شکل ۴-۳۱).



شکل ۴-۲۹- روند تغییرات نسبت سطح برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری



شکل ۴-۳۰- روند تغییرات نسبت سطح برگ تحت تأثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک



شکل ۴-۳۱- روند تغییرات نسبت سطح برگ تحت تأثیر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک

جدول ۴-۶- میانگین اثرات متقابل دو جانبه نسبت سطح برگ (سانتی متر مربع در گرم) تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

ترکیب تیماری	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تنش × غلظت					
عدم تنش × صفر	۱۱۳/۴۸	۴۹/۸۲	-	۹/۶۰	۸/۶۵
عدم تنش × ۰/۴	۱۰۹/۲۲	۴۷/۲۷	-	۱۷/۵۰	۹/۴۲
عدم تنش × ۰/۸	۱۴۲/۶۲	۴۱/۷۳	-	۱۵/۱۸	۸/۱۵
تنش ملایم × صفر	۱۲۱/۲۳	۲۰/۱۰	-	۸/۲۲	۴/۵۳
تنش ملایم × ۰/۴	۶۸/۶۰	۴۳/۱۰	-	۱۶/۰۰	۸/۹۲
تنش ملایم × ۰/۸	۸۰/۶۷	۳۴/۳۲	-	۱۰/۸۸	۴/۲۸
تنش شدید × صفر	۱۳۲/۱۳	۳۲/۶۷	-	۱۷/۲۰	۱۰/۷۰
تنش شدید × ۰/۴	۸۰/۷۳	۲۸/۶۷	-	۱۰/۵۳	۹/۱۵
تنش شدید × ۰/۸	۹۱/۷۸	۱۹/۰۷	-	۶/۲۷	۷/۰۵
LSD ۵٪	۲۴/۴۹	۱۲/۳۶	۸/۲۱	۳/۴۸	۲/۷۴
تنش × دفعات					
عدم تنش × یک بار	۱۳۵/۲۰	۳۴/۹۸	۳۵/۲۱	۱۴/۴۱	۱۱/۴۲
عدم تنش × دو بار	۱۰۸/۳۴	۵۷/۵۷	۳۶/۵۸	۱۳/۷۸	۶/۰۶
تنش ملایم × یک بار	۹۶/۵۶	۳۷/۰۲	۱۸/۶۷	۱۴/۹۸	۶/۳۹
تنش ملایم × دو بار	۸۳/۷۸	۲۷/۹۹	۱۵/۳۰	۸/۴۲	۵/۴۳
تنش شدید × یک بار	۹۹/۰۹	۲۴/۴۶	۲۴/۶۱	۱۱/۱۶	۷/۹۰
تنش شدید × دو بار	۱۰۴/۰۱	۲۹/۱۴	۲۲/۳۷	۱۱/۵۱	۱۰/۰۳
LSD ۵٪	۱۹/۹۹	۱۰/۰۹	۶/۷۱	۲/۸۴	۲/۲۴
غلظت × دفعات					
صفر × یک بار	۱۲۱/۳۴	۲۷/۷۳	۲۰/۶۹	۱۲/۶۳	۸/۶۹
صفر × دو بار	۱۲۳/۲۲	۴۰/۶۶	۳۱/۲۷	۱۰/۷۱	۷/۲۳
۰/۴ × یک بار	۸۸/۹۶	۳۷/۶۰	۲۴/۶۲	۱۶/۰۹	۱۱/۸۸
۰/۴ × دو بار	۸۳/۴۱	۴۱/۷۶	۲۶/۰۶	۱۳/۲۷	۶/۴۴
۰/۸ × یک بار	۱۲۰/۵۴	۳۱/۱۲	۳۳/۱۸	۱۱/۸۲	۵/۱۴
۰/۸ × دو بار	۸۹/۵۰	۳۲/۲۹	۱۶/۹۲	۹/۷۳	۷/۸۴
LSD ۵٪	۱۹/۹۹	۱۰/۰۹	۶/۷۱	۲/۸۴	۲/۲۴

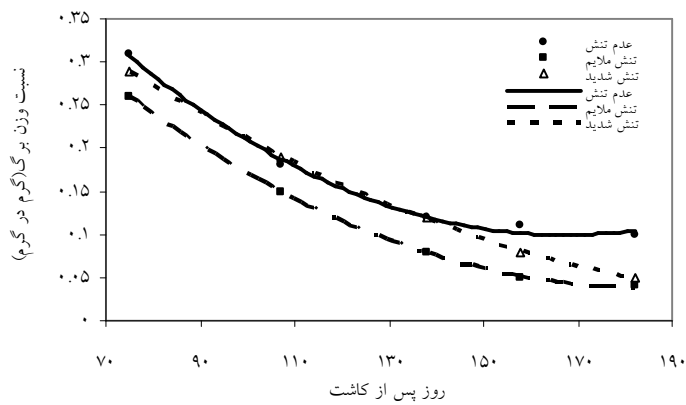
۴-۶-۳- نسبت وزن برگ (LWR)

نسبت وزن برگ شاخصی از میزان دارایی برگ در قبال وزن خشک گیاه است. به عبارت دیگر این نسبت مشخص کننده وزن بافت های فتوسنتز کننده نسبت به بافت های تنفس کننده است (عبداللهیان نوقابی، ۱۳۷۱). اثر تنش کم آبیاری در ۱۵۸ و ۱۸۲ روز پس از کاشت که مصادف با نمونه برداری چهارم و آخرین نمونه برداری بود بر نسبت وزن برگ معنی دار شد (جدول پیوست ۲۳). در هر دو زمان بیشترین نسبت وزن برگ در شرایط عدم تنش به دست آمد (جدول ۴-۷). هیچ یک از اثرات متقابل بر این صفت معنی دار نشد.

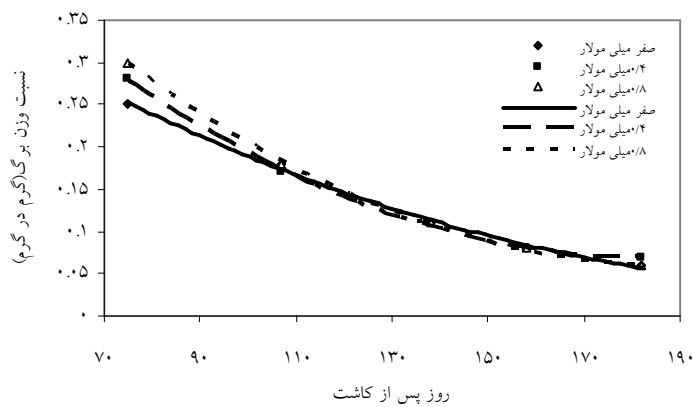
طی دوره رشد، نسبت وزن برگ در گیاه کاهش یافت که بیان گر افزایش وزن خشک گیاه از ابتدا تا انتهای دوره رشد است. اگر چه تنش ملایم تا حدود ۱۴۰ روز پس از کاشت تأثیر محسوسی بر این صفت نداشت ولی تنش شدید در کل دوره موجب کاهش نسبت وزن برگ در گیاهان چغندر قند قرار گرفته در این تیمار شد که با توجه به جدول ۴-۷ اختلاف آن با شرایط عدم تنش فقط در اواخر فصل معنی دار بود (شکل ۴-۳۲). طالقانی (۱۳۷۷) در تحقیق خود بیان نمود که مصرف زیاد آب موجب افزایش جزئی در نسبت وزن برگ می شود و دلیل این امر را تأثیر پذیری بیشتر برگ نسبت به سایر اندامها مخصوصاً ریشه در مقابل تنش کمبود آب ذکر کرد. اختلاف قابل توجهی بین غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک (شکل ۴-۳۳) و دفعات محلول پاشی (شکل ۴-۳۴) در بازه ۱۰۵ روزه نمونه برداری در محدوده این آزمایش مشاهده نگردید.

جدول ۴-۷- مقایسه میانگین نسبت وزن برگ (گرم در گرم) تحت تأثیر تنش کم آبیاری در نمونه برداری های مختلف

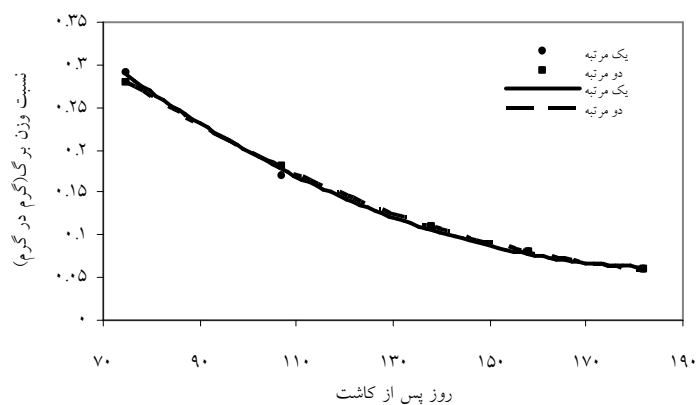
تیمار	روز ۷۵	روز ۱۰۷	روز ۱۳۸	روز ۱۵۸	روز ۱۸۲
تنش کم آبیاری					
عدم تنش	۰/۳۰۷	۰/۱۷۵	۰/۱۲۴	۰/۱۰۵ a	۰/۰۹۹ a
تنش ملایم	۰/۲۵۷	۰/۱۴۹	۰/۰۸۳	۰/۰۵۳ b	۰/۰۳۷ b
تنش شدید	۰/۲۹۳	۰/۱۹۴	۰/۱۱۷	۰/۰۷۶ ab	۰/۰۵۴ b
LSD ۵٪	۰/۰۶۱	۰/۰۳۹	۰/۰۳۴	۰/۰۳۳	۰/۰۱۸



شکل ۴-۳۲- روند تغییرات نسبت وزن برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری



شکل ۴-۳۳- روند تغییرات نسبت وزن برگ تحت تأثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک

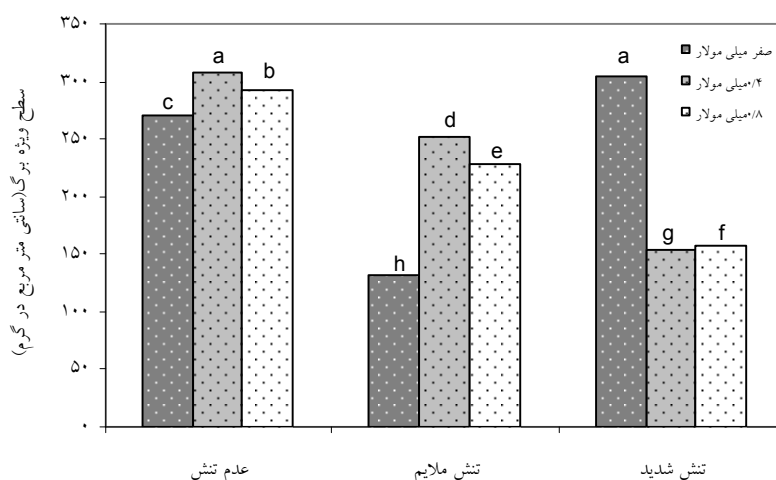


شکل ۴-۳۴- روند تغییرات نسبت وزن برگ تحت تأثیر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک

۴-۶-۴- سطح ویژه برگ (SLA)

سطح مخصوص برگ نشان دهنده ضخامت برگ است. به طوری که هر چه این شاخص بزرگ تر باشد، برگ نازک تر است و هرچه کوچک تر باشد، برگ ضخیم تر است و در واقع غلظت کلروپلاست، کلروفیل و تعداد سلول های مزوفیل آن بیشتر می باشد. لذا پرت نوری یا نوری که از آن عبور می کند کمتر است. بنابراین توان فتوسنتزی آن بیشتر است (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲).

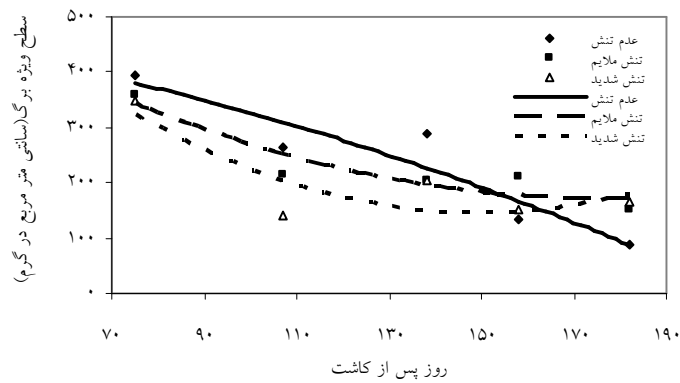
تمام اثرات اصلی و متقابل در تمام نمونه برداری ها بر سطح ویژه برگ معنی دار شدند (جدول پیوست ۲۴). میانگین های مربوط به اثرات اصلی در جدول پیوست ۲۵ نشان داده شده است. همان طور که در جدول پیوست ۲۵ و شکل ۴-۳۵ مشاهده می شود، در ۱۳۸ روز پس از کاشت بیشترین سطح ویژه برگ در شرایط عدم تنش و محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار اسید سالیسیلیک مشاهده گردید که البته اختلاف معنی داری با شرایط تنش شدید و غلظت صفر میلی مولار نداشت. نتایجی که تا کنون در این ترکیب تیماری (تنش شدید و غلظت صفر میلی مولار) در مورد شاخص های رشدی مشاهده شده است غیر عادی و به نوعی قابل توجیه می باشد که احتمالاً می تواند به دلیل بروز خطا در نمونه برداری یا غیر یکنواخت بودن زمین آزمایش در این ترکیب تیماری باشد. کمترین مقدار این صفت در شرایط تنش ملایم و غلظت صفر اسید سالیسیلیک مشاهده گردید. کاربرد اسید سالیسیلیک در این شرایط سطح ویژه برگ را به صورت چشم گیر و معنی داری بهبود بخشید که البته باز هم غلظت ۰/۴ از برتری معنی داری نسبت به غلظت ۰/۸ برخوردار بود. حتی استفاده از این ماده در شرایط تنش شدید نیز آن قدر سطح ویژه برگ را افزایش داد که در مقایسه با شرایط خفیف تر تنش و عدم استفاده از این ماده، سطح ویژه برگ بیشتری حاصل شد. میانگین سایر اثرات متقابل در نمونه برداری های مختلف در جدول ۴-۸ قابل مشاهده است.



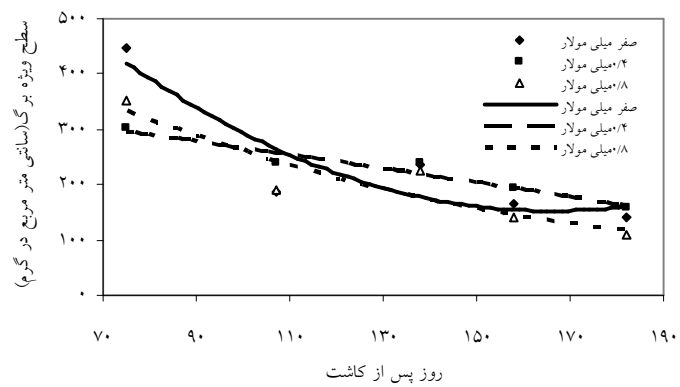
شکل ۴-۳۵- مقایسه میانگین سطح ویژه برگ در سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک در ۱۳۸ روز پس از کاشت

روند تغییرات سطح ویژه برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری طی دوره رشد (شکل ۴-۳۶) نشان می دهد در طول دوره رشد سطح ویژه برگ در تمام تیمارها کاهش یافت. وقتی برگ ها جوان هستند ضخامت آنها کم است و در نتیجه سطح ویژه برگ در بالاترین مقدار خود قرار دارد که با مسن شدن برگ کاهش می یابد. در ابتدا تا اواسط رشد (حدود ۱۵۰ روز پس از کاشت) بیشترین میزان مربوط به شرایط عدم تنش و کمترین مقدار مربوط به شرایط تنش شدید بود. از این زمان به بعد روند تغییرات این صفت در شرایط عدم تنش همچنان به صورت نزولی ادامه پیدا کرد در حالی که در تیمارهای تنش حالت یکنواخت و تا حدی صعودی داشت. همین امر سبب بیشتر شدن سطح ویژه برگ در این تیمارها نسبت به شرایط عدم تنش در انتهای فصل گردید. دلیل این افزایش پیری سریع تر و ریزش برگ ها به ویژه برگ های مسن و ضخیم در تیمارهای تنش و طراوت و شادابی بیشتر برگ ها در تیمار عدم تنش در انتهای فصل رشد است. طالقانی (۱۳۷۷) در تحقیق خود نشان داد که در سطح مخصوص برگ بین سطوح مختلف آبیاری تفاوت قابل ملاحظه ای مشاهده نشد. البته این صفت با مصرف بیشتر آب، افزایش جزئی نشان داد. پس در شرایط مطلوب از نظر رطوبت، برگ های ظریف تری به وجود می آید.

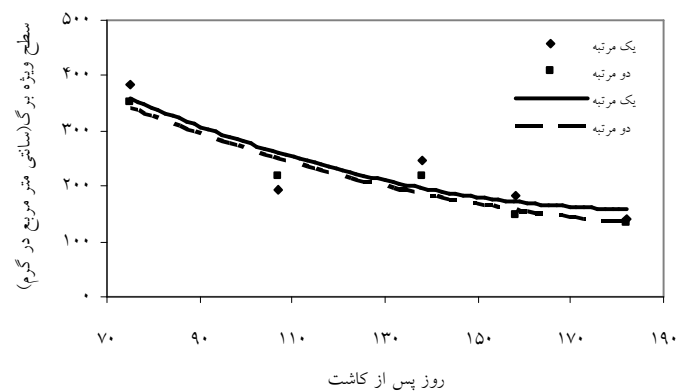
مقایسه روند تغییرات سطح ویژه برگ تحت تأثیر غلظت اسید سالیسیلیک طی دوره رشد (شکل ۴-۳۷) نشان داد که کاربرد اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۴ میلی مولار از حدود ۱۱۰ روز پس از کاشت به بعد موجب کاهش اثرات تنش بر گیاه چغندر قند گردید که به صورت افزایش در سطح ویژه برگ قابل مشاهده است. یکی از اثرات تنش روی گیاه معمولاً افزایش ضخامت برگ است که در این حالت سطح ویژه برگ کاهش می یابد. لذا چنانچه اختلاف آن دیده شود، تنش وارده به گیاه ضعیف بوده است. در مقایسه دفعات محلول پاشی، اگر چه همواره سطح ویژه برگ در گیاهانی که یک بار محلول پاشی شدند بیشتر از شرایط دو بار محلول پاشی بود ولی این دو بسیار نزدیک به یکدیگر بودند (شکل ۴-۳۸).



