

الْحَمْدُ لِلَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد علوم باغبانی

بررسی اثر سالیسیلیک اسید و ملاتونین بر تحمل تنش شوری در گوجه فرنگی گلخانه ای

نگارنده: مصطفی نیازی خوجه

استاد راهنما

دکتر مهدی رضایی

استاد مشاور

دکتر زیبا قسیمی حق

بهمن ۱۴۰۰

تقدیم اثر

این پایان نامه را ضمن تشکر و سپاس بیکران و در کمال افتخار و امتنان تقدیم می نمایم به:

محضر از شمنیدر و مادر عزیزم به خاطر همه ی تلاشهای محبت آمیزی که در دوران مختلف زندگی ام انجام

داده اند و بامهربانی چگونه زیستن را به من آموخته اند

به استادان فرزانه و فریخته ای که در راه کسب علم و معرفت مراری نمودند.

به آنان که در راه کسب دانش راهنمایم بودند.

به آنان که نفس خیرشان و دعای روح پرورشان بدرقه ی راهم بود

الها به من کمک کن تا بتوانم ادای دین کنم و به خواسته ی آنان جامه ی عمل پوشانم.

پروردگار احسن عاقبت، سلامت و سعادت را برای آنان مقدر نما.

خدایا توفیق خدمتی سرشار از شور و نشاط و همراه و همسوا علم و دانش و پژوهش جهت رشد و شکوفایی ایران

کنسال عنایت بفرما

مشکرو قدردانی از:

استاد فرهیخته و فرزانه جناب آقای دکتر مهدی رضایی که با نکته های دلاویز و گفته های بلند، صحیفه های سخن را علم

پرور نمود و همواره راهنما و راهنمای من در اتمام و تکمیل این پایان نامه بوده است.

از استاد کرامی ام سرکار خانم دکتر زیبا قیسی حق بسیار سپاسگزارم چرا که بدون یاری و مشاوره های بی چشم

داشت ایشان انجام این پایان نامه بسیار مشکل مینمود.

تعمدنامه

اینجانب مصطفی نیازی خوجه دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته علوم باغبانی گرایش تولید محصولات گلخانه ای دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی اثر سالیسیلیک اسید و ملاتونین بر تحمل تنش شوری در گوجه فرنگی گلخانه ای تحت راهنمایی دکتر مهدی رضایی متعهد می شوم.

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

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود. استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

شوری یکی از مهم ترین تنش های غیر زیستی است که تولید محصولات کشاورزی و همچنین رشد گیاهان را در خاک های مناطق خشک و نیمه خشک کاهش می دهد. ملاتونین و سالیسیلیک اسید به عنوان تنظیم کننده های رشد گیاهی نقش مهمی در بهبود مقاومت گیاهان به تنش های غیر زیستی دارند. برای بررسی تأثیر این دو تنظیم کننده رشد در کاهش اثرات شوری در گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی، آزمایشی در قالب فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۸ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی شاهرود انجام گرفت. در این آزمایش شوری به عنوان عامل اول با ۳ سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ میلی مولار)، تنظیم کننده رشد ملاتونین به عنوان عامل دوم با دو سطح ملاتونین (۰ و ۱۰ میکرو مولار) و سالیسیلیک اسید با سه سطح به عنوان عامل سوم (۰، ۱/۵ و ۲/۵ میلی مولار) و سطح صفر به عنوان شاهد به صورت محلولپاشی برگساره ای در نظر گرفته و برخی صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ارزیابی شد. اثر تنش شوری بر تمام صفات ارزیابی شده بر روی گوجه فرنگی معنی دار شد. میانگین وزن میوه از ۶۸ گرم در شرایط بدون تنش به حدود ۲۵ گرم در شوری کاهش یافت در حالی که با استفاده از سالیسیلیک اسید و ملاتونین به ۱۲۸ گرم افزایش پیدا کرد. به طور کلی شوری سبب کاهش معنی دار صفات مورفولوژیک، فلورسانس کلروفیلی بیشینه، عملکرد کوانتومی فتوسیستم II برگ شد. نتایج این پژوهش نشان داد که شوری سبب کاهش در رشد گیاه گوجه فرنگی تحت شرایط گلخانه ای می شود و کاربرد ملاتونین و سالیسیلیک اسید تا حدی می تواند اثرات مخرب شوری را کاهش دهد و سبب افزایش تحمل گیاه به شوری شود.

واژگان کلیدی: سالیسیلیک اسید، شوری، تنش، ملاتونین و گوجه فرنگی

پیش‌گفتار

الگوی حاضر با هدف دستیابی به قالب و چهارچوبی استاندارد برای نگارش و تدوین پایان‌نامه‌های دانشگاه صنعتی شاهرود توسط کتابخانه مرکزی تهیه شده است. در این الگو با تعریف سبک‌های مختلف متناسب با نیازهای موجود در تایپ و تدوین پایان‌نامه تلاش شده است تا دانشجو بتواند با صرف کمترین وقت پایان‌نامه خود را تدوین نماید. ترتیب قسمت‌های مختلف این الگو مطابق با آیین‌نامه‌ی آموزشی دانشگاه است. لطفاً خود را مقید به استفاده از این الگو و ترتیب کنید و تمامی صفحات را به دقت مطالعه فرمایید.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- مهدی رضائی، مصطفی نیازی خوجه، زیبا قسیمی حق، (۱۴۰۱). اثر سالیسیلیک اسید و ملاتونین بر کلروفیل فلورسانس و رشد اولیه گوجه فرنگی گلخانه ای در تنش شوری، مجله تولیدات گیاهی (پذیرش)

۲-

۳-

فهرست مطالب

ل	فهرست جداول
م	فهرست اشکال
۱	فصل اول
۲	مقدمه
۴	اهداف پژوهش
۵	فصل ۲ - کلیات و مرور منابع
۶	۱-۲- کلیاتی درباره گوجه فرنگی
۶	۱-۱-۲- مبدا و تاریخچه
۶	۲-۱-۲- مشخصات گیاه شناسی
۷	۳-۱-۲- سطح زیر کشت و اهمیت اقتصادی
۷	۴-۱-۲- انتخاب گیاه گوجه فرنگی
۷	۵-۱-۲- نیازهای محیطی و رشدی
۸	۶-۱-۲- مراحل رسیدن میوه
۹	۲-۲- تنش
۹	۱-۲- انواع تنش
۱۰	۲-۲- شوری
۱۰	۱-۲-۲- تنش شوری
۱۱	۲-۲-۲- شوری و جوانه زنی
۱۲	۳-۲-۲- مکانیسم شوری
۱۳	۴-۲- علل شوری خاک
۱۳	۵-۲- اثرات شوری بر جذب عناصر غذایی
۱۴	۶-۲- اثرات شوری در گوجه فرنگی
۱۴	۷-۲- اثرات شوری در گیاه
۱۵	۸-۲- طبقه بندی گیاهان از نظر مقاومت به شوری
۱۵	۹-۲- راهکارهای تحمل شوری
۱۶	۱-۲-۹- تولید آنزیم های آنتی اکسیدانت
۱۷	۲-۹-۲- هورمون های گیاهی

۱۷.....	۲-۱۰- تنش شوری و فتوسنتز
۱۸.....	۲-۱۱- مکانیزم های مقاومت به شوری
۱۹.....	۲-۱۲- فلورسانس کلروفیل چیست؟
۲۰.....	۲-۱۲-۱- اثر تنش شوری بر فلورسانس کلروفیل
۲۱.....	۲-۱۲-۲- تأثیر شوری بر میزان کلروفیل
۲۳.....	۲-۱۳- سالیسیلیک اسید
۲۳.....	۲-۱۳-۱- تاریخچه شناخت سالیسیلیک اسید
۲۴.....	۲-۱۳-۲- شناخت سالیسیلیک اسید
۲۶.....	۱۳-۲-۳- بیوسنتز سالیسیلیک اسید
۲۶.....	۱۳-۲-۴- اثرات فیزیولوژیکی سالیسیلیک اسید در گیاهان
۲۷.....	۲-۱۴- اثرات سالیسیلیک اسید
۲۷.....	۲-۱۴-۱- اثرات سالیسیلیک اسید روی بذر گیاهان
۲۸.....	۲-۱۴-۲- اثرات سالیسیلیک اسید روی پارامتر های رشدی
۳۰.....	۲-۱۴-۳- اثر سالیسیلیک اسید روی مقاومت گیاهان به تنش های زنده
۳۰.....	۲-۱۴-۴- اثرات سالیسیلیک اسید روی مقاومت گیاهان به تنش های غیر زنده
۳۱.....	۲-۱۵- ملاتونین
۳۲.....	۲-۱۵-۱- شناخت ملاتونین
۳۲.....	۲-۱۵-۲- تولید ملاتونین در گیاهان
۳۳.....	۲-۱۶- نقشهای فیزیولوژیکی ملاتونین در گیاهان
۳۳.....	۲-۱۶-۱- توسعه ی تولید مثل
۳۴.....	۲-۱۶-۲- حفاظت از سلول
۳۴.....	۳-۱۶-۲- رشد گیاهان
۳۵.....	۲-۱۷- ملاتونین و تنش ها
۳۶.....	۲-۱۷-۱- اثر ملاتونین بر روی کلروفیل
۳۷.....	۲-۱۷-۲- ملاتونین و تنش اکسیداتیو
۳۷.....	۳-۱۷-۲- ملاتونین و استرس شوری
۳۸.....	۲-۱۷-۴- مکانیسم دفاعی ملاتونین

۳۹ فصل سوم مواد و روش

۴۰.....	۳-۱- زمان و موقعیت جغرافیایی محل آزمایش
۴۰.....	۳-۲- بستر کشت
۴۰.....	۳-۳- تیمار ها
۴۰.....	۳-۴- طرح آزمایش

۴۰	۳-۵- تهیه نشاء
۴۱	۳-۶- نحوه اعمال تیمارها
۴۲	۳-۷- اندازه گیری صفات مورفولوژیکی
۴۲	۳-۷-۱- ارتفاع ساقه، طول برگ
۴۳	۳-۷-۲- وزن تر اندام هوایی و ریشه
۴۳	۳-۷-۳- میوه رسیده و نرسیده
۴۳	۸-۳- فلورسانس کلروفیلی
۴۴	۳-۹- آنالیز آماری
۴۵	فصل چهارم نتایج و بحث
۴۶	۴-۱- ویژگی های رشدی
۴۶	۴-۱-۱- طول برگ
۴۸	۴-۱-۲- تعداد برگ
۴۹	۴-۱-۳- قطر ساقه
۵۱	۴-۱-۴- ارتفاع گیاه
۵۳	۴-۱-۵- وزن بوته
۵۵	۴-۲- عملکرد و اجزای آن
۵۵	۴-۲-۱- تعداد گل
۵۸	۴-۲-۲- تعداد گل آذین
۶۰	۴-۲-۳- وزن میوه
۶۱	بحث صفات رویشی و زایشی :
۶۷	۴-۳- شاخص های بیوفیزیک کلروفیل فلورسانس
۶۷	۴-۳-۱- کارایی کوانتومی فتوشیمیایی موثر فتوسیستم II در ۳۰ روز بعد از کشت
۷۱	۴-۳-۲- شاخص های بیوفیزیک کلروفیل فلورسانس ۶۰ روز پس از کشت
۷۱	۴-۳-۳- فلورسانس بیشینه Fm
۷۳	۴-۳-۴- فلورسانس کمینه Fo
۷۷	۴-۳-۵- فلورسانس متغیر FV (Fm-Fo)
۷۸	۴-۳-۶- کارایی کوانتومی فتوشیمیایی موثر فتوسیستم Y(II) II
۸۰	۴-۳-۷- ضریب خاموشی فتوشیمیایی QP
۸۱	۴-۴- بحث کلروفیل فلورسانس
۸۶	نتیجه گیری کلی
۸۷	پیشنهادها
۸۸	منابع

فهرست جداول

- جدول ۱-۳ فرمول محلول غذایی هوگلند ۴۱
- جدول ۲-۳ تعداد گلدان های کشت با نوع تیمار گیاهان در ردیف ۴۲
- جدول ۳-۳ شاخص های بیوفیزیک کلروفیل فلورسانس ۴۴
- جدول ۱-۴ نتایج تجزیه واریانس اثر بر صفات رویشی گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی در شرایط تنش شوری ۴۶
- جدول ۲-۴ نتایج تجزیه واریانس اثر سالیسیلیک اسید و ملاتونین بر صفات زایشی گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی در شرایط تنش شوری ۵۶
- جدول ۳-۴ نتایج تجزیه واریانس اثر سالیسیلیک اسید و ملاتونین بر فلورسانس کلروفیل گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی در شرایط تنش شوری در ۳۰ روز بعد کشت ۶۸
- جدول ۴-۴ نتایج تجزیه واریانس اثر سالیسیلیک اسید و ملاتونین بر فلورسانس کلروفیل گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی در شرایط تنش شوری ۶۰ روز پس از کشت ۷۱

فهرست نمودار

نمودار ۴-۱ میانگین طول برگ گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم	۴۷
نمودار ۴-۲ اثر ملاتونین بر میانگین طول برگ گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم	۴۷
نمودار ۴-۳ اثر ملاتونین و سالیسیلیک اسید بر میانگین طول برگ گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم	۴۸
نمودار ۴-۴ میانگین تعداد برگ گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم	۴۹
نمودار ۴-۵ اثر ملاتونین بر میانگین تعداد برگ گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم	۴۹
نمودار ۴-۶ میانگین تعداد برگ گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم	۵۰
نمودار ۴-۷ اثر شوری و ملاتونین بر میانگین قطر ساقه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم	۵۱
نمودار ۴-۸ اثر شوری بر ارتفاع گیاه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی در چهار ماه بعد کشت	۵۲
نمودار ۴-۹ اثر سالیسیلیک اسید بر میانگین ارتفاع گیاه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم در چهار ماه بعد کشت	۵۲
نمودار ۴-۱۰ اثر ملاتونین بر میانگین ارتفاع گیاه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم در چهار ماه بعد کشت	۵۳
نمودار ۴-۱۱ اثر شوری کلرید سدیم بر وزن بوته گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی در چهار ماه بعد کشت	۵۴
نمودار ۴-۱۲ اثر ملاتونین بر میانگین وزن بوته گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم در چهار ماه بعد کشت	۵۴
نمودار ۴-۱۳ اثر ملاتونین و سالیسیلیک اسید بر میانگین وزن بوته گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم در چهار ماه بعد کشت	۵۵
نمودار ۴-۱۴ اثر سالیسیلیک اسید بر میانگین تعداد گل گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم در چهار ماه بعد کشت	۵۷
نمودار ۴-۱۵ اثر ملاتونین بر میانگین تعداد گل گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم در چهار ماه بعد کشت	۵۷

نمودار ۴-۱۶ اثر ملاتونین و سالیسیلیک اسید بر میانگین تعداد گل گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی
تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم در چهار ماه بعد کشت ۵۸

نمودار ۴-۱۷ اثر سالیسیلیک اسید بر میانگین تعداد گل آذین گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت
شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم ۵۹

نمودار ۴-۱۸ اثر ملاتونین بر میانگین تعداد گل آذین گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط
تنش شوری ناشی از کلرید سدیم ۵۹

نمودار ۴-۱۹ اثر ملاتونین و سالیسیلیک اسید بر میانگین تعداد گل آذین گوجه فرنگی گلخانه ای رقم
گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم ۶۰

نمودار ۴-۲۰ اثر شوری ناشی از کلرید سدیم بر وزن میوه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی ۶۱

نمودار ۴-۲۱ اثر شوری بر عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی ۳۰ روز
پس از کشت ۶۹

نمودار ۴-۲۲ اثر سالیسیلیک اسید بر میانگین عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی گوجه فرنگی گلخانه ای
رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم ۳۰ روز پس از کشت ۶۹

نمودار ۴-۲۳ اثر ملاتونین بر میانگین عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی
تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم ۳۰ روز پس از کشت. ۷۰

نمودار ۴-۲۴ اثر شوری و ملاتونین بر میانگین عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی گوجه فرنگی گلخانه ای
رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم ۳۰ روز پس از کشت. ۷۰

نمودار ۴-۲۵ اثر شوری بر فلورسانس بیشینه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی ۷۲

نمودار ۴-۲۶ اثر ملاتونین بر فلورسانس بیشینه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت تنش شوری
۶۰ روز بعد از کشت ۷۳

نمودار ۴-۲۷ اثر شوری و ملاتونین بر میانگین فلورسانس بیشینه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی
تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم ۷۳

نمودار ۴-۲۸ اثر شوری بر فلورسانس کمینه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی ۷۴

نمودار ۴-۲۹ اثر ملاتونین بر میانگین فلورسانس کمینه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط
تنش شوری ناشی از کلرید سدیم ۷۵

نمودار ۴-۳۰ اثر شوری و سالیسیلیک اسید بر میانگین فلورسانس کمینه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم
گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم ۷۵

نمودار ۴-۳۱ اثر شوری و ملاتونین بر میانگین فلورسانس کمینه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی
تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم ۷۶

نمودار ۴-۳۲ اثر ملاتونین و سالیسیلیک اسید بر میانگین فلورسانس کمینه گوجه فرنگی گلخانه ای
رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم ۷۶

نمودار ۴-۳۳ اثر شوری و ملاتونین و سالیسیلیک اسید بر میانگین فلورسانس کمینه گوجه فرنگی
گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم ۷۷

- نمودار ۳۴-۴ اثر شوری بر فلورسانس متغیر (fm-fo) گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی ۷۸
- نمودار ۳۵-۴ اثر شوری بر عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی II گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی ۷۹
- نمودار ۳۶-۴ اثر ملاتونین بر میانگین عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی II گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم ۷۹
- نمودار ۳۷-۴ اثر شوری و ملاتونین بر میانگین عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی II گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم ۸۰
- نمودار ۳۸-۴ اثر شوری بر گرمای تلف شده شیمیایی گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی ۸۱

فصل اول

مقدمه

گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L) به عنوان یک محصول عمده باغبانی در سراسر جهان کشت می شود و نقش مهمی در تغذیه انسان دارد. میوه گوجه فرنگی حاوی طیف گسترده ای از ترکیبات فعال زیستی، لیکوپن (LYC)، β -کاروتن (b-CAR)، توتال پلی فنل ها (TP) یا اسید اسکوربیک (ویتامین C) می باشد (Marti et al., 2016).

گوجه فرنگی از خانواده Solanaceae است که شامل سیب زمینی (*S. tuberosum*)، فلفل (Capsicum annuum L)، توتون (*Nicotiana tabacum* L) و گل اطلسی (*Petunia* sp) می باشد. گوجه فرنگی یک گیاه مهم از نظر اقتصادی است که به طور گسترده در سراسر جهان کشت می شود، زیرا میوه آن یکی از مواد تشکیل دهنده اصلی رژیم غذایی در اروپا است. تولید سالانه آن حدود ۳۸ میلیون تن است و عمدتاً بیشترین سطح کشت در ایتالیا، اسپانیا، مصر و ترکیه می باشد (Costa, 2018). گوجه فرنگی در شرایط آزمایشگاهی به راحتی قابل پرورش است و میوه آن از نوع سته گوشتی است که برای مطالعات مرتبط با میوه مانند رسیدن، سیگنالینگ اتیلن و تولید متابولیت ثانویه بسیار مناسب است (Shikata, 2016). میوه های گوجه فرنگی غنی از آنتی اکسیدان، به ویژه کاروتنوئیدها و ویتامین ها (A و C) هستند و بنابراین منبع غذایی مهمی از ترکیبات فعال زیستی است (Massaretto, 2018).

گیاهان همیشه تحت تأثیر تنش های غیرزیستی قرار می گیرند، از جمله تنش شوری که عامل اصلی کاهش رشد و تولید محصولات است (Jalil et al., 2019). شوری زیاد از طریق تأثیرات مخرب روی جوانه زنی بذر، رشد گیاهچه، رشد ریشه، گلدهی و تنظیم میوه، بهره وری کشاورزی را محدود می کند (Chakdar et al., 2019). علاوه بر این، تأثیر آسیب تنش شوری در رشد گیاه ممکن است با اثر یون خاص، اثر اسمزی، القای استرس اکسیداتیو یا عدم تعادل تغذیه ای همراه باشد (Sharma et al., 2019). چنین تأثیراتی ممکن است منجر به زوال عملکرد گیاه و اختلال در پایداری غشا شود. علاوه بر این، اولین تهدیدی که گیاهان می

توانند تحت شوری مواجه شوند، کاهش پتانسیل آب متوسط و از بین رفتن آب در بافت ها است (El-Katony et al., 2019). علاوه بر این، شوری ممکن است بسته شدن روزنه را ترغیب کند، متعاقباً سیستم فتوسنتز آسیب دیده و تولید گونه های اکسیژن فعال (ROS) را افزایش دهد و در نتیجه باعث آسیب اکسیداتیو به بخش های مختلف سلولی شود.

شوری یکی از مهمترین تنشهای غیرزیستی است که بر رشد و نمو گیاه در سراسر جهان تاثیر منفی دارد (Hafsi et al., 2010). گزارش شده است که تقریباً ۱۹/۵ درصد از کل زمینهای آبیاری و ۱/۲ درصد از زمینهای خشک تحت تنش شوری است (FAO, 2005). به دلیل آبیاری نامناسب، مناطق شور همچنان در حال افزایش هستند (Jamil, 2011) بعلاوه، در مناطق خشک و نیمه خشک فرایند شور شدن به دلیل تبخیر زیاد و مقدار ناکافی بارش برای شستشوی رخ می دهد (Dai et al., 2011). شوری از طریق صفات پیچیده ای که شامل استرس اسمزی، سمیت یونی، کمبود مواد معدنی و نقایص فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی است، رشد و نمو محصولات را مهار می کند (Dai et al., 2011). علاوه بر این، تحت شرایط شور، استرس اسمزی و یونی منجر به تولید گونه های اکسیژن فعال (ROS) در کلروپلاست ها، میتوکندری ها و فضای آپوپلاست می شود (Khan et al., 2012). این استرس اکسیداتیو باعث پراکسیداسیون غشا می شود. نشت یون آسیب به اسیدهای نوکلئیک، غشای سلولی و ساختار سلولی (Noreen et al., 2009) و در نهایت، کیفیت و عملکرد کل محصول برداشت شده را کاهش می دهد (Hessini et al., 2015). علاوه بر این، می تواند کیفیت آب و ساختار خاک را تحت تأثیر قرار دهد. برای غلبه بر تنش شوری، کشاورز باید جستجو کند و روش های مناسب که از نظر اقتصادی امکان پذیر و مقرون به صرفه باشد استفاده کند.

امروزه، استفاده از ترکیباتی توصیه می گردد که موجب بهبود فعالیت های متابولیکی گیاه می شود و مقاومت گیاهان را به تنش های محیطی افزایش می دهد. از این ترکیبات به سالیسیلیک اسید و ملاتونین می توان اشاره کرد. که نقش بسیار مهمی در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه به عهده دارند، این ترکیبات از تنظیم کننده های رشد و ترکیبات فنلی در گیاهان محسوب می شود. در تنش های محیطی

اثر محافظتی داشته و موجب بهبود روند رشد در گیاه می شود (حیدری و همکاران، ۱۳۸۸).

اهداف پژوهش

تنش در گیاه اجتناب ناپذیر است و گیاهان توانایی محدودی برای مبارزه با تنش دارند. استفاده از تنظیم کننده های رشد به صورت برون زا در بسیاری از موارد در کاهش تنش های محیطی موثر است. نقش سالیسیلیک اسید و ملاتونین در بسیاری از تنش های محیطی ثابت شده است اما در تنش شوری گزارش های متفاوتی در مورد نقش این دو ماده در افزایش و کاهش مقاومت گیاه به تنش وجود دارد. به دلیل ارزان بودن، مناسب بودن و تهیه آسان سالیسیلیک اسید اثر این ماده در کاهش اثرات تنش شوری به همراه ملاتونین مورد استفاده قرار گرفت تا :

(۱) بررسی میزان تاثیر احتمالی سالیسیلیک اسید و ملاتونین در کاهش اثرات طولانی مدت تنش

شوری در گوجه فرنگی گلخانه ای.

(۲) مطالعه عکس العمل های فیزیولوژی گوجه فرنگی گلخانه ای نسبت به تنش شوری.

(۳) دستیابی به غلظت مناسب سالیسیلیک اسید و ملاتونین جهت کاهش اثرات تنش شوری در گوجه

فرنگی گلخانه ای.

فصل ۲- کلیات و مرور منابع

۲-۱- کلیاتی درباره گوجه فرنگی

۲-۱-۱- مبدا و تاریخچه

گوجه فرنگی کشت شده مربوط به گوجه فرنگی وحشی است که از پرو، اکوادور و سایر مناطق آمریکای جنوبی از جمله جزایر گالاپاگوس نشأت گرفته است. مرکز اهلی سازی و متنوع سازی آن مکزیک است (Peralta et al., 2008). اقوام وحشی فرم های گوجه فرنگی و واسطه ای (سرزمین های مرجانی یا سموم کوهی) دارای تنوع ژنتیکی فراوانی هستند و از منابع مهم مواد ژنتیکی در برنامه های اصلاح و نگهداری محصولات هستند (Sánchez-Peña et al., 2004).

۲-۱-۲- مشخصات گیاه شناسی

گوجه فرنگی یک گیاه علفی و چند ساله است اما حتی اگر فرم های دوساله و چند ساله وجود داشته باشد، اغلب به عنوان محصول یک ساله کشت می شود. گوجه فرنگی در آب و هوای استوایی و معتدل در مزارع باز یا زیر گلخانه در آب و هوای معتدل کشت می شود. از گلخانه ها اغلب برای تولید در مقیاس وسیع استفاده می شود. در آب و هوای گرم و شدت نور مناسب برای رشد، حدود ۴۵ روز از زمان جوانه زنی تا گلدهی و ۹۰ روز برای رسیدن به ابتدای رسیدن میوه لازم است (Nuez, 2001). استفاده نهایی از محصول، چه برای بازار فرآوری و چه برای بازار تازه، ارقام کاشته شده، زمان برداشت و فرایند برداشت را تعیین می کند، که می تواند دستی یا مکانیکی باشد (Nuez, 2001). ساقه آن زاویه ای است و توسط تریکوم های موئی و غده ای پوشانده شده و بوی مشخصی به آن می بخشد. میوه گوجه فرنگی کروی یا بیضوی است. بین ۵۰ تا ۲۰۰ دانه در داخل گوجه قرار دارند و در غشای ژلاتینی محصور شده اند. بذرها به طور متوسط کوچک (۲*۴*۵ میلی متر) و به شکل عدس هستند. تکامل میوه هفت تا نه هفته پس از لقاح طول می کشد (OECD, 2008).

۲-۱-۳- سطح زیر کشت و اهمیت اقتصادی

سالانه حدود ۱۷۱ میلیون تن گوجه فرنگی از زیر کشت ۵ میلیون هکتار برداشت می شود. تقریباً ۶۰٪ تولید جهانی از آسیا، ۱۱.۱٪ از آفریقا، ۱۳.۳٪ از اروپا، ۱۱.۳٪ از آفریقا، ۸.۷٪ از آمریکای شمالی و ۶.۶٪ از آمریکای مرکزی و آمریکای جنوبی است (FAOSTAT, 2017). طبق FAOSTAT (۲۰۱۷)، پنج تولید کننده برتر گوجه فرنگی در جهان در سال ۲۰۱۴ چین، هند، ایالات متحده، ترکیه و مصر بودند.

۲-۱-۴- انتخاب گیاه گوجه فرنگی

تولید گوجه فرنگی گلخانه ای در سالهای اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است، بخشی از آن به دلیل موج جدید علاقه به "محصولات جایگزین" است. این جذابیت بر اساس این تصور است که گوجه های گلخانه ای ممکن است سود بیشتری نسبت به محصولات زراعی یا باغی مرسوم داشته باشند. همچنین ممکن است به دلیل تصورات غلط در مورد رشد آسان این محصول باشد. در حالی که ارزش گوجه فرنگی های گلخانه ای به ازای هر واحد بالا است، هزینه ها نیز زیاد است.

۲-۱-۵- نیازهای محیطی و رشدی

گوجه فرنگی برای رشد به آب و هوای گرم نیاز دارد و تحمل سرما را ندارد. چرخه زندگی معمول در سطح زیرکشت یک بهار و تابستان است. دمای مطلوب آن حدود ۲۶ درجه سانتیگراد (روز) و ۱۶ درجه سانتی گراد (شب) است. گیاهان به حداقل دمای بالای ۱۸ درجه سانتیگراد برای رشد رویشی نیاز دارند، اما می تواند در دمای پایین (۱۲ درجه سانتیگراد) زنده بماند. دمای بالای ۳۱ درجه سانتیگراد میزان گل، رشد گیاه و رسیدن میوه را کاهش می دهد.

گوجه فرنگی در اکثر خاکهای معدنی به خوبی رشد می کند، اما خاک های لومی شنی عمیق و زهکشی شده را ترجیح می دهد. خاکورزی عمیق نفوذ کافی ریشه در خاکهای سنگین از نوع رس را امکان پذیر می کند، بنابراین امکان تولید گوجه فرنگی را فراهم می کند. گوجه فرنگی نسبت به طیف وسیعی از pH

مقاومت متوسطی دارد. وورلی (۱۹۷۶) نشان داد که عملکرد گوجه فرنگی در خاک با pH بین ۵.۵ تا ۶.۹ در مقایسه با خاک اسیدی بیشتر است. خاکهایی با PH اسیدی یا شوری منجر به کاهش اندازه میوه می شوند (Papadopoulos and Rendig؛ 1977).

تجزیه و تحلیل خاک و بافت باید در طول فصل رشد و تولید انجام شود تا اطمینان حاصل شود که مواد غذایی ضروری در مقادیر و نسبت مناسب وجود دارد. می توانیم مواد غذایی زیر را به طور متوسط در نظر بگیریم: ۳۰ تن در هکتار ماده آلی، ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (N)؛ ۸۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (P)؛ ۲۵۰-۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (K) در شرایط گلخانه ای، میزان تغذیه برای افزایش عملکرد می تواند بیشتر باشد. استفاده از کود در تولید ارگانیک محدود است و همچنین ممکن است در بعضی از کشورها به دلیل هزینه در تولید متداول نیز محدود باشد.

گوجه فرنگی ها را در مزارع یا گلخانه ها می توان در بسترهای پلی اتیلن مالچ دار با آبیاری قطره ای پرورش داد که امکان نظارت دقیق بر مواد مغذی را فراهم می کند. مالچ پلاستیک به حفظ کارایی بالا در استفاده از آب و کود کمک می کند (Jensen, Kimball and Ricketson, 1989). آبیاری قطره ای برای گوجه فرنگی محبوبیت بیشتری پیدا کرده است زیرا باعث افزایش کارایی استفاده از آب و همچنین استفاده از کودهای مخلوط در آب آبیاری می شود.

۲-۱-۶- مراحل رسیدن میوه

گوجه فرنگی یک میوه ی فرازگر است بطوری که رسیدن آن همراه با افزایش تنفس و تولید اتیلن است. اتیلن نقش عمده ای در شروع فرایند های بیوشیمیایی رسیدن و فرایند های بعدی دارد (Khayyat et al., 2007).

مراحل رسیدن گوجه فرنگی به ۶ مرحله تقسیم میشود:

- ۱) مرحله ۱ "سبز" به این معنی است که سطح گوجه فرنگی کاملاً سبز است.
- ۲) مرحله ۲ "شکن" به معنای "شکسته شدن" به این معنی است که تقریباً ۱۰٪ سطح تغییر رنگ

از سبز به زرد مایل نشان می‌دهد.

۳) مرحله ۳ "چرخش" به این معنی است که بیش از ۱۰٪، و کمتر از ۳۰٪، سطح، تغییر رنگ از سبز به زرد مایل نشان می‌دهد.

۴) مرحله ۴ "صورتی" به این معنی است که بیش از ۳۰٪، و کمتر از ۶۰٪، سطح، صورتی یا قرمز رنگ نشان می‌دهد.

۵) مرحله ۵ "قرمز روشن" به این معنی است که بیش از ۶۰٪ سطح، قرمز نشان می‌دهد.

۶) مرحله ۶ "قرمز" به این معنی است که بیش از ۹۰٪ سطح، در کل، قرمز است.

۲-۲- تنش

تنش به عنوان هر عامل غیر زنده ای که رشد و نمو طبیعی گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد مانند گرما، سرما، شوری و غیره (Parihar et al., 2015).

۲-۱- انواع تنش

تنش‌ها به طور کلی به دو نوع مختلف تقسیم می‌شوند، تنش غیر زیستی و زیستی، که نوع تنش به این بستگی دارد که آیا با یک ارگانیسم زنده تعامل دارند یا خیر. مورد اول شامل تنش‌های غیرزیستی است که در اثر تغییرات محیطی ایجاد می‌شود، مانند تنش آبی، قرار گرفتن در معرض دمای شدید، مقدار زیاد یا کمبود مواد مغذی، شوری زیاد، وجود فلزات سنگین و اشعه ماورا بنفش می‌باشد. مورد دوم تنش‌های زیستی شامل تعامل با ارگانیسم‌های دیگر است، مانند گیاه دیگری که برای مواد مغذی و فضا رقابت خواهد کرد، همچنین حیوانات و باکتری‌های بیماری‌زا یا قارچ‌ها می‌باشد. اغلب اوقات تنش‌های زیستی و غیر زیستی می‌توانند به طور همزمان رخ دهند: تنش‌های غیرزیستی تمایل به تضعیف دفاعی گیاه دارند و باعث آسیب پذیری بیشتر در برابر آفات و پاتوژن‌ها می‌شوند (Ramegowda and Senthil-Kumar., 2015). در میان تنش‌های غیر زنده، شوری با توجه به تأثیرات مضر آن بر رشد و عملکرد محصول، مورد

توجه ویژه قرار می گیرد (Machado et al., 2017).

۲-۲- شوری

شوری یک فشار غیر زنده است که با تأثیر شدید روی رشد محصول و در نتیجه، عملکرد نهایی، کشاورزی را تحت تأثیر قرار می دهد. با توجه به اینکه سطح دریا با سرعت نگران کننده ای بیش از ۳ میلی متر در سال افزایش می یابد، واضح است که تنش شوری تهدیدی برای کشاورزی است. از جمله محصولات مهم اقتصادی که به شوری زیاد حساس هستند، می توان به گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) اشاره کرد.

غلظت های زیاد نمک پتانسیل اسمزی خاک را کاهش می دهد، که این باعث کاهش دسترسی به آب و اختلال در انتقال آب و مواد مغذی به ریشه های گیاه می شود (Munns, 2002). شوری باعث ایجاد تنش آبی و تنش اسمزی در گیاهان می شود و یونهای نمک انباشته شده اثر سمی بر گیاهان دارند. کمبود آب باعث کاهش تورم برگ می شود و باعث بسته شدن روزنه و کاهش هدایت روزنه ای می شود. از موانع مهم گسترش کشاورزی در بیش تر نقاط جهان شوری آب و خاک بوده به طوری که در سطح جهان و از جمله ایران پس از خشکی، شوری مهم ترین و متداول ترین تنش محیطی است. بر طبق آمار حدود ۴۴ میلیون هکتار از سطح کل خاک های ایران جزو خاک شور محسوب میشود که شامل حدود ۳۰ درصد مساحت دشت ها و ۵۰ درصد اراضی تحت کشت آبی کشور است (Koushfar et al., 2011).

۲-۲-۱- تنش شوری

طیف گسترده ای از تنش های محیطی (مانند درجه حرارت بالا و پایین، خشکسالی، قلیائیت، شوری، تنش ماورا بنفش و عفونت عوامل بیماری زا) به طور بالقوه برای گیاهان مضر هستند (Van Breusegem et al., 2001). تنش شوری در خاک یا آب یکی از مهمترین تنش ها به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک است و می تواند رشد و بهره وری گیاه را به شدت محدود کند (Koca et al., 2007). با توجه به

عدم توانایی رشد در محیط با نمک زیاد، گیاهان به عنوان گلیکوفیت یا هالوفیت طبقه بندی شده اند. اکثر گیاهان گلیکوفیت هستند و تنش شوری را تحمل نمی کنند (Sairam and Tyagi 2004). اثرات مضر شوری بر رشد گیاه با: (۱) پتانسیل اسمزی پایین محلول خاک (تنش آب)، (۲) عدم تعادل غذایی، (۳) اثر یون خاص (تنش شوری) یا (۴) ترکیبی از اینها در ارتباط است (Ashraf, 1994). در طی شروع و ایجاد تنش شوری در یک گیاه، تمام فرایندهای اصلی مانند فتوسنتز، سنتز پروتئین و انرژی و متابولیسم های چربی تحت تأثیر قرار می گیرند. اولین واکنش کاهش سرعت انبساط سطح برگ و متعاقب آن متوقف شدن انبساط است که تنش شدت می یابد اما با کاهش استرس رشد مجدداً شروع می شود (Parida and Das 2005).

کمبود سایر عناصر غذایی در خاک به دلیل غلظت بالای Na^+ است که با سایر عوامل محیطی مانند خشکسالی در تعامل است و این مسئله مشکل را بیشتر می کند (Silberbush and Ben-Asher, 2001). علاوه بر این، سدیم بالا مانع از جذب سایر مواد مغذی می شود: (۱) سدیم + در حمل و نقل در غشا پلاسمای ریشه مانند کانال های یونی انتخابی K^+ و (۲) کاهش رشد ریشه توسط غلظت بالای سدیم + (۲) بنابراین می توان از جذب آب، مواد مغذی محدود کننده رشد (مانند Fe ، P یا Zn) و رشد میکروارگانیسم های خاک، مانند قارچ های میکوریزا جلوگیری کرد. برگها از ریشه در برابر Na^+ آسیب پذیرتر هستند، فقط به این دلیل که Na^+ و Cl^- در شاخه ها نسبت به ریشه ها به سطح بالاتری تجمع می یابد (Tester and Davenport, 2003).

۲-۲-۲- شوری و جوانه زنی

در زندگی اکثر گیاهان جوانه زنی از مراحل مهم و اساسی می باشد و برای گیاهانی که در خاک های شور رشد می کنند تحمل به شوری و استقرار جوانه زنی و سبز شدن اهمیت فوق العاده ای دارد (Nasri et al., 2011).

گزارش دادند که شوری به طور قابل توجهی تمام صفات مرتبط با جوانه زنی و رشد اولیه گیاهچه را تحت

تأثیر قرار می دهد، زیرا میزان شوری به تنوع استفاده شده و میزان تنش شوری اعمال شده بستگی دارد. (Hakim et al., 2010). تحمل تنش شوری در مرحله جوانه زنی و ظهور گیاهچه استقرار بهتر گیاه در خاک های شور را تعیین می کند (Bojovic et al., 2010). به طور کلی، با افزایش میزان شوری، درصد جوانه زنی، درصد ریشه، طول ریشه و وزن خشک گیاهان در معرض شوری کاهش می یابد (Jamil, 2006). بنابراین به نظر می رسد مطالعه واکنش گیاهان به شوری در مرحله جوانه زنی و رشد گیاهچه برای توسعه گیاهان متحمل به نمک و تولید بازده مناسب محصول در شرایط شور ضروری باشد.

۲-۲-۳- مکانیسم شوری

گیاهان پاسخ های مختلف فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی به تنش های مختلف نشان می دهند (Acosta-Motos et al., 2017). در این میان، غلظت NaCl به عنوان مهمترین تنش غیرزیستی در نظر گرفته می شود، و این بستگی به میزان و مدت تنش، گیاهان را تحت تاثیر قرار میدهد (De Oliveira and Alencar, 2013). گیاهان به طور طبیعی نمک را در سطح خاصی جمع می کنند، که تحت شرایط عمومی مضر نیستند، غلظت NaCl در سطوح خاص در واقع به عنوان یک محرک فشار دهنده عمل می کند و به افزایش کیفیت محصول کمک می کند (Rouphael et al., 2018). با این حال، غلظت بیش از حد NaCl در خاک یا آب در حال رشد یک مشکل جدی برای محصولات باغی است و در نهایت غلظت NaCl بسیار بالا منجر به مرگ و میر می شود (Tang et al., 2015). غلظت بالای NaCl باعث عقب ماندگی رشد گیاه می شود زیرا فرایند فتوسنتز را تغییر می دهد، ازدیاد تنظیم، پروتئین و منابع معدنی را مختل می کند و باعث ایجاد تنش اکسیداتیو ثانویه می شود، میزان آن با شرایط آب و هوایی، گونه های گیاهی، کیفیت نور، شرایط خاک متفاوت است (Negrao et al., 2017). این عامل استرس را عملکرد کشاورزی را تا ۲۰٪ در سراسر جهان کاهش می دهد (De Oliveira and Alencar, 2013).

۲-۴- علل شوری خاک

آبیاری یکی از دلایل عمده شور شدن خاک است، به ویژه در خاکهایی که میزان تبخیر و تعرق آنها زیاد است. این می تواند در اثر آبیاری با آب شور باشد. این مشکل همچنین می تواند هنگام آبیاری خاک با آب غیر شور یا بارندگی با شرایط ناکافی زهکشی یا آبیاری به روش نامناسب، به ویژه در مناطقی که میزان تبخیر و تعرق بالایی دارند، ایجاد شود (Rozema et al., 2008).

شوری خاک از سالهای گذشته در کل دنیا به یکی از نگرانی های مهم تبدیل شده است، زیرا این یکی از پیامدهای تغییر شرایط آب و هوایی با سطح اقیانوس است. در واقع، نفوذ آب شور در آب های زیرزمینی به طور چشمگیری سطح نمک موجود در خاک را افزایش می دهد، و آنها را شور و نامناسب برای تولید محصولات کشاورزی می کند (Rengasamy, 2006). مناطق ساحلی بیشتر در معرض خطر قرار دارند، تخمین زده می شود سطح دریا به طور متوسط ۳.۴ میلی متر در سال افزایش می یابد.

۲-۵- اثرات شوری بر جذب عناصر غذایی

شوری یک چالش مشترک زیست محیطی در جهان و یکی از مهمترین مشکلات تولید محصولات کشاورزی است. تنش شوری همچنین باعث تغییرات شیمیایی، فیزیولوژیکی و ریخت شناسی مختلفی در گیاهان می شود. پاسخ گیاه به شوری به گونه های گیاه، مرحله رشد، شدت و مدت زمان تنش بستگی دارد (Manchanda and Garg, 2008). دو تهدید اصلی ناشی از شوری ناشی از استرس اسمزی و مسمومیت یونی مرتبط با جذب بیش از حد کلرید و سدیم است که منجر به کمبود Ca^{2+} و K^{+} و عدم تعادل مواد مغذی دیگر می شود. همچنین، شوری با تداخل در فعالیت حامل ها و کانال های یونی در ریشه مانند K^{+} انتخابی، جذب مواد معدنی را مختل می کند. کانال ها (رقابت سدیم با پتاسیم)، مهار رشد ریشه توسط Na^{+} تأثیر بر ساختار خاک که باعث کاهش جذب آب و مواد معدنی می شود. تنش شوری همچنین باعث کاهش قابل توجه محتوای منیزیم می شود (Talei et al., 2012). بنابراین، تنش شوری بسته به گونه های گیاهی جذب برخی مواد مغذی را تقویت یا از آن جلوگیری می کند.

۲-۶- اثرات شوری در گوجه فرنگی

Solanum lycopersicum بسیار حساس به نمک در نظر گرفته می شود (Zhang et al., 2017). مطالعات متعددی قبلاً نشان داده است که شوری زیاد از نظر وزن میوه و تعداد، عملکرد میوه را در گوجه فرنگی کاهش می دهد (Diouf et al., 2018). میانگین اندازه میوه با سطح شوری همبستگی منفی دارد، در حالی که نسبت وزن تازه و خشک میوه در گیاهان تیمار شده با نمک افزایش می یابد (Diouf et al., 2018). شوری زیاد باعث تغییرات گسترده ای در متابولیسم میوه و فیزیولوژی می شود (Saito et al., 2008) و همچنین منجر به تغییرات ساختاری می شود (Ruiz, 2015). به طرز متناقضی، آمیدرات NaCl گزارش شده است که برای چندین مورد از میوه، از جمله درصد خشک، کل قندهای محلول، اسیدیت قابل تیتراسیون، ظرفیت آنتی اکسیدان و مواد فرار در میوه گوجه فرنگی گزارش می شود (Van Meulebroek, 2016). بنابراین کشاورزان مستعد آبیاری گوجه فرنگی با آب حاوی مقادیر کم نمک هستند که ممکن است منجر به اثرات زیست محیطی طولانی مدت شود (Johkan et al., 2014). با این حال، اثر شوری بر کیفیت میوه در گوجه فرنگی گیلان نشان داد که میوه های شور شده با افزایش سنتز اتیلن روبرو می شوند، که منجر به حساسیت بالاتر به تنش مکانیکی می شود، که ذخیره آنها را محدود می کند (Islam et al., 2018). از منظر توسعه پایدار کشاورزی، نیاز فوری به افزایش مقاومت گوجه فرنگی در برابر تنش شوری و کاهش مصرف آب و کودهای تولیدی کشاورزی وجود دارد.

۲-۷- اثرات شوری در گیاه

نمک ها دو اثر منفی روی گیاهان دارند. ابتدا، به دلیل تأثیر اسمزی که در جذب آب نقش دارند پتانسیل اسمزی را کاهش می دهند، در نتیجه جذب آب توسط ریشه کاهش میابد. اثرات دیگر نمک ها روی گیاهان، تأثیرات سمی، به ویژه برای NaCl است. Na^+ و Ca^{2+} می تواند در جذب توسط گیاه با هم رقابت کند، و بر روی هم اثر آنتاگونیستی بگذارند. این امر باعث ایجاد اختلال در مکانیسم های فیزیولوژیکی، مانند رشد اولیه، میشود (Byrt et al., 2018).

۲-۸- طبقه بندی گیاهان از نظر مقاومت به شوری

گیاهان حساسیت های مختلفی به تنش شوری دارند و به طور گسترده ای به گلیکوفیت و هالوفیت طبقه بندی می شوند (Ali and Yun, 2017): نوع اول شامل گونه هایی است که به تنش شوری حساس هستند، در حالی که دومی به گونه های مقاوم در برابر نمک اشاره دارد. این دو گروه با مکانیسم های خاص فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متمایز می شوند که در مورد هالوفیت ها، آنها را در برابر شوری زیاد مقاوم می کند. به عنوان مثال، هالوفیت *Salicornia dolichostachya* Moss با پمپ های تونوپلاست H^+ مشخص می شود که فعالیت آنها تحت تنش شوری کاهش می یابد، در حالی که گلیکوفیت های اسفناج (*Spinacia oleracea* L) به جای آنها افزایش می یابد (Katschnig et al., 2014). در میان گلیکوفیت های مرتبط اقتصادی، گوجه فرنگی کشت شده، *S. lycopersicum* وجود دارد که در اثر تنش شوری بالا و با از دست دادن عملکرد حاصل می شود.

۲-۹- راهکارهای تحمل شوری

گیاهان ارگانسم های ساکن هستند و بنابراین به طور مداوم در معرض محیط اطراف قرار می گیرند. به منظور انجام فرایندهای حیاتی، مانند فتوسنتز، و همچنین رشد رویشی و تولید مثل، گیاهان باید خود را با محیط در حال تغییر سازگار کنند. آنها این کار را با فعال کردن مجموعه ای از فرایندهای فیزیولوژیکی، ناشی از تغییر در سطح رونویسی و ترجمه (Merchante et al., 2017) و همچنین فعال شدن شاخه های متابولیک، منجر به سنتز متابولیت های ویژه انجام می دهند (Ashraf et al., 2018). شرایط محیطی می توانند برای یک دوره خاص پایدار باشند، اما همچنین می توانند به طور ناگهانی تغییر کنند. در این صورت، اگر این موجودات زنده نتوانند موفقیت کامل چرخه زندگی خود را به دست آورند، باید خود را با شرایط جدید محیطی سازگار کنند (Taiz et al., 2015). از این شرایط نامساعد در مجموع به عنوان تنش های محیطی یاد می شود. سازگاری با استرس می تواند جنبه های مختلفی داشته باشد که به نوع شرایط محیطی تغییر یافته بستگی دارد. اگر تنش موقتی باشد و ناگهان اتفاق بیفتد، گیاه از طریق تغییرات غیر

دائمی در مورفولوژی یا فیزیولوژی خود با شرایط جدید سازگار می شود. بنابراین، اگر شرایط محیطی به حالت عادی برگردد و در این حالت، سازگاری رخ دهد، این تغییرات قابل برگشت است. از طرف دیگر، اگر شرایط غیربهبوده در یک مکان خاص متداول شود، گیاهان باید استراتژی هایی را برای بهره برداری از محیط جدید خود به بهترین شکل و انتقال مایع ترشحات مکانیکی اتخاذ کنند (Polle and Chen, 2015). به عنوان مثال، برخی از گونه های گیاهی را می توان به طور خاص برای رشد در خاک های آتشفشان سازگار کرد (Smale et al., 2018)، و همچنین سواحل با شرایط شوری بالا (Furtado et al., 2019) یا مناطق آلوده به فلزات سنگین (Reeves et al., 2018).

گیاهان از اثرهای اولیه تنش شوری با سه سازوکار مختلف می گریزند:

کنترل جذب یونی، رقیق کردن نمک و حذف یا ترشح نمک (میبدی و قرهیاضی، ۱۳۸۱).

پاسخ گیاهی به تنش شوری متنوع می باشد و شامل ساز و کارهای متعددی از قبیل: دخالت ترکیبات اسمزی سازگار از قبیل پلی آمین ها، تولید گونه های فعال اکسیژن و سازوکارهای دفاعی آنتی اکسیدانی می باشد (Horie et al., 2012).

۲-۱-۹- تولید آنزیم های آنتی اکسیدانت

Solanum lycopersicum حاوی چندین کاروتنوئید (CAR) در خود است میوه ها و منبع اصلی LYC در رژیم غذایی انسان است. خواص آنتی اکسیدانی LYC و β -کاروتن در رابطه با رفع اکسیژن گونه های واکنش پذیر (ROS) احتمالاً مکانیسم عملکردی است که به وسیله آن گوجه فرنگی از بروز بیماری های مزمن جلوگیری کرده و آن را کاهش می دهد. علاوه بر این، بسیاری از ترکیبات فنلی نیز به ارزش سلامت گوجه فرنگی کمک می کنند، و همچنین ویژگی های کیفیت عملکردی را بهبود می بخشند. تولیدات گیاهی در جهان با محدودیتهای زیست محیطی و بیولوژیکی زیادی روبرو است. شوری برای اکثر گونه های گیاهی کشت شده بسیار سمی است و تولید محصول را به شدت محدود می کند (Isayenkov and Maathuis., 2019).

یکی از واکنش های گیاهان در هنگام شروع تنش شوری، تولید مولکول های آنتی اکسیدان و همچنین آنزیم های مهار ROS است (Berni et al., 2019). آنتوسیانین ها اغلب در سلولهای اپیدرمی برگ جمع می شوند از گیاهان در معرض تنش شوری، جایی که قرار است آنها با افزایش محتوای املاح در سلول ها به کاهش پتانسیل اسمزی کمک کنند (Chalker-Scott, 2002).

۲-۹-۲- هورمون های گیاهی

به دلیل افزایش استرس محیطی، تعادل بین تولید گونه های اکسیژن واکنش پذیر (ROS) و فعالیت رفع کننده آنتی اکسیدان ها بر هم می خورد، که اغلب منجر به آسیب اکسیداتیو می شود (Spychalla and Desborough, 1990) می تواند واسطه مهمی در آسیب رساندن به ساختارهای سلولی، اسیدهای نوکلئیک، لیپیدها و پروتئین ها باشد (Valko et al., 2006). میتووا و همکاران ضمن تعیین نقش آنتی اکسیدان های مختلف در تحمل شوری گوجه فرنگی (۲۰۰۲) نشان داد که تحمل بالاتر شوری گوجه فرنگی وحشی (*Lycopersicon pennellii*) در مقایسه با گوجه فرنگی کشت شده (*Lycopersicon esculentum*) می تواند با افزایش فعالیت SOD (سوپراکسید دیسموتاز)، APX (آسکوربات پراکسیداز) و POD (گویاکول پراکسیداز) ارتباط داشته باشد.

۲-۱۰- تنش شوری و فتوسنتز

فتوسنتز مهمترین روند فیزیولوژیکی است و در تمام مراحل آن تحت تأثیر عوامل استرس است. اشرف و هریس (۲۰۱۳) اظهار داشتند که مکانیسم فتوسنتز شامل اجزای مختلفی از جمله رنگدانه ها و سیستم های فتوسنتزی، سیستم انتقال الکترون و مسیرهای کاهش CO₂ است. هرگونه آسیب در هر سطحی که توسط عامل تنش ایجاد شود، می تواند ظرفیت کلی فتوسنتز یک گیاه سبز را کاهش دهد. نتایج نشان میدهد رشد تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی و ژنتیکی است تا حدی که به گونه ها، تنوع و همچنین شرایط رشد گیاه بستگی دارد. یکی از دلایل اصلی کاهش رشد ممکن است کاهش میزان

فتوسنتز (A) باشد (Ouerghi et al., 2000).

دستگاه فتوسنتز برای شوری به عنوان یک محدودیت محیطی عمل میکند، در مرحله اول، فتوسنتز توسط شوری به طور قابل توجهی کاهش نمی یابد، مگر اینکه به عنوان یک اثر ثانویه در برگهای تحت تأثیر نمک بسیار زیاد باشد، به عنوان مثال تنظیم اسمزی در گندم (Ali et al., 2005). ثانیاً، فتوسنتز در حضور شوری از طریق کاهش هدایت روزنه ای یا عوامل غیر روزنه ای دیگر مانند کاهش رنگدانه های کلروفیل مهار می شود تا نتواند نور کافی را جذب کند (Moradi and Esmail, 2007).

شوری یکی از مهمترین عوامل غیرزنده ای است که بهره وری محصولات را محدود می کند (Munnas, 1993). مهمترین فرایندی که در گیاهان تحت تأثیر شوری قرار می گیرد فتوسنتز است. کاهش فتوسنتز تحت شوری نه تنها به بسته شدن روزنه بلکه منجر به کاهش غلظت CO_2 بین سلولی نسبت داده می شود. شواهد زیادی وجود دارد که نشان می دهد نمک بر روی آنزیم های فتوسنتز، کلروفیل و کاروتنوئیدها تأثیر می گذارد (Stepien and Klobus, 2006).

۲-۱۱- مکانیزم های مقاومت به شوری

برای جلوگیری از شور شدن، آبیاری باید به مقدار کافی انجام شود تا رسوب اضافی نمک ها در لایه های بالایی خاک شسته شود. با این حال، آب آبیاری باید از کیفیت خوب و آبشویی بهینه باشد. با توجه به جنبه اول، چندین روش پرهزینه می تواند برای نمک زدایی آب یا بازیافت آب استفاده شود، مانند اسمز معکوس یا الکترودیالیز، با این حال، اینها هنوز در حال توسعه هستند (Escudier et al., 2019).

دو روش عمده برای بهبود تحمل استرس مورد استفاده قرار می گیرد: (۱) بهره برداری از تغییرات ژنتیکی طبیعی و (۲) تولید گیاهان تراریخته با ژن های جدید یا تغییر میزان بیان ژن های موجود. گیاهان می توانند میزان نمک خود را به روش های زیر تنظیم کنند (Larcher, 2003):

حذف نمک: از ورود نمک به سیستم عروقی جلوگیری می کند.

از بین بردن نمک: غدد و موهای ترشح کننده نمک به طور فعال نمک ها را از بین می برند، بنابراین

غلظت نمک در برگهای زیر یک آستانه خاص حفظ می شود.

ساکشن نمک: اگر حجم ذخیره سلول ها با جذب نمک به تدریج افزایش یابد (سلول ها به طور مداوم

آب را می گیرند)، می توان غلظت نمک را برای مدت زمان طولانی ثابت نگه داشت.

توزیع مجدد نمک: Na^+ و Cl^- می توانند به راحتی در آبکش جابجا شوند تا غلظت های بالای حاصل از

برگ هایی که به طور فعال ترشح می شوند، در تمام گیاه توزیع مجدد شود.

۲-۱۲- فلورسانس کلروفیل چیست؟

انرژی نور جذب شده توسط مولکول های کلروفیل می تواند (i) فتوسنتز (فوتوشیمی) را هدایت کند.

(ii) دوباره به عنوان گرما ساطع شود. یا (iii) به صورت نور (فلورسانس) مجدداً ساطع می شود. این سه

فرایند به طور جداگانه وجود ندارند بلکه بیشتر در رقابت با یکدیگر هستند. بنابراین عملکرد انتشار

فلورسانس کلروفیل به ما اطلاعات ارزشمندی در مورد کارایی کوانتومی شیمی و اتلاف گرما می دهد. این

برای فتوسنتز گیاه و در نهایت بهره وری مهم است زیرا از شیمی برای تهیه انرژی و کاهش قدرت برای

جذب CO_2 استفاده می شود. در دمای اتاق، تصور می کنیم که تغییرات سیگنال فلورسانس فقط از PSII

ناشی می شود و تا حد زیادی از انتشار PSI چشم پوشی می کنیم زیرا سیگنال زیر ۷۰۰ نانومتر کمک

قابل توجهی نمی کند (Butler, 1978; Pfündel, 1998; Baker, 2008).

از آنجا که فلورسانس کلروفیل معیاری از نور ساطع شده مجدد (در باندهای موج قرمز) از PSII است،

به طور طبیعی این بدان معنی است که هر نور محیطی می تواند در اندازه گیری فلورسانس تداخل ایجاد

کند و بنابراین بسیاری از سیستم های اولیه باید در تاریکی و یا بسیار کنترل شده استفاده شوند. محیط

های نور این مسئله با توسعه سیستم های تعدیل کننده که در آن نوری که برای القا فلورسانس (پرتو اندازه

گیری) در یک فرکانس شناخته شده اعمال می شود و آشکارساز قرار است در همان فرکانس اندازه گیری

شود (Schreiber et al., 1986) به این ترتیب آشکارساز فقط فلورسانس را که در اثر تحریک پرتو اندازه

گیری حاصل می شود اندازه گیری می کند و اجازه تداخل در نور محیط را نمی دهد. مزیت بارز این امر

این است که می توان اندازه گیری ها را بدون تیره شدن برگ انجام داد. فلورسانس غیر مدولاسیون اخیراً دوباره مورد توجه قرار گرفته است و دستگاه های زیادی در دسترس هستند که اندازه گیری تعدادی از پارامترهای گرفته شده در تاریکی را ارائه می دهند (Strasser et al., 2004). در حال حاضر علاقه به استفاده از دستگاه های کوچک دستی بر اساس فلورسانس مداوم برای غربالگری وجود دارد، جایی که اندازه گیری های کلیدی را می توان با دقت و سرعت زیادی انجام داد. انبوهی از پارامترها براساس رویدادهای فیزیکی درون PSII وجود دارد که ادعا می کنند اطلاعات دقیق ساختاری و عملکردی درباره فعالیت PSII، و انتقال الکترون را می دهند (Strasser et al., 2004). چنین تکنیک هایی حساس هستند و با استفاده از پارامترهای ساده برای استفاده در فنوتیپ محصولات پشتیبانی می شوند (Pask et al., 2012). با این حال، ادامه عدم پشتیبانی تجربی از پارامترهای پیچیده تر، تفسیر معنی دار را محدود می کند و ما احتیاط می کنیم. این در تضاد با حجم گسترده ای از داده است که یک چارچوب فیزیولوژیکی مناسب برای روش تعدیل شده فراهم می کند. در این بررسی، ما فقط توانایی پوشش تجزیه و تحلیل فلورسانس مدوله شده را داریم.