شکل ۴-۳۶- روند تغییرات سطح ویژه برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری



شکل ۴-۳۷- روند تغییرات سطح ویژه برگ تحت تأثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک



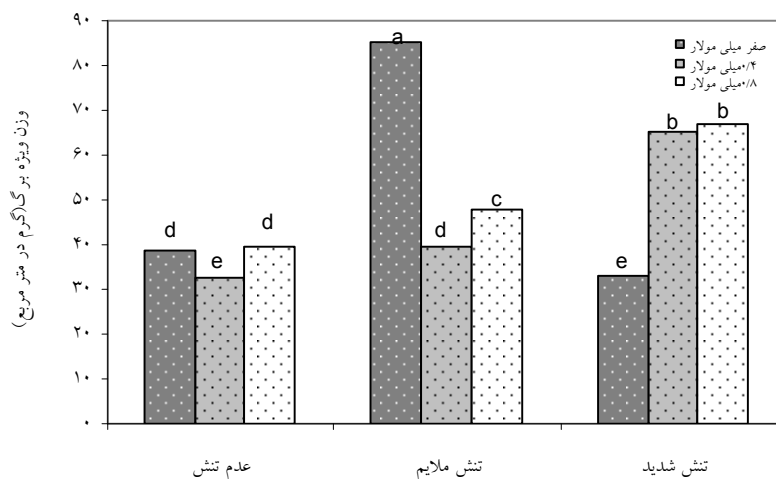
شکل ۴-۳۸- روند تغییرات سطح ویژه برگ تحت تأثیر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک

جدول ۴-۸- میانگین اثرات متقابل دو جانبه سطح ویژه برگ (سانتی متر مربع در گرم) تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

ترکیب تیماری	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تنش × غلظت					
عدم تنش × صفر	۳۷۱/۷۲	۲۴۸/۴۳	-	۹۵/۶۲	۹۰/۸۵
عدم تنش × ۰/۴	۳۵۵/۹۸	۲۷۹/۵۸	-	۱۶۱/۹۷	۸۶/۰۸
عدم تنش × ۰/۸	۴۵۵/۶۳	۲۶۰/۶۷	-	۱۴۷/۶۸	۸۷/۱۲
تنش ملایم × صفر	۵۲۴/۴۷	۱۳۶/۶۵	-	۱۶۷/۷۸	۱۳۵/۸۸
تنش ملایم × ۰/۴	۲۶۶/۶۸	۲۸۴/۱۳	-	۲۷۶/۴۸	۲۱۷/۸۰
تنش ملایم × ۰/۸	۲۸۶/۶۷	۲۲۶/۵۲	-	۱۹۲/۹۲	۱۰۵/۶۵
تنش شدید × صفر	۴۴۷/۸۸	۱۷۸/۶۲	-	۲۳۴/۱۷	۱۹۴/۵۰
تنش شدید × ۰/۴	۲۸۵/۸۸	۱۵۰/۸۸	-	۱۳۹/۱۳	۱۷۱/۲۰
تنش شدید × ۰/۸	۳۱۰/۸۰	۸۸/۵۰	-	۸۰/۵۵	۱۳۳/۶۲
LSD ۵٪	۱۸/۱۴	۶/۰۵	۳/۶۵	۱/۳۴	۵/۲۱
تنش × دفعات					
عدم تنش × یک بار	۴۲۲/۵۶	۲۰۷/۸۹	۳۱۲/۷۶	۱۴۴/۸۲	۱۱۴/۶۹
عدم تنش × دو بار	۳۶۶/۳۳	۳۱۷/۹۰	۲۶۷/۸۷	۱۲۵/۳۶	۶۱/۸۱
تنش ملایم × یک بار	۳۶۵/۶۲	۲۳۷/۶۱	۲۱۷/۴۸	۲۵۱/۳۱	۱۵۳/۴۶
تنش ملایم × دو بار	۳۵۲/۹۲	۱۹۳/۹۲	۱۹۱/۱۷	۱۷۳/۴۸	۱۵۲/۷۷
تنش شدید × یک بار	۳۵۹/۶۷	۱۳۳/۸۰	۲۱۰/۸۲	۱۵۵/۱۱	۱۵۰/۹۱
تنش شدید × دو بار	۳۳۶/۷۱	۱۴۴/۸۷	۲۰۰/۴۸	۱۴۷/۴۶	۱۸۱/۹۱
LSD ۵٪	۱۴/۸۱	۴/۹۴	۲/۹۸	۳/۱۶	۴/۲۵
غلظت × دفعات					
صفر × یک بار	۴۵۲/۱۰	۱۶۳/۳۹	۱۹۰/۴۰	۱۷۰/۶۴	۱۳۷/۳۴
صفر × دو بار	۴۴۳/۹۴	۲۱۲/۴۱	۲۸۱/۴۶	۱۶۱/۰۷	۱۴۳/۴۸
۰/۴ × یک بار	۳۰۴/۸۹	۲۲۸/۳۲	۲۵۳/۷۴	۲۱۸/۷۳	۱۹۵/۹۴
۰/۴ × دو بار	۳۰۰/۸۱	۲۴۸/۰۸	۲۲۲/۵۷	۱۶۶/۳۲	۱۲۰/۷۲
۰/۸ × یک بار	۳۹۰/۸۶	۱۸۷/۵۹	۲۹۶/۹۱	۱۶۱/۸۷	۸۵/۷۷
۰/۸ × دو بار	۳۱۱/۲۱	۱۹۶/۲۰	۱۵۵/۴۹	۱۱۸/۹۰	۱۳۲/۲۹
LSD ۵٪	۱۴/۸۱	۴/۹۴	۲/۹۸	۳/۱۶	۴/۲۵

۴-۶-۵- وزن ویژه برگ (SLW)

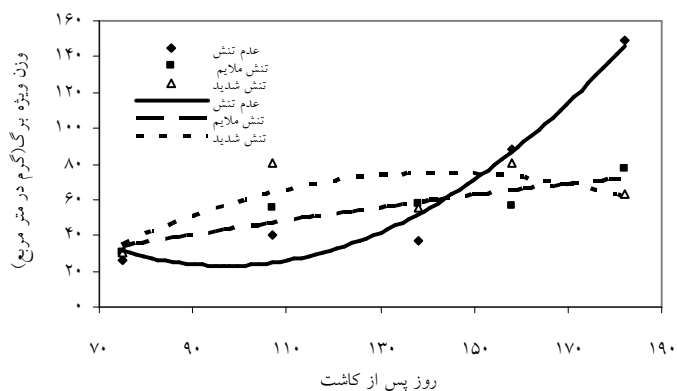
اثر تنش و اثر دفعات محلول پاشی و همه اثرات متقابل در تمام نمونه گیری ها بر وزن ویژه برگ نیز معنی دار شدند. اثر غلظت اسید سالیسیلیک در ۷۵، ۱۰۷، ۱۳۸ و ۱۵۸ روز پس از کاشت بر این صفت معنی دار بود (جدول پیوست ۲۶). میانگین اثرات اصلی در جدول پیوست ۲۷ نشان داده شده است. بیشترین میزان وزن ویژه برگ در ۱۳۸ روز پس از کاشت در شرایط تنش ملایم و عدم محلول پاشی و کمترین میزان در شرایط عدم تنش و محلول پاشی با غلظت ۰/۴ میلی مولار مشاهده شد (شکل ۴-۳۹). این وضعیت دقیقاً عکس شرایط موجود در سطح ویژه برگ است. وزن ویژه برگ معیاری برای ضخامت برگ می باشد. ضخیم شدن برگ یکی از رفتارهای گیاه در مواجهه با تنش و به نوعی مقابله با آن است (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۸). همان طور که در شکل ۴-۳۹ و جدول ۴-۹ ملاحظه می گردد، در همه نمونه برداری ها کاربرد اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت در شرایط تنش ملایم با کاهش اثرات تنش موجب کاهش ضخامت برگ گردید. به عبارت دیگر استنباط می شود که در این شرایط تنش توسط گیاه احساس نشده است ولی در شرایط تنش شدید استفاده از غلظت های اسید سالیسیلیک به یک اندازه موجب ضخیم تر شدن برگ و مقابله قوی تر گیاه با این شرایط گردید.



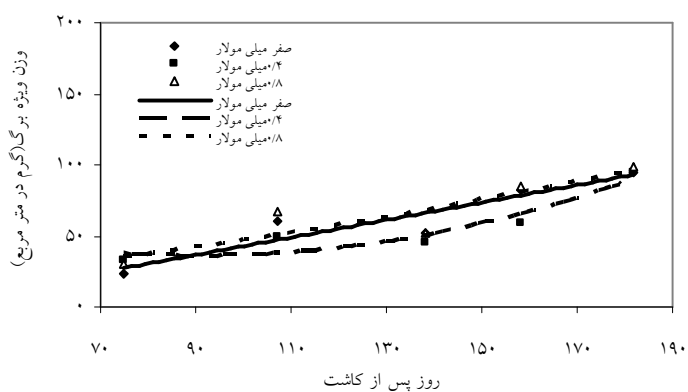
شکل ۴-۳۹- مقایسه میانگین وزن ویژه برگ در سطوح مختلف تنش کم آبیاری و غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک در ۱۳۸ روز پس از کاشت

شکل ۴-۴۰ مقایسه روند تغییرات وزن ویژه برگ طی دوره رشد بین سطوح مختلف آبیاری را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می گردد تا حدود ۱۵۰ روز پس از کاشت بیشترین میزان مربوط به تیمار تنش شدید و کمترین میزان مربوط به تیمار عدم تنش بود ولی از این زمان به بعد به دلیل تسریع پیری برگ ها در شرایط تنش و ریزش برگ های مسن تر و ضخیم تر، مقادیر این صفت در شرایط تنش کمتر از عدم تنش بود. این وضعیت نتایج موچو و همکاران (۱۹۸۶)، را تأیید می کند که گفته بودند تنش خشکی موجب کاهش سطح ویژه برگ و افزایش وزن ویژه برگ در گیاه می شود. محمدی و آساد (۱۳۷۵) اعلام نمودند که تنش خشکی در دوره اول و دوم رشد، موجب افزایش وزن ویژه برگ نسبت به بوته های شاهد در چغندر قند می شود.

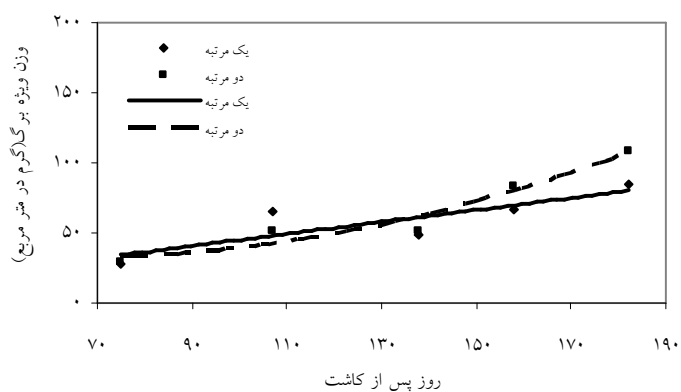
شکل ۴-۴۱ نشان می دهد که در کل دوره نمونه برداری برگ گیاهان تیمار شده با غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک هر چند به طور ناچیز دارای ضخامت بیشتر و در نتیجه وزن ویژه برگ بالاتر بودند. همچنین اگر چه تا اواسط دوره رشد تکرار محلول پاشی اثر مثبتی روی این صفت نداشت ولی در دو نمونه برداری آخر و به طور واضح تر در آخرین نمونه برداری دو بار محلول پاشی منجر به تولید برگ های ضخیم تر گردید (شکل ۴-۴۲).



شکل ۴-۴- روند تغییرات وزن ویژه برگ تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری



شکل ۴-۴-۱- روند تغییرات وزن ویژه برگ تحت تأثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک



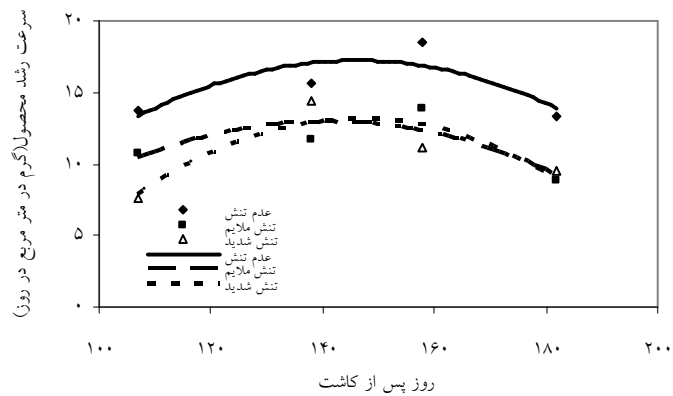
شکل ۴-۴-۲- روند تغییرات وزن ویژه برگ تحت تأثیر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک

جدول ۴-۹- میانگین اثرات متقابل دو جانبه وزن ویژه برگ (گرم در متر مربع) تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

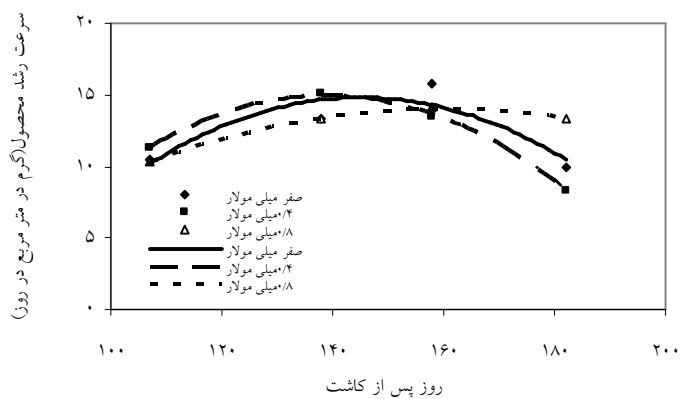
ترکیب تیماری	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تنش × غلظت					
عدم تنش × صفر	۲۶/۹۱	۴۱/۳۳	۳۸/۸۴	۱۳۴/۷۵	۱۵۲/۰۵
عدم تنش × ۰/۴	۲۸/۱۰	۴۰/۸۰	۳۲/۶۳	۶۱/۷۴	۱۷۵/۷۳
عدم تنش × ۰/۸	۲۳/۰۶	۳۸/۸۵	۳۹/۶۱	۶۸/۳۹	۱۱۹/۰۰
تنش ملایم × صفر	۱۹/۱۱	۸۴/۰۹	۸۵/۰۳	۶۷/۰۷	۸۰/۱۹
تنش ملایم × ۰/۴	۳۷/۵۰	۳۸/۶۴	۳۹/۷۱	۴۱/۸۴	۵۰/۶۴
تنش ملایم × ۰/۸	۳۴/۹۱	۴۴/۹۳	۴۷/۹۰	۶۰/۰۲	۱۰۱/۱۳
تنش شدید × صفر	۲۲/۳۵	۵۶/۵۳	۳۳/۱۸	۴۳/۲۰	۵۱/۸۸
تنش شدید × ۰/۴	۳۵/۰۱	۶۷/۰۷	۶۵/۳۳	۷۳/۶۷	۵۸/۵۲
تنش شدید × ۰/۸	۳۲/۶۳	۱۱۶/۸۸	۶۷/۱۲	۱۲۵/۵۹	۷۷/۶۶
LSD ۵٪	۱/۲۷	۲/۶۳	۱/۹۳	۳/۶۷	۷/۹۲
تنش × دفعات					
عدم تنش × یک بار	۲۴/۵۸	۴۸/۶۸	۳۴/۳۴	۶۹/۴۸	۹۶/۵۱
عدم تنش × دو بار	۲۷/۴۶	۳۱/۹۷	۳۹/۷۱	۱۰۷/۱۰	۲۰۱/۳۵
تنش ملایم × یک بار	۳۰/۴۲	۶۰/۱۵	۶۱/۲۹	۵۱/۲۶	۸۸/۲۱
تنش ملایم × دو بار	۳۰/۵۹	۵۱/۶۲	۵۳/۸۰	۶۱/۳۶	۶۶/۴۲
تنش شدید × یک بار	۲۸/۵۶	۸۷/۹۰	۴۹/۴۹	۷۸/۹۸	۶۹/۵۵
تنش شدید × دو بار	۳۱/۴۳	۷۲/۴۱	۶۰/۹۳	۸۲/۶۶	۵۵/۸۲
LSD ۵٪	۱/۰۴	۲/۱۵	۱/۵۸	۳/۰۰	۶/۴۳
غلظت × دفعات					
صفر × یک بار	۲۲/۷۱	۷۱/۲۷	۶۵/۶۷	۶۶/۳۵	۷۷/۳۲
صفر × دو بار	۲۲/۸۷	۵۰/۰۳	۳۹/۰۳	۹۷/۰۰	۱۱۲/۰۹
۰/۴ × یک بار	۳۳/۲۴	۵۲/۱۹	۴۲/۷۵	۵۷/۹۵	۵۶/۱۴
۰/۴ × دو بار	۳۳/۸۳	۴۵/۴۸	۴۹/۰۳	۶۰/۲۱	۱۳۳/۷۸
۰/۸ × یک بار	۲۷/۶۱	۷۳/۲۷	۳۶/۶۹	۷۵/۴۳	۱۲۰/۸۱
۰/۸ × دو بار	۳۲/۷۹	۶۰/۵۰	۶۶/۳۹	۹۳/۹۱	۷۷/۷۲
LSD ۵٪	۱/۰۴	۲/۱۵	۱/۵۸	۳/۰۰	۶/۴۳

۴-۶-۶- سرعت رشد محصول (CGR)

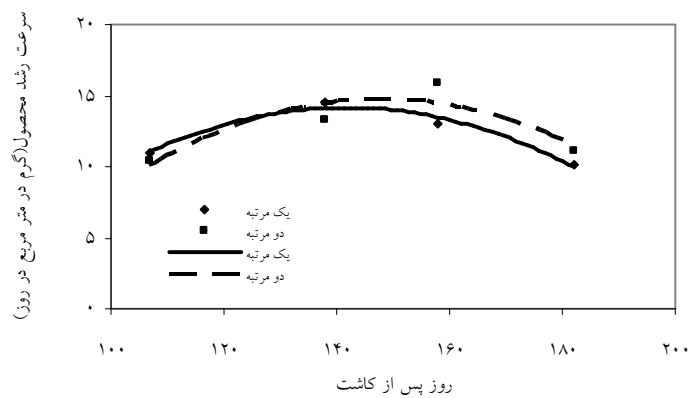
سرعت رشد محصول، افزایش وزن یک اجتماع گیاهی در واحد سطح در واحد زمان می باشد و به طور وسیعی در تجزیه و تحلیل رشد محصولات به کار گرفته شده است. بر خلاف بسیاری از گیاهان زراعی که اندازه گیری سرعت رشد آنها تنها بر اساس اندام هوایی صورت می گیرد، سرعت رشد محصول در چغندر قند بر اساس اندام های هوایی و ریشه است (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲). بررسی بهترین منحنی های عبور داده شده از بین نقاط نمونه برداری حاکی از این نتیجه است که بیشترین سرعت رشد محصول در کل بازه نمونه برداری مربوط به شرایط عدم تنش و حداکثر آن در ۱۵۰ روز پس از کاشت حدود ۱۷ گرم در متر مربع در روز به دست آمد در حالی که در همین زمان حداکثر سرعت رشد محصول در شرایط تنش شدید حدود ۴ گرم در متر مربع در روز کمتر بود. بین دو سطح تنش از این لحاظ تفاوت چندانی دیده نشد (شکل ۴-۴۳). اگر این پارامتر به صورت نقطه به نقطه و با تک تک نمونه برداری ها مورد بررسی قرار گیرد، مشاهده می شود که کاهش سرعت رشد محصول در شرایط عدم تنش و تنش ملایم از نمونه برداری چهارم (۱۵۸ روز پس از کاشت) و در شرایط تنش شدید از نمونه برداری سوم (۱۳۸ روز پس از کاشت) به وقوع پیوست. مقایسه غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک نشان داد اگر چه غلظت ۰/۴ میلی مولار به طور مقطعی در اوایل دوره رشد موجب برتری نسبی سرعت رشد محصول گردید ولی بالاترین غلظت یعنی ۰/۸ میلی مولار موجب افزایش و همچنین دوام CGR بالا در انتهای فصل رشد گردید به طوری که در آخرین نمونه برداری CGR در غلظت ۰/۴ کمتر از ۱۰ گرم در متر مربع در روز بود ولی در غلظت ۰/۸ حدود ۱۵ بود (شکل ۴-۴۴). تکرار محلول پاشی موجب افزایش سرعت رشد محصول از حدود ۱۴۰ روز پس از کاشت به بعد گردید. حداکثر CGR در یک بار محلول پاشی در حدود ۱۴۵ روز پس از کاشت مشاهده شد در حالی که در دو بار محلول پاشی این حداکثر ۱۰ روز بعد یعنی ۱۵۵ روز پس از کاشت به وقوع پیوست (شکل ۴-۴۵).



شکل ۴-۴۳- روند تغییرات سرعت رشد محصول تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری



شکل ۴-۴۴- روند تغییرات سرعت رشد محصول تحت تأثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک

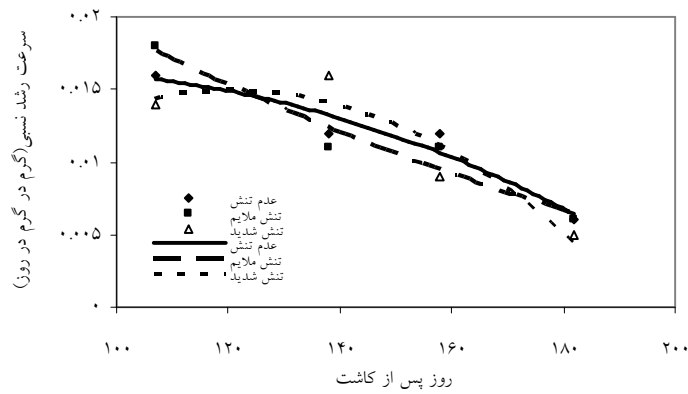


شکل ۴-۴۵- روند تغییرات سرعت رشد محصول تحت تأثیر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک

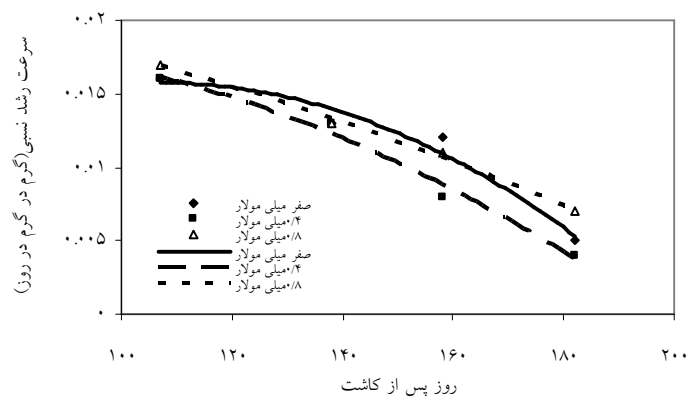
۴-۶-۷- سرعت رشد نسبی (RGR)

سرعت رشد نسبی، بیان کننده وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی مشخص است (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲). روند تغییرات سرعت رشد نسبی بین سطوح مختلف آبیاری، غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک و دفعات محلول پاشی به ترتیب در شکل های ۴-۴۶، ۴-۴۷ و ۴-۴۸ مقایسه شده است. سرعت رشد نسبی در کلیه شرایط به جز تنش شدید و غلظت صفر میلی مولار اسید سالیسیلیک از ابتدا تا انتهای دوره رشد با پیرتر شدن گیاهان و افزایش بافت های مصرف کننده کاهش یافت. سرعت این کاهش در شرایط عدم تنش و همین طور غلظت ۰/۸ میلی مولار اسیدسالیسیلیک به صورت خطی و دارای شیب ملایم بود در حالی که در تیمارهای تنش شدید و غلظت صفر میلی مولار از اواسط فصل رشد به بعد شروع به کاهش نمود. در بقیه تیمارهای مربوط به تنش و غلظت سرعت کاهش از اواسط فصل رشد ملایم شد. تا حدود ۱۴۰ روز پس از کاشت بیشترین RGR مربوط به شرایط تنش شدید و کمترین آن مربوط به تنش ملایم بود (شکل ۴-۴۶).