۲-۱۲-۱- اثر تنش شوری بر فلورسانس کلروفیل

برای تعیین وضعیت فیزیولوژیکی گیاه و میزان آسیب وارده به دستگاه فتوسنتزی، از تکنیکی به نام سنجش فلورسانس کلروفیل استفاده می شود. در واقع میزان فلورسانس تابعی از فعالیت فتوسنتزی برگ میباشد که می تواند در تشخیص مدت تنش های محیطی مورد استفاده قرار گیرد (Lichtenthaler, 1992). کلروفیل فلورسانسی، یک شاخص انرژی در ساختارهای فتوسنتزی برگ و سیستم تشخیصی سریع و غیر مخرب برای تعیین مقاومت گیاهان به تنش محیطی است (Percival and Henderson, 2003). شاخصه هایی که در زمانی کوتاه از این روش به دست می آیند، اطلاعات بسیار مفیدی از وضعیت و سلامت فرایندهای متابولیسم گیاه ارائه می کنند (Maxwell and Johnson, 2000).

انتقال الکترون فتوسنتزی یک فرایند اکسیداسیون و احیا و تحریک نوری درگیر در تغییر انرژی فوتون

به انرژی شیمیایی می باشد. محل انتقال الکترون فتوسنتزی غشای تیلاکوئید است. در گیاهان عالی غشاهای تیلاکوئیدی در کلروپلاست قرار دارند. چند پروتئینی جداسازی شده در غشاهای تیلاکوئیدی شامل: فتوسیستم II، سیتوکروم، فتوسیستم I و کمپلکس ATP سنتتاز و دو حامل محرک الکترون به نام های پلاستوکوئینون (PQ) و پلاستوسیانین (Pcy) در فرایندهای انتقال الکترون درگیر هستند. هر دو فتوسیستم I و II کمپلکس های رنگدانه های پروتئینی هستند (Sudhir and Murthy, 2004). در تنش شوری و تنش خشکی حاصل از آن همراه با تابش زیاد و افزایش دما باعث افزایش میزان بازدارندگی نوری می شود. اثر خشکی و نور زیاد بر فتوسیستم II موجب خسارت به وظایف فتوشیمیایی این فتوسیستم می شود و به عبارتی بازدارندگی در انتقال الکترون را باعث می شود (Lu et al., 2002). در گزارشی عنوان شد که تنش شوری باعث افزایش تجمع NaCl در کلروپلاست های گیاهان عالی می شود که روی سرعت رشد تأثیر گذاشته و اغلب این موضوع با کاهش فعالیت انتقال الکترون فتوسنتزی همراه میشود. همچنین تنش شوری در گیاهان عالی باعث جلوگیری از فعالیت PSII میشود که در برخی گزارش های علت کاهش فعالیت PSII در واکنش به تنش شوری، جدایی باندهای خارجی پلی پپتیدی Da23 عنوان شده است (Sudhir and Murthy, 2004). علاوه بر محدودیت فرایندهای نوری، ورود دی اکسید کربن نیز کم شده و انتقال الکترون در اثر محدودیت دی اکسید کربن نیز کاهش یافته و قدرت آسیمیلایون نیز محدود می شود (Boyer et al., 1987). فلورسانس اولیه (Fo) و فلورسانس حداکثر (Fm) از اجزای مورد نظر در تعیین میزان فلورسانس کلروفیل می باشند. افزایش در مقدار فلورسانس اولیه (oF) و کاهش در فلورسانس حداکثر (Fm) فعالیت فتوسیستم II را مختل می کند (Paknejad et al., 2007).

۲-۱۲-۲- تأثیر شوری بر میزان کلروفیل

کلروفیل ها از جمله ماکرو ملکول هایی هستند که در شرایط تنش آسیب می بینند. مهمترین رنگدانه های جذب کننده نور در غشاهای تیلاکوئیدی، کلروفیل ها می باشند (Hopkins, 1999). یکی از پیشرفت های علمی در زمینه ی تخمین میزان کلروفیل برگ استفاده از دستگاه SPAD است. اندازه گیری

عدد کلروفیل متر (عدد SPAD)، که اخیراً به عنوان یکی از شاخصهای فیزیولوژیکی مناسب در مطالعات مختلف است در مطالعه اثرات تنش شوری نیز مورد استفاده قرار میگیرد (Flowers et al., 1995). محققین به این نتیجه رسیده اند که در شرایط شوری، موازنه و تعادل رنگیزه های فتوسنتزی به هم میخورد و به این نکته اشاره کردند که در گیاهان خیلی حساس، کلروفیل ها در اثر شوری آسیب دیده، در حالی که در گیاهان متحمل، میزان کلروفیل افزایش نشان میدهد و این افزایش احتمالاً به دلیل تجمع کلروفیل های a و یا b میباشد. در گیاهان حساس کاهش در میزان کلروفیل عمدتاً به دلیل تخریب کلروفیل a است که تجزیه پذیرتر به نظر می رسد (Bahmafaz, 1987). وقوع تنش میزان سطح برگ را کاهش می دهد که ناشی از کاهش اندازه سلول است. بنابراین در طی بروز تنش ملایم به دلیل وجود سلولهای بزرگتر در واحد وزن برگ، میزان کلروفیل آن نیز افزایش می یابد (Taiz and Zeiger, 2001). به طور کلی، تأثیر تنش بر واحد کلروفیل بسیار متنوع است و بستگی به شرایط محیطی و ژنوتیپی گیاهان دارد. پیری برگ در نتیجه کاهش محتوای کلروفیل تحت تأثیر تنش شوری است (Kaya et al., 2002). افزایش میزان کلرید سدیم در گیاه نخود موجب افزایش غلظت کلروفیل a و b شد (Kafi et al., 2011) اثر ۵ سطح شوری (۰، ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۱۰۰ میلی مول) در مرزه بررسی شد و گزارش گردید که شوری کلروفیل های a و b و نسبت کلروفیل a به b را کاهش میدهد (Najafi et al., 2010).

محتوای کلروفیل به عنوان یکی از پارامترهای مقاومت به شوری در گیاهان زراعی مطرح شده است. سیرام و همکارانش در سال ۲۰۰۲ کاهش محتوای کلروفیل را با افزایش سطوح شوری در رقم حساس و مقاوم به شوری گندم گزارش نمودند. آنها همچنین کاهش بیشتر محتوای رنگدانه ها در رقم حساس نسبت به رقم مقاوم را نشان دادند. بیشتر گزارشها حکایت از آن داشت که محتوای کلروفیل کل تحت استرس شوری کاهش می یابد و برگ های پیر و نکروزه شده، با ادامه دوره شوری شروع به ریزش می نمایند (Parida and Das., 2005). هر چند در گیاه تاج خروس گزارش شده که شوری سبب افزایش محتوای کلروفیل شده است (Wang et al., 2000). اما کاهش در محتوای کلروفیل در نتیجه تنش شوری در مورد

پنبه (Meloni et al., 2003)، کدو تنبل (Sevengor, 2011) و اسفناج (Kaya et al., 2001) هم گزارش شده است که با نتایج ما مطابقت دارد.

۲-۱۳- سالیسیلیک اسید

۲-۱۳-۱- تاریخچه شناخت سالیسیلیک اسید

اعتقاد بر این است که استفاده از پوست درخت بید برای تسکین درد به قرن ۴ قبل از میلاد مسیح است، زمانی که بقراط آن را برای زنان هنگام تولد کودک تجویز می کرد (Weissman, 1991). اصل فعال بید تا قرن نوزدهم به عنوان یک رمز و راز باقی مانده بود که سالیسیلات ها از جمله سالیسیلیک اسید (SA)، متیل سالیسیلات، سالیژنین (الکل SA) و گلیکوزیدهای آنها از عصاره گیاهان مختلف از جمله بید جدا شد. به زودی پس از آن سالیسیلیک اسید سنتز شیمیایی شد و در نهایت منجر به استفاده گسترده از آن شد. متعاقباً سالیسیلیک اسید با استیل سالیسیلیک اسید مشتق مصنوعی (آسپرین) جایگزین شد که تحریک دستگاه گوارش کمتری تولید می کند اما هنوز دارای خواص دارویی مشابهی است. علیرغم سابقه طولانی، نحوه عملکرد سالیسیلیک اسید کاملاً شناخته نشده است. کشف این که در مقاومت در برابر بیماری در گیاهان نقش دارد، احتمال وجود برخی از ترکیبات فنلی برخی از فنلی ها را که بعنوان ترکیبات حاوی یک حلقه معطر با یک گروه هیدروکسیل یا مشتق آن در گیاهان، تعریف می شود، افزایش می دهد. حدس و گمان های قابل توجهی وجود دارد که فنلیک ها به طور کلی به عنوان تنظیم کننده های رشد گیاه عمل می کنند (Aberg, 1981)

به طور کلی ترکیبات فنول به صورت فراگیر در طبیعت وجود دارند. در غلظت های بالا در بافت های گیاهی، میکرو ارگانیزم ها، خاک ها و حتی فاضلاب های صنعتی نیز یافت میشوند. این ترکیبات بر رشد بسیاری از گیاهان اثر میگذارند (Glass, 1974). سالیسیلیک اسید یا ارتوهیدروکسی بنزوئیک اسید و ترکیبات مربوطه نیز به یک گروه از ترکیبات فنول تعلق دارند (Popova et al., 2003). آمریکایی ها و یونانیان قدیم دریافتند که درد و تب را می توان با برگ و پوست درخت بید از بین برد (Raskin, 1992).

در سال ۱۸۲۸ یوهان بوخنر که در مونیخ آلمان کار می کرد، اولین کسی بود که مقدار مشخصی از سالیسیلیک اسید را از پوست درخت بید جدا ساخت که این ماده شامل مقداری الکل سالیسیلات و گلیوکوزید سالیسیل بود. ده سال بعد شخصی به نام رافائل پیریا^۱ این ترکیب فعال موجود در پوست بید را سالیسیلیک اسید نامید که از نام لاتین *salix* به معنی بید مشتق شده است (Popova et al., 2003)

سالیسیلیک اسید در قلمرو گیاهی به طور وسیعی پراکنده شده و در بیش از ۳۴ گونه شناسایی شده است. همچنین یکی از نقشهای مهم سالیسیلیک اسید این است که بر بسیاری از روندهای فیزیولوژیکی سلول اثر دارد. بالاخره، فلیکس هافمن^۲، شیمیدان و پژوهشگر آلمانی، دارویی را در شرکت بایر به ثبت رساند که نام شیمیایی آن (استیل سالیسیلیک اسید)^۳ بود که بعدها به نام آسپرین شهرت یافت. امروزه سالیسیلیک اسید در اشکال متنوع و به صورت گسترده ای در گیاهان شناخته شده است و در نظر بعضی این ماده یکی از موارد مهم رشد گیاهی تصور میشود. سالیسیلیک اسید یک رده جدید از مواد تنظیم کننده رشد گیاهی است. این ترکیب گیاهی مشخص شده در سرتاسر قلمرو گیاهی موجود است و روی بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیک در گیاهان با غلظتهای کم مؤثر می باشد. مشخص شده است که سالیسیلیک اسید در بعضی موارد مقاومت به بیماریها و تولید گرما را در گیاهان تنظیم می کند. به طور کلی، برای درک بهتر مکانیزم عمل این ترکیب تنظیم کننده گیاهی مهم باید مطالعات بیشتری روی مسیر بیوسنتز سالیسیلیک اسید و متابولیسم آن به همراه بررسیهای مولکولی روی خود سالیسیلیک اسید به عنوان یک علامت (سیگنال)^۴ در هدایت و انتقال صورت گیرد (Senaranta et al., 2002).

۲-۱۳-۲- شناخت سالیسیلیک اسید

سالیسیلیک اسید یکی از فنولیک های طبیعی و تنظیم کننده های رشد درونی در گیاهان است که در

1. Rafael Perea

2. Felix Hoffmann

3. Acetylsalicylic acid

4. Signal

فرایندهای جوانه زدن بذر، نفوذپذیری غشا، جذب و انتقال یونها، بسته شدن روزنه ها، سرعت فتوسنتز و رشد تاثیر دارد (Shahzad et al., 2007). سالیسیلیک اسید باعث تحریک گل دهی در بسیاری از گیاهان میشود (Martin-Mex et al., 2005). سالیسیلیک اسید نقش مهمی در تنظیم رشد و نمو گیاه دارد و مکانیسم دفاعی گیاه در برابر تنش های زنده و غیرزنده را ایجاد میکند (Szalai et al., 2000). این مکانیسم از طریق فعالسازی مسیرهای بیوشیمیایی متفاوتی از جمله بازدارندگی کاتالاز 2H_2O ، جذب مواد غذایی، عملکرد غشا، جمع آوری تعادل آب و فعالیت روزنه ها و تعادلی که بین شرایط اسمزی گیاه و مکانیسم های آنتی اکسیدانی آن به وجود می آید باعث مقاومت در برابر شرایط شوری و افزایش رشد میگردد (Deef et al., 2007).

سالیسیلیک اسید یک اسید هیدروکسیل بتا است که از پوست و برگهای زمستان سبز بید سفید بدست می آید و اثرات باکتریواستاتیک، قارچ کش و کراتولیتیک را در بر می گیرد. سالیسیلیک اسید یک اسید کربوکسیلیک آلی بی رنگ و بلوری است. این ماده در بسیاری از محصولات مراقبت از پوست برای درمان آکنه، پسوریازیس، کالاس، کراتوز پیلاریس و زگیل مورد استفاده قرار می گیرد و با تولید ۱۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ tpa به اتحادیه اروپا تولید و یا وارد می شود. برای مطالعات در این خلاصه، از تغییرات مختلف ماده به عنوان جایگزین استفاده شده است، به عنوان مثال استیل سالیسیلیک اسید (آسپرین)، سدیم سالیسیلات و متیل سالیسیلات، استیل سالیسیلیک اسید و متیل سالیسیلات نتایج استریزه سازی سالیسیلیک اسید و هیدرولیز متیل سالیسیلات تولید سالیسیلات سدیم هستند. این ترکیبات از نزدیک مرتبط هستند و گفته زیر از WHO به عنوان راهنما برای این خلاصه استفاده شده است: "همه مشتقات سالیسیلیک اسید به جز ترکیبات با کورتیکواستروئیدها (M01B) یا مواد افیونی (N02AJ) در N02BA طبقه بندی می شوند سالیسیلیک اسید و مشتقات آن، به همین ترتیب تفاوت بین استفاده از سالیسیلات در شرایط روماتیسمی و سایر کاربردهای درمانی سالیسیلات دشوار است. " (WHO 2017).

۲-۱۳-۳- بیوسنتز سالیسیلیک اسید

سالیسیلیک اسید یک فیتورمون فنلی گیاهی است که در همه جا در گیاهان وجود دارد و به عنوان یک مولکول ضروری برای کمک به پاسخ استرس غیرزیستی شناخته شده است (Sharma et al., 2019). مکانیسم های اساسی تحمل استرس غیرزیستی ناشی از سالیسیلیک اسید شامل تجمع اسمولیت پرولین، گلیسین بتائین، آمین ها و قندهای محلول با واسطه سالیسیلیک اسید می باشد که می تواند در حفظ هموستاز اسمزی کمک کند.

۲-۱۳-۴- اثرات فیزیولوژیکی سالیسیلیک اسید در گیاهان

سالیسیلیک اسید، یک ترکیب فنلی، تنظیم کننده رشد درون زا و مولکول سیگنال است که با تحمل تنش در گیاهان ارتباط دارد. مطالعات قبلی نشان می دهد که سالیسیلیک اسید برون زا می تواند تحمل در برابر انواع مختلف تنش را القا کند (Nasser Alavi et al., 2014). همچنین کاربرد برون زای آن ممکن است بر طیف وسیعی از فرایندهای متنوع از جمله رشد، بسته شدن روزنه، جذب و انتقال یون، سنتز اتیلن، جوانه زنی بذر، عملکرد میوه و اثر مهاری اسید آبسازیک تأثیر بگذارد (Horvath et al., 2007). اگر چه افزایش شواهد نشان می دهد که سالیسیلیک اسید ممکن است از طریق تجمع H_2O_2 باعث ایجاد تنش اکسیداتیو در گیاهان شود (Chao et al., 2010)، استفاده از سالیسیلیک اسید برون زا با غلظت کم ممکن است اثر سازگاری ناشی از تنش داشته باشد و باعث تحمل بیشتر نسبت به انواع تنشهای غیرزیستی شود. (Horvath et al., 2007).

افزایش ویتامین ث و درجه بریکس با کاربرد سالیسیلیک اسید در گوجه فرنگی توسط اسفندیاری و همکاران (۱۳۹۳) و در کلم براکلی توسط (Jamali, 2011) گزارش شده است. در پژوهشی، محلول پاشی سالیسیلیک اسید روی گیاه بابونه کبیر باعث افزایش، ارتفاع ساقه گل دهنده، ارتفاع گیاه، تعداد گل، تعداد پاجوش ها، میزان کلروفیل، قطرگل، سطح برگ، وزن تر و خشک گیاه و همچنین اسانس گردید (نجفیان و همکاران، ۱۳۸۸).

سالیسیلیک اسید، یک هورمون درون زا با ماهیت فنلی، فعالیتهای فیزیولوژیکی گیاه را تنظیم می کند و ثابت شده است که مقاومت در برابر بیماریها در گیاهان ایجاد می شود (Raskin, 1992). نقش آن در مقابله با تنش غیرزنده قابل توجه بوده و محافظتی برای گیاهانی است که تحت تنش قرار دارند (Farooq et al., 2008). القای تحمل در برابر استرس عملکرد اصلی سالیسیلیک اسید است و در بسیاری از مطالعات تحقیقاتی گزارش شده است (Senaratna et al., 2000). تحمل گرما و سرما در خردل (Dat et al., 1998)، ذرت (Farooq et al., 2008) و گندم (Tasgn et al., 2003). علاوه بر این، شوری و تحمل تنش به فلزات سنگین نیز توسط سالیسیلیک اسید در گندم (Sakhabutdinova et al., 2002) و جو ایجاد شد (Metwally et al., 2003). علاوه بر این، همچنین باعث تحمل خشکسالی در گندم می شود (Horvath et al., 2007).

۲-۱۴- اثرات سالیسیلیک اسید

۲-۱۴-۱- اثرات سالیسیلیک اسید روی بذر گیاهان

اثرات سالیسیلیک اسید برون زا اعمال شده در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه تحت بهینه شرایط محیطی بحث برانگیز است. چندین مطالعه نشان می دهد که سالیسیلیک اسید روی جوانه زنی یا رشد گیاه در گونه های مختلف گیاهی تأثیر می گذارد. به عنوان مثال، افزایش جوانه زنی و رشد نهال در گندم در تیمار با سالیسیلیک اسید ثبت شد (Shakirova, 2007).

سالیسیلیک اسید به گروهی از ترکیبات فنلی تعلق دارد که به عنوان یک مولکول مهم برای تعدیل پاسخ های گیاه به تنش های محیطی شناخته شده است (Hanan, 2007). سالیسیلیک اسید در جوانه زنی، تنفس میتوکندری، انتقال مواد، نفوذپذیری غشاء، بسته شدن روزنه ها، سرعت رشد، فتوسنتز و جذب یون ها تأثیر گذار است (Shinwari et al., 2015). بذرهای پرایم شده سورگوم با سالیسیلیک اسید سرعت جوانه زنی بیشتری نسبت به شاهد داشتند و همچنین جوانه زنی بذرهای پیش تیمار شده نسبت به بذرهای شاهد زودتر آغاز شده در نتیجه این بذرها سریعتر از خاک خارج شده و زودتر استقرار یافته اند (2012 ,

El-Tayeb (2005) گزارش کرد که پیش تیمار بذر جو با سالیسیلیک اسید باعث افزایش درصد جوانه زنی آن شد. گزارش کردند سالیسیلیک اسید به میزان ۱ میلی مولار باعث افزایش درصد جوانه زنی شد ولی میزان بالاتر از آن باعث کاهش درصد جوانه زنی گیاه گندم میشود (Shakirova et al., 2003). گزارش کردند با استفاده از سالیسیلیک اسید درصد جوانه افزایش میابد (Raskin, 1992). سالیسیلیک اسید با اثر برروی تنظیم کننده های رشد مانند اتیلن (Raskin, 1992) اسیدآبسیزیک و جیبرلین (Shekirova et.al., 2003) به طور غیرمستقیم جوانه زنی را مهار میکند و از طرفی احتمالاً سالیسیلیک اسید با اثر بر روی پروتئازهای گیاهی مانع تجزیه پروتئین های بذر شده و جوانه زنی را به تأخیر می اندازد (Davis, 2005). تیمار بذر برخی از گیاهان با سالیسیلیک اسید، نتیجه ای نداشته است. مثلاً با سالیسیلیک اسید بذر چهار ژنوتیپ از گیاه لوبیا چشم بلبلی با غلظت ۲/۵ میلی مولار تیمار شدند و نتیجه اینکه به جز یکی از ژنوتیپ های این گیاه (UPC 4200) که به این تیمار جواب مثبت داد، روی بقیه ژنوتیپ های دیگر هیچ گونه اثری نداشت. حتی در بعضی از آنها جوانه زنی بذر و رشد گیاهچه به طور منفی تحت تأثیر قرار گرفت (Chandra et al., 2007).

۲-۱۴-۲- اثرات سالیسیلیک اسید روی پارامترهای رشدی

تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید تقسیم سلولی را درمریستم رأس ریشه افزایش داده و رشد گیاه را بالا می برد (Shakirova et al., 2003). از جمله فرایندهای مورفولوژیکی که تحت تأثیر سالیسیلیک اسید قرار میگیرد، گلدهی و غده دهی در گیاهان است. گلدهی در گیاه عدسک آب^۱، تسریع آغازش گل در لوبیا، و القاء غده دهی در سیب زمینی توسط سالیسیلیک اسید انجام گرفته است (Handro et al., 1997) و نیز در بنفشه آفریقایی باعث کاهش زمان به گل رفتن شد (Jabbarzadeh, 2009). در گیاه *sanchezia*

1. *Brassica sinapis*

nobilis با غلظت ۲-۰/۵ میکرو مولار از سالیسیلیک اسید، شمار جوانه های گل و طول میله ی گل بطور معنی داری افزایش یافت (Handro et al., 1997). سالیسیلیک اسید روی طول برگ در گیاه ذرت اثری نداشته ولی بیومس و طول گیاه را افزایش می دهد (Nemeth et al., 2002). سالیسیلیک اسید در غلظت ۱ میلی مولار اثر مثبتی روی افزایش عملکرد در گیاهان داشته و همچنین در غلظت های بالاتر ۰/۰۱ میلی مولار برای رشد گندم و خردل مطلوب بوده است (Hayat et al., 2005; Fariduddin et al., 2003).

تیمار گیاه علف گینه^۱ (چمن گینه) با سالیسیلیک اسید باعث بهبود عملکرد بذری در این گیاه شد که بیشترین غلظت از سالیسیلیک اسید در این آزمایش بهترین نتیجه را داشت (Joaquin et al., 2007). محلولپاشی سالیسیلیک اسید روی گیاهان دارویی ریحان^۲ و مرزنگوش^۳، باعث افزایش در تعداد شاخ و برگ و ارتفاع گیاه، سطح برگ، وزن تر و خشک این گیاهان شد (Fatma, 2007). اثر فیزیولوژیکی محلول پاشی سالیسیلیک اسید روی گیاه ذرت، به خوبی مشخص گردید و باعث افزایش همه ی پارامترهای رشد گردید که اثر مطلوب سالیسیلیک اسید در غلظت ۳ میلی مولار بدست آمد (Abdel-Wahed et al., 2006).

اسپری برگی سالیسیلیک اسید در گیاه آفتابگردان هیبرید موجب بهتر شدن پارامترهای رویشی (همانند؛ عملکرد روغن، سطح برگ، ارتفاع گیاه، عملکرد نهایی بذر) و کارایی بهتر مصرف آب^۴ شد (2009 Hussain et al.,). محلول پاشی سالیسیلیک اسید روی گیاهان مرزنگوش و ریحان انجام شد که رشد و عملکرد برای ریحان با غلظت ۱۰ میلی مولار و برای مرزنگوش با غلظت ۱ میلی مولار بهتر بود (Gharib, 2007). اسپری برگی سالیسیلیک اسید در گیاه گندم انجام شد که افزایش پارامترهای رشد و عملکرد گندم با کاربرد غلظت های ۱۰۰، ۲۰۰ پی پی ام بدست آمد، اما همین پارامترها با کاربرد غلظت ۴۰۰ پی پی ام معکوس شد (Amin et al., 2007). تیمار گیاه سویا با سالیسیلیک اسید، باعث افزایش شمار گلها، غلاف در هر گیاه و افزایش محصول کل شد (Mateo et al., 2006). کاربرد سالیسیلیک اسید روی گیاه ذرت،

-
1. *Panicum maximum*
 2. *Ocimum basilicum*
 3. *Origanum vulgare*
 4. Water Use Efficiency

همانند کاربرد سالیسیلیک اسید روی بسیاری از گیاهان دیگر ثابت کرد که باعث افزایش بیوماس کل در گیاه ذرت شد (Gunes et al., 2007).

۲-۱۴-۳- اثر سالیسیلیک اسید روی مقاومت گیاهان به تنش های زنده

مطالعات متعددی نقش سالیسیلیک اسید را به عنوان یک مولکول پیام رسان مهم در پاسخ های گیاه به تنش های زنده و غیر زنده تأیید کرده است (El-tayeb, 2005). سالیسیلیک اسید در گیاه توتون و خیار نشان داده که به مقاومت این گیاهان به پاتوژن ها کمک می کند و همچنین اعضای گیاه که از پاتوژن ها عاری هستند، مقاوم تر می شوند و این عمل را اصطلاحاً < کسب سیستم مقاومتی¹ > می نامند که در واکنش های حساس زودتر تشکیل میشود. تیمار سالیسیلیک اسید در گیاهان توتون آلوده به ویروس موزاییک توتون، موجب بهبود بیماری گردید (Lee et al., 1995). سالیسیلیک اسید از کاهش مقدار IAA و سیتوکنین در گیاه حفاظت میکند در نتیجه مهار رشد ناشی از تنش را کاهش میدهد. همچنین سالیسیلیک اسید از طریق افزایش ABA در ریشه، مقدمات لازم را برای مقابله با تنش ایجاد می کند (Raskin, 1992).

۲-۱۴-۴- اثرات سالیسیلیک اسید روی مقاومت گیاهان به تنش های

غیر زنده

برخی از مواد شیمیایی مانند سالیسیلیک اسید به عنوان مولکول های سیگنال اثرات مفیدی بر رشد و نمو گیاه دارند. سالیسیلیک اسید (۲-هیدروکسی بنزوئیک اسید) یک ترکیب فنلی و یکی از هورمون های گیاهی است که در تمام اندام های گیاه یافت می شود و وقتی سلول ها، اندام ها یا کل گیاه در معرض استرس غیر بیولوژیکی یا بیولوژیکی قرار بگیرند، غلظت این ماده هورمون افزایش می یابد نشان داده شده است که سالیسیلیک اسید نشت یونی را به میزان قابل توجهی کاهش داده و یون های سمی را در گیاه جمع می کند (Kranter et al., 2008). جایاگانان و همکاران (۲۰۱۳) گزارش داد که پیش از درمان

1. Systemic Acquired Resistance (SAR)

Arabidopsis با سالیسیلیک اسید باعث کاهش جریان NaCl ناشی از K^+ از ریشه ها می شود در حالی که گیاهان تحت درمان با ورود به تنش شوری جریان بزرگ K^+ نشان می دهند. آنها همچنین اظهار داشتند که گیاهان پیش تیمار شده سالیسیلیک اسید نسبت سیتوزولی K^+ / Na^+ بالاتری که برای عملکرد طبیعی سلول تحت تنش شوری مورد نیاز است، داشتند.

۲-۱۵- ملاتونین

ملاتونین هورمونی است که برای اولین بار از غده صنوبری (پینه آل)، غده کوچکی در مغز گاو کشف و استخراج شد (Marino et al., 2013). ملاتونین هم تحریک کننده و هم بازدارنده‌ی رشد میباشد که اثر تحریک کنندگی و بازدارندگی، به غلظت آن بستگی دارد. ملاتونین خط مقدم برای مقابله با تنش اکسیداتیو معرفی شده است و سایر آنتی اکسیدان ها به صورت پشتیبان بعد از آن وارد عمل میشوند. همچنین به دلیل طبیعت حدود سی سال پس از کشف ملاتونین در پستانداران، این ماده در نوعی جلبک تک سلولی به نام *Lingulodinium polyedrum* تشخیص داده شد (Poeggeler et al., 1991). در سال ۱۹۹۳، ملاتونین در نوعی گل نیلوفر پیچنده به نام *Pharbitis nil* L. مترادف با *Ipomoea nil* L. شناسایی شد ولی هیچکدام از این نتایج تا سال ۱۹۹۵ به چاپ نرسیدند (Van Tassel et al., 1995). انتشار تقریباً همزمان دو مقاله بر روی گیاهان خوراکی در سال ۱۹۹۵، به روشنی وجود ملاتونین را در گیاهان عالی به اثبات رساند (Dubbels et al., 1995; Hattori et al., 1995). ملاتونین علاوه بر عملکرد به صورت یک آنتی اکسیدان قوی، در فرایندهایی مانند جوانه زنی، نمو و توسعه ریشه و اندام هوایی (Park and Back, 2012) (Zhang et al., 2013)؛، القای رشد، افزایش سطح برگ و وزن تر، به تعویق انداختن پیری برگ و در نتیجه افزایش فتوسنتز و کربوکسیلاسیون، محتوای کلروفیل و کارتنوئیدها، افزایش کیفیت و کمیت محصولات دخالت دارد (Zhang et al., 2015). به همین دلیل پژوهشگران پیشنهاد می دهند که ملاتونین برای اهداف کشاورزی به کار رود (Wang and Janas, 2012).