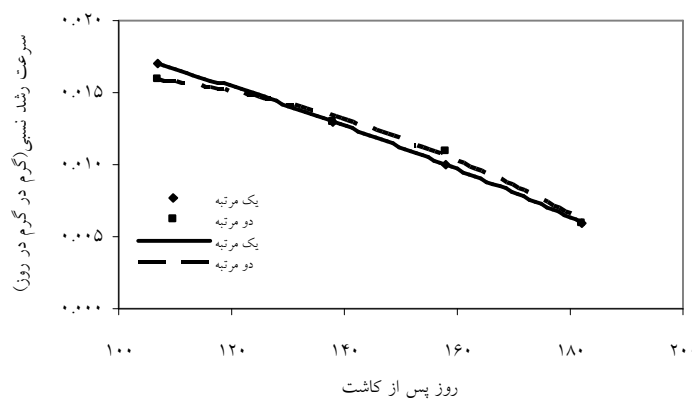
بین غلظت های اسید سالیسیلیک نیز تا همین زمان بیشترین RGR مربوط به غلظت صفر میلی مولار بود. پس از آن هر سه غلظت به طور تقریباً یکسان تا آخر دوره نوسان پیدا کردند (شکل ۴-۴۷). منحنی های مربوط به دفعات محلول پاشی در کل دوره اندازه گیری نشان داد که در هر دو شرایط یک و دو بار محلول پاشی سرعت رشد نسبی از ابتدا تا انتهای دوره رشد کاهش یافت. البته سرعت این کاهش در شرایط یک بار محلول پاشی بیشتر بود (شکل ۴-۴۸).



شکل ۴-۴۶- روند تغییرات سرعت رشد نسبی تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری



شکل ۴-۴۷- روند تغییرات سرعت رشد نسبی تحت تأثیر غلظت های مختلف اسیدسالیسیلیک

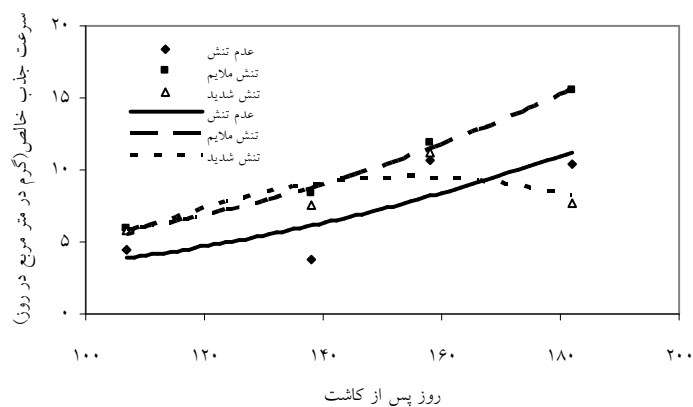


شکل ۴-۴۸- روند تغییرات سرعت رشد نسبی تحت تأثیر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک

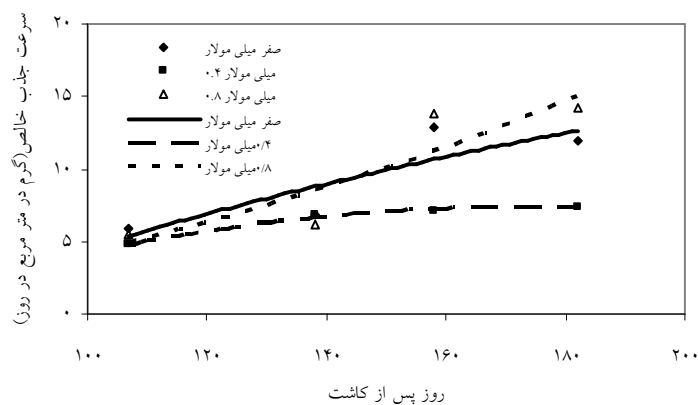
۴-۶-۸- سرعت جذب خالص (NAR)

سرعت جذب خالص یا سرعت اسیمیلاسیون خالص یا سرعت اسیمیلاسیون در واحد سطح بیان‌گر مقدار مواد ساخته شده خالص (اغلب فتوسنتزی) در واحد سطح برگ در واحد زمان می‌باشد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲). بررسی روند تغییرات سرعت جذب خالص یا سرعت اسیمیلاسیون خالص طی دوره رشد گیاه تحت تأثیر تنش کم آبیاری (شکل ۴-۴۹) نشان می‌دهد که در محدوده نمونه‌برداری در این آزمایش در تمام تیمارهای تنش سرعت جذب خالص از ابتدا تا انتهای دوره رشد افزایش یافت. کوچکی و سرمدنیا (۱۳۸۲) عنوان نمودند که سرعت جذب خالص در چغندر قند ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. در شکل ۴-۴۹ نیز اگر به صورت نقطه به نقطه در دو نمونه برداری آخر تأمل شود این کاهش در شرایط عدم تنش و تنش شدید مشاهده می‌گردد و چنانچه نمونه برداری ادامه پیدا می‌کرد روند کاهشی آخر فصل در این پارامتر مشهودتر بود. این صفت در تمام طول دوره رشد گیاه در شرایط تنش بیشتر از شرایط عدم تنش بود. سرعت جذب خالص بیان‌گر میزان ماده ساخته شده طی فتوسنتز در واحد سطح برگ در واحد زمان است و چون در شرایط تنش کم آبی سطح برگ کاهش می‌یابد لذا سرعت جذب خالص در شرایط تنش افزایش می‌یابد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲).

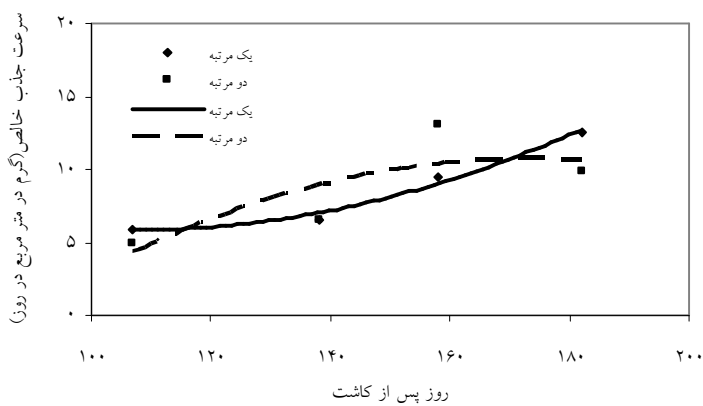
بین غلظت‌های اسید سالیسیلیک، غلظت $0/8$ میلی مولار از حدود ۱۶۰ روز پس از کاشت به بعد بیشترین سرعت جذب خالص را موجب گردید. اگر چه قبل از آن تفاوتی با شاهد نداشت. حداکثر NAR در غلظت $0/4$ میلی مولار حدود $7/5$ گرم در متر مربع در روز بود که در حدود ۱۴۵ روز پس از کاشت مشاهده گردید که به طور قابل توجهی کمتر از دو تیمار دیگر بود و پس از آن روند کاهشی نشان داد (شکل ۴-۵۰). تنها مزیت غلظت $0/4$ این بود که حداکثر NAR در این غلظت با حداکثر LAI (شکل ۴-۲۶) منطبق بود. مقایسه روند تغییرات بین دفعات محلول پاشی در شکل ۴-۵۱ آورده شده است. مقدار NAR در ابتدا و انتهای اندازه‌گیری در شرایط یک بار محلول پاشی بیشتر از دو بار محلول پاشی بود.



شکل ۴-۴۹- روند تغییرات سرعت جذب خالص تحت تأثیر سطوح مختلف تنش کم آبیاری



شکل ۴-۵۰- روند تغییرات سرعت جذب خالص تحت تأثیر غلظت های مختلف اسید سالیسیلیک



شکل ۴-۵۱- روند تغییرات سرعت جذب خالص تحت تأثیر دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک

۴-۷- نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از این تحقیق به طور خلاصه شامل موارد زیر می باشد:

- ۱- تنش ملایم کم آبیاری طول ریشه ذخیره ای را افزایش داد.
- ۲- تنش کم آبیاری موجب کاهش قطر ریشه ذخیره ای، وزن خشک برگ، دمبرگ و طوقه گردید.
- ۳- تنش کم آبیاری سبب کاهش کلروفیل برگ شد.
- ۴- تنش کم آبیاری سرعت ظهور برگ را کاهش داد.
- ۵- محلول پاشی اسید سالیسیلیک در غلظت مناسب (۰/۸ میلی مولار) سرعت ظهور برگ در شرایط تنش کم آبیاری را افزایش داد.
- ۶- تفاوتی بین تأثیر دفعات محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در افزایش سرعت ظهور برگ در شرایط تنش کم آبیاری مشاهده نگردید.
- ۷- سرعت اضمحلال برگ در شرایط تنش کم آبیاری افزایش یافت.
- ۸- محلول پاشی اسید سالیسیلیک در غلظت مناسب (۰/۸ میلی مولار) سرعت اضمحلال برگ در شرایط تنش کم آبیاری را کاهش داد.
- ۹- تنش کم آبیاری موجب کاهش مقدار آب نسبی برگ و دمبرگ در هر دو زمان قبل و بعد از آبیاری گردید.
- ۱۰- محلول پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۴ میلی مولار مقدار آب نسبی برگ را در هر دو زمان قبل و بعد از آبیاری در شرایط تنش کم آبیاری افزایش داد در حالی که غلظت ۰/۸ میلی مولار این ماده نتیجه معکوسی به دنبال داشت.
- ۱۱- تنش ملایم کم آبیاری برخی صفات کیفی ریشه چغندر قند مانند عیار قند، قند قابل استحصال و راندمان استحصال قند را افزایش داد.

۱۲- آبیاری زیاد چغندر قند موجب افزایش ناخالصی های ریشه مانند پتاسیم شد.

۱۳- تنش شدید کم آبیاری شاخص های رشدی مانند شاخص سطح برگ، نسبت سطح برگ، نسبت وزن برگ و سطح ویژه برگ را کاهش داد.

۱۴- محلول پاشی اسید سالیسیلیک در غلظت ها و دفعات مناسب روند تغییرات شاخص های رشد در شرایط تنش کم آبیاری را بهبود بخشید. به عنوان مثال غلظت ۰/۸ میلی مولار اسید سالیسیلیک موجب افزایش سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص در اواخر فصل رشد گردید.

۸-۴- پیشنهادها

این تحقیق در یک سال زراعی، یک مکان و روی یک رقم انجام گرفت و به این دلیل موارد زیر برای حصول نتایج تکمیلی پیشنهاد می گردد:

۱- تکرار این تحقیق در شرایط مشابه و نیز در مناطق مختلف و با دور آبیاری های مختلف می تواند مفید باشد.

۲- عکس العمل ارقام بیشتری از چغندر قند نسبت به محلول پاشی با اسید سالیسیلیک مورد آزمون قرار گیرد.

۳- تأثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک در مراحل مختلف رشد چغندر قند مورد بررسی قرار گیرد.

۴- دامنه وسیع تری از غلظت های اسید سالیسیلیک مورد بررسی قرار گیرد.

۵- در این پژوهش آب به عنوان عامل محدود کننده بود، پیشنهاد می شود که تأثیر اسید سالیسیلیک در مهار سایر تنش های زیستی و غیر زیستی تهدید کننده رشد و تولید چغندر قند مطالعه گردد.

پیوست

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات طول ریشه ذخیره ای تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۹۷۶/۰۷*	۲۶۹۶/۲۲	۱۵۶۵/۷۵	۸۸۲/۳۰	۷۲۷/۸۷
تنش کم آبیاری	۲	۱۵۴۲/۳۰*	۵۵۹/۲۴	۵۰۷/۴۶	۵۵۲/۲۱	۹۶۴/۶۷
خطای اول	۴	۱۲۱/۹۵	۱۲۰۱/۱۴	۱۴۸۲/۶۳	۱۴۵۷/۳۷	۱۰۱۱/۸۱
غلظت محلول پاشی	۲	۲۰/۳۲	۱۹۹/۶۸	۵۰۲/۳۱	۴۰۴/۶۱	۱۱۴/۴۲
دفعات محلول پاشی	۱	۰/۱۷	۱۱۲/۶۷	۰/۵۱	۱۷۱/۵۶	۹۴/۰۱
تنش × غلظت	۴	۱۲۸/۰۴	۵۰۲/۶۵	۲۳۲/۵۰	۳۶/۷۰	۲۰۳/۶۹
تنش × دفعات	۲	۳۶/۲۱	۵۳۹/۱۷	۸۵۸/۷۶	۷۴۴/۹۰	۶۸۵/۰۱
غلظت × دفعات	۲	۱۳۸۴/۴۰*	۶۲۸/۳۲	۱۰۳/۳۸	۱۵/۶۳	۴۳/۲۵
تنش × غلظت × دفعات	۴	۱۸۲/۵۷	۲۰۰/۸۷	۳۷۷/۷۹	۵۴۸/۱۶	۴۴۹/۰۳
خطای دوم	۳۰	۳۷۶/۹۰	۴۸۶/۲۹	۴۸۷/۳۳	۴۰۵/۸۴	۳۱۰/۴۳
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۸۰	۷/۰۶	۶/۴۴	۵/۶۴	۴/۷۷

جدول پیوست ۲- مقایسه میانگین طول ریشه ذخیره ای (میلی متر) تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

تیمار	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تنش کم آبیاری					
عدم تنش	۲۸۲/۱۹۴ b	۳۱۷/۱۸۰	۳۴۷/۸۸۰	۳۵۷/۰۰۰	۳۶۶/۳۸۰
تنش ملایم	۲۹۵/۶۲۵ a	۳۱۴/۱۰۰	۳۴۲/۹۳۰	۳۶۲/۹۰۰	۳۷۷/۷۱۰
تنش شدید	۲۷۷/۸۷۵ b	۳۰۶/۳۶۰	۳۳۷/۲۶۰	۳۵۱/۸۳۰	۳۶۴/۰۱۰
LSD ۵٪	۱۰/۲۲۰	۳۲/۰۷۵	۳۵/۶۳۶	۳۵/۳۳۱	۲۹/۴۳۹
غلظت محلول پاشی					
صفر میلی مولار	۲۸۴/۱۶۷	۳۰۹/۵۱۴	۳۳۷/۰۲۸	۳۵۵/۱۹۴	۳۶۷/۲۷۸
۰/۴ میلی مولار	۲۸۵/۲۳۶	۳۱۶/۱۱۱	۳۴۳/۵۵۶	۳۵۳/۸۷۵	۳۶۸/۶۵۳
۰/۸ میلی مولار	۲۸۶/۲۹۲	۳۱۲/۰۱۴	۳۴۷/۴۸۶	۳۶۲/۶۶۷	۳۷۲/۱۶۷
LSD ۵٪	۱۳/۲۱۶	۱۵/۰۱۲	۱۵/۰۲۸	۱۳/۷۱۴	۱۱/۹۹۴
دفعات محلول پاشی					
یک مرتبه	۲۸۵/۲۸۷	۳۱۳/۹۹۱	۳۴۲/۵۹۳	۳۵۵/۴۶۳	۳۶۸/۰۴۶
دو مرتبه	۲۸۵/۱۷۶	۳۱۱/۱۰۲	۳۴۲/۷۸۷	۳۵۹/۰۲۸	۳۷۰/۶۸۵
LSD ۵٪	۱۰/۷۹۱	۱۲/۲۵۷	۱۲/۲۷۰	۱۱/۱۹۸	۹/۷۹۳

جدول پیوست ۳- میانگین مربعات قطر ریشه ذخیره ای تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۱۱۷/۱۳*	۱۰۱۸/۳۷ **	۸۱۴/۳۹*	۴۰۸/۵۶	۱۱۴/۶۷
تنش کم آبیاری	۲	۳۵/۲۳	۲۴۶/۱۰**	۴۲۲/۹۶	۲۷۵/۸۰	۱۵۴/۰۱
خطای اول	۴	۱۶/۳۵	۱۱/۷۴	۹۸/۷۱	۱۵۳/۱۶	۱۵۲/۰۶
غلظت محلول پاشی	۲	۶۸/۳۵	۳۰/۷۱	۲۰۸/۷۶	۹۹/۲۳	۱۵/۲۹
دفعات محلول پاشی	۱	۴/۸۹	۱۶/۳۹	۱۱/۱۲	۱۱/۳۴	۰/۲۶
تنش × غلظت	۴	۶۲/۳۹	۱۲۰/۷۲	۶۷/۴۷	۶۵/۲۹	۱۱۸/۱۸
تنش × دفعات	۲	۳۳/۶۵	۱۰۸/۷۰	۱۰۸/۱۸	۲۹/۲۰	۱۰۷/۷۰
غلظت × دفعات	۲	۲/۵	۳۴/۰۵	۲/۵۳	۲۴/۰۴	۷۲/۷۷
تنش × غلظت × دفعات	۴	۳۰/۱۱۵	۱۰/۳۹	۲۴/۶۹	۳/۴۳	۶۸/۸۹
خطای دوم	۳۰	۴۴/۳۶	۷۸/۸۸	۹۵/۰۳	۸۲/۲۵	۵۱/۱۰
ضریب تغییرات (درصد)		۱۶/۵۸	۱۶/۰۴	۱۴/۲۶	۱۱/۸۱	۸/۴۱

جدول پیوست ۴- مقایسه میانگین قطر ریشه ذخیره ای (میلی متر) تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

تیمار	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تنش کم آبیاری					
عدم تنش	۴۱/۷۶۴	۵۸/۳۴۷ a	۷۳/۲۲۶	۷۸/۹۷۲	۸۶/۹۷۲
تنش ملایم	۳۹/۶۶۷	۵۶/۵۰۰ a	۶۸/۳۰۶	۷۹/۱۶۷	۸۶/۳۱۹
تنش شدید	۳۹/۱۱۱	۵۱/۲۲۲ b	۶۳/۵۴۲	۷۲/۲۹۲	۸۱/۶۱۱
LSD ۵٪	۳/۷۴۲	۳/۱۷۱	۹/۱۹۵	۱۱/۴۵۴	۱۱/۴۱۲
غلظت محلول پاشی					
صفر میلی مولار	۴۲/۳۷۵	۵۶/۶۳۹	۶۸/۷۵۰	۷۶/۸۷۵	۸۵/۳۴۷
۰/۴ میلی مولار	۳۹/۵۱۴	۵۵/۴۰۳	۷۱/۵۵۶	۷۹/۱۲۵	۸۵/۶۳۹
۰/۸ میلی مولار	۳۸/۶۵۳	۵۴/۰۲۸	۶۴/۷۷۸	۷۴/۴۳۱	۸۳/۹۱۷
LSD ۵٪	۴/۵۳۴	۶/۰۴۶	۶/۶۳۶	۶/۱۷۴	۴/۸۶۷
دفعات محلول پاشی					
یک مرتبه	۳۹/۸۸۰	۵۵/۹۰۷	۶۸/۸۱۵	۷۷/۲۶۹	۸۴/۸۹۸
دو مرتبه	۴۰/۴۸۱	۵۴/۸۰۶	۶۷/۹۰۷	۷۶/۳۵۲	۸۵/۰۳۷
LSD ۵٪	۳/۷۰۲	۴/۹۳۷	۵/۴۱۹	۵/۰۴۱	۳/۹۷۴

جدول پیوست ۵- میانگین مربعات وزن خشک برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۳۰۵۸/۹۹*	۱۳۲۵۴/۶۹	۱۳۱۲۱/۷۶	۱۲۱۳۵/۰۹	۱۳۹۳۰/۲۰
تنش کم آبیاری	۲	۱۸۱۸/۱۸	۴۸۲۸/۷۰	۲۰۹۹۲/۴۷	۵۳۲۰۵/۵۳	۱۰۰۵۳۰/۳۶*
خطای اول	۴	۲۹۴/۴۱	۱۹۷۱/۳۹	۴۷۰۹/۳۶	۷۷۴۹/۷۱	۹۴۴۹/۱۴
غلظت محلول پاشی	۲	۳۲/۱۴	۲۱/۱۹	۳۰۶/۴۷	۲۲۰/۳۰	۲۹۳/۵۰
دفعات محلول پاشی	۱	۸۵/۲۸	۱۴۴/۹۴	۹/۷۵	-/۲۷	۲/۳۸
تنش × غلظت	۴	۱۰۶/۹۳	۴۹/۹۸	۲۰۵/۱۸	۱۸۹/۹۵	۳۰۳/۸۷
تنش × دفعات	۲	۱۳۰/۸۲	۷۷۱/۳۲	۲۰۲/۵۸	۱۵۴/۷۹	۲۶۴/۶۷
غلظت × دفعات	۲	۷۱/۳۳	۱۳۷/۱۰	۲۲۳/۲۲	۱۳۹/۵۰	۱۰۱/۴۵
تنش × غلظت × دفعات	۴	۱۲۰/۸۸	۷۹/۳۳	۵۷/۹۱	۵۰/۳۱	۸۲/۶۴
خطای دوم	۳۰	۱۵۵/۴۰	۲۴۲/۵۵	۳۰۰/۹۱	۴۱۶/۶۶	۲۸۵/۲۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱۵/۳۰	۱۴/۸۳	۱۵/۵۶	۱۹/۰۱	۱۵/۸۸

جدول پیوست ۶- مقایسه میانگین وزن خشک برگ (گرم در متر مربع) تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

تیمار	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تنش کم آبیاری					
عدم تنش	۹۱/۹۴۴	۱۲۳/۹۴۰	۱۴۷/۱۳۰	۱۶۸/۸۶۰	۱۹۱/۸۳۰a
تنش ملایم	۷۱/۸۹۸	۹۴/۸۹۰	۷۹/۰۵۰	۶۵/۶۸۰	۵۳/۵۱۰b
تنش شدید	۸۰/۶۳۸	۹۶/۲۹۰	۱۰۸/۳۲۰	۸۷/۵۵۰	۷۳/۶۳۰b
LSD ۵٪	۱۵/۸۸۰	۴۱/۰۹۲	۶۳/۵۱۱	۸۱/۴۷۲	۸۹/۹۶۳
غلظت محلول پاشی					
صفر میلی مولار	۸۲/۸۷۱	۱۰۴/۹۸۵	۱۰۷/۸۷۹	۱۰۵/۹۹۳	۱۰۲/۴۲۳
۰/۴ میلی مولار	۸۰/۲۰۲	۱۰۶/۱۵۴	۱۱۵/۹۹۳	۱۱۱/۳۳۷	۱۱۰/۴۸۶
۰/۸ میلی مولار	۸۱/۴۰۷	۱۰۳/۹۸۷	۱۱۰/۶۳۴	۱۰۴/۷۵۳	۱۰۶/۰۵۴
LSD ۵٪	۸/۴۸۶	۱۰/۶۰۲	۱۱/۸۰۹	۱۳/۸۹۶	۱۱/۴۹۷
دفعات محلول پاشی					
یک مرتبه	۸۲/۷۵۰	۱۰۶/۶۸۰	۱۱۱/۹۲۷	۱۰۷/۲۹۰	۱۰۶/۵۳۱
دو مرتبه	۸۰/۲۳۷	۱۰۳/۴۰۴	۱۱۱/۰۷۷	۱۰۷/۴۳۲	۱۰۶/۱۱۱
LSD ۵٪	۶/۹۲۹	۸/۶۵۷	۹/۶۴۲	۱۱/۳۴۶	۹/۳۸۷

جدول پیوست ۷- میانگین مربعات وزن خشک دمبرگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۴۰۶/۶۲*	۳۱۱۵/۴۵	۴۴۵۱/۱۵	۵۴۳۶/۰۳	۵۲۳۱/۰۰
تنش کم آبیاری	۲	۶۸۳/۷۷*	۴۷۳۷/۰۵	۱۱۹۴۷/۱۸*	۲۹۴۸۳/۲۸*	۵۹۳۱۱/۵۶*
خطای اول	۴	۴۳/۰۶	۱۲۹۶/۳۱	۱۶۵۷/۹۵	۲۰۸۶/۲۵	۳۳۹۳/۴۲
غلظت محلول پاشی	۲	۶۸/۱۷	۲۱۳/۸۵	۳۱۸/۵۲	۴۰۰/۸۰	۳۵۴/۹۰
دفعات محلول پاشی	۱	۷۵/۱۴	۱۰/۲۷	۲۸۴/۴۲	۰/۷۰	۵۵/۹۰
تنش × غلظت	۴	۱۷/۵۶	۵۸/۹۷	۳۵/۰۹	۱۰۹/۷۵	۱۹/۱۰
تنش × دفعات	۲	۵۸/۸۰	۵۶/۰۴	۴۷/۱۱	۸۳/۶۴	۲۸/۳۷
غلظت × دفعات	۲	۱۸/۳۴	۴۷۳/۰۱*	۵۰۷/۱۷	۲۱۰/۰۳	۳۶۸/۷۷
تنش × غلظت × دفعات	۴	۱۷/۰۹	۲۰۸/۲۲	۲۶۱/۱۲	۲۹۵/۸۴	۵۱۱/۱۷*
خطای دوم	۳۰	۳۱/۹۳	۱۳۶/۷۷	۲۰۳/۹۳	۱۶۴/۰۳	۱۵۵/۹۵
ضریب تغییرات (درصد)		۱۵/۰۱	۱۸/۵۶	۲۱/۶۲	۱۹/۸۴	۲۰/۰۱

جدول پیوست ۸- مقایسه میانگین وزن خشک دمبرگ (گرم در متر مربع) تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

تیمار	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تنش کم آبیاری					
عدم تنش	۴۴/۷۱۷ a	۸۱/۱۵۰	۹۲/۴۱۰ a	۱۰۹/۷۹۰ a	۱۲۸/۲۱۰ a
تنش ملایم	۳۳/۳۹۷ b	۴۹/۸۹۰	۴۰/۹۳۰ b	۳۱/۷۶۰ b	۲۲/۶۳۰ b
تنش شدید	۳۴/۸۳۱ b	۵۸/۰۲۰	۶۴/۸۱۰ ab	۵۲/۱۵۰ b	۳۶/۳۸۰ b
LSD ۵٪	۶/۰۷۳	۳۳/۳۲۱	۳۷/۶۸۴	۴۲/۲۷۲	۵۳/۹۱۲
غلظت محلول پاشی					
صفر میلی مولار	۳۹/۸۴۴	۶۵/۴۲۳	۶۹/۸۷۵	۶۹/۹۳۴	۶۷/۱۳۹
۰/۴ میلی مولار	۳۶/۱۳۸	۶۴/۵۶۴	۶۶/۷۳۶	۶۲/۶۸۱	۶۱/۷۵۵
۰/۸ میلی مولار	۳۶/۹۶۲	۵۹/۰۷۰	۶۱/۵۴۶	۶۱/۰۷۹	۵۸/۳۳۱
LSD ۵٪	۳/۸۴۵	۷/۹۶۲	۹/۷۲۲	۸/۷۱۹	۸/۵۰۱
دفعات محلول پاشی					
یک مرتبه	۳۶/۴۶۹	۶۳/۴۵۵	۶۸/۳۴۷	۶۴/۴۵۱	۶۳/۴۲۶
دو مرتبه	۳۸/۸۲۸	۶۲/۵۸۳	۶۳/۷۵۷	۶۴/۶۷۹	۶۱/۳۹۱
LSD ۵٪	۳/۱۴۱	۶/۵۰۱	۷/۹۳۸	۷/۱۱۹	۶/۹۴۱

جدول پیوست ۹- میانگین مربعات وزن خشک طوقه تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۴/۷۸	۶۵۹/۴۰	۲۴۲/۱۲	۸۶/۵۷	۱۹/۴۵
تنش کم آبیاری	۲	۳۴/۶۳*	۹۶۴/۸۱	۲۶۲۱/۰۸	۲۸۱۴/۶۶*	۲۹۳۰/۹۵*
خطای اول	۴	۴/۱۵	۲۵۱/۱۶	۴۴۹/۶۰	۳۳۸/۰۳	۲۹۷/۶۹
غلظت محلول پاشی	۲	۷/۶۸	۱۳۸/۷۷	۴۷/۴۳	۲۲/۲۲	۱۱۶/۴۰
دفعات محلول پاشی	۱	۴/۰۹	۴/۹۴	۴۰/۸۲	۵/۸۵	۷/۶۶
تنش × غلظت	۴	۲/۱۱	۲۰۴/۸۸	۱۶۱/۳۸	۲۳۱/۵۳	۷۹/۶۸
تنش × دفعات	۲	۰/۳۰	۷۹/۶۱	۳/۴۷	۱۴۸/۳۶	۱۳/۸۵
غلظت × دفعات	۲	۰/۸۰	۱۷/۰۰	۱۶۰/۱۳	۲۳۹/۵۸	۲۳/۲۹
تنش × غلظت × دفعات	۴	۸/۵۶	۱۱۸/۱۷	۷۲/۵۳	۱۲۷/۱۹	۵۵/۲۰
خطای دوم	۳۰	۳۰	۱۰۲/۷۶	۱۵۶/۹۲	۲۲۹/۷۸	۶۹/۷۶
ضریب تغییرات (درصد)		۲۸/۰۸	۳۶/۷۱	۲۶/۵۴	۲۴/۶۴	۱۱/۱۱

جدول پیوست ۱۰- مقایسه میانگین وزن خشک طوقه (گرم در متر مربع) تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

تیمار	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تنش کم آبیاری					
عدم تنش	۷/۰۵۹ b	۳۵/۲۰۴	۵۹/۳۷۲	۷۵/۲۹۵ a	۸۸/۵۷۱ a
تنش ملایم	۹/۱۷۹ a	۲۷/۰۴۱	۴۷/۰۰۱	۵۸/۳۸۹ ab	۷۳/۷۷۸ ab
تنش شدید	۶/۵۷۰ b	۲۰/۵۹۶	۳۵/۲۴۰	۵۰/۸۸۱ b	۶۳/۱۶۴ b
LSD ۵٪	۱/۸۸۵	۱۴/۶۶۷	۱۹/۶۲۴	۱۷/۰۱۵	۱۵/۹۶۸
غلظت محلول پاشی					
صفر میلی مولار	۸/۳۵۶	۲۸/۰۶۱	۴۶/۰۶۴	۶۰/۳۹۲	۷۴/۷۷۸
۰/۴ میلی مولار	۷/۱۸۳	۳۰/۱۳۹	۴۹/۰۶۳	۶۲/۶۱۳	۷۲/۸۴۸
۰/۸ میلی مولار	۷/۲۷۰	۲۴/۶۴۱	۴۶/۴۸۶	۶۱/۵۵۹	۷۷/۸۸۸
LSD ۵٪	۱/۴۵۳	۶/۹۰۱	۸/۵۲۸	۱۰/۳۱۹	۵/۶۸۶
دفعات محلول پاشی					
یک مرتبه	۷/۸۷۸	۲۷/۹۱۶	۴۶/۳۳۵	۶۱/۱۹۳	۷۵/۵۴۸
دو مرتبه	۷/۳۲۸	۲۷/۳۱۱	۴۸/۰۷۴	۶۱/۸۵۱	۷۴/۷۹۴
LSD ۵٪	۱/۱۸۷	۵/۶۳۵	۶/۹۶۳	۸/۴۲۶	۴/۶۴۳

جدول پیوست ۱۱- میانگین مربعات وزن خشک ریشه ذخیره ای تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۱۰۴۷۲/۵۱	۷۵۸۹۳/۸۴	۳۳۶۷۴۳/۸۵	۵۸۶۷۸۹/۹۶*	۱۰۴۴۹۵۳/۴۴*
تنش کم آبیاری	۲	۲۰۳۱/۸۹	۱۰۶۴۴۰/۸۰	۱۱۳۴۴۹/۹۵	۲۴۵۶۸۷/۵۹	۳۰۴۴۴۶/۵۰
خطای اول	۴	۲۴۳۹/۷۷	۱۹۴۰۰/۰۸	۱۱۳۷۰/۱/۸۲	۴۵۲۳۶/۷۳	۱۴۳۲۰۲/۳۴
غلظت محلول پاشی	۲	۱۰۹۸/۴۳	۳۸۷۷/۷۲	۳۵۸۶۷/۸۵	۲۷۱۹۳/۵۰	۶۱۶۸/۶۲
دفعات محلول پاشی	۱	۱۶۸/۱۵	۱۶۷۲/۴۵	۳۴۱۱۸/۰۰	۱۵/۲۰	۱۱۱۴۷/۹۶
تنش × غلظت	۴	۲۴۷۴/۷۵	۱۵۵۹۳/۱۵	۵۱۸۸۸/۱۵	۱۲۸۶۵/۰۵	۷۲۶۷۵/۷۵
تنش × دفعات	۲	۵۶۱۱/۸۱	۱۹۳۹۰/۹۳	۱۹۶۶۳۰/۸۷	۲۰۳۱۴۸/۹۰	۴۰۵۶۳/۲۷
غلظت × دفعات	۲	۱۳۷۳/۴۰	۲۷۹۴/۵۵	۹۸۰/۶۱	۱۷۵۴۷/۲۳	۱۱۳۳۰/۲۵
تنش × غلظت × دفعات	۴	۵۵۹۹/۰۱	۴۰۵۲۴/۲۰	۱۹۴۴۲/۰۶	۳۳۰۷۶/۶۶	۸۷۶۲۵/۵۹
خطای دوم	۳۰	۲۸۳۷/۱۷	۲۴۵۱۴/۱۸	۷۲۰۴۹/۰۳	۸۶۲۲۷/۷۳	۱۰۷۶۱۹
ضریب تغییرات (درصد)		۳۲/۰۱	۳۵/۶۴	۳۱/۹۳	۲۶/۱۸	۲۴/۰۴

جدول پیوست ۱۲- مقایسه میانگین وزن خشک ریشه ذخیره ای (گرم در متر مربع) تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

تیمار	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تنش کم آبیاری					
عدم تنش	۱۵۸/۱۳۰	۴۹۹/۱۸۰	۹۲۴/۲۰۰	۱۲۳۹/۳۵۰	۱۵۰۶/۳۰۰
تنش ملایم	۱۷۸/۳۸۰	۴۶۶/۰۵۰	۸۳۱/۷۰۰	۱۱۱۹/۶۷۰	۱۳۳۶/۸۰۰
تنش شدید	۱۶۲/۷۰۰	۳۵۲/۵۵۰	۷۶۶/۱۰۰	۱۰۰۵/۷۱۰	۱۲۵۰/۷۰۰
LSD ۵٪	۴۵/۷۱۳	۱۲۸/۹۰۰	۳۱۲/۰۷۰	۱۹۶/۸۴۰	۳۵۰/۲۲۰
غلظت محلول پاشی					
صفر میلی مولار	۱۷۱/۵۶۰	۴۳۹/۴۱۰	۸۲۶/۴۵۰	۱۱۲۹/۷۶۰	۱۳۶۱/۷۰۰
۰/۴ میلی مولار	۱۷۰/۲۳۰	۴۵۳/۸۷۰	۸۹۰/۶۸۰	۱۱۵۵/۷۱۰	۱۳۴۷/۷۰۰
۰/۸ میلی مولار	۱۵۷/۴۲۰	۴۲۴/۵۱۰	۸۰۴/۸۷۰	۱۰۷۹/۲۷۰	۱۳۸۴/۴۰۰
LSD ۵٪	۳۶/۲۶۱	۱۰۶/۵۹۰	۱۸۲/۷۳۰	۱۹۹/۹۰۰	۲۲۳/۳۲۰
دفعات محلول پاشی					
یک مرتبه	۱۶۴/۶۴۰	۴۴۴/۸۳۰	۸۶۵/۸۰۰	۱۱۲۱/۰۵۰	۱۳۵۰/۲۴۰
دو مرتبه	۱۶۸/۱۷۰	۴۳۳/۷۰۰	۸۱۵/۵۳۰	۱۱۲۲/۱۱۰	۱۳۷۸/۹۷۰
LSD ۵٪	۲۹/۶۰۷	۸۷/۰۲۷	۱۴۹/۲۰۰	۱۶۳/۲۲۰	۱۸۲/۳۴۰

جدول پیوست ۱۳- میانگین مربعات وزن خشک کل تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۲۸۱۲۸/۹۰*	۲۱۲۲۹۷/۰۰	۵۹۲۹۵۰/۸۴	۹۱۰۰۵۲/۴۱	۱۴۶۴۸۴۶/۲۵
تنش کم آبیاری	۲	۱۳۱۹/۲۰	۲۰۲۴۰۰/۲۶	۳۳۸۱۴۷/۲۷	۷۹۴۶۳۲/۲۵	۱۲۸۵۲۵۴/۸۰
خطای اول	۴	۱۶۹۸/۷۳	۴۴۳۸۸/۹۱	۱۸۶۷۱۹/۰۸	۱۱۶۶۲۰/۰۳	۲۷۶۳۲۴/۷۵
غلظت محلول پاشی	۲	۱۷۲۹/۴۵	۸۲۵۰/۵۷	۴۷۱۵۳/۹۳	۳۴۶۷۹/۲۱	۵۲۴۴/۷۹
دفعات محلول پاشی	۱	۱۰۷/۷۲	۳۴۰۶/۲۶	۳۹۳۲۶/۵۹	۵۸/۹۳	۸۷۹۷/۷۷
تنش × غلظت	۴	۳۱۰۵/۱۹	۱۹۲۶۵/۴۸	۵۳۸۴۹/۶۹	۱۷۸۷۵/۷۱	۷۰۳۶۰/۳۴
تنش × دفعات	۲	۶۵۱۷/۸۷	۲۴۴۹۰/۳۰	۲۱۳۵۷۲/۴۲	۲۱۸۲۴۲/۶۰	۴۹۳۸۲/۱۲
غلظت × دفعات	۲	۲۴۵۸/۸۶	۲۳۳۶۸/۸۸	۱۳۹۶/۹۷	۲۰۴۹۹/۴۳	۱۲۱۰/۱۴۱
تنش × غلظت × دفعات	۴	۶۲۹۰/۷۴	۵۳۶۸۸/۷۵	۲۲۳۲۹/۱۰	۳۷۵۹۲/۳۳	۹۴۲۲۹/۴۸۴
خطای دوم	۳۰	۳۲۴۹/۸۰	۳۰۱۱۸/۷۰	۸۴۰۵۴/۴۸	۱۰۳۷۴۴/۳۰	۱۱۴۹۰۷/۱۰
ضریب تغییرات (درصد)		۱۹/۴۵	۲۷/۳۳	۲۷/۲۱	۲۳/۷۷	۲۱/۰۷

جدول پیوست ۱۴- مقایسه میانگین وزن خشک کل (گرم در متر مربع) تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

تیمار	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تنش کم آبیاری					
عدم تنش	۳۰۱/۸۵۰	۷۳۹/۴۸۰	۱۲۲۳/۱۰۰	۱۵۹۳/۳۰۰	۱۹۱۴/۹۰۰
تنش ملایم	۲۹۲/۸۶۰	۶۳۷/۸۷۰	۹۹۸/۷۰۰	۱۲۷۵/۵۰۰	۱۴۸۶/۸۰۰
تنش شدید	۲۸۴/۷۳۰	۵۲۷/۴۶۰	۹۷۴/۵۰۰	۱۱۹۶/۳۰۰	۱۴۲۳/۸۰۰
LSD ۵٪	۳۸/۱۴۴	۱۹۴/۹۹۰	۳۹۹/۹۱۰	۳۱۶/۰۵۰	۴۸۶/۴۹۰
غلظت محلول پاشی					
صفر میلی مولار	۳۰۲/۶۳۰	۶۳۷/۸۸۰	۱۰۵۰/۲۷۰	۱۳۶۶/۱۰۰	۱۶۰۶/۱۰۰
۰/۴ میلی مولار	۲۹۳/۷۶۰	۶۵۴/۷۲۰	۱۱۲۲/۴۷۰	۱۳۹۲/۳۰۰	۱۵۹۲/۸۰۰
۰/۸ میلی مولار	۲۸۳/۰۵۰	۶۱۲/۲۱۰	۱۰۲۳/۵۲۰	۱۳۰۶/۷۰۰	۱۶۲۶/۷۰۰
LSD ۵٪	۳۸/۸۰۸	۱۱۸/۱۴۰	۱۹۷/۳۷۰	۲۱۹/۲۷۰	۲۳۰/۷۶۰
دفعات محلول پاشی					
یک مرتبه	۲۹۱/۷۳۰	۶۴۲/۸۸۰	۱۰۹۲/۴۱۰	۱۳۵۳/۹۸۰	۱۵۹۵/۷۴۰
دو مرتبه	۲۹۴/۵۶۰	۶۲۶/۹۹۰	۱۰۳۸/۴۴۰	۱۳۵۶/۰۷۰	۱۶۲۱/۲۷۰
LSD ۵٪	۳۱/۶۷۸	۹۶/۴۶۴	۱۶۱/۱۵۰	۱۷۹/۰۳۰	۱۸۸/۴۲۰

جدول پیوست ۱۵- میانگین مربعات مقدار کلروفیل تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	۷۱	۷۸	۸۵	۹۲	۹۹ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۳/۷۵	۱۰/۰۹	۴/۹۵	۲/۹۳	۲/۴۳
تنش کم آبیاری	۲	۲۳۶/۴۱**	۲۳۸/۶۷**	۲۱۱/۱۱**	۲۲۰/۶۸**	۵۳/۰۹
خطای اول	۴	۴/۴۷	۵/۸۹	۷/۲۶	۸/۷۱	۷/۷۰
غلظت محلول پاشی	۲	۷/۷۶	۶/۷۰	۸/۴۳	۹/۲۴	۹/۰۶
دفعات محلول پاشی	۱	۱۳/۵	۱۴/۳۱	۱۱/۶۷	۱۱/۰۳	۱/۳۱
تنش × غلظت	۴	۵/۹۲	۴/۴۲	۴/۲۰	۳/۹۴	۵/۵۶
تنش × دفعات	۲	۱۲/۷۰	۱۰/۲۱	۹/۴۰	۷/۵۳	۵/۴۷
غلظت × دفعات	۲	۱/۸۳	۱/۰۶	۰/۴۹	۰/۳۷	۰/۲۷
تنش × غلظت × دفعات	۴	۰/۳۰	۰/۴۹	۰/۲۱	۰/۶۴	۱/۰۱
خطای دوم	۳۰	۴/۴۳	۴/۷۸	۴/۸۰	۴/۵۱	۴/۱۶
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۲۸	۶/۱۱	۵/۸۶	۵/۱۷	۴/۵۶