۲-۱۵-۱- شناخت ملاتونین

ملاتونین (N-استیل-۵-متوکسیتریپتامین) یک ترکیب آلی با جرم مولکولی کم است و فعالیت های بیولوژیکی مختلفی را انجام می دهد. جرم مولکولی ملاتونین ۲۳۲/۲۸ گرم بر مول و به صورت پودری سفید رنگ است. این یک مولکول موجود در همه موجودات زنده از باکتری ها تا پستانداران است (Hardeland et al., 2011, Reiter et al., 2014, Nawaz et al., 2016). اولین کشف ملاتونین در گیاهان توسط دوبلز و همکاران گزارش شد. ملاتونین در تمامی پستانداران، پرندگان، دوزیستان، خزندگان و گیاهان یافت می شود (Marino et al., 2013). به طوریکه امروزه می توان گفت ملاتونین در تمامی قلمرو از پروکاریوت ها، یوکاریوت ها، گیاهان و جانوران وجود دارد (Tan et al., 2013). وجود ملاتونین در گل سنگ ها به اثبات نرسیده و اطلاعات بسیار کمی در مورد حضور ملاتونین در قارچها، باکتریها و گیاهان بدون آوند وجود دارد (Arnao and Hernandez, 2015; Blask et al., 2004). ملاتونین در یک طیف گسترده ای از گونه های گیاهی از جمله سبزی ها، غلات، حبوبات و غیره کشف شده است. درواقع به نظر می رسد که ملاتونین سطحی از بافت های گیاهی هستند (Marino et al., 2013). برای اولین بار ملاتونین در بعضی گونه های گیاهی از جمله سلمه تر (Wolf et al., 2001) سنبل آبی (Tan et al., 2007)، گیلان (Zhao, 2012) و نوعی جلبک سبز (Tal, 2011) اندازه گیری شد.

۲-۱۵-۲- تولید ملاتونین در گیاهان

ملاتونین یک مولکول باستانی است که از سیانوباکتریوم گرفته شده و از طریق تکامل به حیوانات و گیاهان وارد شده است (Tan et al., 2013). ملاتونین یک ترکیب ایندولیک است که از تریپتوفان گرفته می شود و در طی سال ۱۹۹۵ در گیاهان یافت شد. تقریباً در همه گونه های گیاهی یافت می شود، بسته به نوع گیاه در نور بسته به مقدار متفاوت است (Zhao et al., 2018). اگرچه سطح ملاتونین در گیاهان و برگهای معطر بالاتر از دانه است (Arnao and Hernandez-Ruiz, 2014). ملاتونین در سال ۱۹۹۳ در شکوه صبح پیچک (*Pharbitis nil L., syn. Ipomoea nil L.*) و در میوه های گوجه فرنگی

(*Solanumlycopersicum L*) کشف شد، با این حال، به دلایل ناشناخته، نتایج منتشر شد سالها بعد در سال ۱۹۹۵ (Vantassel, 1995). علاوه بر این، اکثر گیاهان گزارش شده حاوی Rosaceae, Vitaceae, Poaceae, Apiaceae and Brassicaceae است، با این حال، گیاهان از گونه های دیگر نیز محتوای ملاتونین درون زا بالاتر نشان داده اند. در دهه گذشته، چندین محقق نشان دادند که غلظت ملاتونین نیز در انواع گونه ها متفاوت است، بسته به مکان، مرحله رشد، زمان کشت و برداشت محصول متفاوت است (Okazaki, 2009). گزارش شده است که ملاتونین درون زا در تنظیم صفات رشد گیاهان در گونه های مختلف نقش مهمی دارد (Wei et al., 2018). به همین دلیل، چندین روش سنجش برای تعیین مقدار ملاتونین در نمونه های گیاهی گزارش شده است که شامل رادیوایمونواسی (RIA)، روش جذب کننده ایمنی متصل به آنزیم (ELISA)، کروماتوگرافی گازی - طیف سنجی جرمی (GC-MS) و کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا (HPLC) تشخیص الکتروشیمیایی (HPLC-ECD)، تشخیص (HPLC-FD)، یا طیف سنجی جرمی کروماتوگرافی مایع با عملکرد بالا میباشد. (Feng et al., 2014).

۲-۱۶- نقشهای فیزیولوژیکی ملاتونین در گیاهان

۲-۱۶-۱- توسعه ی تولید مثل

اولین مطالعه تجربی از نقش های فیزیولوژیکی ملاتونین در گیاهان، به مشارکت آن به عنوان یک مولکول نظارتی در ریتم شبانه روزی و در جنبه های مرتبط با دوره ی نوری مربوط می شود. تغییرات احتمالی در سطح ملاتونین در طی دوره های نور و تاریکی مشاهده شده است که نشان دهنده ی سطح کم ملاتونین در طول دوره ی روشنایی و افزایش قابل توجهی در سطح آن در طول دوره ی تاریکی است (Marino and Arnao, 2006).

۲-۱۶-۲ - حفاظت از سلول

این ماده به عنوان یک انتقال دهنده عصبی ایندولامین مرکزی، در فرایند بیولوژیکی مختلف و متابولیت گیاه در نظر گرفته می شود (Murch and Saxena, 2002). علاوه بر این، ملاتونین به دلیل مشارکت در بهبود جوانه زنی بذر، رسیدن میوه، فتوسنتز، تولید زیست توده، ریتم شبانه روزی، شبکه اکسایش اکسیداسیون، یکپارچگی غشا، رشد ریشه، پیری برگ، تنظیم اسمزی، تنش غیر زنده (نمک، خشکسالی، سرما، گرما) گزارش شده است. (Zhang et al., 2014). علاوه بر این، گزارش شده است که نقشی منفی در محافظت از گیاهان در برابر تنش های زیستی ایفا می کند (Arnao et al., 2015). علاوه بر این، ملاتونین باعث بیان ژن می شود که به گیاه کمک می کند تا با تنش های زیستی و غیرزیستی کنار بیاید (Zhang et al., 2016). بنابراین، استفاده از ملاتونین به عنوان یک محرک زیستی برای تولید محصولات پایدار بدون تأثیر بر محیط خارجی می تواند از اهمیت بالایی برخوردار باشد.

۲-۱۶-۳ - رشد گیاهان

ملاتونین یک تنظیم کننده جدید رشد چند منظوره گیاه است (Arnao, 2019). ملاتونین می تواند مجموعه وسیعی از فرایندهای گیاه را در سطوح رشد، فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و مولکولی تنظیم کند (Wei et al., 2014) این ماده توانایی تقویت ریخت زایی گیاه را در شرایط آزمایشگاهی (Murch and Saxena, 2002)، جوانه زنی بذر، رشد گیاه و تأخیر در پیری برگ در داخل بدن دارد (Wei et al., 2014). عملکردهای اولیه ملاتونین به عنوان یک آنتی اکسیدان است زیرا در آب و چربی ها محلول است و آزادانه از بدن به هر قسمت آبی منتقل می شود (Tan et al., 2013). اگرچه گزارش شده است که ملاتونین رشد کلی گیاهان را بهبود می بخشد (Hernández-Ruiz et al., 2005). این باعث افزایش طول انعطاف پذیر چمن های قناری، جو و گندم می شود (Hernández-Ruiz et al., 2005). بذرهای ذرت تیمار شده با ملاتونین منجر به قدرت و کیفیت بهتر بذر و بهبود پروتئین های ذخیره بذر شد (Kołodziejczyk et al., 2016). طبق گزارش دیگری، یک پوشش دانه سویا با ملاتونین به طور قابل توجهی رشد برگ، ارتفاع

بوته، تعداد گیاهان غلاف و تعداد دانه در غلاف را بهبود بخشید (Wei et al., 2014). نقش مشابهی از ملاتونین در *Lupinus albus L. etiolated* نیز مشاهده شد، در آنجا مشخص شد که مسئول افزایش رشد رویشی و بازسازی ریشه های جانبی و فرعی است (Arnao et al., 2007). در حالی که در گیاهان خیار، افزایش رشد گیاهچه، بهبود اثر جذب مواد مغذی و افزایش متابولیسم نیتروژن پس از درمان با ملاتونین، به ویژه در شرایط تنش شوری، قابل درک بود (Zhang et al., 2017). علاوه بر این، گزارش شده است که درمان ملاتونین فعالیت فتوسنتز را بهبود می بخشد، هموستاز ردوکس را افزایش می دهد، رشد و نمو ریشه و طول ریشه را در جو، گندم تنظیم می کند (Liang et al., 2017).

۲-۱۷- ملاتونین و تنش ها

علاوه بر این، ملاتونین نقش محوری در محافظت از گیاه در برابر تنش های زیست شناختی (Lee et al., 2014) و تنش های مختلف محیطی دارد، یعنی خشکسالی (Sharma et al., 2019)، شوری (ElSayed et al., 2020)، سرمایش (Wang et al., 2020)، تنش گرمائی (Buttar et al., 2020) و فلزات سنگین (Debnath et al., 2019). برای توضیح چگونگی ملاتونین می تواند به گیاهان کمک کند تا تأثیرات نامطلوب شرایط مختلف محیطی را کاهش دهند، می توان امکانات زیادی را ارائه داد. یکی از مهمترین مکانیسمهای دفاعی در این زمینه حفاظت از دستگاه فتوسنتز از طریق بهبود میزان مهار گونه های اکسیژن فعال (ROS) و کاهش آسیبهای اکسیداتیو ناشی از تنش است (Sharma et al., 2019). تحت تنش خشکی، ملاتونین در تنظیم مجدد پتانسیل اسمزی سلول و تجمع اسمولیت ها مانند پرولین و قندهای محلول شرکت می کند (Ye Wang et al., 2016). علاوه بر این، ملاتونین می تواند از طریق تنظیم حرکت، تنش زای آب را تحت فشار قرار دهد (Wei et al., 2018) و تعدیل طیف وسیعی از جنبه های کالبدی را حفظ می کند، به این ترتیب، یکپارچگی غشای سلولی را حفظ می کند (WU et al., 2016) و باعث افزایش تجمع کوتیکول می شود (Ding et al., 2018). علاوه بر این، تأیید شده است که در طول قرار گرفتن در معرض استرس، ملاتونین ارتباط نزدیکی در انتقال سیگنال های گیاهی دارد و می تواند متابولیت های اولیه، رونویسی ها

و پروتئوم ها را برای برنامه ریزی مجدد ایجاد کند (Shi et al., 2016) ملاتونین برای کاهش تنش خشکی در چندین گونه گیاهی، از جمله سیب (Wang et al., 2013)، گوجه فرنگی (Liu et al., 2015)، ذرت (El-Esawi, 2020) توصیه شد.

امروزه استفاده از ترکیباتی که بتوانند اثرات تنش های محیطی را کاهش دهند، از لحاظ تئوری و کاربردی اهمیت فراوانی دارند. یکی از ترکیباتی که در ایجاد تحمل در برابر تنش در گیاه موثر است، ملاتونین می باشد (Li et al., 2014; Zhang et al., 2015).

ملاتونین (N^5 -استیل 5-متوکسی تریپتامین) یک ترکیب ایندولی است که بطور طبیعی در گیاهان سنتز می شود. در گیاهان ملاتونین به عنوان محرک زیستی شناخته شده که موجب افزایش تحمل به تنشهای زنده و غیرزنده و بهبود رشد و توسعه گیاه میگردد (Zhang et al., 2015; Janas and Posmyk, 2013; Li et al., 2014; Tan et al., 2007; 2013). اثر محرک های زیستی (*Biostimulators*) در گیاه، حاصل تاثیر آنها بر روی متابولیت های گیاه می باشد که سبب تحریک رشد ریشه و افزایش کیفیت و کمیت محصول، تسهیل جذب عناصر غذایی، تحریک بیوسنتز فیتوهورمون ها، می گردند.

۲-۱۷-۱- اثر ملاتونین بر روی کلروفیل

جیانگ و همکاران (۲۰۱۷) گزارش داد که کلروفیل a، کلروفیل b و مقدار کلروفیل کل در نهال تربچه تحت درمان با ملاتونین تحت تنش شوری افزایش یافته است، همچنین ۱۰۰ میکرومولار ملاتونین به عنوان بهترین درمان پیشنهاد شده است. به طور کلی، درمان ملاتونین با کاهش تخریب کلروفیل و بسته شدن روزنه تحت تنش شوری، کارایی فتوسنتز را بهبود می بخشد (Li et al., 2012; Zhou et al., 2016). در مطالعه ای روی هندوانه، اثرات ملاتونین (۵۰، ۱۵۰ و ۵۰۰ میکرومولار) بر فتوسنتز برگ و هموستاز ردوکس تحت تنش شوری (۳۰۰ میلی متر) بررسی شد. تنش شوری باعث مهار فتوسنتز و افزایش تجمع ROS و آسیب غشایی در نهال هندوانه شد. با این حال، درمان ملاتونین از کاهش میزان فتوسنتز و استرس اکسیداتیو جلوگیری کرد (Li et al., 2017).

۲-۱۷-۲- ملاتونین و تنش اکسیداتیو

ملاتونین نقش مهمی در بهبود سیستم های آنتی اکسیدانی و از بین بردن رادیکال های آزاد تحت تنش شوری دارد. در نتیجه، فتوسنتز را بهبود می بخشد، فعال سازی هورمون، متابولیسم پلی آمین و هموستاز یونی و همچنین ملاتونین پاسخ بیان ژن به استرس نمک را تنظیم می کند (Zhan, 2019). مطالعات گسترده نقش های اساسی ملاتونین را در افزایش تحمل نمک در گونه های مختلف گیاهی نشان داده است. درمان ملاتونین با فعال سازی آنزیم های آنتی اکسیدان، غلظت H_2O_2 و O^{-2} را کاهش می دهد. این عملکرد در بسیاری از گیاهان مانند تربچه، کلزا، خیار، میوه کیوی، ذرت، علف برمودا، ملوس، بامیه، برنج، گندم و هندوانه ثابت شده است (Besma and Denden, 2012; Chen et al., 2015).

۲-۱۷-۳- ملاتونین و استرس شوری

ملاتونین به دلیل پتانسیل ضد اکسیداسیون خود شناخته شده است، و اخیراً نقش تنظیمی ملاتونین برای تقویت استرس، از جمله شوری، به عنوان مستند شناخته شده است (Li et al., 2012). کاربردهای برون زای ملاتونین برای بهبود سیستم آنتی اکسیدانی، محافظت از غشای سلول و تقویت در شرایط شور در گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum*) (Martinez, 2018)، خیار (*Cucumis sativus*) (Wang et al., 2016) و هندوانه (*Citrullus lanatus*) (Li et al., 2017) دیده شده است. در ریشه های جو (*Hordeum vulgare*)، محتوای ملاتونین بیش از حد کنترل در پاسخ به NaCl افزایش یافت، افزایشی که نقش مهمی در تحمل استرس دارد (Arnao et al., 2019). علاوه بر این، ملاتونین مانع از بسته شدن روزنه می شود (Li et al., 2017) و از کلروفیل محافظت می کند (Wang et al., 2016) و جذب نور، تجمع CO_2 و فعالیت فتوسنتز را بهبود می بخشد. استفاده از ملاتونین باعث افزایش تجمع اسمولیت های آلی، از جمله قندهای محلول، پروتئین محلول در آب و پرولین می شود، بنابراین از سلولها از کمبود آب در خارج از استرس محافظت می شود (Liu et al., 2018). این ماده همچنین تولید انرژی را تنظیم کرده و منجر به افزایش جوانه زنی و یکنواختی بیشتر دانه های خیار دارای تنش شوری می شود (Zhang et al., 2017).

نشان داده شده است که ملاتونین نه تنها محتوای اسید آسبیزیک (ABA) را کاهش می دهد بلکه محتوای جیبرلین ها و اسید ایندول-۳-استیک، هورمون های گیاهی را که در بسیاری از فرایندهای بیولوژیکی در شرایط شور نقش مهمی دارند، افزایش می دهد (Dawood, 2015).

۲-۱۷-۴- مکانیسم دفاعی ملاتونین

مکانیسم دفاعی ملاتونین همچنان محققان را متحیر می کند زیرا تاکنون مکانیسم دفاعی مشخصی ارائه نشده است. با این وجود، سازوکارهای پیشنهادی بسیاری وجود دارد. به عنوان مثال، توانایی مهار H_2O_2 و ایجاد فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی توسط ملاتونین به بازیابی گیاهان از تنش های غیرزیستی کمک می کند (Liang et al., 2015). در گزارش دیگری، ملاتونین به منظور تنظیم میزان بیان پروتئین شوک گرمایی (HSP) و برای کاهش استرس در دمای بالا پیشنهاد شد (Xu et al., 2016). در حالی که برای استرس بیوتیکی، ملاتونین برای فعال کردن NO و سالیسیلیک اسید مسیر سیگنالینگ دفاعی با بیان پروتئین PR (پروتئین مربوط به پاتوژنز) بلافاصله پیش بینی می شد (Zhao et al., 2015). میتوکندریا از طریق نیروگاه تولید انرژی از طریق تنفس هوازی و نقشی اساسی در رشد و نمو گیاه دارند (Robles and Quesada, 2017) علاوه، از میتوکندری و کلروپلاست به عنوان محل اصلی سنتز ملاتونین در گیاهان یاد می شود (Tan et al., 2013). در مطالعه دیگری، میتوکندری به عنوان یک مکان تولید عمده NO و ROS مشخص شد (Igamberdiev and Hill, 2018) و می تواند در ایفای نقش اساسی در کاهش تنش های مختلف از طریق تجمع NO و تنظیم ROS مهم باشد (Igamberdiev and Hill, 2018). اگرچه، به دلیل تولید بیش از حد ROS تحت فشارهای محیطی، میتوکندری ممکن است آسیب ببیند (Igamberdiev and Hill, 2018). با این حال، گزارش شده است که ملاتونین میتوکندری آسیب دیده را بازیابی می کند (Franco et al., 2018).

فصل سوم

مواد و روش

۳-۱- زمان و موقعیت جغرافیایی محل آزمایش

این پژوهش در سال ۱۳۹۸ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود با موقعیت جغرافیایی ۳۶ درجه شمالی و طول ۵۴ درجه شرقی با ارتفاع ۱۳۸۰ متر از سطح دریا و محدوده دمایی بین حداقل ۱۸ و حداکثر ۲۷ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۶۵ درصد انجام شد.

۳-۲- بستر کشت

بستر کشت مورد استفاده، ترکیبی از ۱ قسمت پرلیت و ۱ قسمت ماسه تهیه شد و در گلدان های پلاستیکی سطل سایز ۱۰ کشت شد.

۳-۳- تیمار ها

طرح آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد، تیمار ها شامل شوری ناشی از کلرید سدیم در سه سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ میلی مولار)، سالیسیلیک اسید در سه سطح (۰، ۱/۵ و ۲/۵ میلی مولار) و ملاتونین در دو سطح (۰ و ۱۰ میکرو مولار) بود.

۳-۴- طرح آزمایش

طرح مورد استفاده در این آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار که جمعا شامل ۵۴ گلدان بود.

۳-۵- تهیه نشاء

رقم مورد آزمایش رقم گلدی بود. در ابتدا سینی های نشاء به ابعاد ۷×۵ تهیه شد و در بستر کشت کوکوپیت در یکی از گلخانه های محلی شاهرود بذر ها کشت شدند و نشاء ها در مرحله چهار برگی به گلخانه دانشگاه انتقال داده و در گلدان های پلاستیکی کشت شدند.

۳-۶- نحوه اعمال تیمارها

جهت اعمال تنش شوری یک ماه پس از انتقال به گلدان، به مدت ۴ ماه گیاهان بر حسب نیاز آبی هر دو روز یک بار با ۲۵۰ سی سی محلول غذایی (هوگلند) حاوی غلظت های مختلف کلرید سدیم آبیاری شدند و اولین محلول پاشی سالیسیلیک اسید و ملاتونین در زمان ظهور چهارمین برگ حقیقی یعنی بعد از ۲۰ روز پس از کاشت بذر انجام شد. محلول پاشی سالیسیلیک اسید و ملاتونین به فاصله هر ۳۰ روز یکبار و در مجموع سه بار انجام شد.

جدول ۱-۳ فرمول محلول غذایی هوگلند

غلظت عناصر (ppm)	عناصر غذایی (mg/l)
۲۲۴	N
۲۳۵	K
۱۶۰	Ca
۶۲	P
۳۲	S
۲۴	Mg
۳	Fe
۱.۸	Cl
۰.۳	B
۰.۱	Mn
۰.۱	Zn
۰.۰۳	Cu
۰.۰۳	Mo

جدول ۳-۲ تعداد گلدان های کشت با نوع تیمار گیاهان در ردیف

تکرار : R	ملاتونین : M	سالیسیلیک اسید : S	کلرید سدیم : N
	N2 S0 M1 R1	N1 S0 M1 R1	N0 S0 M1 R1
	N2 S0 M1 R2	N1 S0 M1 R2	N0 S0 M1 R2
	N2 S0 M1 R3	N1 S0 M1 R3	N0 S0 M1 R3
	N2 S1 M1 R1	N1 S1 M1 R1	N0 S1 M1 R1
	N2 S1 M1 R2	N1 S1 M1 R2	N0 S1 M1 R2
	N2 S1 M1 R3	N1 S1 M1 R3	N0 S1 M1 R3
	N2 S2 M1 R1	N1 S2 M1 R1	N0 S2 M1 R1
	N2 S2 M1 R2	N1 S2 M1 R2	N0 S2 M1 R2
	N2 S2 M1 R3	N1 S2 M1 R3	N0 S2 M1 R3
	N2 S0 M0 R1	N1 S0 M0 R1	N0 S0 M0 R1
	N2 S0 M0 R2	N1 S0 M0 R2	N0 S0 M0 R2
	N2 S0 M0 R3	N1 S0 M0 R3	N0 S0 M0 R3
	N2 S1 M0 R1	N1 S1 M0 R1	N0 S1 M0 R1
	N2 S1 M0 R2	N1 S1 M0 R2	N0 S1 M0 R2
	N2 S1 M0 R3	N1 S1 M0 R3	N0 S1 M0 R3
	N2 S2 M0 R1	N1 S2 M0 R1	N0 S2 M0 R1
	N2 S2 M0 R2	N1 S2 M0 R2	N0 S2 M0 R1
	N2 S2 M0 R3	N1 S2 M0 R3	N0 S2 M0 R1

۳-۷- اندازه گیری صفات مورفولوژیکی

۳-۷-۱- ارتفاع ساقه، طول برگ

در مراحل قبل از گلدهی (یک ماه بعد از انتقال به گلدان) و بعد از تشکیل میوه (دو ماه بعد از انتقال به

گلدان)، ارتفاع اندام هوایی و طول برگ های بالایی با خط کش فلزی اندازه گیری شد.

۳-۷-۲- وزن تر اندام هوایی و ریشه

پس از پایان آزمایش گیاهان با دقت از محل طوقه قطع شده و اندام های هوایی وزن شدند، سپس ریشه ها با دقت از گلدان ها بیرون آورده، خاک اطراف ریشه شسته، رطوبت اضافی با دستمال خشک شده و وزن و طول آنها اندازه گیری شد.

۳-۷-۳- میوه رسیده و نرسیده

تعداد میوه های رسیده و نرسیده هر بوته شمارش شده و وزن آن ها به صورت جداگانه با ترازو وزن شد.

۳-۸- فلورسانس کلروفیلی

اندازه گیری روی آخرین برگ کاملاً توسعه یافته در یک بوته از هر گلدان انجام شد. برگ هایی انتخاب شدند که وضعیت مشابهی از هر نظر داشته باشند. پارامتر های فلورسانس کلروفیل با استفاده از فلورومتر mini- PAM ساخت کشور آلمان اندازه گیری شد. برای این منظور، قسمتی از برگ مورد نظر به مدت ۱۰ دقیقه توسط گیره مخصوص پوشیده شده و به تاریکی عادت داده شد. سپس با تابش 'light act' پس از قرار گرفتن برگ در مقابل این نور، فلورسانس کلروفیل افزایش یافته و به سطح f_0 رسید. در f_0 توان استفاده از انرژی برانگیخته در واکنش در حداکثر است. بنابراین قسمت بیشتری از انرژی مولکول برانگیخته در واکنش های فتوشیمیایی مصرف شده و فلورسانس حداقل است. وقتی شدت نور کافی باشد، فلورسانس از مقدار f_0 به حداکثر مقدار خود یعنی f_m افزایش می یابد. این افزایش نشان دهنده افزایش تدریجی عملکرد فلورسانس و کاهش سرعت واکنش های فتوشیمیایی است (Baker NR. 2008). یکی دیگر از پارامتر های مهم فلورسانس کلروفیل، f_v است که به صورت FO-FM به دست می آید. نسبت f_v/f_m حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II برای تبدیل نور جذب شده به انرژی شیمیایی را نشان می دهد. طرز کار دستگاه به این صورت است که ابتدا برنامه Win control-۳ را اجرا کرده و سپس حسگر دستگاه را به برگ که ۱۰ دقیقه تاریکی دیده متصل می کنیم و با روشن نمودن دستگاه نور در طول موج ۶۹۵

نانومتر از طریق فیبر نوری به برگ تابیده شد و پارامترهای فلورسانس شامل فلورسانس کمینه (F_0)، فلورسانس بیشینه (F_m)، فلورسانس تغییر (F_v) و عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی (f_v/f_m) اندازه گیری شدند (جدول ۳-۲). سطح نور (PFD سطح جریان فوتون) ۴۰۰ میکرومول فوتون در مترمربع در ثانیه و زمان تابیدن نور ۵ ثانیه برای تمامی تیمارها انتخاب شد که در مورد هر تیمار ۲ بار تکرار شد که در مراحل قبل از گلدهی (یک ماه بعد از انتقال به گلدان) و بعد از تشکیل میوه (دو ماه بعد از انتقال به گلدان) انجام شد.

جدول ۳-۳ شاخص های بیوفیزیک کلروفیل فلورسانس

معادله	شناسه	معادل	مؤلفه
	(F0)	Minimum fluorescence	فلورسانس کمینه
	(Fm)	Maximum fluorescence	فلورسانس بیشینه
Fm-F0	(Fv)	Variable fluorescence	فلورسانس متغیر
$F_m - F_0 / F_m$	F_v/F_m	Maximum photochemical quantum yield of photosystem II	حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II
$qP = (F_m' - F_t) / (F_m' - F_0')$	(qP)	Photochemical quenching coefficient	ضریب خاموشی فتوشیمیایی
$(F_m' - F_t) / F_m'$	(YII)	Effective photochemical quantum yield of photosystem II	کارایی کوانتومی فتوشیمیایی موثر فتوسیستم II

۳-۹- آنالیز آماری

آنالیز آماری با نرم افزار SAS 9.1 انجام گرفت. مقایسه میانگین بر اساس آزمون LSD انجام شد. نمودارها با نرم افزار Excel 2013 رسم گردید.

فصل چهارم نتایج و بحث

۴-۱- ویژگی های رشدی

۴-۱-۱- طول برگ

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که شوری و ملاتونین تاثیر معنی داری در سطح احتمال یک

درصد بر طول برگ میوه گوجه فرنگی دارد. همچنین اثر متقابل سالیسیلیک اسید در ملاتونین در سطح

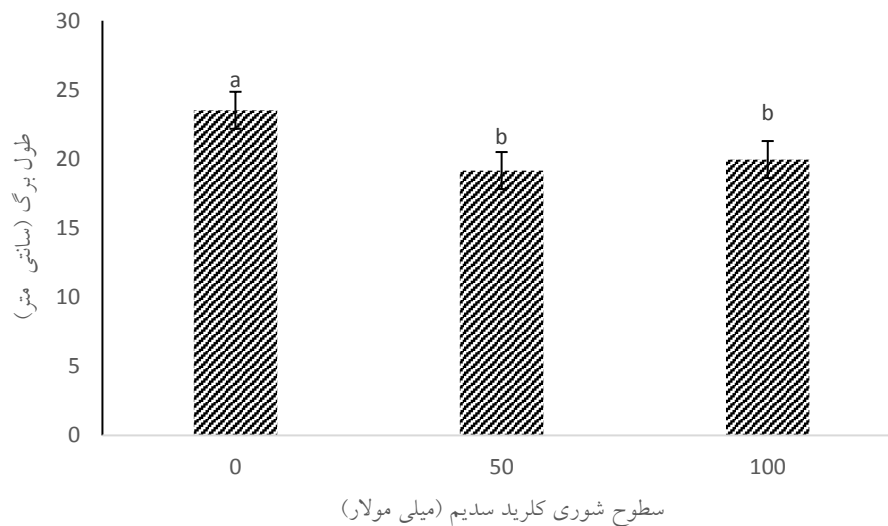
احتمال پنج درصد معنی دار گردید (جدول ۴-۱).

جدول ۴-۱ نتایج تجزیه واریانس اثر بر صفات رویشی گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی در شرایط تنش شوری

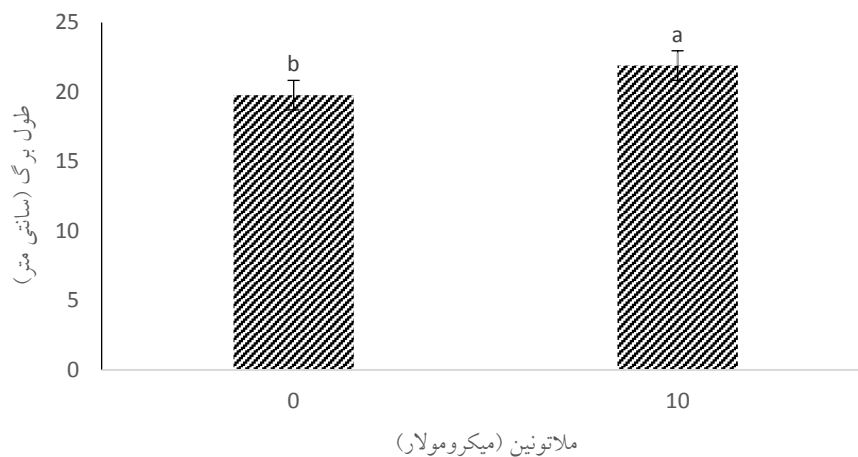
میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییرات
وزن ریشه	وزن بوته	ارتفاع گیاه	قطر ساقه	تعداد برگ	طول برگ		
۱۱۶۲/۹۰	۹۳۹۰/۷۹**	۲۴۲/۰۱**	۲/۶۲**	۶/۱**	۹۷/۰۶**	۲	شوری (Na)
۹۹/۵۷	۱۴۲۶/۴۶	۵۰/۰۷*	۰/۱۱	۰/۱۶	۱۷/۱۳	۲	سالیسیلیک اسید (Sa)
۴۹۸/۰۷	۲۶۳۲/۰۱*	۲۶۲/۲۴**	۰/۴۰	۳/۶۲*	۶۵/۲۰**	۱	ملاتونین (Me)
۶۷۳/۱۲	۱۰۴/۳۵	۱۰/۱۸	۰/۰۶	۰/۱۶	۴/۷۴	۴	Na*Sa
۵۲۰/۵۷	۸۱/۷۹	۲/۷۹	۱/۴۹**	۰/۱۲	۴/۵۹	۲	Na*Me
۲۴۹/۴۶	۲۴۴۲/۲۴*	۲۴/۹۶	۰/۰۸	۰/۴۶	۲۱/۲۱*	۲	Sa*Me
۱۳۵/۹۶	۵۲۳/۵۱	۵/۵۱	۰/۳۳	۰/۷۹	۰/۸۲	۴	Na*Sa*Me
۵۲۶/۳۷	۵۳۲/۳۷	۱۵/۷۴	۰/۱۹	۰/۹۴	۶/۰۶	۳۶	خطا
۲۵/۸۲	۱۶/۴۱	۱۲/۱۹	۸/۰۲	۱۰/۲۸	۱۱/۷		CV%

*, ** به ترتیب سطوح معنی دار در سطح پنج و یک درصد می باشند.