ادامه جدول پیوست ۱۵- میانگین مربعات مقدار کلروفیل تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	۱۰۶	۱۱۳	۱۲۰	۱۲۷	۱۳۴ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۱۰/۵۱	۱۱/۳۶	۷/۱۶	۸/۶۲	۲/۹۲
تنش کم آبیاری	۲	۳۶/۲۳	۹۳/۴۹**	۵۰/۳۱*	۹۴/۶۱**	۱۵۶/۷۷**
خطای اول	۴	۷/۱۲	۴/۹۸	۳/۵۹	۱/۹۹	۵/۵۷
غلظت محلول پاشی	۲	۸/۳۷	۳/۹۹	۲/۵۱	۳/۲۱	۰/۶۸
دفعات محلول پاشی	۱	۱/۱۹	۱/۳۴	۳/۷۳	۲/۶۲	۰/۱۳
تنش × غلظت	۴	۵/۸۲	۲/۰۳	۰/۱۰	۰/۳۲	۰/۳۳
تنش × دفعات	۲	۵/۶۹	۴/۹۴	۱/۲۸	۰/۳۱	۱/۲۶
غلظت × دفعات	۲	۰/۱۶	۱/۰۲	۱/۵۳	۲/۳۴	۳/۳۵
تنش × غلظت × دفعات	۴	۱/۷۵	۴/۲۱	۱/۴۹	۲/۱۱	۱/۴۹
خطای دوم	۳۰	۳/۷۹	۳/۵۶	۲/۲۴	۱/۷۱	۱/۷۰
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۱۸	۳/۹۳	۳/۰۱	۲/۵۳	۲/۳۸

ادامه جدول پیوست ۱۵- میانگین مربعات مقدار کلروفیل تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	۱۴۱	۱۴۸	۱۵۵	۱۶۲	۱۶۹	۱۷۶ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۵/۳۶	۳/۱۳	۱۶/۳۱	۸/۳۸	۸/۶۸	۶/۴۸
تنش کم آبیاری	۲	۱۰۴/۸۶*	۲۹/۸۷*	۳۷/۹۸*	۳۳/۷۶*	۳۴/۰۸*	۳۰/۲۱*
خطای اول	۴	۶/۰۱	۲/۵۷	۲/۶۸	۳/۹۸	۱/۹۳	۲/۸۱
غلظت محلول پاشی	۲	۳/۳۳	۲/۱۷	۴/۱۵	۳/۷۳	۱/۴۹	۲/۷۴
دفعات محلول پاشی	۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	۰/۷۸	۰/۲۳	۲/۷۱	۲/۷۶
تنش × غلظت	۴	۲/۶۹	۰/۵۹	۰/۲۱	۰/۳۵	۰/۲۳	۰/۴۶
تنش × دفعات	۲	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۶۵	۰/۵۵	۰/۴۲	۰/۵۹
غلظت × دفعات	۲	۳/۹۱	۰/۶۴	۰/۳۹	۰/۵۵	۰/۴۹	۰/۴۶
تنش × غلظت × دفعات	۴	۱/۱۷	۱/۶۵	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۷۷	۰/۸۱
خطای دوم	۳۰	۱/۹۴	۱/۵۳	۲/۳۶	۲/۴۹	۱/۷۸	۱/۶۵
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۵۰	۲/۱۵	۲/۷۲	۲/۸۸	۲/۵۲	۲/۴۷

جدول پیوست ۱۶- میانگین مربعات مقدار آب نسبی برگ و دمبرگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در دو زمان قبل از آبیاری (۱۲۶ روز پس از کاشت) و بعد از آبیاری (۱۲۷ روز پس از کاشت)

منابع تغییر	درجه آزادی	برگ - قبل از آبیاری	برگ - بعد از آبیاری	دمبرگ - قبل از آبیاری	دمبرگ - بعد از آبیاری
تکرار	۲	۵۳/۳۶	۵۸/۹۴	۸۳/۲۷	۲۶۴/۱۸
تنش کم آبیاری	۲	۱۸۹۲/۶۰*	۱۵۴۸/۱۱*	۱۸۳۵/۶۵*	۱۹۰۴/۵۷*
خطای اول	۴	۱۰۷/۷۰	۱۵۲/۱۸	۲۲۲/۴۳	۱۲۱/۶۸
غلظت محلول پاشی	۲	۹۸/۴۶*	۹۶/۳۶*	۷۳/۹۴	۴۵/۷۸
دفعات محلول پاشی	۱	۶۶/۵۶	۴۸/۱۳	۵۳/۳۶	۴۳/۴۰
تنش × غلظت	۴	۲/۸۴	۳۳/۱۲	۱۹/۳۴	۱۹/۰۵
تنش × دفعات	۲	۵/۲۳	۱۷/۱۴	۶/۱۲	۴/۴۹
غلظت × دفعات	۲	۹/۴۹	۲/۱۴	۳/۱۲	۱۴/۳۰
تنش × غلظت × دفعات	۴	۱۷/۹۹	۳۰/۲۵	۲۶/۵۹	۴۱/۹۰
خطای دوم	۳۰	۲۱/۹۱	۲۲/۹۵	۲۵/۹۵	۲۴/۳۱
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۶۳	۶/۵۲	۸/۲۰	۶/۵۷

جدول پیوست ۱۷- میانگین مربعات برخی صفات کیفی ریشه تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک

منابع تغییر	درجه آزادی	عیار	پتاسیم	سدیم	نیترژن مضره	ضریب قلیائیت
تکرار	۲	۵/۲۹*	۲/۵۹	۰/۹۸	۰/۲۷	۴/۷۹
تنش کم آبیاری	۲	۹/۵۱**	۶/۸۷*	۲/۸۹	۰/۷۳	۱/۰۲
خطای اول	۴	۰/۴۲	۰/۹۷	۰/۶۷	۰/۳۸	۱/۸۱
غلظت محلول پاشی	۲	۰/۷۴	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۷۱
دفعات محلول پاشی	۱	۰/۰۰۵	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۹۸
تنش × غلظت	۴	۰/۲۰	۰/۸۱	۰/۴۹	۰/۴۲	۱/۲۷
تنش × دفعات	۲	۰/۲۱	۰/۹۹	۲/۶۰**	۰/۲۱	۰/۳۴
غلظت × دفعات	۲	۰/۲۰	۱/۶۱*	۰/۷۴	۰/۰۹	۰/۱۰
تنش × غلظت × دفعات	۴	۰/۰۳	۰/۳۳	۰/۱۲	۰/۲۵	۱/۳۹
خطای دوم	۳۰	۰/۴۱	۰/۴۷	۰/۲۹	۰/۲۴	۱/۳۱
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۳۶	۱۱/۱۵	۲۸/۳۷	۳۰/۳۰	۲۱/۷۱

ادامه جدول پیوست ۱۷- میانگین مربعات برخی صفات کیفی ریشه تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک

منابع تغییر	درجه آزادی	قند قابل استحصال	راندمان استحصال قند	قند ملاس	درصد ماده خشک ریشه
تکرار	۲	۹/۴۷*	۴۰/۳۳	۰/۴۹	۶/۲۹*
تنش کم آبیاری	۲	۲۱/۵۷**	۱۱۸/۵۶*	۲/۶۹	۷/۸۹*
خطای اول	۴	۱/۱۰	۱۴/۹۳	۰/۴۳	۰/۷۰
غلظت محلول پاشی	۲	۰/۶۳	۰/۳۰	۰/۰۴	۰/۲۱
دفعات محلول پاشی	۱	۰/۰۰۲	۰/۲۲	۰/۰۴	۰/۰۲
تنش × غلظت	۴	۰/۳۳	۸/۷۶	۰/۲۹	۰/۱۷
تنش × دفعات	۲	۱/۶۷	۲۷/۲۶*	۰/۷۵*	۱/۷۲**
غلظت × دفعات	۲	۰/۳۹	۱۵/۰۱	۰/۶۵*	۰/۳۱
تنش × غلظت × دفعات	۴	۰/۰۵	۱/۹۳	۰/۰۸	۰/۲۳
خطای دوم	۳۰	۰/۷۸	۶/۲۸	۰/۱۹	۰/۳۱
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۵۸	۳/۰۲	۱۶/۵۸	۲/۰۳

جدول پیوست ۱۸- میانگین مربعات عملکرد تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد ریشه	عملکرد شکر	عملکرد شکر سفید
تکرار	۲	۱۹۹۳/۴۵	۴۷/۳۷	۲۳/۲۴
تنش کم آبیاری	۲	۲۵۷۴/۰۴	۶۳/۸۱	۳۰/۳۷
خطای اول	۴	۱۷۴۶/۶۲	۵۳/۷۹	۳۱/۸۷
غلظت محلول پاشی	۲	۳۴۶/۷۶	۱۰/۰۳	۷/۰۵
دفعات محلول پاشی	۱	۲۹/۱۷	۱/۴۰	۱/۳۲
تنش × غلظت	۴	۷۸/۰۸	۳/۷۱	۲/۷۴
تنش × دفعات	۲	۳۴۲/۰۶	۱۰/۵۳	۴/۷۷
غلظت × دفعات	۲	۸۰۷/۱۲	۳۱/۰۶	۲۵/۷۷*
تنش × غلظت × دفعات	۴	۳۹۶/۸۸	۱۳/۵۷	۹/۲۲
خطای دوم	۳۰	۲۸۰/۰۶	۹/۹۷	۷/۰۳
ضریب تغییرات (درصد)		۳۳/۷۲	۳۳/۷۵	۳۴/۳۴

جدول پیوست ۱۹- میانگین مربعات شاخص سطح برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری‌های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۳/۷۰*	۵/۴۰	۹/۹۰	۲/۱۰	۱/۲۰
تنش کم آبیاری	۲	۵/۵۰*	۱۵/۹*	۳۵/۰۰*	۵/۳۰	۳/۵۰
خطای اول	۴	۰/۵۰	۱/۳۰	۵/۰۰	۱/۵۰	۰/۸۰
غلظت محلول پاشی	۲	۶/۵۰**	۱/۸۰**	۰/۳۰	۱/۵۰**	۰/۵۰**
دفعات محلول پاشی	۱	۱/۷۰*	۰/۹۰**	۲/۰۰*	۱/۰۰**	۰/۹۰**
تنش × غلظت	۴	۲/۰۰**	۱/۵۰**	۴/۱۰**	۲/۳۰**	۰/۲۰
تنش × دفعات	۲	۰/۹۰*	۲/۱۰**	۱/۱۰	۰/۳۰	۲/۶۰**
غلظت × دفعات	۲	۰/۷۰	۰/۳۰*	۸/۵۰**	۰/۰۰۵	۲/۲۰**
تنش × غلظت × دفعات	۴	۰/۴۰	۲/۴۰**	۱/۰۰*	۱/۷۰**	۱/۰۰**
خطای دوم	۳۰	۰/۳۰	۰/۰۹	۰/۳۰	۰/۱۰	۰/۰۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۶/۸۱	۱۳/۳۲	۲۱/۶۹	۲۰/۵۹	۲۲/۸۶

جدول پیوست ۲۰- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ (متر مربع در متر مربع) تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری‌های مختلف

تیمار	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تنش کم آبیاری					
عدم تنش	۳/۶۲	۳/۲۱	۴/۲۸	۲/۲۹	۱/۷۱
تنش ملایم	۲/۵۷	۲/۰۴	۱/۶۲	۱/۳۹	۰/۸۲
تنش شدید	۲/۸۰	۱/۳۵	۲/۲۲	۱/۳۲	۱/۲۳
LSD ۵٪	۰/۶۸	۱/۰۷	۲/۰۷	۱/۱۲	۰/۸۱
غلظت محلول پاشی					
صفر میلی مولار	۳/۶۴	۲/۰۰	۲/۶۶	۱/۵۸	۱/۲۷
۰/۴ میلی مولار	۲/۴۴	۲/۵۶	۲/۸۵	۱/۹۹	۱/۴۱
۰/۸ میلی مولار	۲/۹۱	۲/۰۴	۲/۶۱	۱/۴۴	۱/۰۸
LSD ۵٪	۰/۳۴	۰/۲۰	۰/۴۰	۰/۲۳	۰/۲۰
دفعات محلول پاشی					
یک مرتبه	۳/۱۸	۲/۰۷	۲/۹۰	۱/۸۱	۱/۳۸
دو مرتبه	۲/۸۲	۲/۳۳	۲/۵۱	۱/۵۳	۱/۱۳
LSD ۵٪	۰/۲۸	۰/۱۶	۰/۳۳	۰/۱۹	۰/۱۶

جدول پیوست ۲۱- میانگین مربعات نسبت سطح برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۳۷/۵۰	۱۹۰/۴۰	۸۰/۶۰	۰/۹۰	۱/۱۰
تنش کم آبیاری	۲	۴۶۱۲/۳۰*	۱۸۰۳/۷۰*	۱۶۶۱/۶۰**	۴۰/۵۰	۵۲/۲۰
خطای اول	۴	۵۳۷/۶۰	۱۲۵/۰۰	۸۲/۹۰	۲۸/۱۰	۱۰/۴۰
غلظت محلول پاشی	۲	۵۸۶۸/۲۰**	۲۹۹/۵۰	۴/۱۰	۷۵/۱۰**	۳۲/۱۰**
دفعات محلول پاشی	۱	۱۸۰۷/۳۰*	۴۹۹/۳۰*	۲۷/۰۰	۷۰/۰۰**	۲۶/۳۰*
تنش × غلظت	۴	۲۵۳۴/۰۰**	۴۵۲/۲۰**	۳۴۳/۵۰**	۱۴۹/۹۰**	۱۵/۶۰*
تنش × دفعات	۲	۱۱۴۱/۰۰	۱۱۳۱/۵۰**	۲۷/۵۰	۶۲/۹۰**	۶۳/۹۰**
غلظت × دفعات	۲	۱۳۴۱/۹۰	۱۶۸/۰۰	۸۳۷/۴۰**	۱/۰۰	۷۴/۴۰**
تنش × غلظت × دفعات	۴	۱۵۰۹/۴۰*	۵۸۰/۶۰**	۱۱۲/۳۰	۱۱۳/۵۰**	۳۲/۴۰**
خطای دوم	۳۰	۴۳۱/۰۰	۱۱۰/۰۰	۴۹/۰۰	۹/۰۰	۵/۰۰
ضریب تغییرات (درصد)		۱۹/۸۷	۲۹/۷۷	۲۷/۳۷	۲۳/۸۰	۲۹/۶۲

جدول پیوست ۲۲- مقایسه میانگین نسبت سطح برگ (سانتی متر مربع در گرم) تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

تیمار	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تنش کم آبیاری					
عدم تنش	۱۲۱/۷۷	۴۶/۲۷	۳۵/۸۹	۱۴/۰۹	۸/۷۴
تنش ملایم	۹۰/۱۷	۳۲/۵۱	۱۶/۹۸	۱۱/۷۰	۵/۹۱
تنش شدید	۱۰۱/۵۵	۲۶/۸۰	۲۳/۴۹	۱۱/۳۳	۸/۹۷
LSD ۵٪	۲۱/۴۶	۱۰/۳۵	۸/۴۳	۴/۹۰	۲/۹۹
غلظت محلول پاشی					
صفر میلی مولار	۱۲۲/۲۸	۳۴/۱۹	۲۵/۹۸	۱۱/۶۷	۷/۹۶
۰/۴ میلی مولار	۸۶/۱۸	۳۹/۶۸	۲۵/۳۴	۱۴/۶۸	۹/۱۶
۰/۸ میلی مولار	۱۰۵/۰۲	۳۱/۷۱	۲۵/۰۵	۱۰/۷۸	۶/۴۹
LSD ۵٪	۱۴/۱۴	۷/۱۳	۴/۷۴	۲/۰۱	۱/۵۹
دفعات محلول پاشی					
یک مرتبه	۱۱۰/۲۸	۳۲/۱۵	۲۶/۱۶	۱۳/۵۱	۸/۵۷
دو مرتبه	۹۸/۷۱	۳۸/۲۳	۲۴/۷۵	۱۱/۲۴	۷/۱۷
LSD ۵٪	۱۱/۵۴	۵/۸۲	۳/۸۷	۱/۶۴	۱/۳۰

جدول پیوست ۲۳- میانگین مربعات نسبت وزن برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱
تنش کم آبیاری	۲	۰/۰۱۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۰/۰۱۲*	۰/۰۱۹*
خطای اول	۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۴
غلظت محلول پاشی	۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱
دفعات محلول پاشی	۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۲
تنش × غلظت	۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۳
تنش × دفعات	۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۳
غلظت × دفعات	۲	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۲
تنش × غلظت × دفعات	۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲
خطای دوم	۳۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱۹/۷۰	۲۵/۸۵	۲۲/۵۹	۱۹/۰۶	۲۱/۷۶

جدول پیوست ۲۴- میانگین مربعات سطح ویژه برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۳۵۶/۰۰	۳۶/۲۰	۳/۱۰	۳۳/۶۰	۲۸/۵۰
تنش کم آبیاری	۲	۱۰۴۹۸/۵۰**	۶۹۹۹۱/۳۰**	۴۳۶۹۰/۱۰**	۲۹۹۱۸/۹۰**	۳۱۴۷۹/۰۰**
خطای اول	۴	۱۴۱/۷۰	۲۹/۷۰	۴/۲۰	۱۶/۶۰	۳۱/۱۰
غلظت محلول پاشی	۲	۹۸۴۱۰/۴۰**	۱۴۰۷۰/۸۰**	۷۲۷/۶۰**	۱۲۲۳۷/۹۰**	۱۱۲۱۱/۵۰**
دفعات محلول پاشی	۱	۱۲۶۶۲/۳۰**	۸۹۸۳/۶۰**	۹۹۷۴/۲۰**	۱۶۵۲۳/۵۰**	۷۶۳/۹۰**
تنش × غلظت	۴	۴۳۹۳۳/۲۰**	۱۶۶۶۸/۰۰**	۳۵۲۴۹/۰۰**	۲۵۲۸۵/۸۰**	۷۳۴۲/۶۰**
تنش × دفعات	۲	۲۳۲۹/۵۰**	۲۸۳۰۸/۹۰**	۱۳۴۵/۰۰**	۶۳۵۳/۳۰**	۸۰۷۲/۵۰**
غلظت × دفعات	۲	۸۱۲۸/۲۰**	۱۹۶۰/۳۰**	۶۰۸۵۵/۶۰**	۲۲۷۹/۰۰**	۱۷۳۰۳/۸۰**
تنش × غلظت × دفعات	۴	۶۷۴۶/۵۰**	۱۷۹۳۸/۰۰**	۳۶۷۹/۴۰**	۲۴۴۰۳/۵۰**	۶۱۳۲/۵۰**
خطای دوم	۳۰	۲۳۷/۰۰	۲۶/۰۰	۹/۶۰	۱۰/۸۰	۱۹/۵۰
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۱۹	۲/۴۹	۱/۳۳	۱/۹۸	۳/۲۵

جدول پیوست ۲۵- مقایسه میانگین سطح ویژه برگ (سانتی متر مربع در گرم) تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسیدسالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

تیمار	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تنش کم آبیاری					
عدم تنش	۳۹۴/۴۴	۲۶۲/۸۹	۲۹۰/۳۱	۱۳۵/۰۹	۸۸/۲۵
تنش ملایم	۳۵۹/۲۷	۲۱۵/۷۷	۲۰۴/۳۲	۲۱۲/۳۹	۱۵۳/۱۱
تنش شدید	۳۴۸/۱۹	۱۳۹/۳۳	۲۰۵/۶۵	۱۵۱/۲۸	۱۶۶/۴۱
LSD ۵٪	۱۱/۰۲	۵/۰۴	۱/۹۰	۳/۷۷	۵/۱۶
غلظت محلول پاشی					
صفر میلی مولار	۴۴۸/۰۲	۱۸۷/۹۰	۲۳۵/۹۳	۱۶۸/۵۶	۱۴۰/۴۱
۰/۴ میلی مولار	۳۰۲/۸۵	۲۳۸/۲۰	۲۳۸/۱۶	۱۹۲/۵۳	۱۵۸/۳۳
۰/۸ میلی مولار	۳۵۱/۰۳	۱۹۱/۸۹	۲۲۶/۲۰	۱۴۰/۳۸	۱۰۹/۰۳
LSD ۵٪	۱۰/۴۷	۳/۴۹	۲/۱۱	۲/۲۴	۳/۰۱
دفعات محلول پاشی					
یک مرتبه	۳۸۲/۶۲	۱۹۳/۱۰	۲۴۷/۰۲	۱۸۳/۷۵	۱۳۹/۶۹
دو مرتبه	۳۵۱/۹۹	۲۱۸/۹۰	۲۱۹/۸۴	۱۴۸/۷۶	۱۳۲/۱۶
LSD ۵٪	۸/۵۵	۲/۸۵	۱/۷۲	۱/۸۳	۲/۴۶

جدول پیوست ۲۶- میانگین مربعات وزن ویژه برگ تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۱/۹۵	۴/۹۵	۲/۸۰	۸/۷۵	۹/۸۱
تنش کم آبیاری	۲	۱۰۸/۵۴**	۷۲۵۳/۲۸**	۲۲۷۱/۵۷**	۵۰۳۸/۸۸**	۳۸۳۳۷/۸۲**
خطای اول	۴	۰/۶۱	۳/۳۶	۱/۰۳	۱۲/۵۸	۴۸/۴۲
غلظت محلول پاشی	۲	۵۴۴/۷۵**	۱۵۱۲/۵۲**	۲۲۲/۸۰**	۳۵۲۲/۰۷**	۱۱۸/۰۹
دفعات محلول پاشی	۱	۵۲/۹۳**	۲۴۸۷/۳۱**	۱۳۰/۶۷*	۳۹۶۳/۱۱**	۷۲۰۶/۷۴**
تنش × غلظت	۴	۱۸۱/۵۶**	۴۱۸۴/۹۱**	۲۷۷۷/۰۳**	۸۸۴۳/۱۱**	۴۸۴۴/۲۷**
تنش × دفعات	۲	۱۰/۹۵**	۸۷/۴۷**	۴۲۰/۵۳**	۱۴۶۳/۳۸**	۲۲۶۲۰/۲۳**
غلظت × دفعات	۲	۳۴/۸۴**	۲۴۰/۰۷**	۳۶۰۵/۲۸**	۹۱۲/۸۶**	۱۶۸۵۶/۰۵**
تنش × غلظت × دفعات	۴	۲۳/۱۶**	۲۰۱۸/۱۵**	۲۸۱/۶۲**	۶۲۶۹/۱۱**	۷۰۶۱/۷۹**
خطای دوم	۳۰	۱/۱۶	۴/۹۸	۲/۶۸	۹/۶۹	۴۵/۰۶
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۷۳	۳/۸۰	۳/۲۸	۴/۱۴	۶/۹۷

جدول پیوست ۲۷- مقایسه میانگین وزن ویژه برگ (گرم در متر مربع) تحت تأثیر تنش کم آبیاری، غلظت و دفعات محلول پاشی اسید سالیسیلیک در نمونه برداری های مختلف

تیمار	۷۵	۱۰۷	۱۳۸	۱۵۸	۱۸۲ روز پس از کاشت
تنش کم آبیاری					
عدم تنش	۲۶/۰۲	۴۰/۳۳	۳۷/۰۳	۸۸/۲۹	۱۴۸/۹۳
تنش ملایم	۳۰/۵۱	۵۵/۸۹	۵۷/۵۵	۵۶/۳۱	۷۷/۳۲
تنش شدید	۲۹/۹۹	۸۰/۱۶	۵۵/۲۱	۸۰/۸۲	۶۲/۶۸
LSD ۵٪	۰/۷۲	۱/۷۰	۰/۹۴	۳/۲۸	۶/۴۴
غلظت محلول پاشی					
صفر میلی مولار	۲۲/۷۹	۶۰/۶۵	۵۲/۳۵	۸۱/۶۷	۹۴/۷۱
۰/۴ میلی مولار	۳۳/۵۴	۴۸/۸۴	۴۵/۸۹	۵۹/۰۸	۹۴/۹۶
۰/۸ میلی مولار	۳۰/۲۰	۶۶/۸۸	۵۱/۵۴	۸۴/۶۷	۹۹/۲۶
LSD ۵٪	۰/۷۳	۱/۵۲	۱/۱۱	۲/۱۲	۴/۵۷
دفعات محلول پاشی					
یک مرتبه	۲۷/۸۵	۶۵/۵۸	۴۸/۳۷	۶۶/۵۷	۸۴/۷۶
دو مرتبه	۲۹/۸۳	۵۲/۰۰	۵۱/۴۸	۸۳/۷۱	۱۰۷/۸۶
LSD ۵٪	۰/۶۰	۱/۲۴	۰/۹۱	۱/۷۳	۳/۳۱

منابع

- ۱- احمدی، ع. و بیکر، د. آ. ۱۳۷۹. عوامل روزنه ای و غیر روزنه ای محدود کننده فتوسنتز در گندم در شرایط تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۴۱. شماره ۴. صفحات ۸۱۳ تا ۸۲۵.
- ۲- ادیبی فر، ن.؛ لطفی فر، ا.؛ متقی، س. و دادی، ا. ۱۳۸۵. مطالعه اثرات تنش خشکی بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقد و شناسایی رقم مقاوم به خشکی. صفحات ۱ تا ۵.
- ۳- اکبری، م. ۱۳۷۷. تأثیر کم آبیاری بر عملکرد چغندرقد. چکیده مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران. صفحات ۱۷۷ تا ۱۸۹.
- ۴- اهدایی، ب. ۱۳۷۲. انتخاب برای مقاومت به خشکی در ارقام گندم. مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. انتشارات دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران.
- ۵- برادران فیروزآبادی، م. ۱۳۸۱. بررسی رابطه صفات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی ارقام چغندرقد با تنش خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز.
- ۶- بی نام. ۱۳۸۸. آمار نامه وزارت جهاد کشاورزی. معاونت برنامه ریزی و اقتصادی. دفتر آمار و فن آوری. جلد اول. محصولات زراعی و باغی. صفحه ۵۴.
- ۷- بی نام. ۱۳۸۸. انجمن صنفی کارخانه های قند و شکر ایران. ماهنامه شکر. شماره ۸۵. صفحات ۱ تا ۸.
- ۸- پناهی، م.؛ عقدایی، م. و رضایی، م. ۱۳۸۵. تعیین تبخیر و تعرق استاندارد گیاه چغندرقد در کبوترآباد اصفهان. مجله چغندرقد. جلد ۲۲. شماره ۱. صفحات ۲۵ تا ۳۷.
- ۹- توحیدلو، ق. ۱۳۷۸. بررسی کارایی مصرف آب و برخی پارامترهای زراعی فیزیولوژیکی سه رگه چغندرقد در شرایط مطلوب و تنش خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
- ۱۰- توحیدلو، ق. و غالبی، س. ۱۳۷۹. مطالعه کارایی مصرف آب و برخی صفات کمی و کیفی دو رقم چغندرقد در آبیاری بارانی. گزارش پژوهشی سال ۱۳۷۹. بخش تحقیقات به زراعی مؤسسه تحقیقات چغندرقد. صفحات ۴۲ تا ۵۰.
- ۱۱- توکلی، ع. ر. ۱۳۷۵. بررسی اثرات کم آبیاری روی محصول چغندرقد و تعیین تابع تولید. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران.
- ۱۲- جلیلیان، ع.؛ مظاهری، د.؛ توکل افشاری، ر.؛ رحیمیان، ح.؛ عبداللهیان نوقابی، م. و گوهری، ج. ۱۳۸۳. برآورد دمای پایه و بررسی روند جوانه زنی و سبز شدن ارقام منوژرم چغندرقد در درجات مختلف حرارت. مجله چغندرقد. جلد ۲۰. شماره ۲. صفحات ۹۷ تا ۱۱۲.
- ۱۳- جهاد اکبر، م. ر. و ابراهیمیان، ح. ر. ۱۳۷۷. ارزیابی سه مدیریت زراعی و نقش رقم چغندرقد جهت صرفه جویی آب در سه ماهه اول سال. چکیده مقالات پنجمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج. صفحه ۲۸۴.
- ۱۴- جهاد اکبر، م. ر.؛ عقدائی، م. و ابراهیمیان، ح. ر. ۱۳۷۹. بررسی تأثیر تنش خشکی در مرحله رشد مقدماتی بر راندمان مصرف آب در زراعت چغندرقد. مجموعه مقالات (کشاورزی). بیست و دومین دوره سمینارهای سالانه کارخانه های قند و شکر ایران. انتشارات شرکت سهامی عام قند بیستون.
- ۱۵- جهاد اکبر، م. ر.؛ عقدایی، م. و ابراهیمیان، ح. ر. ۱۳۸۰. بررسی اثر تأخیر در آبیاری پس از سبز شدن محصول در زراعت چغندرقد. مجله علمی- ترویجی چغندرقد. جلد ۱۷. شماره ۲. صفحات ۹۹ تا ۱۰۹.
- ۱۶- جهاد اکبر، م. ر.؛ ابراهیمیان، ح. ر.؛ ترابی، م. و گوهری، ج. ۱۳۸۲. تأثیر کم آبیاری بر کمیت و کیفیت چغندرقد در کبوترآباد اصفهان. مجله چغندرقد. جلد ۱۹. شماره ۱. صفحات ۸۱ تا ۱۰۰.

- ۱۷- حبیبی، د. ۱۳۷۲. انتخاب پروژنی های مقاوم به خشکی و شوری چغندرقد در مرحله جوانه زنی اولیه. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
- ۱۸- خدادادیان، ح. ۱۳۷۱. پیشرفت های حاصله در تولید چغندرقد، اصول و روش ها (ترجمه). جلد ۱. نشر علوم کشاورزی. سندیکای کارخانه های قند و شکر ایران. شماره ۴۴.
- ۱۹- خزاعی، ع. ر. ۱۳۸۱. اثر تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیکی ارقام مقاوم و حساس گندم و معرفی مناسب ترین شاخص های مقاومت به خشکی. رساله دکتری زراعت. دانشکده کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۲۵ صفحه.
- ۲۰- خواجه پور، م. ر. ۱۳۸۳. اصول و مبانی زراعت (چاپ دوم). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۳۸۶ صفحه.
- ۲۱- خواجه پور، م. ر. ۱۳۸۵. گیاهان صنعتی (چاپ دوم). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۵۶۴ صفحه.
- ۲۲- خورشید، ع؛ محمود، م. و رنجی، ذ. ا. ۱۳۷۹. بررسی و مقایسه خصوصیات کمی و کیفی ژنوتیپ های متحمل به شوری و خشکی چغندرقد. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد کرج.
- ۲۳- خورشید، ع؛ مصباح، م؛ رنجی، ذ. و واحدی، س. ۱۳۸۲. همبستگی بین صفات کمی و کیفی چغندرقد در شرایط تنش شوری و خشکی در مقایسه با شرایط بدون تنش. مجله چغندرقد. جلد ۱۹. شماره ۲. صفحات ۱۲۳ تا ۱۳۳.
- ۲۴- خورشیدی بنام، م. ب؛ رحیم زاده خوبی، ف؛ میرهادی، م. ج. و نورمحمدی، ق. ۱۳۸۱. بررسی اثرات تنش خشکی در مراحل رشد ارقام مختلف سیب زمینی. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۴. شماره ۱. صفحات ۴۸ تا ۵۸.
- ۲۵- خوشبین، س. ۱۳۸۷. گیاهان معجزه گر. انتشارات ثالث. ۴۶۰ صفحه.
- ۲۶- دولت آبادیان، ا؛ مدرس ثانوی، س. ع. م. و اعتمادی، ف. ۱۳۸۷. اثر پیش تیمار اسید سالیسیلیک بر جوانه زنی بذر گندم (*Triticum aestivum*) در شرایط تنش شوری. مجله زیست شناسی ایران. جلد ۲۱. شماره ۴. صفحات ۶۹۲ تا ۷۰۲.
- ۲۷- راد، ک. و قاسمی نژاد، ش. ۱۳۷۹. داروخانه در خانه (خانواده سالم با تغذیه مناسب). انتشارات پل. ۳۴۴ صفحه.
- ۲۸- رحیمیان، م. ح. و اسدی، ح. ۱۳۷۹. تأثیر تنش آبی بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقد و تعیین تابع تولید ضریب گیاهی آن. ویژه نامه آبیاری. جلد ۱۲. شماره ۱۰. صفحات ۵۸ تا ۶۳.
- ۲۹- رضوانی، س. م؛ نوروزی، ع. و آذری، ک. ۱۳۸۷. اثر سیستم های مختلف آبیاری و مقادیر کود نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف آب آبیاری چغندرقد. مجله چغندرقد. جلد ۲۴. شماره ۲. صفحات ۵۷ تا ۷۲.
- ۳۰- سپاسخواه، ع. ر؛ توکلی، ع. ر. و موسوی، س. ف. ۱۳۸۵. اصول و کاربرد کم آبیاری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی. نشریه شماره ۱۰۰. صفحه ۲۸۸.
- ۳۱- سپهری، ع؛ مدرس ثانوی، س. ع. م؛ قره یاضی، ب. و یمینی، ی. ۱۳۸۱. تأثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۴. شماره ۳. صفحات ۱۸۴ تا ۱۹۵.
- ۳۲- سرمد نیا، غ. ح. ۱۳۷۳. اهمیت تنش های محیطی در زراعت. مقالات کلیدی اولین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشکده کشاورزی کرج. دانشگاه تهران.

- ۳۳- سرمد نیا، غ. ح. و کوچکی، ع. ۱۳۶۸. جنبه های فیزیولوژیکی زراعت دیم (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۶۰ صفحه.
- ۳۴- شکاری، ف. ۱۳۸۰. بررسی تأثیر تنش خشکی بر فنولوژی، روابط آبی، رشد، عملکرد و کیفیت محصول کلزا. رساله دکتری. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز.
- ۳۵- شکیبا، م. ر. ۱۳۸۰. جزوه درسی فیزیولوژی گیاهان زراعی تکمیلی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز.
- ۳۶- شهابی فر، م. و رحیمیان، ح. ۱۳۸۷. تعیین نیاز آبی چغندر قند به روش لایسیمتری در مشهد. مجله چغندر قند. جلد ۲۳. شماره ۲. صفحات ۱۷۷ تا ۱۸۴.
- ۳۷- شیخ الاسلامی، ر. ۱۳۸۲. تکنولوژی قند (چاپ اول). نشر مؤلف. تهران. ۳۶۰ صفحه.
- ۳۸- طالقانی، د. ۱۳۷۷. مطالعه کارآیی مصرف آب و ازت در شرایط مطلوب و تنش در دو آرایش کاشت چغندر قند. رساله دکتری. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات.
- ۳۹- عبداللهیان نوقابی، م. ۱۳۷۱. بررسی تغییرات پارامترهای کمی و کیفی رشد چغندر قند در تاریخ‌های متفاوت کاشت. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس.
- ۴۰- عبداللهیان نوقابی، م. ۱۳۷۹. اکوفیزیولوژی ارقام چغندر قند و علف های هرز آن تحت شرایط تنش خشکی. گزارش پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند کرج. صفحات ۲۵ تا ۳۰.
- ۴۱- عبداللهیان نوقابی، م.؛ شیخ الاسلامی، ر. و بابایی، ب. ۱۳۸۴. اصطلاحات و تعاریف کمیت و کیفیت تکنولوژیکی چغندر قند. مجله چغندر قند. جلد ۲۱. شماره ۱. صفحات ۱۰۱ تا ۱۰۴.
- ۴۲- علیمرادی، ا.؛ دهقان شعار، م.؛ صادقیان مطهر، س. ی.؛ هاشمی، پ.؛ یآوری، ن.؛ گوهری، ج.؛ غالبی، س.؛ ارجمند، م. ن.؛ غدیری، و. ا.؛ یآوری، ن.؛ قلی زاده، ر. و شیخ الاسلامی، ر. ۱۳۷۷. چغندر قند از علم تا عمل (ترجمه). نشر علوم کشاورزی. ۷۳۱ صفحه.
- ۴۳- فرشی، ع. ا.؛ شریعتی، م. ر.؛ جاراللهی، ر.؛ قائمی، م. ر.؛ شهابی فر، م. و تولایی، م. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور. نشر آموزش کشاورزی. جلد ۱. صفحه ۹۰۰.
- ۴۴- قائمی، ع. ا.؛ مهدی حسین آبادی، ز. و سپاسخواه، ع. ۱۳۸۷. بررسی راندمان کاربرد آب در آبیاری معمولی و یک در میان نواری- قطره ای (Tape) و جویچه ای و تأثیر آن بر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۲. شماره ۲. صفحات ۸۵ تا ۹۴.
- ۴۵- قوشچی، ف. ۱۳۸۳. زراعت گیاهان صنعتی- چغندر قند. انتشارات پلک. ۱۱۶ صفحه.
- ۴۶- کافی، م.؛ گنجعلی، ع.؛ نظامی، ا. و شریعتمدار، ف. ۱۳۷۹. آب و هوا و عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی. ۱۱۰ صفحه.
- ۴۷- کافی، م. و مهدوی دامغانی، م. ۱۳۸۱. مکانیسم های مقاومت گیاهان به تنش های محیطی (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۶۷ صفحه.
- ۴۸- کرمی، ف. ۱۳۷۷. واکنش های فیزیولوژیکی گیاهان به تنش های رطوبتی. ماهنامه زیتون. شماره ۱۳۸. صفحات ۳۴ تا ۴۰.
- ۴۹- کوچکی، ع. ۱۳۶۷. جنبه هایی از مقاومت به خشکی در سورگوم. مجله علوم و صنایع کشاورزی. جلد ۲. شماره ۲. صفحات ۷۷ تا ۸۱.
- ۵۰- کوچکی، ع. ۱۳۷۵. زراعت در مناطق خشک (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۰۲ صفحه.

- ۵۱- کوچکی، ع.؛ حسینی، م. و نصیری محلاتی، م. ۱۳۷۶. رابطه آب و خاک در گیاه زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۶۰ صفحه.
- ۵۲- کوچکی، ع. و سلطانی، ا. ۱۳۷۵. زراعت چغندرقد (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۰۰ صفحه.
- ۵۳- کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. ح. ۱۳۸۲. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه) (چاپ دهم). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ صفحه.
- ۵۴- مجد، ا.؛ مداح، س. م.؛ فلاحیان، ف.؛ صباغ پور، س. ح. و چلبیان، ف. ۱۳۸۵. بررسی مقایسه ای اثر اسیدسالیسیلیک بر عملکرد، اجزای عملکرد و مقاومت دو رقم حساس و مقاوم نخود نسبت به قارچ *Acochyta rabiei*. مجله زیست شناسی ایران. جلد ۱۹. شماره ۳. صفحات ۳۱۴ تا ۳۲۴.
- ۵۵- محسن زاده، س.؛ فرهی آشتیانی، ص.؛ ملوبی، م. ع. و قناتی، ف. ۱۳۸۲. اثر تنش خشکی و کلرو کولین کلراید بر رشد و فتوسنتز گیاهچه دو رقم گندم (*Triticum aestivum*). مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره ۶۰. صفحات ۵۶ تا ۶۴.
- ۵۶- محمدی، ا. و آساد، م. ت. ۱۳۷۵. واکنش ارقام چغندرقد به تنش های کم آبی در دوره های مختلف رشد. چکیده مقالات چهارمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان. صفحه ۱۰۵.
- ۵۷- محمدیان، ر. ۱۳۸۰. تعیین شاخص های فیزیولوژیکی مؤثر در گزینش رگه های مقاوم به خشکی در چغندرقد. رساله دکتری. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز.
- ۵۸- محمدیان، ر. ف.؛ عبداللهیان نوقابی، م.؛ باغانی، ج. و حقایقی، ا. ق. ۱۳۸۸. رابطه برخی از صفات مرفولوژیکی در اوایل دوره رشد با عملکرد نهایی سه ژنوتیپ چغندرقد در شرایط شیب رطوبتی متفاوت. مجله چغندرقد. جلد ۲۵. شماره ۱. صفحات ۲۳ تا ۳۸.
- ۵۹- مظاهری تیرانی، م. و منوچهری کلانتری، خ. ۱۳۸۵. بررسی سه فاکتور اسید سالیسیلیک، تنش خشکی و اتیلن و اثر متقابل آنها بر جوانه زنی بذر کلزا (*Brassica napus*). مجله زیست شناسی ایران. جلد ۱۹. شماره ۴. صفحات ۴۰۸ تا ۴۱۸.
- ۶۰- مظاهری تیرانی، م.؛ منوچهری کلانتری، خ. و حسیبی، ن. ۱۳۸۷. اثر متقابل اتیلن و اسید سالیسیلیک بر القای تنش اکسیداتیو و مکانیسم مقاومت به آن در گیاه کلزا (*Brassica napus*). مجله زیست شناسی ایران. جلد ۲۱. شماره ۳. صفحات ۴۲۱ تا ۴۳۱.
- ۶۱- میرزایی، م. ر.؛ رضوانی، م. ا. و گوهری، ج. ۱۳۸۴. تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی چغندرقد. مجله چغندرقد. جلد ۲۱. شماره ۱. صفحات ۱ تا ۱۴.
- ۶۲- میرزایی، م. ر. و رضوانی، س. م. ۱۳۸۶. تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات کیفی چغندرقد در مراحل مختلف رشد رویشی. مجله چغندرقد. جلد ۲۳. شماره ۱. صفحات ۲۹ تا ۴۲.
- ۶۳- نصری، م.؛ حیدری شریف آباد، ح.؛ شیرانی راد، ا. ح.؛ مجیدی هروان، ا. و زمانی زاده، ح. ر. ۱۳۸۵. بررسی اثر تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیکی ارقام کلزا. مجله علمی- پژوهشی علوم کشاورزی. سال دوازدهم. شماره ۱. صفحات ۱۲۷ تا ۱۳۴.
- ۶۴- نوجو، ا.؛ بقایی کیا، م. و جدایی، ع. ۱۳۷۹. بررسی اثرات کم آبیاری و ارزیابی اقتصادی آن در زراعت چغندرقد. گزارش پژوهشی سال ۱۳۷۹ بخش تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقد. مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی. صفحات ۶۵ تا ۷۵.