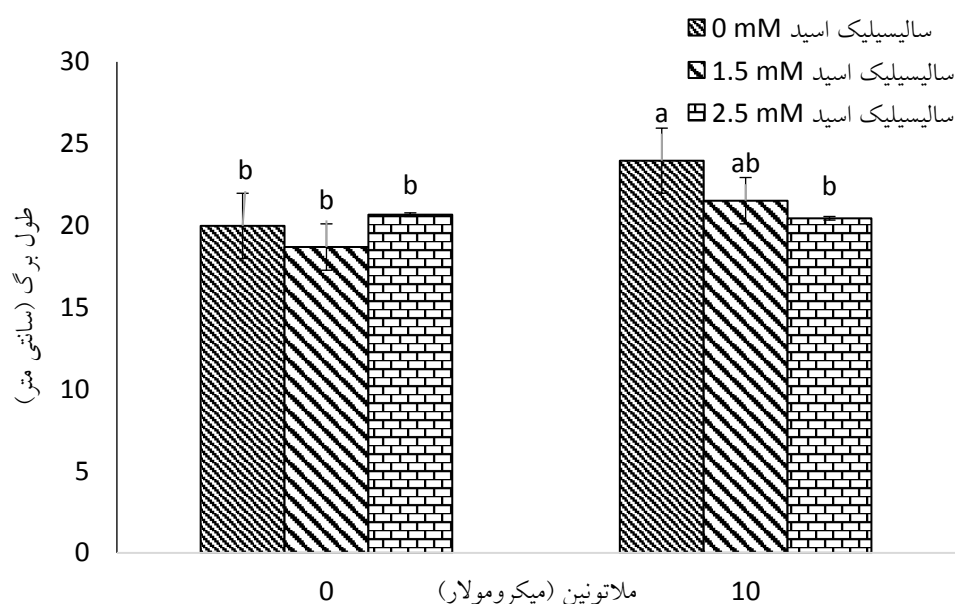
میانگین طول برگ در سطوح شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم کاهش معنی داری را نشان داد (نمودار ۴-۱). میانگین طول برگ از ۲۳ در شرایط بدون تنش به حدود ۱۹ سانتی متر در شوری کاهش یافت.



نمودار ۴-۱ میانگین طول برگ گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم



نمودار ۴-۲ اثر ملاتونین بر میانگین طول برگ گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم

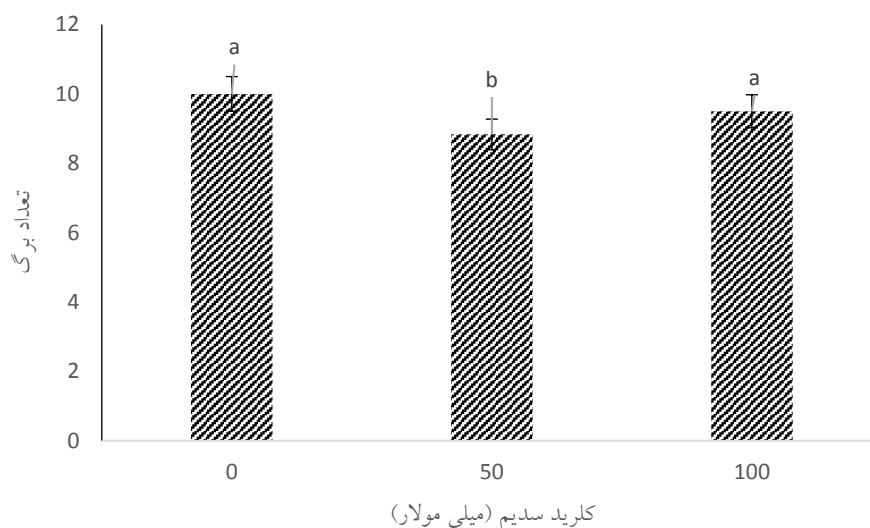


نمودار ۳-۴ اثر ملاتونین و سالیسیلیک اسید بر میانگین طول برگ گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم

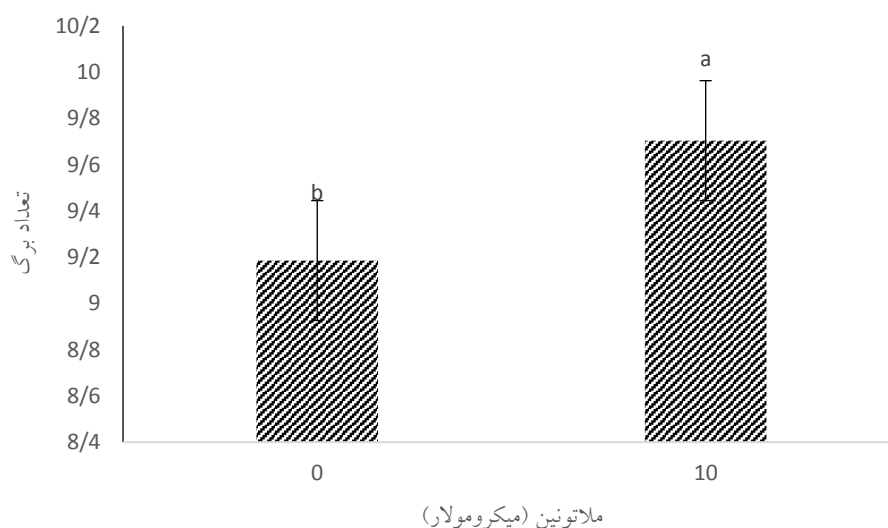
۴-۱-۲- تعداد برگ

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که شوری تاثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر تعداد برگ گوجه فرنگی دارد. تعداد برگ با افزایش شوری کاهش معنی داری داشت. همچنین اثر ملاتونین در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد برگ معنی دار شد (جدول ۴-۱). میانگین تعداد برگ در سطوح شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم کاهش معنی داری را نشان می دهد (نمودار ۴-۴). میانگین تعداد برگ از ۱۰ عدد در شرایط بدون تنش به حدود ۸ عدد برگ در شوری کاهش یافت (نمودار ۴-۴).

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (۴-۱) نشان دهنده معنی دار بودن اثر ملاتونین در سطح احتمال پنج درصد است. نمودار (۴-۵) نشان داد که تیمار گیاهان با ملاتونین باعث افزایش معنی داری در تعداد برگ گیاه نسبت به تیمار شاهد می شود.



نمودار ۴-۴ میانگین تعداد برگ گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم

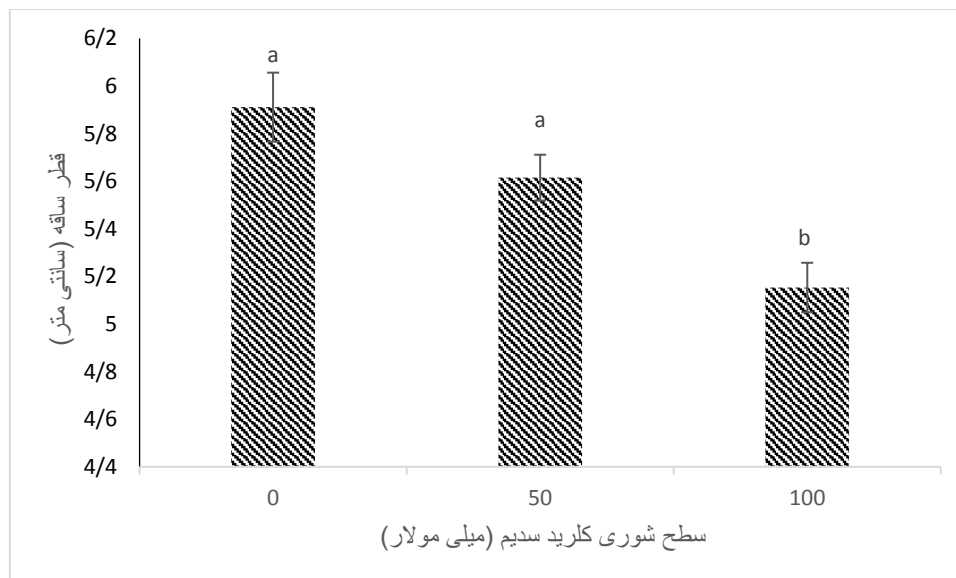


نمودار ۴-۵ اثر ملاتونین بر میانگین تعداد برگ گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم

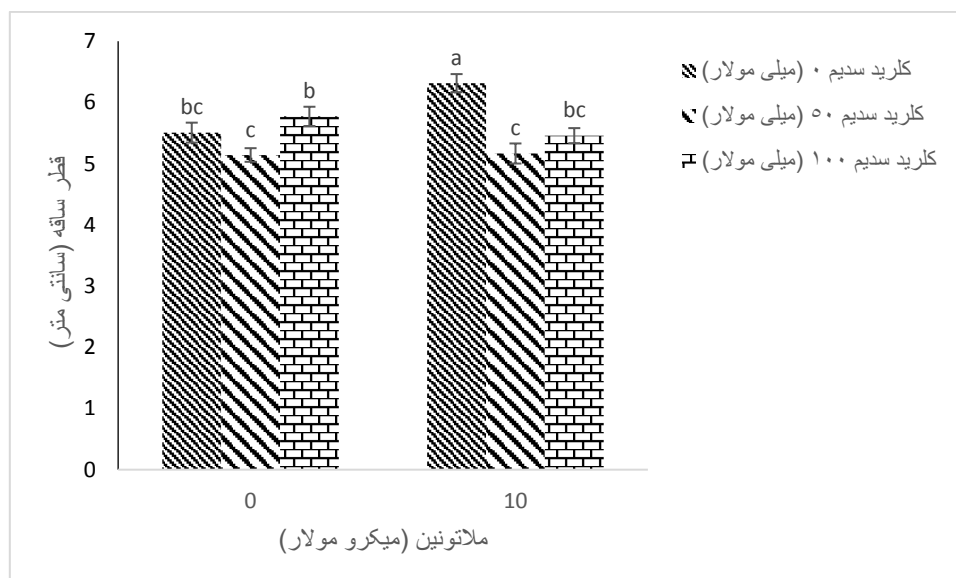
۴-۱-۳- قطر ساقه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد شوری و اثر متقابل شوری و ملاتونین تاثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر قطر ساقه گوجه فرنگی دارد (جدول ۴-۱). میانگین قطر ساقه در سطوح شوری ۵۰

و ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم کاهش معنی داری را نشان می دهد (نمودار ۴-۶). میانگین قطر ساقه از ۶ سانتی متر در شرایط بدون تنش به حدود ۵ سانتی متر در شوری ۱۰۰ میلی مولار کاهش یافت. نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (۴-۱) نشان دهنده معنی دار بودن اثر متقابل ملاتونین و شوری در سطح احتمال یک درصد است. نتایج نمودار (۴-۶) نشان داد که تیمار گیاهان با هر دو غلظت شوری (۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار) تاثیر معنی داری بر کاهش قطر ساقه گیاه نسبت به شاهد دارد. در تیمار گیاهان با ملاتونین، افزایش معنی دار در قطر ساقه گیاه نسبت به شاهد مشاهده شد. بیشترین قطر ساقه گیاه مربوط به سطح شوری صفر میلی مولار و کمترین قطر ساقه گیاه در تیمار گیاهان با شوری ۵۰ میلی مولار بدست آمد.



نمودار ۴-۶ میانگین تعداد برگ گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم



نمودار ۴-۷ اثر شوری و ملاتونین بر میانگین قطر ساقه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم

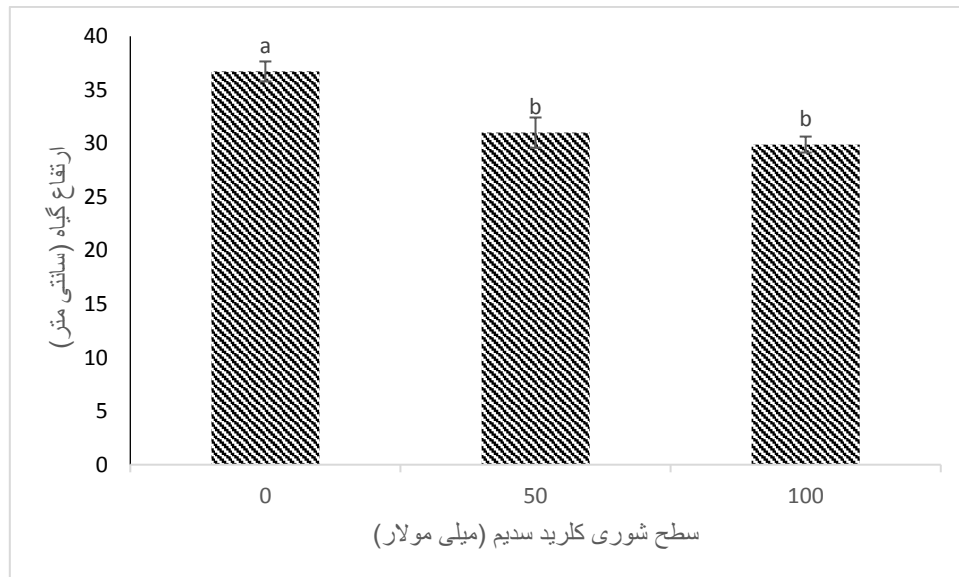
۴-۱-۴- ارتفاع گیاه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد تنش شوری و ملاتونین تاثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع گیاه دارد. همچنین اثر سالیسیلیک اسید در سطح احتمال پنج درصد بر ارتفاع بوته گوجه فرنگی معنی دارد شد (جدول ۴-۱).

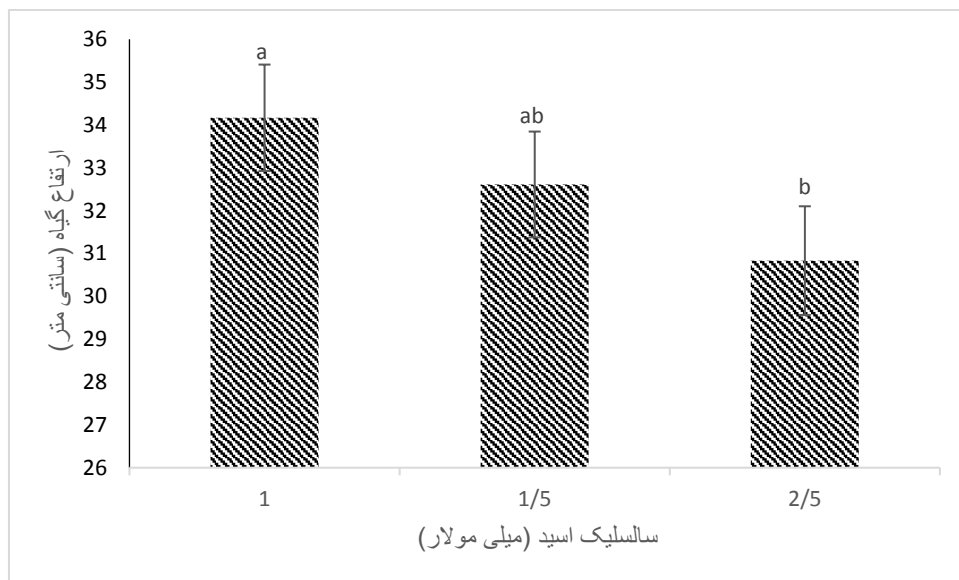
میانگین ارتفاع گیاه در سطوح شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم کاهش معنی داری را نشان داد (نمودار ۴-۸). میانگین ارتفاع گیاه از ۳۷ سانتی متر در شرایط بدون تنش به حدود ۳۰ سانتی متر در شوری کاهش یافت. با توجه به آنالیز داده ها ارتفاع گیاه با افزایش شوری کاهش معنی داری ($P < 0.01$) را نشان می دهد. به طوری که بیشترین رشد طولی اندام هوایی در سطح شوری صفر میلی مولار و کمترین آن در ۱۰۰ میلی مولار مشاهده شد.

شکل (۴-۸) نشان داد که تیمار گیاهان با هر دو غلظت شوری (۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار تاثیر معنی داری بر کاهش ارتفاع گیاه نسبت به شاهد دارد. در تیمار هم زمان شوری و سالیسیلیک اسید، و همچنین شوری و ملاتونین کاربرد دو تیمار باعث افزایش ارتفاع گیاه نسبت به تیمار شوری شد. بیشترین ارتفاع گیاه

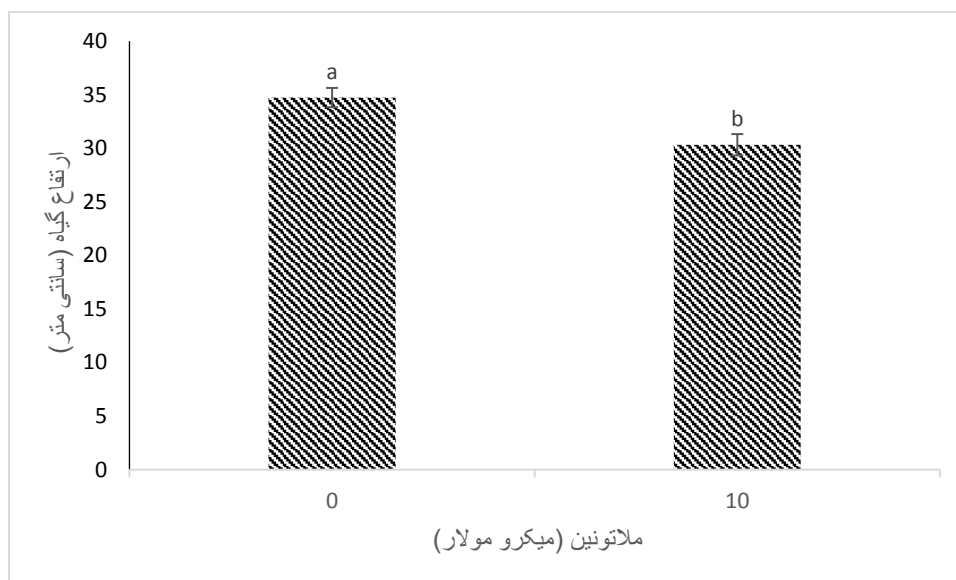
(۴۴cm) مربوط به گیاه شاهد و کمترین ارتفاع (۲۵cm) در تیمار گیاهان با شوری ۱۰۰ میلی مولار مشاهده شد.



نمودار ۴-۸ اثر شوری بر ارتفاع گیاه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی در چهار ماه بعد کشت



نمودار ۴-۹ اثر سالیسیلیک اسید بر میانگین ارتفاع گیاه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم در چهار ماه بعد کشت



نمودار ۴-۱۰ اثر مالتونین بر میانگین ارتفاع گیاه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم در چهار ماه بعد کشت

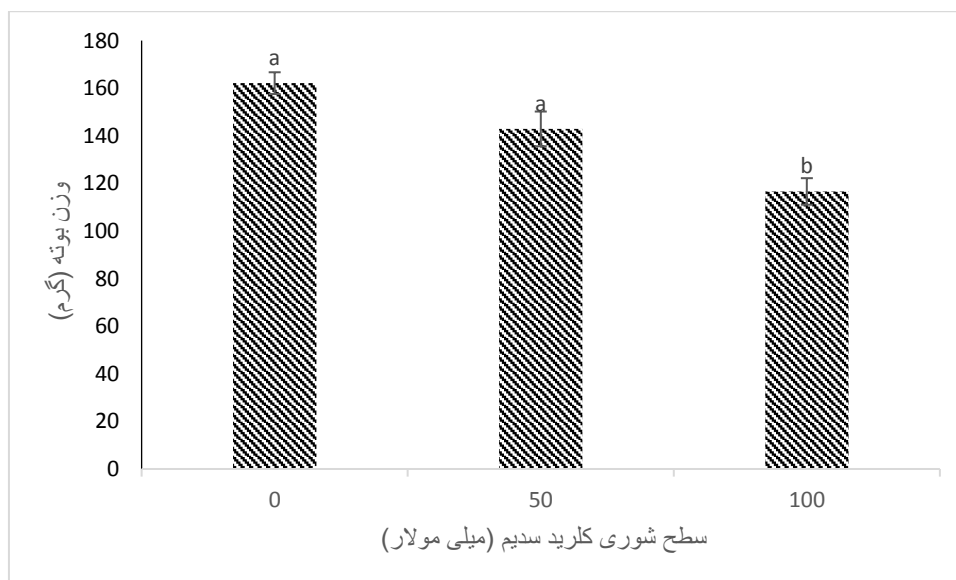
۴-۱-۵- وزن بوته

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که تنش شوری تاثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد بر وزن بوته گوجه فرنگی دارد. همچنین مالتونین و اثر متقابل سالیسیلیک اسید و مالتونین در سطح احتمال پنج درصد معنی دارد شد (جدول ۴-۱).

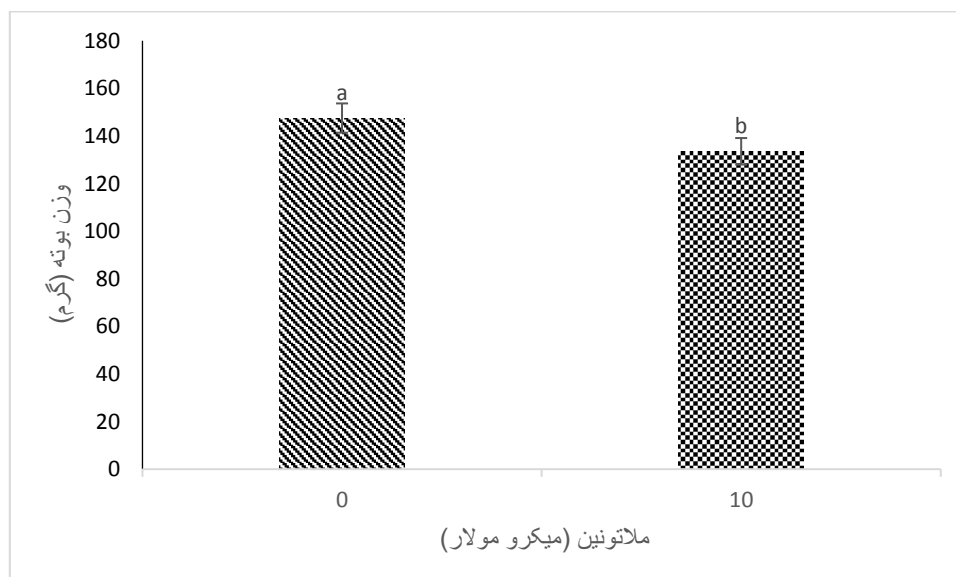
میانگین وزن بوته در سطوح شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم کاهش معنی داری را نشان داد (نمودار ۴-۱۱). میانگین وزن بوته از ۱۶۲ گرم در شرایط بدون تنش به حدود ۱۱۶ گرم در شوری کاهش یافت. با توجه به نتایج حاصل از آنالیز داده‌ها مشاهده می‌شود که غلظت‌های متفاوت کلرید سدیم تأثیر معنی داری ($P < 0.01$) بر کاهش وزن تر اندام هوایی دارد. به‌طوری‌که با افزایش غلظت نمک وزن تر اندام هوایی کاهش یافت. بیشترین وزن تر در غلظت کلرید سدیم صفر میلی مولار و کمترین در ۱۰۰ میلی مولار مشاهده شد.

نمودار (۴-۱۱) نشان داد که شوری (۵۰ و ۱۰۰) میلی مولار تاثیر معنی داری بر کاهش وزن تر اندام هوایی نسبت به شاهد دارد. در تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید و مالتونین، افزایش معنی دار در وزن تر

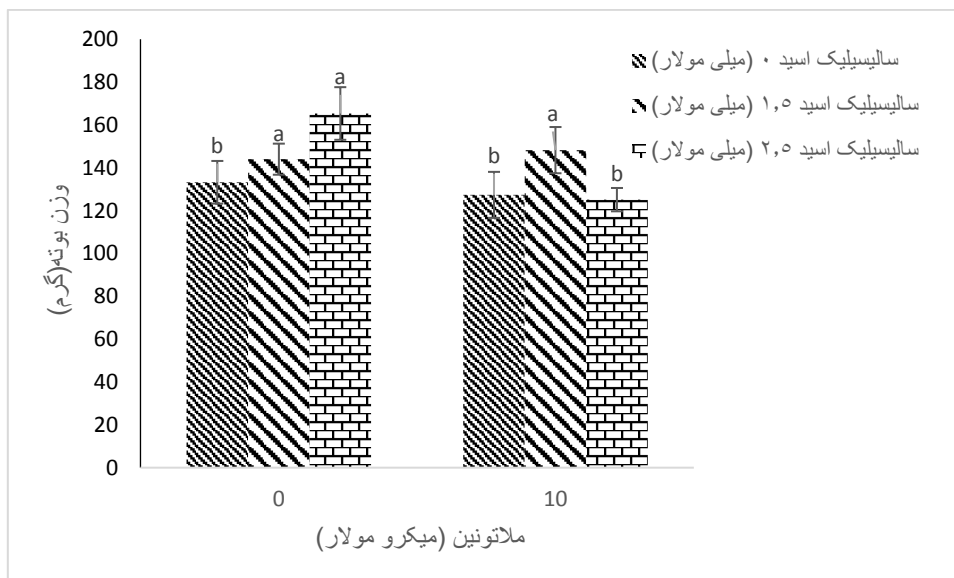
اندام هوایی گیاه نسبت به گیاه شاهد مشاهده شد. در تیمار شوری و سالیسیلیک اسید، و همچنین شوری و ملاتونین باعث افزایش وزن تر اندام هوایی گیاه نسبت به گیاهان تحت تنش شوری تنها گردید.



نمودار ۴-۱۱ اثر شوری کلرید سدیم بر وزن بوته گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی در چهار ماه بعد کشت



نمودار ۴-۱۲ اثر ملاتونین بر میانگین وزن بوته گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم در چهار ماه بعد کشت



نمودار ۴-۱۳ اثر ملاتونین و سالیسیلیک اسید بر میانگین وزن بوته گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم در چهار ماه بعد کشت

۴-۲- عملکرد و اجزای آن

۴-۲-۱- تعداد گل

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که سالیسیلیک اسید و ملاتونین و اثر متقابل سالیسیلیک اسید و ملاتونین تاثیر معنی داری در سطح یک درصد در تعداد گل گوجه فرنگی دارد. همچنین اثر متقابل شوری و سالیسیلیک اسید و ملاتونین در سطح پنج درصد معنی دارد شد (جدول ۴-۲)

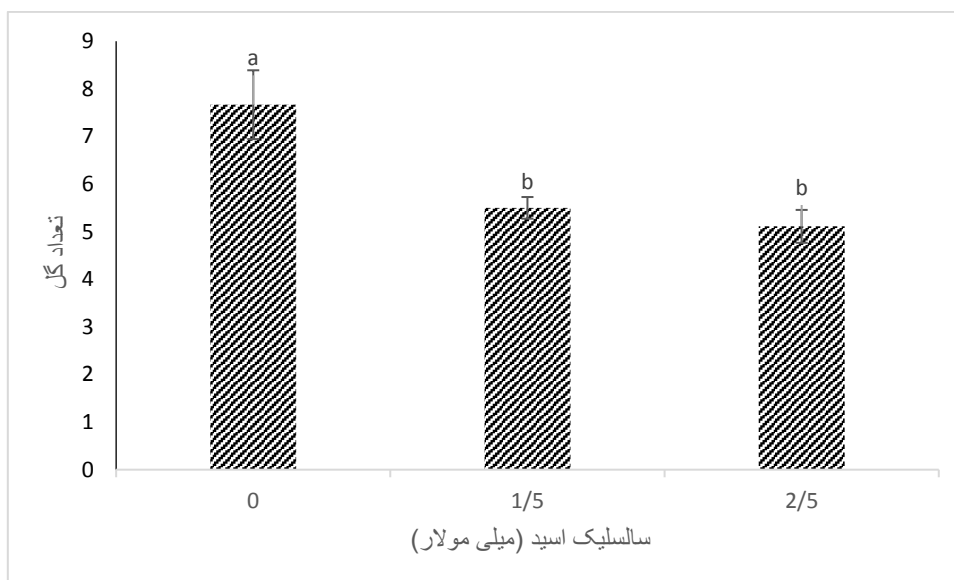
جدول ۲-۴ نتایج تجزیه واریانس اثر سالیسیلیک اسید و ملاتونین بر صفات زایشی گوجه فرنگی گلخانه ای

رقم گلدی در شرایط تنش شوری

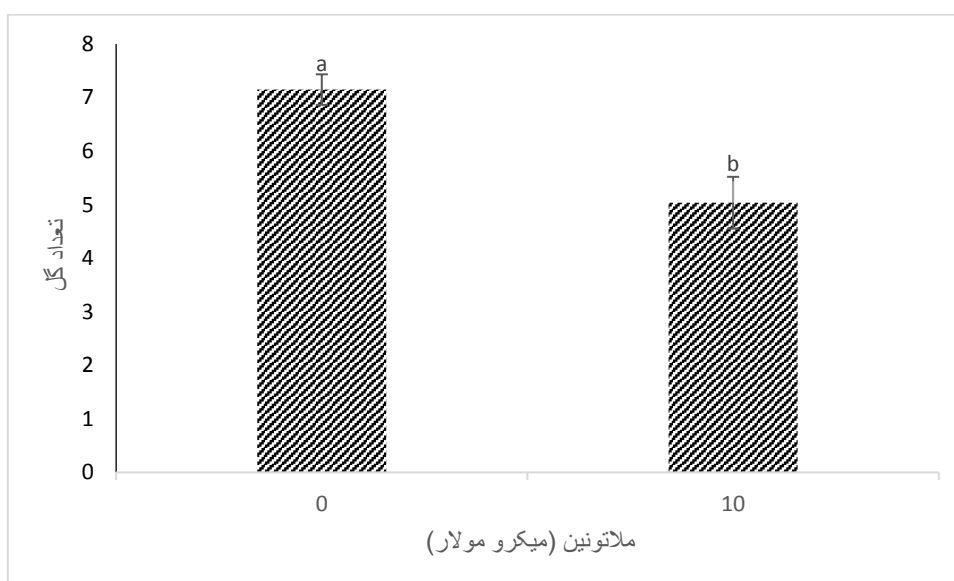
میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
وزن میوه رسیده	تعداد گل آذین	تعداد میوه رسیده	تعداد میوه نرسیده	تعداد گل		
۹۴۵۰/۹۰**	۰/۰۵	۲/۳۵	۸/۹۱	۱/۷۹	۲	شوری (Na)
۳۱۰۸/۶۸	۱/۰۵**	۲/۰۱	۱/۳۵	۳۴/۱۲**	۲	سالیسیلیک اسید (Sa)
۸۵/۶۲	۰/۹۰**	۱/۱۸	۶/۶۹	۶۰/۱۶**	۱	ملاتونین (Me)
۵۴۹/۶۲	۰/۰۲	۰/۶۲	۱۹/۸۰	۰/۴۶	۴	Na*Sa
۷۴۹/۷۹	۰/۰۱	۰/۱۲	۲۰/۳۵	۲/۱۶	۲	Na*Me
۳۷۴۵/۶۸	۱/۳۵**	۱/۶۸	۸/۴۶	۲۷/۷۲**	۲	Sa*Me
۹۴/۳۵	۰/۰۴*	۰/۱۲	۱۵/۸۰	۴/۷۲*	۴	Na*Sa*Me
۱۷۴۴/۵۱	۰/۰۳	۰/۹۸	۸/۵۱	۱/۸۸	۳۵	خطا
۲۲/۷۴	۱۶/۴۹	۲۵/۰۳	۲۲/۷۵	۲۲/۵۵		CV%

*, ** به ترتیب سطوح معنی دار در سطح پنج و یک درصد می باشند.

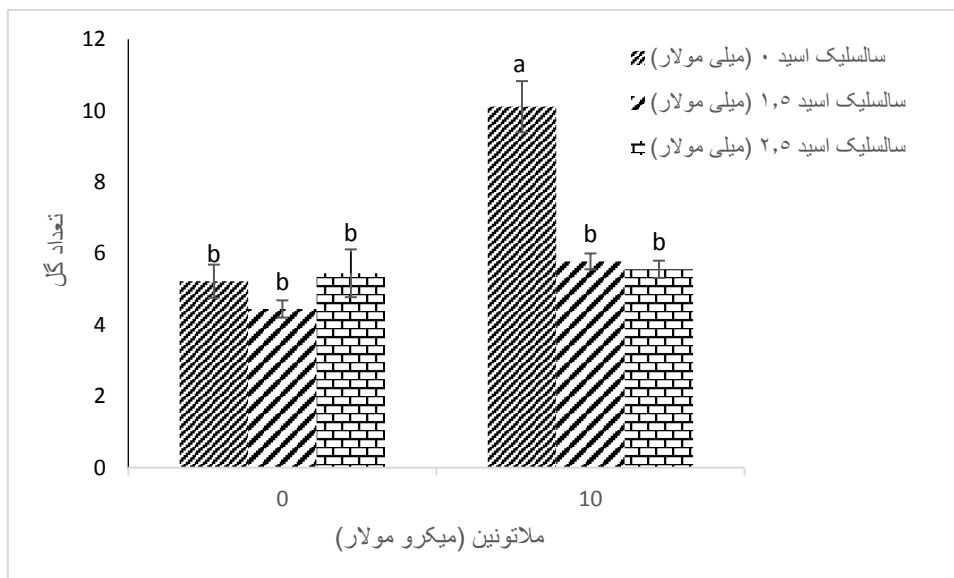
در تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید و ملاتونین، افزایش معنی دار در تعداد گل گیاه نسبت به شاهد مشاهده شد. در تیمار توام شوری و سالیسیلیک، کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش تعداد گل گیاه نسبت به تیمار شوری شد. بیشترین تعداد گل گیاه (۱۲) مربوط به تیمار متقابل سالیسیلیک اسید و ملاتونین و کمترین تعداد گل (۳) در گیاهان شاهد مشاهده شد.



نمودار ۴-۱۴ اثر سالیسیلیک اسید بر میانگین تعداد گل گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم در چهار ماه بعد کشت



نمودار ۴-۱۵ اثر ملاتونین بر میانگین تعداد گل گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم در چهار ماه بعد کشت

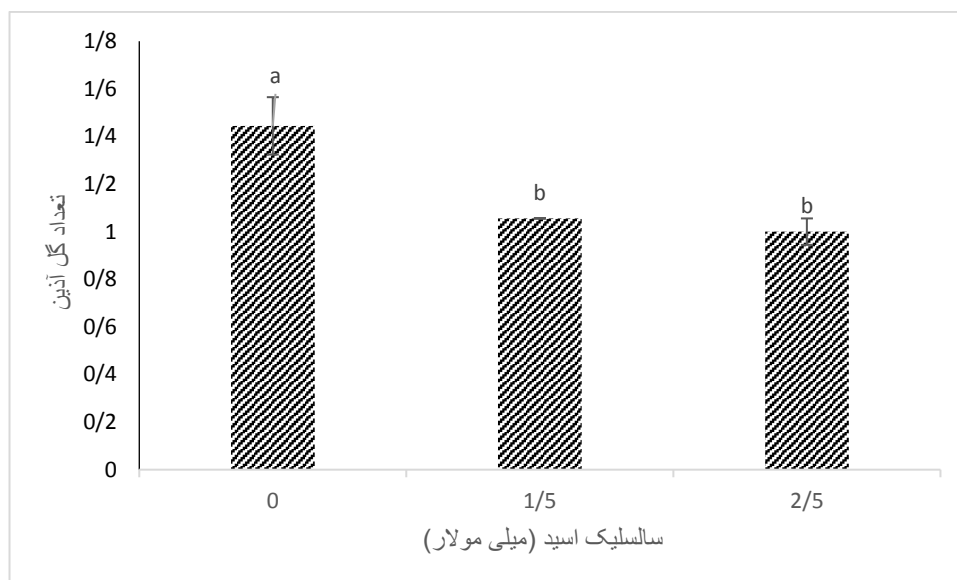


نمودار ۴-۱۶ اثر ملاتونین و سالیسیلیک اسید بر میانگین تعداد گل گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم در چهار ماه بعد کشت

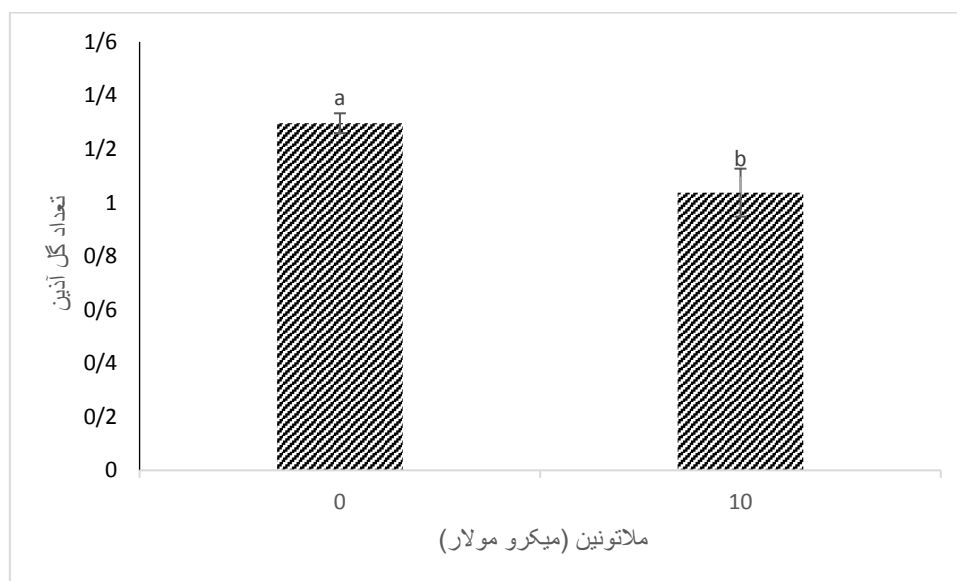
۴-۲-۲- تعداد گل آذین

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که سالیسیلیک اسید و ملاتونین و اثر متقابل سالیسیلیک اسید و ملاتونین تاثیر معنی داری در سطح یک درصد در تعداد گل گوجه فرنگی دارد. همچنین اثر متقابل شوری و سالیسیلیک اسید و ملاتونین در سطح پنج درصد معنی دارد شد (جدول ۴-۲).

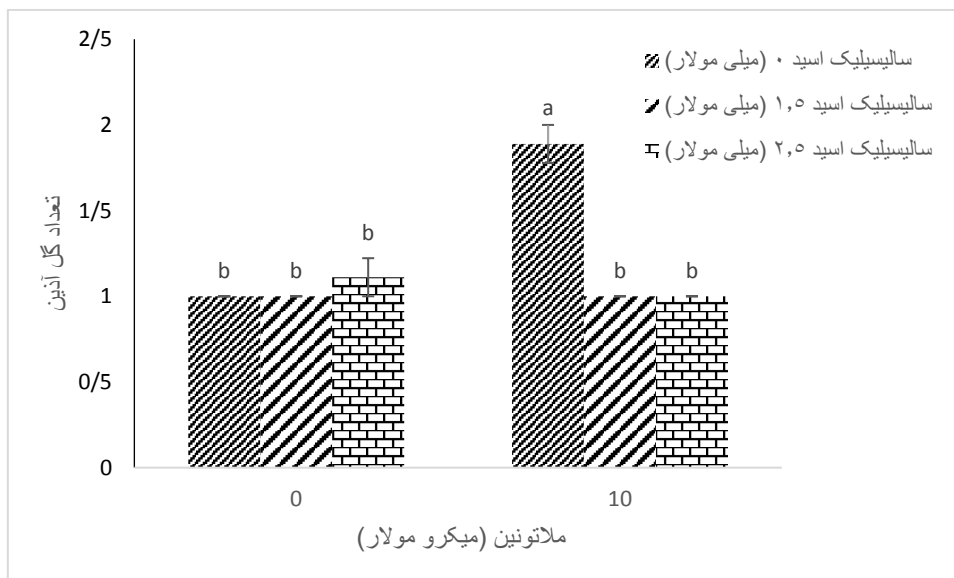
در تیمار گیاهان با سالیسیلیک اسید و ملاتونین، افزایش معنی دار در تعداد گل آذین گیاه نسبت به شاهد مشاهده شد. در تیمار توام شوری و سالیسیلیک، کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش تعداد گل آذین گیاه نسبت به تیمار شوری شد. بیشترین تعداد گل آذین گیاه (۲) مربوط به تیمار گیاهان با شوری صفر میلی مولار و کمترین تعداد گل آذین (۱) در تیمار گیاهان با شوری ۱۰۰ میلی مولار مشاهده شد.



نمودار ۴-۱۷ اثر سالیسیلیک اسید بر میانگین تعداد گل آذین گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم



نمودار ۴-۱۸ اثر ملاتونین بر میانگین تعداد گل آذین گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم



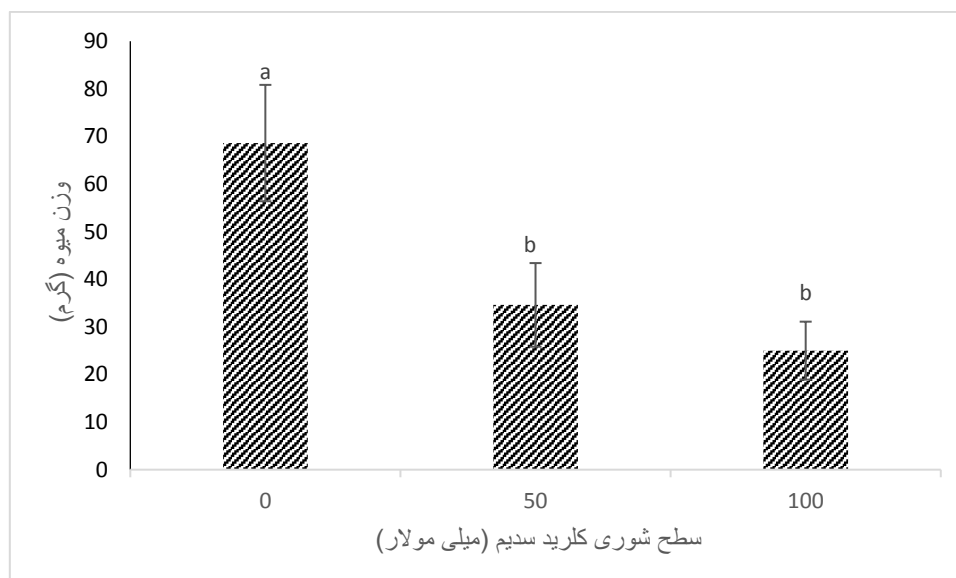
نمودار ۴-۱۹ اثر ملاتونین و سالیسیلیک اسید بر میانگین تعداد گل آذین گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم

۴-۲-۳- وزن میوه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می دهد که شوری تاثیر معنی داری در سطح یک درصد در وزن میوه گوجه فرنگی دارد. (جدول ۴-۲).

میانگین وزن میوه در سطوح شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم کاهش معنی داری را نشان می دهد (نمودار ۴-۲۰). میانگین وزن میوه از ۶۸ گرم در شرایط بدون تنش به حدود ۲۵ گرم در شوری کاهش یافت. با توجه به آنالیز داده ها وزن میوه با افزایش شوری کاهش معنی داری ($P < 0.01$) یافت. به طوری که بیشترین وزن میوه در سطح شوری صفر میلی مولار و کمترین آن در ۱۵۰ میلی مولار مشاهده شد.

شکل ۴-۲۰ نشان داد که تیمار گیاهان با هر دو غلظت شوری (۵۰ و ۱۰۰) میلی مولار تاثیر معنی داری بر کاهش وزن میوه گیاه نسبت به شاهد داشت. بیشترین وزن میوه گیاه (۱۲۸g) مربوط به تیمار گیاهان با شوری صفر میلی مولار و کمترین وزن میوه (۱۲g) در تیمار گیاهان با شوری ۱۰۰ میلی مولار مشاهده شد.



نمودار ۴-۲۰ اثر شوری ناشی از کلرید سدیم بر وزن میوه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی

بحث صفات رویشی و زایشی :

همانطور که نتایج این تحقیق نشان داد تنش شوری باعث کاهش معنی دار طول و تعداد برگ در گوجه فرنگی گردید و رشد گیاهان را کاهش داد. محققان بیان کرده‌اند تنش شوری با اثرات مخربی که دارد با خسارات جبران ناپذیری در گیاهان می شود، پیری و همکاران (۱۳۹۷) در تحقیقی بیان کردند اصلی ترین اثر تنش شوری کاهش سطح برگ در گیاه می باشد بر همین اساس این محققان بیان کردند تنش شوری عملکرد علوفه ذرت را تا ۶۲ درصد کاهش می دهد که عمده آن به دلیل کاهش در سطح برگ گیاه می باشد. کیانی و همکاران (۲۰۱۷) نیز بیان کردند تنش شوری در وهله اول توسعه سطح برگ را کاهش داده و با کاهش مواد فتوسنتزی تولید شده وزن خشک نهایی گیاه را نیز کاهش می دهد. به علت کم شدن آماس سلولی سرعت رشد سلول ها یا کاهش سرعت تقسیم سلولی باعث کاهش سطح برگ میشود. در نتیجه شوری کاهش در رشد اندام هوایی، به طور معمول با کاهش سطح برگ و بازماندن از رشد ساقه توضیح داده می شود. موازات افزایش غلظت نمک نتیجه کاهش میزان توسعه سطح برگ است که از پیامدهای سریع تنش شوری می باشد (Wang & Nil, 2000). تراکسلون و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند یکی از عوامل مهم در کاهش رشد رویشی گیاهان شوری می باشد.

همانگونه که نتایج این تحقیق نشان داد وزن میوه های گوجه فرنگی رقم گلدی تحت تنش شوری کاهش معنی داری را نشان دادند. ژیم و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیق روی آفتابگردان بیان کردند کاهش در عملکرد دانه آفتابگردان تحت تنش شوری رابطه مستقیم با میزان فتوسنتز گیاه دارد، ایشان بیان کردند تنش شوری با کاهش در سطح برگ و کاهش در فتوسنتز در واحد سطح باعث کاهش تولید مواد فتوسنتزی شده و در نهایت عملکرد دانه گیاه نیز کاهش پیدا می کند. بر اساس نظر محققان در اثر افزایش شوری یکی از بارزترین آثار کاهش رشد گیاه کاهش سطح برگ است. بنابراین، میزان رشد به دلیل کاهش میزان فتوسنتز در کل گیاه کاهش خواهد یافت. محققان نیز بیان کرده اند کاهش سطح برگ نتیجه افزایش سطوح شوری می باشد (Flowers et al., 1997). آرچنگی^۱ و همکاران (۲۰۱۲) نیز کاهش سطح برگ در اثر افزایش تنش شوری را گزارش کردند که هم راستا با نتایج آزمایش حاضر می باشد.

سینگ و همکاران (۲۰۱۹) در گیاه گندم بیان کردند سطح برگ پرچم و ارتفاع بوته تحت شرایط تنش شوری به طور معنی داری کاهش میابد که این امر به دلیل کاهش فتوسنتز می باشد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر می توان بیان کرد که در شرایط تنش شوری احتمالاً کاهش رشد اندام هوایی و تولید مواد فتوسنتزی در زمان شکل گیری میوه سبب کاهش قطر ساقه شده و نیز کاهش رشد ریشه و جذب عناصر غذایی می یابد. دل امار^۲ همکاران (۲۰۰۱) اعلام کردند که شوری آب آبیاری اثر معنی دار در کاهش قطر و تعداد میوه گوجه فرنگی دارد ولی کیفیت محصول را افزایش می دهد که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد.

چائو کینگ^۳ (۲۰۱۶) بیان کرد افزایش در میزان شوری کاهش فشار تورژسانس و افت جذب آب توسط گیاه را در پی دارد که این امر باعث کاهش سطح برگ می شود. بر اساس نظر محققان از راه اسمزی و بر اثر پایین رفتن پتانسیل آب در محیط رشد ریشه، یا به دلیل تاثیرات ویژه یون ها در فرایندهای متابولیسمی رشد گیاهان در شرایط تنش شوری ممکن است کاهش یابد (کاشانی، ۱۳۸۸).

¹ Archangi

² Del Amor

³ Chaoqiang

تنش شوری بر تمام مراحل رشدی گیاه تاثیر سوء می گذارد که با توجه به نوع تنش، شدت تنش، مراحل مختلف رشدی، میزان مقاومت گیاه، و نوع بافت و اندام گیاهی متفاوت می باشد (Mass et al., 1997). تنش شوری همانند بسیاری از تنش های غیرزیستی دیگر، رشد گیاه را محدود می کند. یکی از سازگاری های گیاه برای زنده ماندن در شرایط تنش کاهش رشد است (Khorsandi et al., 2010). در شرایط شور با افزایش غلظت نمک ها در محلول غذایی پتانسیل محلول کاهش یافته و بدنبال آن فشار تورمی سلولها کاهش می یابد خروج آب از سلول ها مانع از رشد آن می گردد و همچنین با کوچک شدن و ریزش برگها تولید آسیمیلات ها در گیاه کاهش می یابد (Arbona, 2013).

نتایج نباتی و همکاران (۱۳۹۱) نشان دادند که وزن تر و خشک اندام هوایی بوته های کوشیا با افزایش شدت تنش شوری کاهش معنی داری پیدا کرد، بطوری که نتایج این تحقیق، با نتایج فوق مطابقت داشت. با افزایش غلظت املاح، فشار اسمزی محلول خاک زیاد می شود، در نتیجه مقدار انرژی که گیاه باید صرف جذب آب از خاک نماید افزایش می یابد که این عمل باعث کاهش جذب آب، افزایش تنفس و کاهش ارتفاع و عملکرد گیاه می شود. همچنین با افزایش فشار اسمزی محلول خاک، سرعت رشد و رشد رویشی گیاه کاهش می یابد (Parihar et al., 2015). مانچندا و گرک^۱ (۲۰۱۸) گزارش کردند شوری سبب کاهش وزن بخش هوایی گیاهان شده که عامل مهم کاهش درصد بیومس بخش هوایی مربوط به کاهش جذب آب بر اثر کاهش پتانسیل اسمزی خاک در اطراف ریشه می باشد که جذب و انتقال آب به بخش هوایی را دچار اختلال میکند. مالاش و همکاران (۲۰۰۸) اعلام کردند با افزایش شوری آب آبیاری عملکرد گوجه فرنگی کاهش می یابد. نتایج این تحقیق با نتایج حاصل از تحقیق حسینی و همکاران (۱۳۹۰) بر روی گوجه فرنگی، سجادی و همکاران (۱۳۹۴) بر روی فلفل، نجفی و سرهنگزاده (۱۳۹۰) مطابقت داشت.

برای در امان ماندن از اثرات مخرب تنش شوری، به کارگیری فناوری های نوین مهندسی و اعمال مدیریت های آگاهانه امری ضروری است. استفاده از موادی که توانایی کم اثرات مخرب شوری را دارا

¹ Manchanda and Garg

می‌باشند یکی از کاربردی ترین راه های کاهش اثرات تنش شوری است. انتخاب گیاهان متحمل به شوری و مدیریت تغذیه‌ای مناسب در شرایط شور از اقداماتی هستند که برای افزایش کارایی فیزیولوژیک گیاه در شرایط تنش شوری و افزایش عملکرد گیاه بسیار مورد توجه می‌باشند (Choi, 2011). از سوی دیگر، مدیریت مناسب مراحل مختلف کاشت و داشت محصول شامل بسترسازی، وضعیت قرارگیری بذر در خاک، سیستم کاشت، مدیریت آبیاری و آبشویی و سایر جنبه‌های مدیریت زراعی نیز در کاهش اثرهای شوری بر تولید و به حداقل رساندن شدت تنش در گیاه برای دست یابی به عملکرد اقتصادی و تولید پایدار در شرایط شور ضروری است (مهدوی و صفری، ۱۳۹۴). از ترکیباتی که برای تعدیل اثرات مخرب تنش شوری توصیه شده است می‌توان به سالیسیلیک اسید و ملاتونین اشاره کرد.

نتایج این آزمایش نشان داد کاربرد ملاتونین باعث بهبود صفاتی همچون طول برگ، تعداد برگ، قطر ساقه، ارتفاع بوته، تعداد گل و تعداد گل آذین در گیاه گوجه فرنگی شده است، در واقع باید بیان کرد کاربرد ملاتونین با ویژگی های مطلوبی که دارد می تواند باعث بهبود رشد گیاه شود که این امر در شرایط تنش شوری بیشتر ملموس می‌شود. از این رو در شرایط تنش‌های محیطی می‌تواند به گیاه برای ادامه رشد کمک کند، نتایج این آزمایش نیز نشان داد با افزایش تنش شوری و کاربرد ملاتونین می‌توان باعث بهبود صفاتی همچون تعداد برگ در گیاه گوجه فرنگی شد (جدول ۲)، در همین رابطه گزارش شده ملاتونین در گیاهان به عنوان یک محرک زیستی بوده و موجب افزایش تحمل به تنش های زیستی و غیرزیستی و بهبود رشد و توسعه گیاه می‌گردد. همچنین مشاهده شده که در تنش های محیطی مقدار ملاتونین درونی گیاه افزایش می‌یابد (Tan et al., 2007).

همچون ملاتونین، سالیسیلیک اسید نیز باعث بهبود صفاتی همچون وزن بوته و تعداد گل آذین در گیاه گوجه فرنگی شود، در رابطه با سالیسیلیک اسید نیز باید بیان کرد در شرایط تنش شوری می‌تواند به گیاه کمک کرده و اثرات مخرب تنش را کاهش دهد (شکل ۴-۱۹)، در این راستا ابراهیمی و جعفری حقیقی (۲۰۱۲) در آزمایشی روی گیاه ذرت بیان کردند که سالیسیلیک اسید بر شاخص سطح برگ، وزن هزار دانه

و عملکرد دانه اثر مثبت معنی‌داری داشت، ایشان پیشنهاد کردند غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید میتواند برای کشت ذرت دانه‌ای جهت دستیابی به شاخص سطح برگ مطلوب مناسب باشد. نتایج این آزمایش نیز نشان داد کاربرد ۲/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید باعث بهبود وزن بوته گوجه فرنگی می‌شود. گیاهانی که در خاک‌های شور رشد می‌کنند با غلظت زیاد نمک در محلول خاک که سبب کاهش پتانسیل اسمزی می‌شود و همچنین غلظت بالای یون‌های بالقوه سمی، مانند کلر و سدیم یا مجموعه‌ای نامناسب از یونهای شوری مواجه می‌باشند. عدم جذب نمک، مانع ایجاد سمیت یونی در گیاه می‌شود، اما کمبود آب را در گیاهان تشدید می‌کند. جذب نمک علیرغم تسریع در سازش اسمزی، امکان مسمومیت یونی و نبود توازن غذایی بین عناصر در گیاه را نیز موجب می‌شود (Mansouri et al., 2017). از آنجا که بیش از ۹۲ درصد از وزن میوه گوجه فرنگی را آب تشکیل می‌دهد لذا وزن میوه‌ها در گوجه فرنگی تابعی از مقدار آب موجود در آن است، بنابراین با محدود شدن جریان آب به سمت میوه، اندازه و وزن آن کاهش خواهد یافت (Hohjo et al., 2001). به طور کلی نتایج آزمایش حاضر نشان داد تنش شوری باعث کاهش عملکرد در گیاه گوجه فرنگی می‌شود که با افزایش سطح شوری این اثر تشدید می‌شود که کاربرد سالیسیلیک اسید و ملاتونین می‌تواند این اثرات را کاهش دهد.

بیان شده که با کاربرد خارجی ملاتونین در گیاهان تحت تنش شوری، اثرات مضر تنش کاهش می‌یابد. برای مثال پیش تیمار بذر خیار با ملاتونین، صدمات اکسیداتیو ناشی از تنش شوری را از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان به میزان ۳ تا ۵ برابر کاهش داد، همچنین ملاتونین از بیان ژن‌های مربوط به بیوسنتز ABA جلوگیری کرده و موجب کاهش ABA در طول جوانه زنی بذر خیار گشته و با القای بیوسنتز جیبرلین سرعت جوانه زنی بذر تحت تنش شوری را افزایش داد (Zhang et al., 2014).

در مطالعه ای دیگر مشاهده شده که کاربرد خارجی ملاتونین در گیاه ذرت تحت تنش شوری، موجب افزایش نرخ خالص فتوسنتز و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و کاهش نشت یونی غشا می‌شود (Chaoqiang, 2016). همچنین گزارش شده پیش تیمار بذر خیار با ملاتونین، موجب بهبود استقرار

گیاچه، تحریک ریشه‌زایی، جلوگیری از تجزیه کلروفیل و در نتیجه افزایش کارایی فتوسنتز و تولید ماده خشک تحت تنش خشکی می‌گردد (Zhang, 2015).

بیان شده است سالیسیلیک اسید در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه نظیر افزایش میزان فتوسنتز و محتوای کلروفیل، بسته شدن روزنه‌ها، جذب یون‌ها، جلوگیری از بیوسنتز اتیلن، کاهش تنفس و افزایش مقاومت به تنش، نقش ایفا می‌کند (El-Tayeb, 2005). در پژوهشی، اثر مقادیر و روش‌های مختلف کاربرد سالیسیلیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز بررسی و گزارش شد که محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید از طریق آب آبیاری دارای اثر بهتری نسبت به سایر روش‌های استفاده از این کود بود و تعداد دانه در بوته در تیمارهای محلول‌پاشی شده با سالیسیلیک اسید بیشتر از شاهد بود (Farahani et al., 2012). در پژوهشی دیگر، اثر سالیسیلیک اسید بر رشد و عملکرد دانه ذرت در شرایط تنش خشکی بررسی و گزارش شد که سالیسیلیک اسید در هر دو شرایط تنش و غیرتنش منجر به افزایش عملکرد دانه شد (Mehrabian Moghaddam et al., 2011). انصار و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی اثر تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی با متانول و سالیسیلیک اسید بر خصوصیات کمی و کیفی کنگد بیان کردند که اثر محلول‌پاشی متانول و سالیسیلیک اسید بر سطح برگ معنی‌دار بود و با افزایش در غلظت تیمارها، سطح برگ افزایش یافت. ترکیب تیماری متانول ۲۵ درصد حجمی و سالیسیلیک اسید ۰/۸ میلی‌مولار سبب افزایش تعداد شاخه فرعی و ارتفاع بوته گردید. ولی در مورد ارتفاع تا اولین گره میوه دهنده فقط اثرات اصلی متانول و سالیسیلیک اسید معنی‌دار بودند. در پژوهشی نقش سالیسیلیک اسید در بهبود کارایی مصرف آب کنگد، ذرت و لوبیا و بررسی اثر مقادیر مختلف آبیاری بر، برخی ویژگی‌های رشدی این سه گونه گیاهی انجام شد. نتایج نشان داد متغیرها در گیاه کنگد به سه عامل، و در ذرت و لوبیا به دو عامل تجزیه شدند. در کنگد متغیرهای عملکرد ماده‌ی خشک، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، فسفر خاک روی عامل اول و متغیرهای عملکرد دانه، وزن دانه در بوته، سرعت رشد محصول و کارایی مصرف آب روی عامل دوم و هدایت الکتریکی خاک، نیتروژن خاک و اسیدیته خاک بیشترین بار را روی عامل سوم داشتند. در ذرت، متغیرهای عملکرد

دانه، عملکرد ماده ی خشک، وزن دانه در بوته، ارتفاع بوته، سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ و کارایی مصرف آب روی عامل اول و متغیرهای نیتروژن خاک، هدایت الکتریکی خاک، اسیدیته خاک و فسفر خاک روی عامل دوم بیشترین بار را داشتند. در لوبیا، متغیرهای عملکرد دانه، عملکرد ماده ی خشک، وزن دانه در بوته، سرعت رشد محصول، نیتروژن، فسفر و هدایت الکتریکی خاک و کارایی مصرف آب روی عامل اول و متغیرهای شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته و اسیدیته خاک روی عامل دوم قرار گرفتند (جهان و امیری، ۱۳۹۷).