- ۶۵- نورجو، ا.؛ عباسی، ف.؛ بقایی کیا، م. و جدایی، ع. ۱۳۸۵. تأثیر کم آبیاری بر کمیت و کیفیت چغندر قند در منطقه میاندوآب. مجله چغندر قند. جلد ۲۲. شماره ۲. صفحات ۵۳ تا ۶۶.
- ۶۶- وزان، س. ۱۳۸۱. بررسی اثر تنش خشکی بر میزان تجمع اسید آبسزیک و دیگر صفات فیزیولوژیک در چغندر قند. رساله دکتری زراعت. دانشکده کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. ۲۱۲ صفحه.
- ۶۷- وزیری، ژ. ۱۳۷۷. بررسی اثر مقدار و دور آبیاری بر عملکرد چغندر قند و کیفیت آن. چکیده مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۵ تا ۶ اسفند ۱۳۷۷. تهران. صفحات ۲۵۷ تا ۲۶۹.
- ۶۸- ولدآبادی، س. ع.؛ مظاهری، د.؛ نورمحمدی، ق. و هاشمی دزفولی، س. ا. ۱۳۷۹. بررسی اثر تنش خشکی بر خواص کمی و کیفی و شاخص های رشد ذرت، سورگوم و ارزن. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۲. شماره ۱. صفحات ۳۹ تا ۴۷.
- ۶۹- وهاب زاده، ع. و علی زاده، ا. ۱۳۷۳. آخرین واحه، آب مایه حیات (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۳۰ صفحه.
- ۷۰- یحیوی تبریز، ش. و صدرآبادی حقیقی، ر. ۱۳۸۲. تأثیر آبیاری محدود بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم کلزای بهاره در شرایط آب و هوایی تبریز. مجله پژوهش های زراعی ایران. جلد ۱. شماره ۲. صفحات ۳۰۵ تا ۳۱۳.

- ۷۱- **Albuquerque, M.C. and Carvalho, N.M.** ۲۰۰۳. Effects of the type of environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthus annuus*), soybean (*Glycine max*) and maize (*Zea maize*) seeds with different levels of vigor. *Seed Sci. and Technol.* ۳۱: ۴۶۵- ۴۷۹.
- ۷۲- **Aldesuquy, H.S., Mankarios, A.T. and Awad, H.A.** ۱۹۹۸. Effect of some antitranspirants on growth, metabolism and productivity of saline treated wheat plants. Induction of stomatal closure inhibition of transpiration and improvement of leaf turgidity. *Acta. Bot. Hungarica.* ۴۱: ۱- ۱۰.
- ۷۳- **Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M.** ۱۹۹۸. Crop evapotranspiration. FAO irrigation and drainage paper. No. ۵۶. Rome.
- ۷۴- **Alvarez, A.L.** ۲۰۰۰. Salicylic acid in machinery of hypersensitive cell death and disease resistance. *Plant Mol. Biol.* ۴۴: ۴۲۹- ۴۴۲.
- ۷۵- **Amaducci, M.T., Cucci, G., De Caro, A., Gherbin, P., Mambelli, S. and Venturi, G.** ۱۹۸۹. Sugar beet yield response to irrigation in different environmental conditions. *Irrigation E Drainaggio.* ۳۶: ۱۵۳- ۱۵۹.
- ۷۶- **Amborabe, B.E.** ۲۰۰۲. Antifungal effects of salicylic acid and benzoic acid derivatives towards *Euty palata*: structure activity relationship. *Plant Physiol. Biochem.* ۴۰: ۱۰۵۱- ۱۰۶۰.
- ۷۷- **Anandi, S. and Ramanujam, M.P.** ۱۹۹۷. Effect of salicylic acid on black gram (*Vigna mungo*) cultivars. *Ind. J. Plant Physiol.* ۲: ۱۳۸- ۱۴۱.
- ۷۸- **Anderson, M.D., Chen, Z. and Klessig, D.F.** ۱۹۹۸. Possible involvement of lipid peroxidation in salicylic acid- mediated induction of PR۱ gene expression. *Phytochemistry.* ۴۷: ۵۵۵- ۵۶۶.
- ۷۹- **Antolin, M.C., Yoller, J. and Sanchez- Diaz, M.** ۱۹۹۵. Effects of temporary drought on nitrate- fed and nitrogen- fixing alfalfa plants. *Plant Sci.* ۱۰۷: ۱۵۹- ۱۶۵.
- ۸۰- **Ashok Mishra, K. and Vijay Sing, P.** ۲۰۱۰. A review of drought concepts. *J. of Hydrology.* ۱: ۱- ۱۵.

- ٨١- **Ashraf, M.Y., Azim, A.R., Khan, A.H. and Ala, S.A.** ١٩٩٤. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum*). *Acta Physiologia Plantarum*. ١٦: ١٨٥- ١٩١.
- ٨٢- **Ashraf, M. and Foolad, M.R.** ٢٠٠٧. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance environmental and experimental. *Botany*. ٥٩: ٢٠٦- ٢١٦
- ٨٣- **Bandurska, H. and Stroinski, A.** ٢٠٠٥. The effect of salicylic acid on barley response to water deficit. *Acta Physiol. Plant.* ٢٧ (٣b): ٣٧٩- ٣٨٦.
- ٨٤- **Bansal, K.C. and Nagarajans, S.** ١٩٨٣. Measurement of desiccation tolerance in potato leaves. *Indian J. Plant Physiol.* ٢٦٤: ٤١٨- ٤٢٠.
- ٨٥- **Barkosky, R.R. and Einhellig, F.A.** ١٩٩٣. Effects of salicylic acid on plant- water relationships. *J. Chem. Ecol.* ١٩: ٢٣٧- ٢٤٧.
- ٨٦- **Bazza, M. and Tayaa, M.** ١٩٩٩. Crops yield response to deficit irrigation. In: C. Kirda. (ed). Contribution to improve sugar beet deficit irrigation. PP. ١٤٨- ١٦٠. Netherlands. Kluwer Academic Publishers.
- ٨٧- **Bieloriya, H., Matell, A. and Moresht, S.** ١٩٨٣. Water relation of cotton in water deficits and plant growth vol. VII. Kozwasei. T. T. PP. ٤٩٠-٥٧. New York Academic Press. U.S.A.
- ٨٨- **Bloch, D., Hoffman, C.M. and Martandar, B.** ٢٠٠٦. Impact of water supply on photosynthesis, water use and carbon isotope discrimination of sugar beet genotypes. *Euro. J. Agron.* ٢٤ (٣): ٢١٨-٢٢٥.
- ٨٩- **Blum, A.** ١٩٨٩. Osmotic adjustment and growth of barley genotypes under drought stress. *Crop Sci.* ٢٩: ٢٣٠- ٢٣٣.
- ٩٠- **Blum, A.** ١٩٩٦. Crop responses to drought and the inter pretation of adaptation. *Plant Growth regulation*. ٢٠: ١٣٥- ١٤٨.
- ٩١- **Bohnert, H.J. and Jensen, R.G.** ١٩٩٦. Strategies for engineering water stress tolerance in plants. *Trends Biotechnol.* ١٤: ٨٩- ٩٧.
- ٩٢- **Borsanio, O., Valpuesta, V. and Botella, M.A.** ٢٠٠١. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by Nacl and osmotic stress in Arabidopsis seedlings. *Plant Physiol.* ١٢٦: ١٠٢٤- ١٠٣٠.
- ٩٣- **Brown, K.F., Messem, A.B., Dunham, R.J. and Biscoe, P.V.** ١٩٨٧. Effect of drought on growth and water use of sugar beet. *J. Agric. Sci. Camb.* ١٠٩: ٤٢١- ٤٣٥.
- ٩٤- **Brown, K.F. and Dunham, R.J.** ١٩٨٩. Recent progress on the fibrous root system of sugar beet. In *World Sugar and Smeetener Year book* ١٩٨٩. F. O. Licht Gmb. H. Rutzburg. PP. F٥- F١٣.
- ٩٥- **Bruce, J.P.** ١٩٩٤. Natural disaster reduction and global change. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* ٧٥: ١٨٣١- ١٨٣٥.
- ٩٦- **Bryant, E.A.** ١٩٩١. *Natural Hazards*. Cambridge University Press. Cambridge.
- ٩٧- **Burk, J.J. and Omahony, J.** ٢٠٠١. Protective role in acquired temotolerance of developmentally regulated heat shok proteins in cotton seeds. *J. of Cotton Sci.* ٢: ١٤٧- ١٨٣.
- ٩٨- **Campbell, L.G. and Enz, J.W.** ١٩٩١. Temperature effects on sugar beet seedling emergence. *J. of Sugar beet Res.* ٢٨: ١٢٩- ١٤٠.
- ٩٩- **Carter, J.N., Jensen, M.E. and Traveller, D.J.** ١٩٨٠. Effect of mid- to- late- season water on sugar beet growth and yield. *Agron. J.* ٧٠: ٨٠٦- ٨١٥.

- 100- **Chapman, P. and Westgate, P.** 1993. Water deficit affects receptivity of maize silk. *Crop Sci.* 33: 279-282.
- 101- **Chen, Z., Silva, H. and Klessig, D.F.** 1993. Active oxygen species in the induction of plant systemic acquired resistance by salicylic acid. *Science.* 262: 1883-1886.
- 102- **Chen, H.J., Hou, W.C., Kuc, J. and Lin, Y.H.** 2001. Ca^{2+} dependent and Ca^{2+} independent excretion modes of salicylic acid in tobacco cell suspension culture. *J. Exp. Bot.* 52: 1219-1226.
- 103- **Choudhury, S. and Panda, S.K.** 2004. Role of salicylic acid in regulating cadmium induced oxidative stress in *Oryza sativa* roots. *Plant Physiol.* 30 (3-4): 90-110.
- 104- **Clark, E.A. and Loomis, R.S.** 1978. Dynamics of leaf growth and development in sugar beets. *J. Am. Soc. Sugar beet Technol.* 20: 97-113.
- 105- **Costonguay, Y. and Markharat, A.H.** 1992. Leaf gas exchange in water stressed common bean and tepary bean (*Phaseolus acutifolius*). *Crop. Sci.* 32: 980-986.
- 106- **Cutt, J.R. and Klessig, D.F.** 1992. Salicylic acid in plants: A changing perspective. *Pharmaceu. Technol.* 16: 20-34.
- 107- **Dale, R. and Daiels, R.** 1990. A weather- soil variable for estimating soil moisture stress and corn yield. *Agron. J.* 87: 1100-1121.
- 108- **Dat, J.F; Foyer, C.H. and Scott, I.M.** 1998. Changes in salicylic acid and antioxidants during induced thermotolerance in Mustard seedlings. *Plant Physiol.* 118: 1400-1411.
- 109- **Davis, P.J.** 2000. Plant hormones biosynthesis, signal transduction, action! Springer. Germany. 700 pp.
- 110- **Delibaltov, L. and Sarkizov, M.** 1974. Effect of the irrigation regime on sugar beet yields. *Rasteniev, dn: Nauki.* 2: 109-118.
- 111- **Doorens, J. and Pruitt, D.** 1977. Crop water requirement. FAO irrigation and drainage paper. No. 24. Rome.
- 112- **Drazic, G. and Mihailovic, N.** 2000. Modification of cadmium toxicity in soybean seedlings by salicylic acid. *Plant Physiol.* 168: 011-017.
- 113- **Drazic, G., Mihailovic, N. and Lojic, M.** 2006. Cadmium accumulation in *Medicago sativa* seedlings treated with salicylic acid. *Biol. Plant.* 50 (2): 239-244.
- 114- **Dunham, R. and Clark, N.** 1992. Cropping with stress. *British Sugar Beet Review.* 70 (1): 10-13.
- 115- **Durner, J., Shah, J. and Klessig, D.F.** 1997. Salicylic acid and disease resistance in plants. *Trends Plant. Sci.* 2: 266-274.
- 116- **Durr, C. and Boiffin, J.** 1990. Sugar beet seedling growth from germination to first leaf stage. *J. of Agri. Sci. Camb.* 124: 427-430.
- 117- **Durr, C., Boiffin, J., Fleury, A. and Coulomb, I.** 1992. Analysis of variability of sugar beet (*Beta vulgaris*) growth during the stages. II. Factor influencing seedling size in field conditions. *Agronomie.* 12: 027-030.
- 118- **Ehlig, G.F. and Lemert, R.D.** 1979. Water use and yield of sugar beet over a range from excessive to limited irrigation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43: 403-407.
- 119- **Ekanayake, I.J. and Desong, J.P.** 1992. Stomatal response of some cultivated and wild tuber- bearing potatoes in warm tropics as influenced by water deficits. *Ann. Bot.* 70 (1): 03-10.
- 120- **Elizabeth Abreu, M. and Munne-Bosch, S.** 2008. Salicylic acid may be involved in the regulation of drought-induced leaf senescence in perennials: A case study in field-

grown *salvia officinalis*. L. Plants. Environmental and Experimental Botany. ٦٤ (٧): ١٠٥- ١١٢.

- ١٢١- **El-Sharkawi, H., Farghali, K.A. and Sayad, S.A.** ١٩٨٩. Interactive effects of water stress, Temperature and Nutrients in seed germination of tree desert plants. Academic Press of Egypt.
- ١٢٢- **El-Tayeb, M.A.** ٢٠٠٥. Response of barley Gains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation. ٤٥: ٢١٥- ٢٢٥.
- ١٢٣- **English, M.J., Musick, J.T. and Nmurty, V.V.** ١٩٩٠. Deficit irrigation. P: ٦٣١-٦٦٣. In: G.J. Hoffman, T.A. Howell. And K.H. Solomon (eds). Management of farm irrigation systems. ASAE. Monograph. No. ٩. American Society of Agricultural Engineers. ٢٩٥٠ Niles Road. St. Joseph. MI ٤٩٠٨٥-٩٦٥٩.
- ١٢٤- **Enyedi, A.J., Yalpani, N., Silverman, P. and Raskin, I.** ١٩٩٢. Localization, conjugation and function of salicylic acid in tobacco during the hypersensitive reaction to tobacco mosaic- virus. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. ٨٩: ٢٤٨٠- ٢٤٨٤.
- ١٢٥- **Enyedi, A.J., Yalpani, N., Sliverman, P. and Raskin, I.** ١٩٩٢. Signal molecule in systemic plant resistance to pathogens and pests. Cell. ٧٠: ٨٧٩- ٨٨٦.
- ١٢٦- **Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A. and Alpaslan, M.** ٢٠٠٧. Impact of exogenous salicylic acid on growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. Sci. Hort. ١١٣: ١٢٠- ١٢٨.
- ١٢٧- **Ervin, E.H., Zhang, X.Z. and Fike, J.H.** ٢٠٠٤. Ultraviolet. B radiation damage on kentucky bluegrass. II: Hormone supplement effects. Hort Sci. ٣٩: ١٤٧١- ١٤٧٤.
- ١٢٨- **Fariduddin, Q., Hayat, S. and Ahmad, A.** ٢٠٠٣. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. Photosynthetica. ٤١: ٢٨١- ٢٨٤.
- ١٢٩- **Farooq, M., Aziz, T., Basra, S.M.A., Cheema, M.A. and Rehman, H.** ٢٠٠٨. Chilling tolerance in hybrid maize induced by seed priming with salicylic acid. Journal of Agronomy and Crop Science. ١٩٤: ١٦١- ١٦٨.
- ١٣٠- **Fernandez, G.J., Mcinnes, K.J. and Cothorn, T.** ١٩٩٦. Water status and leaf area production in water and nitrogen stressed conditions. Crop Science. ٣٦: ١٢٢٤- ١٢٣٣.
- ١٣١- **Flexas, J. and Medrado, H.** ٢٠٠٢. Drought inhibition of photosynthesis in C_3 -plants: Stomatal and non- stomatal limitation revisited. Ann. of Bot. ١٨٣: ١٨٣- ١٨٩.
- ١٣٢- **Forouhar, F., Yang, Y., Kumar, D., Chen, Y., Fridman, E., Park, S.W., Chiang, Y., Acton, T.B., Montelione, G.T., Pichersky, E., Klessig, D.F. and Tong, L.** ٢٠٠٥. Structural and biochemical studies identify tobacco SABP γ as a methyl salicylate esterase and implicate it in plant innate immunity. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. ١٠٢: ١٧٧٣- ١٧٧٨.
- ١٣٣- **Ganesan, V. and Thomas, G.** ٢٠٠١. Salicylic acid response in rice: influence of salicylic acid on H_2O_2 accumulation and oxidative stress. Plant Sci. ١٦٠: ١٠٩٥- ١١٠٦.
- ١٣٤- **Gechev, T., Gadjev, I., Van- Breusegem, F., Inze, D., Duleiandjiev, S., Toneva, V. and Minkov, I.** ٢٠٠٢. Hydrogen peroxide protects tobacco from oxidative stress by inducing a set of anti oxidant enzymes. Cell Mol. Life Sci. ٥٩: ٧٠٨- ٧١٤.
- ١٣٥- **Ghai, N., Setia, R.C. and Setia, N.** ٢٠٠٢. Effects of Paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill activity and yield components in *Brassica napus* L. (cv. GSL- ١). Phyto morphology. ٥٢: ٨٣- ٨٧.
- ١٣٦- **Gimenez, C., Mitchell, V.J. and Lawlor, D.W.** ١٩٩٢. Regulation of photosynthetic rate of two sunflower hybrids under water stress. Plant Physiol. ٩٨: ٥١٦- ٥٢٤.

- 137- **Giunta, F., Motzo, R. and Deidda, M.** 1990. Effect of drought on leaf area development, biomass production and nitrogen uptake of durum wheat grown in a mediterranean environment. *Aust. J. Agric. Res.* 96: 99- 111.
- 138- **Glass, A.D.M.** 1970. Inhibition of phosphate uptake in barley roots by hydroxybenzoic acids. *Phytochem.* 14: 2127- 2130.
- 139- **Glass, A.D.M. and Dunlop, J.** 1974. Influence of phenolic acids on ion uptake. IV Depolarization of membrane potentials. *Plant Physiol.* 04: 800- 808.
- 140- **Gummerson, R.J.** 1986. The effect of constant temperatures and osmotic potentials on the germination of sugar beet. *J. Exp. Bot.* 37: 729- 741.
- 141- **Gutierrez- Coronado, M., Trejo, C.L. and Larque- Saavedra, A.** 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiol. Biochem.* 36: 063- 060.
- 142- **Hamada, A.M. and Al-Hakimi, A.M.A.** 2001. Salicylic acid versus salinity-drought induced stress on wheat seedlings. *Rostl. Vyr.* 47: 444- 450.
- 143- **Hang, A.N. and Miller, D.E.** 1986. Sugar beet development and Partitioning to root growth. *Agron. J.* 78: 10- 18.
- 144- **Hanks, R.J., Sisson, D.V., Hurst, R.L. and Hubbard, K.G.** 1980. Statistical analysis of results from irrigation experiments using the LINE- SOURCE sprinkler system. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 886- 888.
- 145- **Hargreaves, G.H. and Samani, Z.A.** 1984. Economic consideration of deficit irrigation. *J. A. Irrig. Drain. Eng.* 110 (4): 343-308.
- 146- **Harper, S R. and Balke, N.E.** 1981. Characterization of the inhibition of K⁺ absorption in oats roots by salicylic acid. *Plant Physiol.* 78: 1349- 1353.
- 147- **Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A.** 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environ. and Experi. Botany.* 78: 14- 20.
- 148- **Hayat, S., Hasan, S.A., Fariduddin, Q. and Ahmad, A.** 2008. Growth of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in response to salicylic acid under water stress. *J. Plant Int.* 3 (4): 297-304.
- 149- **He, J.X., Wang, J. and Liang, H.G.** 1997. Effects of water stress on photochemical function and protein metabolism of photosystem II in wheat leaves. *Physiol. Plant.* 93: 771- 777.
- 150- **He, Y.L., Liu, Y.L., Cao, W.X., Huai, M.F., Xu, B.G. and Huang, B.G.** 2000. Effects of salicylic acid on heat tolerance associated with antioxidant metabolism in kentucky bluegrass. *Crop Sci.* 40: 988- 990.
- 151- **Hills, F.J., Winter, S.R. and Henderson, D.W.** 1990. Sugar beet. In: B. A. Stewart and D. R. Nielson (eds.). *Irrigation of agricultural crops.* Madison, Wisconsin, USA. pp. 790- 810.
- 152- **Hiscox, J.D. and Israelstam, G.F.** 1978. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Can. J. Bot.* 07: 1332- 1334.
- 153- **Horvath, E., Janda, T., Szalai, G. and Paldi, E.** 2002. In vitro salicylic acid inhibition of catalase activity in maize: Differences between the isozymes and a possible role in the induction of chilling tolerance. *Plant Sci.* 163: 1129- 1130.
- 154- **Hsiao, T.C.** 1973. Plant responses to water stress. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 24: 019- 070.
- 155- **Hussein, M.M., Balbaa, L.K. and Gaballah, M.S.** 2007. Salicylic acid and salinity effects on growth of maize plants. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 3 (4): 321- 328.