۴-۳- شاخص های بیوفیزیک کلروفیل فلورسانس

شاخص های بیوفیزیک کلروفیل فلورسانس بر طبق جدول ۴-۳ مورد اندازه گیری قرار گرفت.

۴-۳-۱- کارایی کوانتومی فتوشیمیایی موثر فتوسیستم II در ۳۰ روز بعد از کشت

این پارامتر نسبت نور جذب شده توسط PSII را که به صورت فتوشیمیایی استفاده شده است را اندازه گیری می کند. به این ترتیب، می تواند اندازه گیری سرعت انتقال الکترون خطی را نشان دهد و بنابراین فتوسنتز کلی را نشان می دهد.

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که شوری و سالیسیلیک اسید و ملاتونین تاثیر معنی داری در سطح یک درصد بر کارایی کوانتومی فتوشیمیایی موثر فتوسیستم II گوجه فرنگی دارد. همچنین اثر متقابل شوری در ملاتونین در سطح پنج درصد معنی دار شد (جدول ۴-۳).

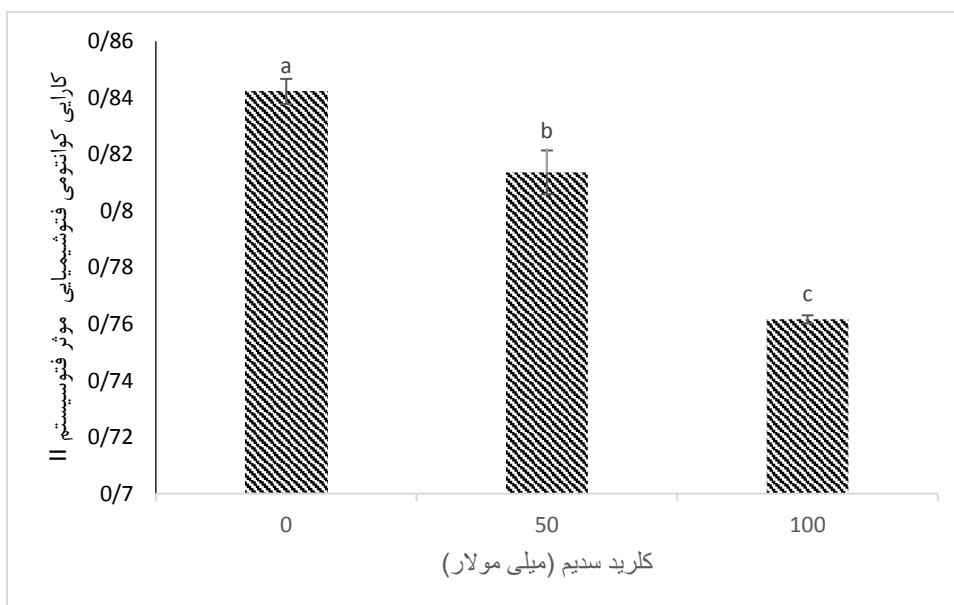
جدول ۳-۴ نتایج تجزیه واریانس اثر سالیسیلیک اسید و ملاتونین بر فلورسانس کلروفیل گوجه فرنگی گلخانه

ای رقم گلدی در شرایط تنش شوری در ۳۰ روز بعد کشت

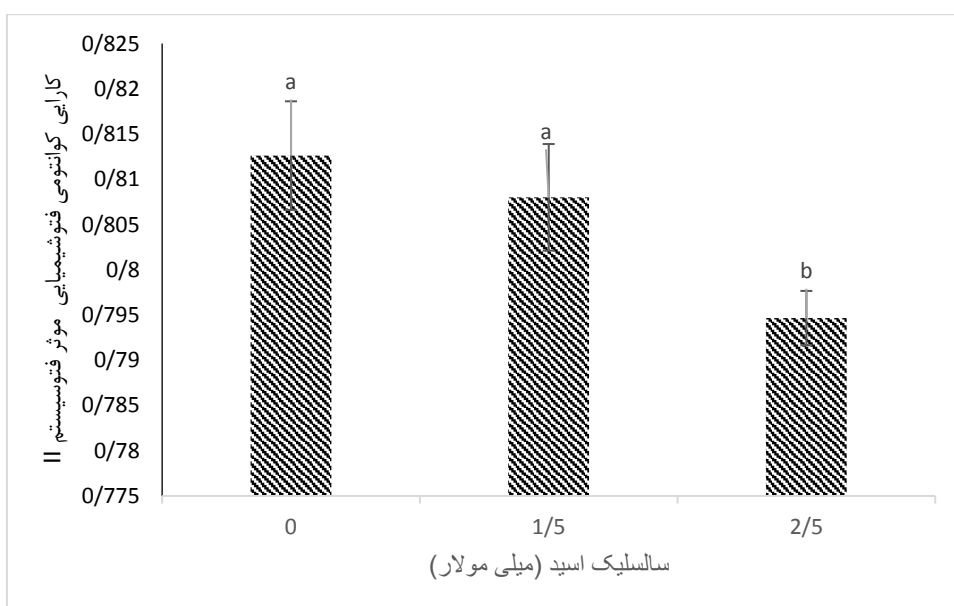
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی Y II		
شوری (Na)	۲	۰/۰۵۷**
سالیسیلیک اسید (Sa)	۲	۰/۰۰۲۸**
ملاتونین (Me)	۱	۰/۰۱۵۲**
Na*Sa	۴	۰/۰۰۰۳۵
Na*Me	۲	۰/۰۰۱۳۴*
Sa*Me	۲	۰/۰۰۰۱۵۷
Na*Sa*Me	۴	۰/۰۰۰۴۳
خطا	۳۵	۰/۰۰۰۲۰۸
CV%		۱/۷۹

*, ** به ترتیب سطوح معنی دار در سطح پنج و یک درصد می باشند.

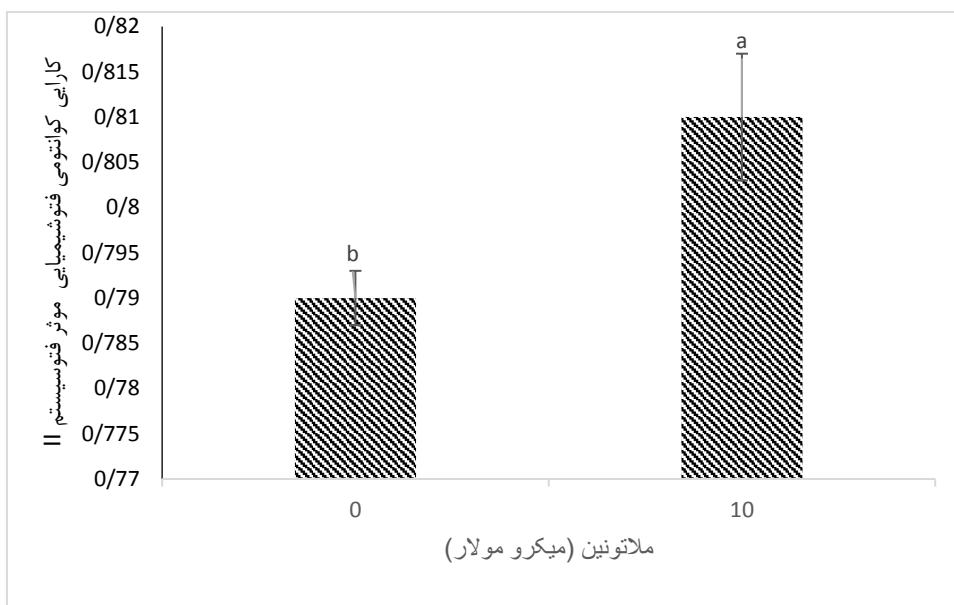
میانگین کارایی کوانتومی فتوشیمیایی موثر فتوسیستم II در سطوح شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم کاهش معنی داری را نشان داد (نمودار ۴-۲۱). میانگین کارایی کوانتومی فتوشیمیایی موثر فتوسیستم II از ۰/۸۴ در شرایط بدون تنش به حدود ۰/۷۶ در شوری کاهش یافت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین کاربرد سالیسیلیک اسید و ملاتونین نیز باعث کاهش معنی دار در کارایی کوانتومی فتوشیمیایی موثر فتوسیستم II گیاه گوجه فرنگی شد (نمودار ۴-۲۳ و ۴-۲۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و ملاتونین نشان داد شوری باعث کاهش معنی دار در کارایی کوانتومی فتوشیمیایی موثر فتوسیستم II در هر دو سطح ملاتونین می شود (نمودار ۴-۲۴).



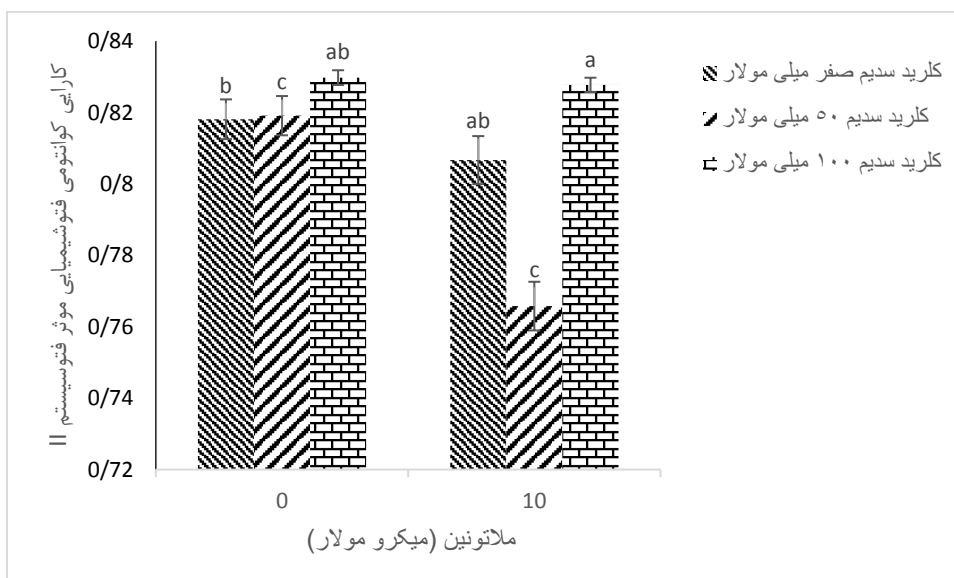
نمودار ۴-۲۱ اثر شوری بر عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی ۳۰ روز پس از کشت



نمودار ۴-۲۲ اثر سالیسیلیک اسید بر میانگین عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم ۳۰ روز پس از کشت



نمودار ۴-۲۳ اثر ملاتونین بر میانگین عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم ۳۰ روز پس از کشت.



نمودار ۴-۲۴ اثر شوری و ملاتونین بر میانگین عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم ۳۰ روز پس از کشت.

۴-۳-۲- شاخص های بیوفیزیک کلروفیل فلورسانس ۶۰ روز پس از کشت

در جدول ۴-۴ نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار های آزمایش بر فلورسانس و اجزای آن در گیاه گوجه فرنگی در ۶۰ روز پس کشت و شروع باردهی آورده شده است.

جدول ۴-۴ نتایج تجزیه واریانس اثر سالیسیلیک اسید و ملاتونین بر فلورسانس کلروفیل گوجه فرنگی گلخانه

ای رقم گلدی در شرایط تنش شوری ۶۰ روز پس از کشت

میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
Qp	Y(II)	فلورسانس متغیر Fv	فلورسانس کمینه Fo	فلورسانس بیشینه Fm		
۰/۰۰۶۱**	۰/۰۰۵۷**	۵۰۷۰۶/۸**	۱۷۷۵۴/۲۹** ۲	۱۱۷۴۸۴۸/۱**	۲	شوری (Na)
۰/۰۰۱۵*	۰/۰۰۰۳۷	۲۵۶۲/۲	۱۹۵۶/۸**	۸۲۹۳/۲	۲	سالیسیلیک اسید (Sa)
۰/۰۰۰۰۹۴	۰/۰۰۶۴**	۱۹۸۶۴/۸**	۳۰۵۲۰/۷۶**	۲۴۳۷۴۲/۰۵**	۱	ملاتونین (Me)
۰/۰۰۰۰۷۵	۰/۰۰۰۰۸۶	۱۲۶۰/۸	۱۵۳۲/۸۱**	۳۹۳۷۸/۹	۴	Na*Sa
۰/۰۰۱۷۵*	۰/۰۰۳۳**	۳۶۶۳/۰	۳۰۷۱۹/۲۴**	۲۹۶۶۵۲/۵**	۲	Na*Me
۰/۰۰۰۰۴۴	۰/۰۰۰۰۲۴	۲۵۶۱/۴	۲۱۶۲/۰۸**	۵۲۴۶۴/۶	۲	Sa*Me
۰/۰۰۰۰۴۵	۰/۰۰۰۰۴۶	۲۷۸۹/۷	۲۰۸۶/۵۳**	۴۵۸۹۳/۲	۴	Na*Sa*Me
۰/۰۰۰۳۴۴	۰/۰۰۰۲۹۱	۲۲۸۱/۹	۲۱/۴۴۲۹	۲۲۸۹۹/۰۴	۳۵	خطا
۱/۸	۲/۱	۷/۹	۰/۸۱	۴/۷		CV%

*, ** به ترتیب سطوح معنی دار در سطح پنج و یک درصد می باشند.

۴-۳-۳- فلورسانس بیشینه Fm

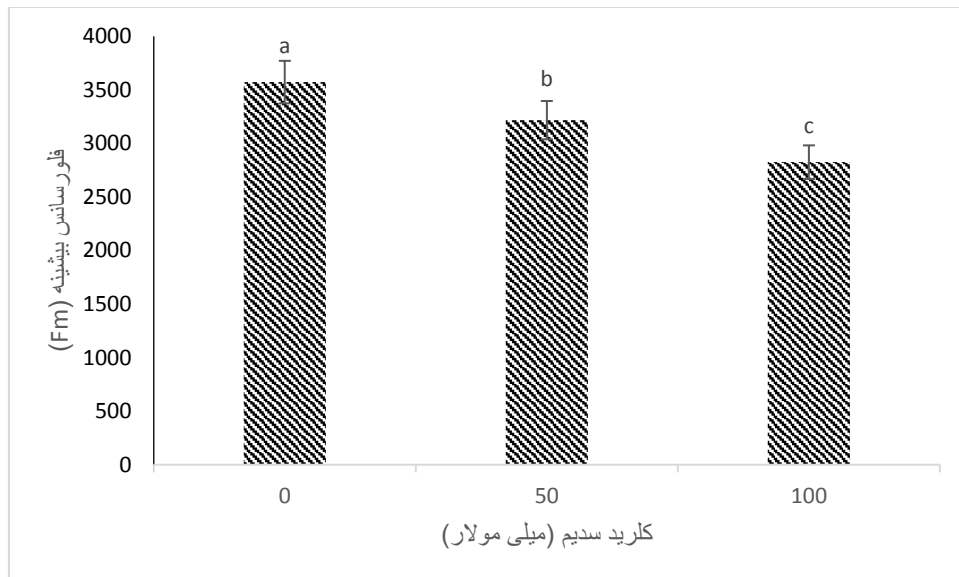
Fm نشان دهنده حداکثر فلورسانس تولید شده توسط نبض نور بیش از حد اشباع (SP) در طول تابش

اکتینیک است. این مقدار مراکز واکنش را نشان می دهد که هنوز هم می توانند در نور بسته شوند.

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که شوری، ملاتونین و اثر متقابل شوری و ملاتونین تاثیر معنی

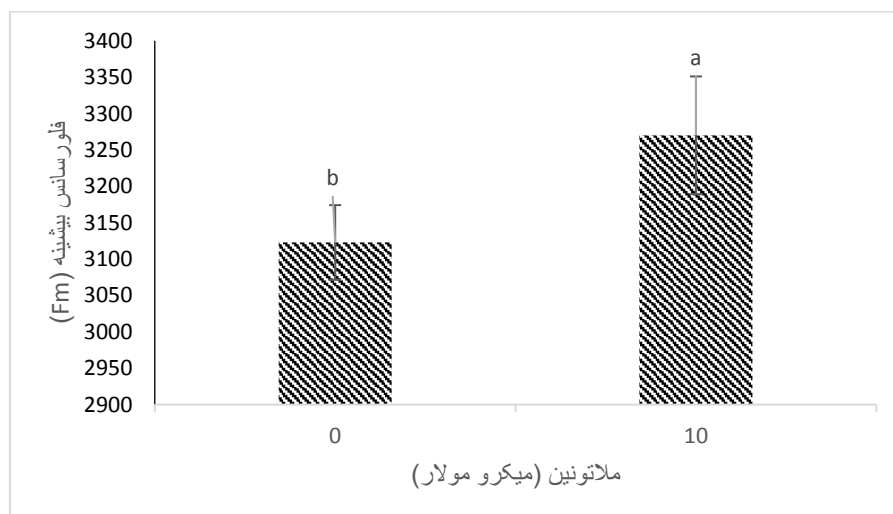
داری در سطح یک درصد بر فلورسانس بیشینه گوجه فرنگی دارد. (جدول ۴-۴).

میانگین فلورسانس بیشینه در سطوح شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم کاهش معنی داری را در برگ نشان داد (نمودار ۴-۲۲). میانگین فلورسانس بیشینه در برگ از ۳۵۷۲ در شرایط بدون تنش به ۲۸۲۴ در شوری ۱۰۰ میلی مولار کاهش یافت.

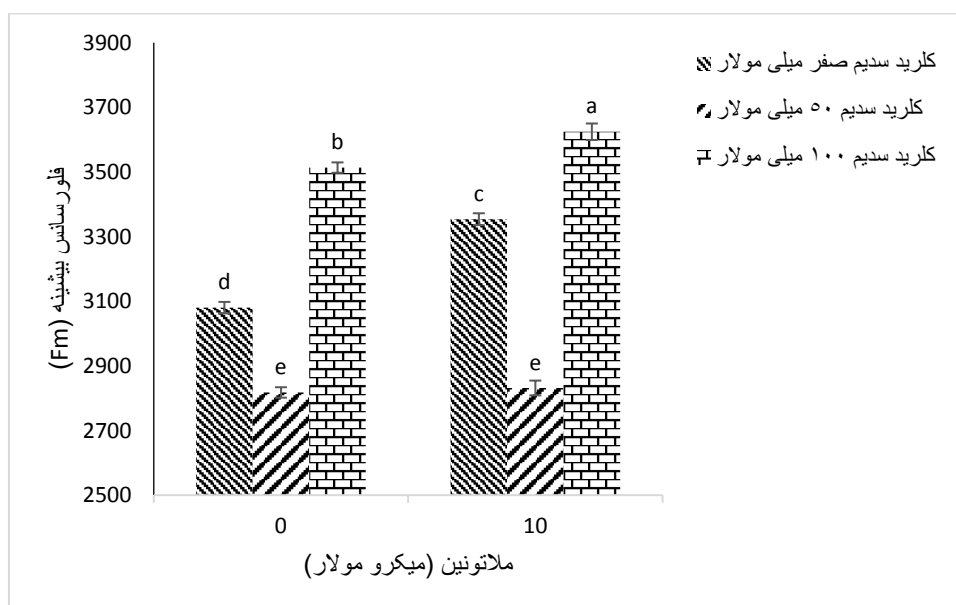


نمودار ۴-۲۵ اثر شوری بر فلورسانس بیشینه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی

نتایج نشان داد که ملاتونین باعث افزایش معنی دار بیشینه فلورسانس در گیاهان تحت تیمار شوری گردید (شکل ۴-۲۲).



نمودار ۴-۲۶ اثر ملاتونین بر فلورسانس بیشینه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت تنش شوری ۶۰ روز بعد از کشت



نمودار ۴-۲۷ اثر شوری و ملاتونین بر میانگین فلورسانس بیشینه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل ملاتونین و شوری نشان داد در هر دو سطح ملاتونین فلورسانس بیشینه با افزایش در میزان شوری کاهش پیدا کرد اما در ۱۰ میکرو مولار ملاتونین فلورسانس بیشینه بیشتر از سطح صفر میکرو مولار ملاتونین بود (شکل ۴-۲۳).

۴-۳-۴- فلورسانس کمینه F_0

F_0 بیانگر سطحی از فلورسانس در زمانی است که پذیرنده کوئینون آ (QA) در بالاترین مقدار شرایط

اکسیداسیونی قرار دارد (مرکز فتوسیستم II باز هستند).

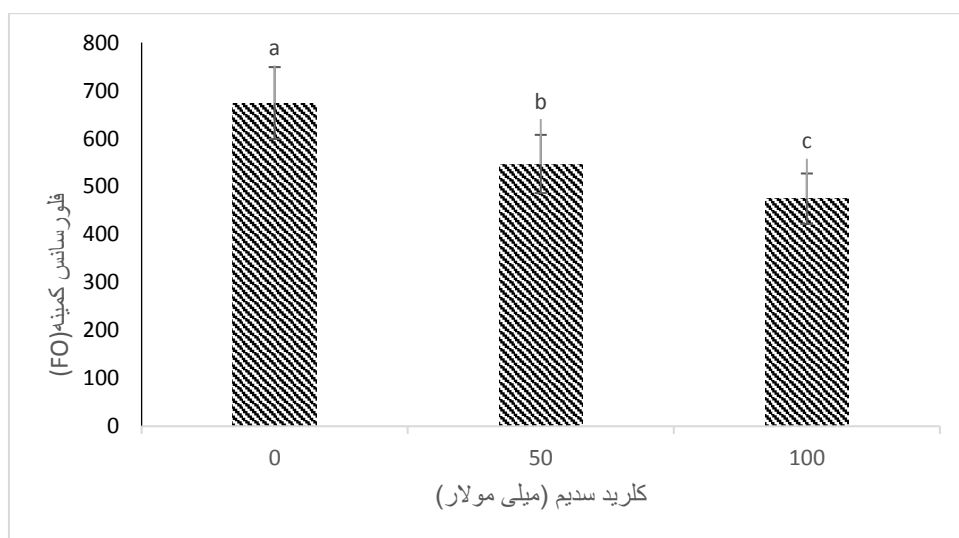
نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که شوری و ملاتونین و سالیسیلیک اسید و اثر متقابل شوری با

سالیسیلیک اسید و ملاتونین و همچنین اثر متقابل سالیسیلیک اسید و ملاتونین و همچنین اثر متقابل

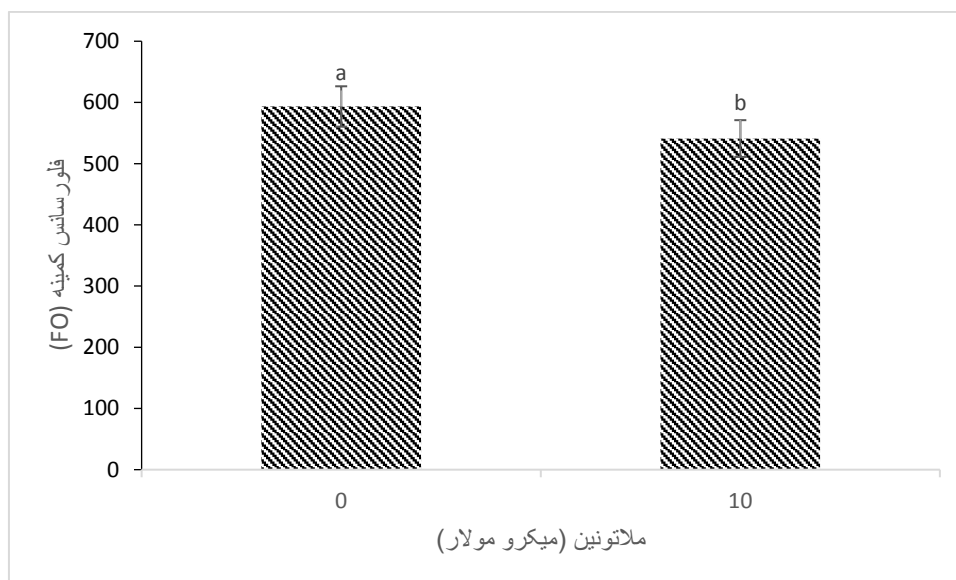
شوری و سالیسیلیک اسید و ملاتونین تاثیر معنی داری در سطح یک درصد در فلورسانس کمینه گوجه

فرنگی دارد. (جدول ۴-۴).

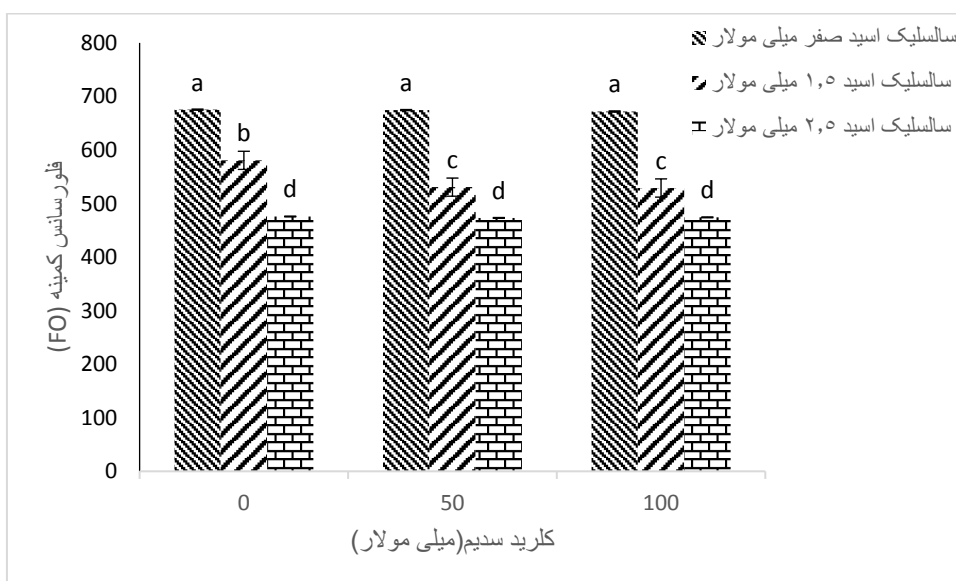
میانگین فلورسانس کمینه در سطوح شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم کاهش معنی داری را نشان داد (نمودار ۴-۲۶). میانگین فلورسانس کمینه از ۶۷۳ در شرایط بدون تنش به حدود ۴۷۴ در شوری ۱۰۰ میلی مولار کاهش یافت. بر اساس نتایج نمودار ۴-۲۷ با کاربرد ملاتونین فلورسانس کمینه به طور معنی داری کاهش پیدا کرد و از ۵۹۳ به ۲۵۰ کاهش پیدا کرد. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل شوری و سالیسیلیک اسید نشان داد کاربرد سالیسیلیک اسید در هر سه سطح شوری (۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار) باعث کاهش مقدار فلورسانس کمینه می شود که این امر اثر مطلوب سالیسیلیک اسید را نشان می دهد. (نمودار ۴-۲۸). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل ملاتونین و شوری با کاربرد ملاتونین میزان فلورسانس کمینه افزایش پیدا کرد به خصوص در شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار شوری (نمودار ۴-۲۹). همچنین نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سالیسیلیک اسید و ملاتونین نشان داد عدم کاربرد ملاتونین در هر سه سطح سالیسیلیک اسید به طور معنی داری فلورسانس کمینه را کاهش داد (نمودار ۴-۳۰). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سالیسیلیک اسید و شوری نشان داد در تمام سطوح سالیسیلیک اسید با افزایش شوری میزان فلورسانس کمینه کاهش پیدا کرد، اما این کاهش در ۱۰ میلی مولار سالیسیلیک اسید کمتر از سایر سطوح در ۵۰ میلی مولار شوری بود (نمودار ۴-۳۱).