- ۱۵۶- **Hussain, M., Malik, M.A., Farooq, M., Ashraf, M.Y. and Cheema, M.A.** ۲۰۰۸. Improving drought tolerance by exogenous application of glycine betaine and salicylic acid in sun flower. *Journal of Agronomy and Crop Science*. ۱۹۴: ۱۹۳- ۱۹۹.
- ۱۵۷- **Ibrahim, R.K. and Towers, G.H.N.** ۱۹۵۹. Conversion of salicylic acid to gentisic acid and O- pyrocatechuic acid, all labeled with carbon- ۱۴, in plants. *Nature*. ۱۸۴: ۱۹۳.
- ۱۵۸- **Idso, S.B.** ۱۹۸۲. Non- water- stressed baselines a key to measuring and interpreting plant water stress. *Agri. Meteor.* ۲۷: ۵۹- ۷۰.
- ۱۵۹- **Inze, D. and Montagu, M.V.** ۲۰۰۰. Oxidative stress in plants. TJ International Ltd, Padstow, Cornwall. Great Britain. ۳۲۱ pp.
- ۱۶۰- **Janda, T., Szalai, G., Antunovics, Z.S., Horvath, E. and Paldi, E.** ۲۰۰۰. Effect of benzoic acid and aspirin on chilling tolerance and photosynthesis in young maize plants. *Maydica*. ۴۵: ۲۹- ۳۳.
- ۱۶۱- **Janda, T., Szalai, G., Rios-Gonzalez, K., Veisz, O. and Paldi, E.** ۲۰۰۳. Comparative study of frost tolerance and anti oxidant activity in cereals. *Plant Sci*. ۱۶۴: ۳۰۱- ۳۰۶.
- ۱۶۲- **Jensen, M.E. and Erie, L.J.** ۱۹۷۱. Irrigation and water management. PP: ۱۹۱- ۲۲۲.
- ۱۶۳- **Johnson, W.C. and Davis, R.G.** ۱۹۷۱. Growth patterns of irrigated sugar beet roots and tops. *Agronomy J.* ۶۳: ۶۴۹- ۶۵۲.
- ۱۶۴- **Kerr, S. and Leaman, M.** ۱۹۹۷. Varieties for ۱۹۹۸. *British Sugar Beet Review*. ۶۵ (۲): ۱۱- ۱۳.
- ۱۶۵- **Khajeh Hosseini, M., Bingham, I. and Powell, A.A.** ۲۰۰۰. The effect of reduced water availability and salinity on the early seedling growth of soybean. Proceeding of the Third International Crop Science Congress. ۱۷- ۲۱ August ۲۰۰۰. humburg.
- ۱۶۶- **Kirda, C.** ۲۰۰۲. Deficit irrigation practices., Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. FAO. <http://www.fao.org/docrep/004/Y2600E/Y2600E00.htm>.
- ۱۶۷- **Kiziloglu, M.F., Sahin, U., Angir, L. and Anapali, O.** ۲۰۰۷. The effect of deficit irrigation on water- yield relationship of sugar beet (*Beta Vulgaris*) under cool season and semi arid climatic conditions. *Int. Sugar J.* ۱۰۸: ۹۰- ۹۴.
- ۱۶۸- **Kramer, P. S.** ۱۹۸۳. Water relations of plants. Academic Press. PP. ۳۴۲- ۴۱۵.
- ۱۶۹- **Krantev, A., Yordanova, R., Janda, T., Szalai, G. and Popova, L.** ۲۰۰۸. Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize plants. *J. Plant Physiol.* ۱۶۵: ۹۲۰- ۹۳۱.
- ۱۷۰- **Kumar, P., Lakshmi, N.J. and Mani, V.P.** ۲۰۰۰. Interactive effects of salicylic acid and phyto hormones on photosynthesis and grain yield of soybean (*Glycine max L. Merrill*). *Physiol. Mol. Biol. Plant. J.* ۶: ۱۷۹- ۱۸۶.
- ۱۷۱- **Lamb, C. and Dixon, R.A.** ۱۹۹۷. The oxidative burst in plant disease resistance. *Annu. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol. Plants.* ۶: ۱۷۹- ۱۸۶.
- ۱۷۲- **Lee, G.S. and Schmehl, W.R.** ۱۹۸۸. Effect of planting date and nitrogen fertility on appearance and senescence of sugar beet leaves. *J. of Sugar Beet Research*. ۲۵ (۱): ۲۸- ۴۱.
- ۱۷۳- **Leung, J., Bouvier-Durand, M., Morris, P.C., Guerrier, D., Chedfor, F. and Giraulat, J.** ۱۹۹۶. Arabidopsis ABA- response gene AB. II. Features of a calcium- modulated protein phosphatase. *Plant Sci.* ۲۶۴: ۱۴۴۸- ۱۴۵۲.

- 174- **Levitt, J.** 1980. Response of plants to environmental stresses. II. Water radiation, salt and other stresses. Acad. Press. New York. PP. 187- 211.
- 175- **Loon, C.D.** 1981. The effect of water stress on potato growth, development, and yield. Amer. Potato. J. 58: 51- 69.
- 176- **Lopez, M., Humara, J.M., Casares, A. and Majada, J.** 1999. The effect of temperature and water stress on laboratory germination of eucalyptus globulus labill. Seeds of different sizes. INRA. EDP Sciences. 57: 240- 250.
- 177- **Majundar, S., Ghosh, S., Glick, B.R. and Durnbroff, F.B.** 1991. Activities of chlorophyllase phosphoenol pyruvate carboxylase and ribulose- 1, 5- bisphosphate carboxylase in the primary leaves of soybean during senescence and drought. Physiol. Plant. 81: 473- 480.
- 178- **Mantovani, G. and Vaccari, G.** 1989. The beet technological value and storage conditions (abstract). J. Sugar beet Res. 26: A 16.
- 179- **Matin, M.A., Brown, J.H. and ferguson, H.** 1989. Leaf water potential, relative water content, and diffusive resistance in barley. Agron. J. 81: 100- 105.
- 180- **May, L.H. and Milthorpe, F.L.** 1962. Drought resistance of crop plants. Field Crop Abstracts. 10: 171- 179.
- 181- **Mayoral, M., Atsman, L.D., Shimshi, D. and Gromete-Elhanan, Z.** 1981. Effect of water stress of enzyme activities on wheat and related wild species: Carboxylase activity, electron transport and photophrylation in isolated chloroplasts. Aust. J. Plant Physiol. 8: 380- 393.
- 182- **Metraux, J.P. and Durner, J.** 2004. The role of salicylic acid and nitric oxid in programmed cell death and induced resistance. In Molecular Ecotoxicology of Plants, (ed). H, Sanderman. Berlin. Springer. P. 111- 150.
- 183- **Milford, G.F.J., Pocock, T.O. and Riley, J.** 1980. An analysis of leaf growth in sugar beet. II: Leaf appearance in field crops. Annals of Applied Biology. 106: 173- 180.
- 184- **Miller, D.E. and Aursaj, J.S.** 1976. Yields and sugar content of sugar beet as affected by deficit high frequency irrigation. Agron. J. 68: 231- 234.
- 185- **Modhan, M.M., Narayanan, S.L. and Ibrahim, S.M.** 2000. Chlorophyll stability indexes (CSI): its impacts on salt tolerance in rice. International Rice Res. Institute. Notes. 20. 2: 38- 40.
- 186- **Morgan, J.T. and Cattarch, A.W.** 1986. Foliar nitrogen fertilization of sugar beets. J. Bot. 23: 160- 165.
- 187- **Muchow, R.C., Sinclair, T.R., Bennet, J.M. and Hammond, L.C.** 1986. Response of leaf growth, leaf nitrogen and stomatal conductance to water deficits during vegetative growth of field- grown soybean. Crop. Sci. 26: 1190- 1195.
- 188- **Nawrath, C. and Metraux, J.P.** 1999. Salicylic acid induction deficient mutants of Arabidopsis express PR- 2 and PR- 6 and accumulate high levels of camalexin after pathogen inoculation. Plant Cell. 11: 1393- 1404.
- 189- **Oldfield, J.F.T.** 1974. Quality requirements for economic processing in factory. In proceeding of the 37th winter congress of the international institute for sugar beet research. Session 11. Repor no. 22 PP.

- 190- **Ommen, O.E., Donnelly, A., Vanhoutvin, S., Vanoijen, M. and Manderscheid, R.** 1999. Chlorophyll content of spring wheat flag leaves grown under elevated CO₂ concentration and other environmental stress within ESPACE- wheat project. Eur. J. Agron. 10: 197- 203.
- 191- **Pancheva, T.V., Popova, L.P. and Uzunova, A.M.** 1996. Effect of salicylic acid on growth and photosynthesis in barley plants. J. Plant Physiol. 149: 57- 63.
- 192- **Panda, S.K. and Patra, H.K.** 2007. Effect of salicylic acid potentiates cadmium-induced oxidative damage in *Oryza sativa* leaves. Acta Physiol. Plant. 29: 567- 570.
- 193- **Park, S.W., Liu, P.P., Forouhar, F., Vlot, A.C., Tong, L., Tietjen, K. and Klessig, D.F.** 2009. Use of a synthetic salicylic acid analog to investigate the roles of methyl salicylate and its esterases in plant disease resistance. J. Biol. Chem. 284 (11). 7307- 7317.
- 194- **Penman, H.L.** 1970. Woburn irrigation, 1960- 1968: results for rotation crops. J. Agric. Sci. Camb. 75: 89- 102.
- 195- **Pessaraki, M.** 1999. Handbook of plant and crop stress. Second Edition. Marcel Dekker. Inc.
- 196- **Popova, L., Ananieva, V., Hristova, V., Christov, K., Georgieva, K., Alexieva, V. and Stoinova, Zh.** 2003. Salicylic acid and methyl jasmonate induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress. Bulg. S. Plant Physiol. Special Issue. 133- 152.
- 197- **Prasad, K.V.S.K., Pardha, S.P. and Sharmila, P.** 1999. Concerted action of anti oxidant enzymes and curtailed growth under zinc toxicity in Brassica juncea. Environ. Exp. Bot. 42: 1- 10.
- 198- **Rajasekaran, L.R. and Blake, T.J.** 1999. New plant growth regulators protect photosynthesis and enhance growth under drought of juck pine seedlings. J Plant. Growth Regul. 18: 175- 181.
- 199- **Raskin, I.** 1992. Role of salicylic acid in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 43: 439-473.
- 200- **Rasmussen, J.B., Hammerschmidt, R. and Zook, M.N.** 1991. Systemic induction of salicylic acid accumulation in cucumber after inoculation with *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. Plant Physiol. 97: 1342-1347.
- 201- **Reinefeld, E., Emmerich, A., Baumgarten, G., Winner, C. and Beiss, U.** 1974. Zur voraussage des melassezuckers aus rubenanalysen. Zucker. 28: 2- 10.
- 202- **Rhodes, D. and Hanson, A.D.** 1993. Quaternary ammonium and tertiary sulfonium compounds in higher plants. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 44: 307- 384.
- 203- **Rytter, R.M.** 2005. Water Use Efficiency. Carbon isotope discrimination and biomass production of two sugar beet varieties under well- watered and dry conditions. Journal of Agron. and Crop Sci. 191 (13): 426- 438.
- 204- **Sakellariou-Makrantonaki, M., Kalfountzos, D. and Vyrilas, P.** 2002. Water saving and yield increase of sugar beet with subsurface drip irrigation. Global Nestithe Int. J. 4 (2- 3): 80- 91.
- 205- **Sakhabutdinova, A.R., Fatkhutdinova, D.R. and Shakirova, F.M.** 2004. Effect of salicylic acid on the activity of antioxidant enzymes in wheat under conditions of salination. App. Biochem. Microbiol. 40: 501- 505.

- ۲۰۶- **Salehi, M.** ۲۰۰۴. The effect of increase of CO₂ and salinity, aridity and nitrogen stresses on some of physiological and morphological of spring wheat. M. Sc. thesis, Agriculture Faculty of Ferdowsi University.
- ۲۰۷- **Sayer, W.** ۱۹۹۴. Tillage effects on dry land wheat and sorghum production in the southern great plains. *Agron. J.* ۸۶: ۳۱۰- ۳۱۷.
- ۲۰۸- **Schittenhel, M.S.** ۱۹۹۹. Agronomic performance of root chichory, Jerur salem artichoke and sugar beet in stress and non stress environments. *Crop Sci.* ۳۹: ۱۸۱۰- ۱۸۲۳.
- ۲۰۹- **Senaranta, T., Touchell, D., Bunn, E. and Dixon, K.** ۲۰۰۲. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regul.* ۳۰: ۱۵۷- ۱۶۱.
- ۲۱۰- **Seraj, R. and Sinclair, T.R.** ۲۰۰۲. Osmolyte accumulation can it really help increase crop yield under drought conditions? *Plant Cell Environ.* ۲۵: ۳۳۳- ۳۴۱.
- ۲۱۱- **Shah, C.B. and Loomis, R.S.** ۱۹۶۵. Ribonucleic acid and protein metabolism in sugar beet during drought. *Physiol. Plant.* ۱۸: ۲۴۰- ۲۵۴.
- ۲۱۲- **Shakirova, F.M. and Bezrukova, M.V.** ۱۹۹۷. Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. *Biology Bulletin.* ۲۴: ۱۰۹- ۱۱۲.
- ۲۱۳- **Shakirova, F.M. and Sahabuddinova, A.R.** ۲۰۰۳. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant. Sci.* ۱۶۴: ۳۱۷- ۳۲۲.
- ۲۱۴- **Slaymarker, D.H., Navarre, D.A., Clark, D., Pozo, O.D., Martin, G.B. and Klessig, D.F.** ۲۰۰۲. The tobacco salicylic acid- banding protein ۳ (SABP۳) is the chloroplast carbonic anhydrase, which exhibition antioxidant activity and plays a role in the hypersensitive defense response. *PANS.* ۹۹ (۱۸): ۱۱۶۴۰- ۱۱۶۴۵.
- ۲۱۵- **Sticher, L., Mauchmani, B. and Metraux, J.P.** ۱۹۹۷. Systemic acquired resistance. *Annu. Rev. Phyto pathol.* ۳۵: ۲۳۵- ۲۷۰.
- ۲۱۶- **Stocker, O.** ۱۹۹۶. Physiological and morphological changes in plant due to water deficiency. *Agron. J.* ۶۵: ۶۳- ۷۴.
- ۲۱۷- **Taiz, L. and Zeiger, E.** ۱۹۹۱. *Plant physiology.* The Benjamin / Cummings Publishing Company. Inc. California. PP. ۵۶۵.
- ۲۱۸- **Tardieu, F., Zhang, J., Katergi, N., Bethenod, O., Palmen, S. and Davies, W.J.** ۱۹۹۲. Xylem ABA controls the stomatal conductance of field grown maize subjected to soil compaction on soil drying. *Plant Cell Environ.* ۱۵: ۱۹۳- ۱۹۷.
- ۲۱۹- **Tasgin, E., Atici, O. and Nalbantoglu, B.** ۲۰۰۳. Effects of salicylic acid and cold on freezing tolerance in winter wheat leaves. *Plant Growth Regul.* ۴۱: ۲۳۱- ۲۳۶.
- ۲۲۰- **Toselli, M.E. and Casenave, E.C.** ۲۰۰۳. Water content and the effectiveness of hydro and osmotic priming of content seeds. *Seed Science and Technology.* ۳۱: ۷۲۷- ۷۳۵.
- ۲۲۱- **Uzunova, A.N. and Popova, L.P.** ۲۰۰۰. Effect of salicylic acid on leaf anatomy and chloroplast ultrastructure of barley plants. *Photosynthetica.* ۳۸: ۲۴۳- ۲۵۰.
- ۲۲۲- **Wardlaw, Z.F.** ۱۹۶۷. The effect of water stress on the translocation in relation to photosynthesis and growth. I. Effect during grain development in wheat. *Aus. Bio Sci.* ۲۰: ۲۵- ۳۹.
- ۲۲۳- **Warren Wilson, J.** ۱۹۸۱. Analysis of growth photosynthesis and light interception for single plants and stand. *Ann. Bot.* ۲۲: ۳۷- ۵۴.

- ۲۲۴- **Wilhite, D.A.** ۲۰۰۰. Drought: A Global Assessment. Vols. ۱ and ۲. Routledge. NewYork. ۸۹- ۱۰۴. ۱ and ۲. Routledge. NewYork. PP. ۱۲۹- ۴۴۸.
- ۲۲۵- **Winter, S.R.** ۱۹۸۰. Suitability of sugar beets for limited irrigation in a semi- arid climate. *Agronomy. J.* ۷۲: ۱۱۸- ۱۲۳.
- ۲۲۶- **Winter, S.R.** ۱۹۸۹. Sugar beet yield and quality response to irrigation, row width, and stant density. *J. Sugar Beet Res.* ۲۶: ۲۶- ۳۳.
- ۲۲۷- **Wyse, R.** ۱۹۷۹. Parameters controlling sucrose content and yield of sugar beet roots. *J. of the Ame. Soci. of Sugar beet. Technol.* ۲۰: ۲۶۸- ۳۸۰.
- ۲۲۸- **Yalpani, N., Enyedi, A.J., Leon, J. and Raskin, I.** ۱۹۹۴. Ultraviolet light and ozone stimulate accumulation of salicylic acid, pathogenesis- related proteins and virus resistance in tobacco. *Planta.* ۱۹۳: ۳۷۲- ۳۷۶.
- ۲۲۹- **Yancey, P.H., Clark, M.B., Hands, S.C., Bowlus, R.D. and Somero, G.N.** ۱۹۸۲. Living with water stress evaluation of osmolyte systems. *Science.* ۲۱۷: ۱۲۱۴- ۱۲۲۲.
- ۲۳۰- **Yants, C.D., Fornstron, K.J. and Edling, R.J.** ۱۹۸۳. Sugar beet emergence affected by soil moisture and temperature. *J. Am. Sos. Sugar beet. Technol.* ۲۲: ۱۱۹- ۱۳۴.
- ۲۳۱- **Yusuf, M., Hasan, S.A., Ali, B., Hayat, S., Fariduddin, Q. and Ahmad, A.** ۲۰۰۸. Effect of salicylic acid on salinity induced changes in *Brassica juncea*. *J. Integrative Plant Biol.* ۵۰ (۸): ۱- ۴.
- ۲۳۲- **Zamski, E. and Azenhot, A.** ۱۹۸۱. Sugar beet vasculature. I: Cambial development and the three dimensional structure of the vascular system. *Botanical Gazette.* ۱۴۲: ۳۳۴- ۳۴۳.
- ۲۳۳- **Zhang, J. and Davies, W.J.** ۱۹۹۰. Does ABA in the xylem control the rate of leaf growth in soil- dried maize and sunflower plants? *J. Exp. Bot.* ۴۱: ۷۶۵- ۷۷۲.
- ۲۳۴- **Zhang, W., Curtin, C., Kikuchi, M. and Franco, C.** ۲۰۰۲. Integration of jasmonic acid and light irradiation for enhancement of anthocyanin biosynthesis in *Vitis vinifera* suspension cultures. *Plant Sci.* ۱۶۲: ۴۵۹- ۴۶۸.
- ۲۳۵- **Zho, J.K.** ۲۰۰۲. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* ۵۳: ۲۴۷- ۲۷۸.

Abstract

Recently, Plant growth regulators apply for decrease in negative effect of different stresses. Plant resistance to biotic and abiotic stresses obtain by salicylic acid as the one of this materials. In order to survey of this subject in sugar beet an experiment was carried out in a randomized complete block design as factorial split plot with three replications in research Field of Shahrood University of Technology in ۲۰۰۹. The main factor was water deficit stress with three irrigation levels in ۸, ۱۲ and ۱۶ day as non- stress, middle and severe stress respectively. The sub- factors were three concentration of salicylic acid in ۰, ۰,۴ and ۰,۸ mM and times of foliar application (۱ and ۲ times). Storage root length increased in middle water deficit stress. but, the lowest storage root length was related to the treatment of severe stress. Maximum and minimum storage root diameter were observed in non-stress and severe stress condition respectively. Leaf, petiol and crown dry weight and relative water content in leaf and petiol both before and after irrigation was reduced under water deficit stress. Severity of stress caused a significant reduction in leaf chlorophyll. average, ۰,۲۹ and ۰,۲۲ leaf per day was appeared in non- and severe stress treatment respectively. The effect of stress on leaf appearance rate decreased in the end of growth season. The lowest leaf death rate were obtained from non- stress conditions. foliar spray with the highest concentration of salicylic acid (۰,۸ mM) increased the leaf appearance rate (۰,۲۸ leaf per day). Generally, leaf death rate decreased with application of salicylic acid, but did not exist difference between salicylic acid concentrations. Death of leaves were lower in plants that had sprayed with salicylic acid in two times. Spray with the lowest levels of salicylic acid compared with control increased ۲,۸ and ۳,۷ percent in the leaf relative water content before and after irrigation respectively but doubling the concentration showed a considerable negative effect. The leaf relative water content decreased in two time foliar application. The sugar content, white sugar content and extraction coefficient of sugar increased in middle water deficit stress. Root potassium in non- stress condition was higher than stress condition. The interaction effect of stress × times on extraction coefficient of sugar were significant. The highest amount of this trait were observed in middle stress conditions × once sprayed. Most of the roots sugar molasses was obtained from combinations of treatments in non- stress × once of sprayed and severe stress × twice sprayed. Twice sprayed with ۰,۴ mM concentration reduced root molasses, and white sugar yield was increased. The highest root dry matter related to the combination treatments in middle stress × once sprayed. Leaf area index, Leaf area ratio and leaf weight ratio decreased in severe water deficit stress. The lowest specific leaf area to the mid- term growth period was related to severe stress conditions.

Keywords: foliar application, salicylic acid, sugar beet, water deficit stress



Shahrood University Of Technology

Faculty Of Agronomy Science

Thesis M. Sc

**Effect of foliar Application of salicylic acid on the Physiological traits, yield and
quality of sugar beet subjected to water deficit stress**

H. Shahhosseini

Supervisor

Dr. M. Baradaran Firouzabadi

Advisors

Dr. A. Gholami

Dr. M. Abdollahian Noghabi

November ۲۰۱۰