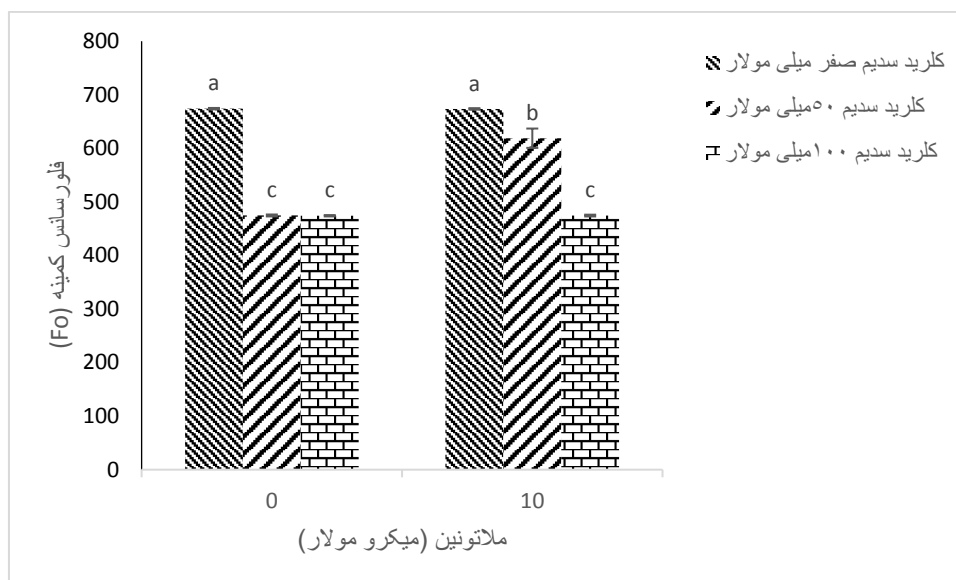
نمودار ۴-۲۸ اثر شوری بر فلورسانس کمینه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی



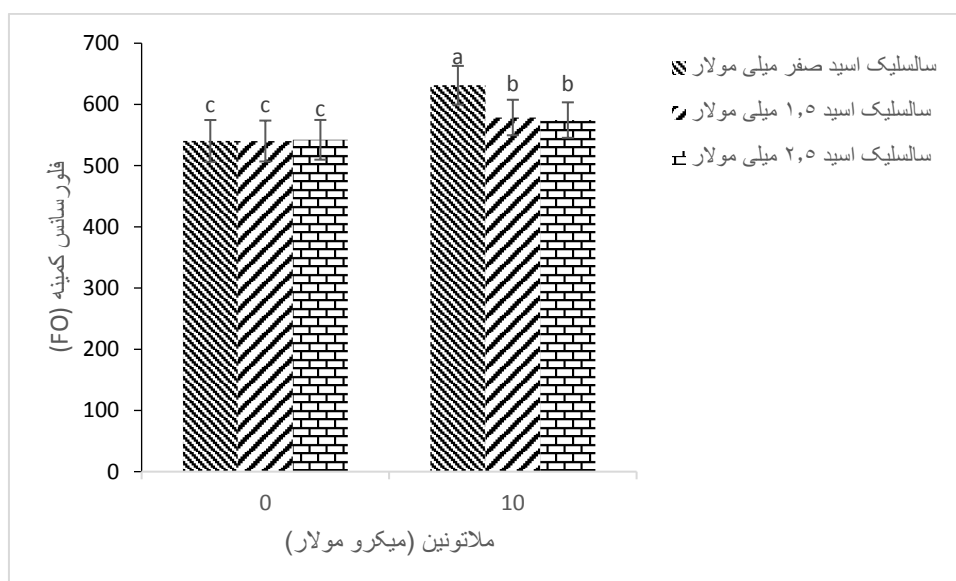
نمودار ۴-۲۹ اثر ملاتونین بر میانگین فلورسانس کمینه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم



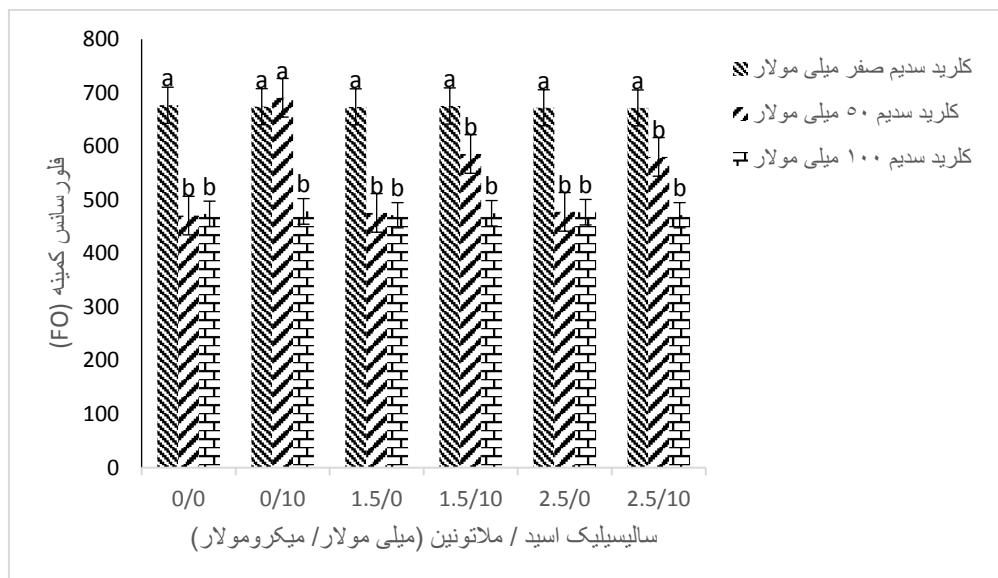
نمودار ۴-۳۰ اثر شوری و سالیسیلیک اسید بر میانگین فلورسانس کمینه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم



نمودار ۴-۳۱ اثر شوری و ملاتونین بر میانگین فلورسانس کمینه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم



نمودار ۴-۳۲ اثر ملاتونین و سالیسیلیک اسید بر میانگین فلورسانس کمینه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم

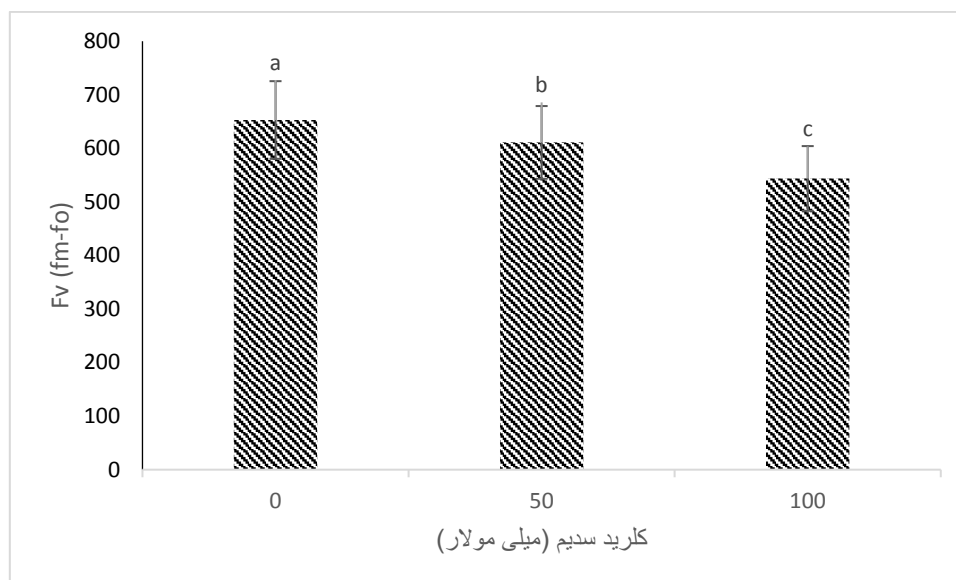


نمودار ۴-۳ اثر شوری و ملاتونین و سالیسیلیک اسید بر میانگین فلورسانس کمینه گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم

۴-۳-۵- فلورسانس متغیر $F_v(F_m-F_o)$

فلورسانس متغیر (F_v) نشانگر احیای کامل پذیرنده های الکترون (QA) می باشد. بدین صورت که وقتی پذیرنده های الکترون در حالت احیای کامل باشند، فلورسانس کلروفیل زیاد است، بنابراین F_v نیز زیاد است، اما وقتی پذیرنده های الکترون در حالت اکسید هستند، مقدار فلورسانس حداقل است و مقدار F_v نیز کاهش می یابد، در نتیجه در شرایط تنش شوری QA در حال اکسید شدن است.

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که شوری تاثیر معنی داری در سطح یک درصد بر $F_v(fm-fo)$ گوجه فرنگی دارد. (جدول ۴-۲۱). میانگین فلورسانس متغیر $F_v(fm-fo)$ در سطوح شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم کاهش معنی داری را در برگ اول نشان داد (نمودار ۴-۲۱). میانگین فلورسانس متغیر $F_v(fm-fo)$ از ۶۷۰ در شرایط بدون تنش به حدود ۵۶۲ در شوری ۱۰۰ در برگ دوم کاهش یافت.

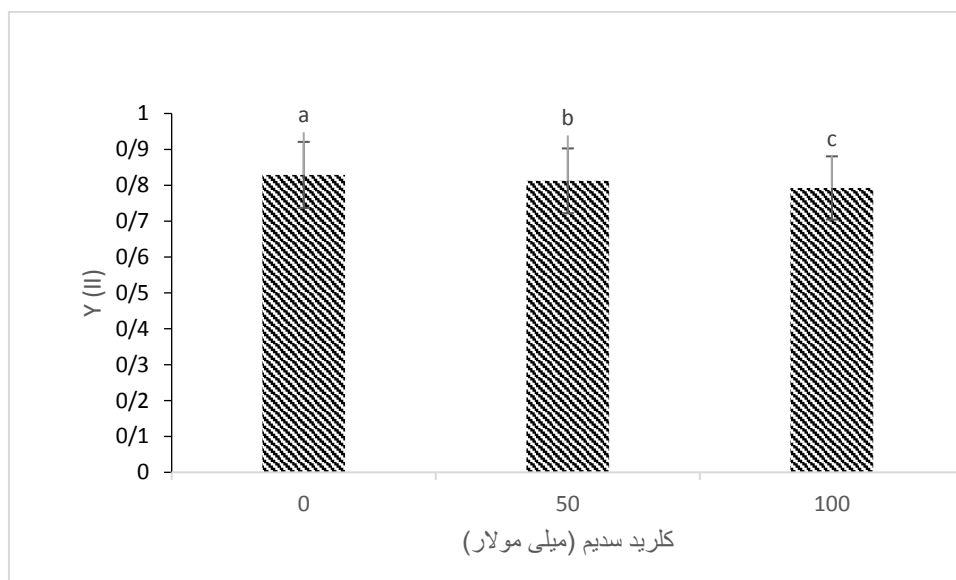


نمودار ۴-۳۴ اثر شوری بر فلورسانس متغیر (fm-fo) گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی

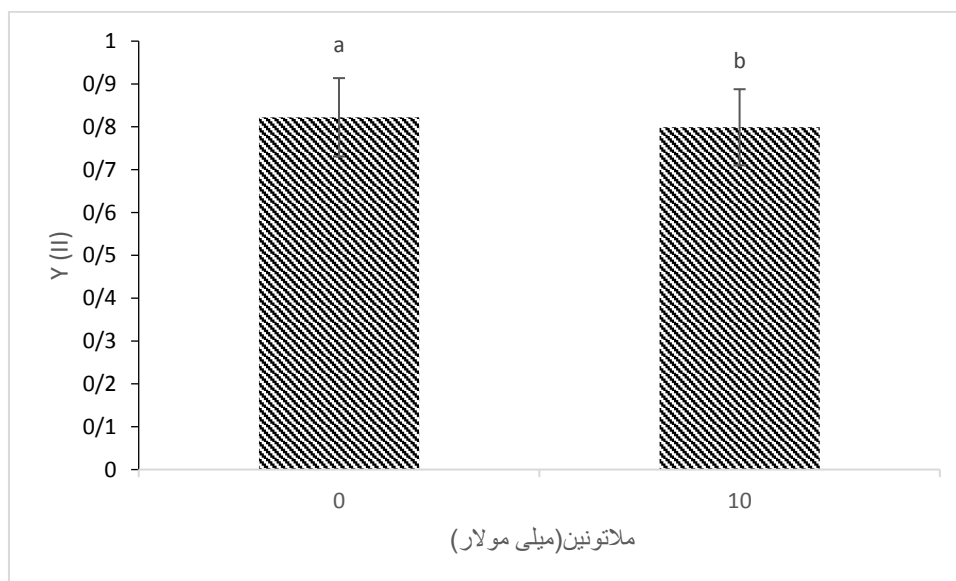
۴-۳-۶- کارایی کوانتومی فتوشیمیایی موثر فتوسیستم II Y(II)

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که شوری و ملاتونین تاثیر معنی داری در سطح یک درصد بر عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی II گوجه فرنگی دارد. همچنین اثر متقابل شوری در ملاتونین در سطح پنج درصد معنی دار بود (جدول ۴-۳).

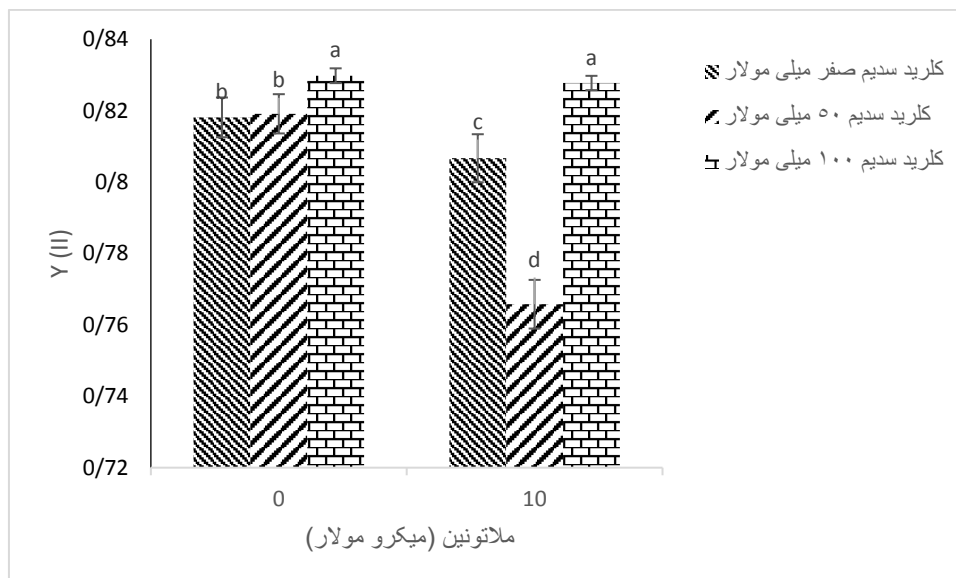
میانگین کارایی کوانتومی فتوشیمیایی موثر فتوسیستم II در سطوح شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم کاهش معنی داری را نشان داد (نمودار ۴-۲۴). میانگین کارایی کوانتومی فتوشیمیایی موثر فتوسیستم II در برگ از ۰/۸۲ در شرایط بدون تنش به حدود ۰/۷۹ در شوری ۱۰۰ میلی مولار کاهش یافت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر ملاتونین بر کارایی کوانتومی فتوشیمیایی موثر فتوسیستم II با کاربرد ملاتونین کارایی کوانتومی فتوشیمیایی موثر فتوسیستم II به طور معنی داری کاهش پیدا کرد (نمودار ۴-۲۵).



نمودار ۴-۳۵ اثر شوری بر عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی II گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی



نمودار ۴-۳۶ اثر ملاتونین بر میانگین عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی II گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی
تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم



نمودار ۴-۳۷ اثر شوری و ملاتونین بر میانگین عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی II گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی تحت شرایط تنش شوری ناشی از کلرید سدیم

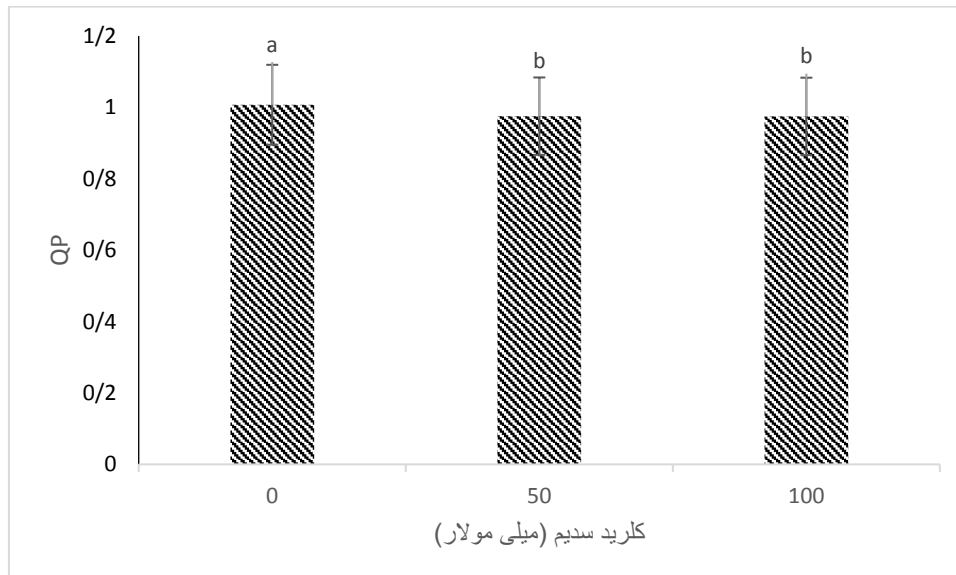
بر اساس نتایج نمودار ۴-۲۶ با افزایش کاربرد ملاتونین میزان کارایی کوانتومی فتوشیمیایی موثر فتوسیستم II طی شوری کاهش پیدا کرد که این کاهش در ۵۰ میلی مولار شوری بیشتر از ۱۰۰ میلی مولار شوری بود (نمودار ۴-۲۶).

۴-۳-۷- ضریب خاموشی فتوشیمیایی QP

QP کسری از مراکزی را نشان می دهد که به طور مداوم بسته هستند و به جداسازی بار یا کاهش حالت پلاستوکینون نهایی الکترون پذیرنده کمک نمی کنند. آنها انرژی جذب شده را به عنوان گرما پراکنده می کنند.

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که شوری تاثیر معنی داری در سطح یک درصد بر ضریب خاموشی فتوشیمیایی گوجه فرنگی دارد. (جدول ۴-۳). میانگین گرمای تلف شده شیمیایی در سطوح شوری ۵۰ و

۱۰۰ میلی مولار کلرید سدیم کاهش معنی داری را نشان می دهد (نمودار ۴-۳۲). میانگین گرمای تلف شده شیمیایی از ۱/۰۰۷ در شرایط بدون تنش به حدود ۰/۹۷ تا در شوری ۱۰۰ میلی مولار کاهش یافت.



نمودار ۴-۳۸ اثر شوری بر گرمای تلف شده شیمیایی گوجه فرنگی گلخانه ای رقم گلدی

۴-۴- بحث کلروفیل فلورسانس

مشکل شوری و افزایش ارتباط آن برای محصولات باغی به خوبی در مقالات شرح داده شده است (Hunsche, 2010). به ویژه برای گوجه فرنگی، در بیشتر مطالعات شوری اصلاحات مورفوفیزیولوژیکی از جمله رشد رویشی، ماده خشک و تازه و عملکرد قابل بازیابی شده است (Gautier et al., 2010). در بسیاری از موارد، پارامترهای بیوشیمیایی، به عنوان مثال، غلظت یونها، قندها و ترکیبات ثانویه نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (Incerti et al., 2007). به عنوان مثال، کاملاً شناخته شده است که گیاهان با تجمع ترکیبات خاصی مانند پرولین، قندها، اسیدهای آلی و فلاونوئیدها (Cayuela et al., 1996) به عنوان اجزای اصلی در مقاومت گیاه به شوری پاسخ می دهند. ترکیبات فنلی همچنین می توانند به عنوان پاسخ استرس در ارقام حساس تجمع یابند (Juan et al., 2005). به عنوان یکی از سنتی ترین تکنیک های غیر مخرب، فلورسانس کلروفیل مدولاسیون شده با دامنه پالس (ChlF) (PAM) که در ۶۸۰-۶۹۰ نانومتر ثبت

شده است، پارامترهای مختلفی را برای سنجش تغییرات فیزیولوژیکی ناشی از محیط در سطح برگ فراهم می کند (Baker and Rosenqvist, 2004). محدودیت عمده این تکنیک این است که ضبط های قابل اعتماد به یک سازگاری تاریک و اندازه گیری های زمان بر در تاریکی نیاز دارد. در مقابل، تشخیص فلورسانس در کل محدوده نور مرئی (۳۸۰-۷۵۰ نانومتر) اطلاعاتی راجع به محل، نوع و غلظت فلوروفورهای خاص، از جمله مولکولهای کلروفیل (Chl) در بافت گیاه فراهم می کند (Cеровic et al., 1999). مولکول های کلروفیل (Chl)، فلورسانس خود را در نوارهای قرمز و قرمز دور از خود ساطع می کنند، در حالی که اسیدهای سینامیک و بخش کوچکی از فنلیک ها، که به صورت کووالانسی به دیواره های سلول متصل می شوند. انتشار دهنده اصلی در نوارهای آبی و سبز هستند (Buschmann and Lichtenthaler., 1998). برای غلبه بر تغییرات شدت ناشی از شرایط اندازه گیری و مورفولوژی برگ، ممکن است نسبت های فلورسانس برای ارائه اطلاعات معتبرتر برای مقایسه تیمار استفاده شود (Cеровic et al., 1999). مناسب بودن و استفاده از شاخص های چند طیفی مبتنی بر فلورسانس برای تشخیص استرس برای محصولات زراعی (Leufen and Hunsche, 2013) و باغبانی (Kautz et al., 2014) اهمیت پیدا می کند. با این حال، هنوز تقاضای زیادی برای توسعه بیشتر و استفاده از سنسورهای فلورسانس در زمینه های مختلف تحقیقاتی فیزیولوژی استرس و کاربردهای عملی، از جمله تنش ناشی از شوری وجود دارد.

میزان فلورسانس کلروفیل در سطوح بالای شوری و با کاهش انتقال انرژی از رنگیزه ها به مراکز واکنشی فتوسیستم II منجر به افزایش می گردد (Morad and Ismaeil, 2007). که این شاخص ها برای ارزیابی اثر تنش ها روی فتوسیستم II استفاده می گردد (Azizpour et al., 2010). تنش های محیطی با تحت تاثیر قرار دادن فتوسیستم II، باعث کاهش نسبت Fm/Fv می شوند (Majidi et al., 2008). نتایج آزمایش حاضر نیز نشان داد با افزایش تنش شوری میزان فلورسانس بیشینه افزایش می یابد که این امر از اثرات نامطلوب شوری می باشد و باعث اختلال در فتوسنتز گیاه می شود، و ماده خشک تولیدی را دچار کاهش می کند.

بطور کلی در تنش‌های محیطی نظیر شوری فلورسانس افزایش می‌یابد (James et al., 1997). در برابر تنش‌ها مثل تنش شوری از پارامترهای فلورسانس برای نشان‌دادن مقاومت در ذرت، گندم و جو استفاده شده است (Belkhodja et al., 1994). احمد و همکاران (۲۰۰۲) در ماش اعمال تنش غرقاب در دو مرحله رویشی و زایشی طی هشت روز انجام شد و گزارش نمودند که نسبت F_v/F_m در روز هشتم به پایین‌ترین میزان خود رسید. همچنین به این نتیجه رسیدند که با بازدارندگی فتوسیستم II باعث کاهش سریع نسبت F_v/F_m در اثر تنش غرقابی و کاهش سریع فتوسنتز می‌باشد. همچنین بلخودجا و همکاران (۱۹۹۹) گزارش نمودند که در عملکرد کوانتوم فتوسنتز در پاسخ به تیمارهای NaCl هیچ تغییر معنی‌داری وجود نداشت و F_v/F_m نشانگر مفیدی برای شوری نبود. نتایج آزمایش حاضر نشان داد تنش شوری بر پارامترهای فلورسانس به شدت تحت تاثیر تنش شوری قرار می‌گیرند، در واقع باید بیان کرد با وقوع تنش شوری میزان کارایی کوانتومی فتوشیمیایی فتوسیستم II را کاهش می‌دهد، اما کاربرد ترکیباتی همچون ملاتونین در این آزمایش باعث افزایش کارایی کوانتومی فتوشیمیایی فتوسیستم II در گیاه گوجه‌فرنگی می‌شود (شکل ۴-۲۳)، همچنین کاربرد ملاتونین باعث افزایش در فلورسانس بیشینه در گیاه گوجه‌فرنگی می‌شود (شکل ۴-۲۴)، علاوه بر ملاتونین سالیسیلیک اسید نیز باعث بهبود در صفات و اجزای فلورسانس گیاه گوجه‌فرنگی شده است، به طوری که کارایی کوانتومی فتوشیمیایی فتوسیستم II با کاربرد سالیسیلیک اسید بهبود پیدا کرد.

علاوه بر این موارد ملاتونین و سالیسیلیک اسید اثر متقابل معنی‌داری داشتند که باعث شده است با کاربرد همزمان ملاتونین و سالیسیلیک اسید باعث افزایش فلورسانس کمینه شود (۴-۳۰)، به عبارت دیگر کاربرد همزمان ملاتونین و سالیسیلیک اسید باعث اثر هم افزایی یا سینرژستیک بر اجزای فلورسانس گیاه گوجه‌فرنگی شده است و از این جهت کاربرد هر دو ترکیب ملاتونین و سالیسیلیک اسید بهتر از کاربرد تنهایی هر کدام از این ترکیبات می‌باشد. باید توجه داشت تنش شوری اثرات مخربی بر گیاهان مختلف

دارد که در این آزمایش گیاه گوجه فرنگی تحت تاثیر مخرب تنش شوری قرار گرفت و با کاربرد ملاتونین و سالیسیلیک اسید تا حدی از اثرات مخرب تنش شوری کاسته شد.

تنش شوری موجب افزایش فلورسانس اولیه، فلورسانس حداکثر، فلورسانس متغیر و کاهش عملکرد کوانتوم میشود (Zhao et al., 2007). کان ای پی و همکاران (۲۰۱۲) با مطالعه بر روی پارامترهای فیزیولوژیکی در ۱۰۶ ژنوتیپ برنج در شرایط تنش شوری به این نتیجه رسیدند که فلورسانس می‌تواند به عنوان یک شاخص مناسب جهت شناسایی ارقام حساس از ارقام مقاوم به شوری به کار گرفته شود. افزایش فلورسانس در اثر شوری در برنج (Sidipour et al., 2015) و افزایش میزان فتوسنتز در ارقام متحمل برنج (Mousavizadeh et al., 2018) دیده شده است. در مطالعات متعدد ثابت شده است که اندازه گیری فلورسانس کلروفیل برگ های سالم، روش قابل اطمینانی برای مطالعه ارزیابی وضعیت فیزیولوژیکی گیاه و فرایند فتوسنتز است. که بر اساس نتایج این آزمایش نیز می‌توان بیان کرد که با افزایش شوری و افزایش فلورسانس میزان عملکرد گوجه فرنگی کاهش پیدا کرد.

مسجیدک و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که تنش های محیطی از جمله شوری باعث کاهش عملکرد کوانتومی فتوسیستم II در چغندر قند می‌شود. در ارقام مختلف گندم نیز گزارش گردیده کاهش عملکرد کوانتومی فتوسیستم تحت تنش شوری است (Chaves et al., 2009). در ارقام کلزا نیز نتایجی مشابه در پژوهش های انجام گرفته بدست آمده است (Atlassi et al., 2009).

جاو کوریا و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که در شرایط تنش بیشینه کارایی کوانتومی فتوسیستم II، میزان تبادل گازی، اسیمیلاسیون دی اکسید کربن و انتقال الکترون کاهش یافت، در حالی که میزان خاموشی غیرفتوشیمیایی الکترون برانگیخته به میزان ۴۰ درصد افزایش یافت، که نشان دهنده افزایش اتلاف حرارتی فتوسیستم II می‌باشد.

نقی زاده و غلامی توران پستی (۲۰۱۴) گزارش نمودند کاربرد سالیسیلیک اسید در غلظت ۰/۵ میلی مولار باعث افزایش ۱۵ درصدی وزن هزار دانه گندم گردید این محققان بیان کردند افزایش فتوسنتز با

استفاده از سالیسیلیک اسید باعث افزایش عملکرد و وزن هزار دانه شده است. محققان بیان کرده‌اند سالیسیلیک اسید بسته به غلظت به کار رفته بر روی گیاه، دوره رشدی، شرایط محیطی و گونه تأثیرات متفاوتی را از نظر فرایندهای مختلف فیزیولوژیک مانند شروع برخی فرایندها و ممانعت برخی دیگر میگذارد و می‌تواند در شرایط تنش های محیطی باعث حفظ فتوسنتز در حد مطلوب شود (Iqbal et al., 2012).

بر اساس نظر محققان تنش شوری از طریق اختلال در فرایندهای مرفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه از جمله فتوسنتز موجب کاهش عملکرد گیاه و رشد گردید. کاهش میزان فتوسنتز می‌تواند نتیجه تأثیر شوری بر عوامل روزنه ای (هدایت روزنه ای) و غیر روزنه‌ای هم چون کاهش عملکرد کوانتومی فتوسیستم II باشد. در تنش شوری کاهش ورود دی اکسید کربن و نیز تأثیرات سمی تجمع یون ها منجر به ممانعت از اسیملاسیون دی اکسید کربن و در نتیجه کاهش رشد می‌گردد.

به عنوان شاخصی از وضعیت فتوسنتزی برگ گیاه توانایی جذب دی اکسید کربن، فلورسانس، هدایت روزنه ای می‌تواند در نظر گرفته شود. کاهش هدایت روزنه ای و به دنبال آن کاهش تعرق و افزایش فلورسانس نتیجه تجمع آبسیزیک اسید طی تنش شوری در ریشه و انتقال آن به اندام هوایی می‌باشد. افزایش دمای برگ نتیجه کاهش در میزان تعرق گیاه و عدم توانایی تنظیم تعادل دمایی می‌باشد. دلیل کاهش در فتوسنتز را علاوه بر کاهش در جذب دی اکسید کربن می‌توان به دلیل عوامل بیوشیمیایی مانند پیگمنت های فتوسنتزی و نیز قندها و افزایش فلورسانس مرتبط دانست (Sultana et al., 1999).

با افزایش شدت تنش، خاموشی غیرفتوشیمیایی انرژی الکترون برانگیخته نتوانست مازاد انرژی را دفع نماید در نتیجه مولکول اکسیژن به عنوان پذیرنده الکترون عمل نموده و اکسید شده و تولید رادیکال های آزاد نمود و این امر خسارت اکسیداتیو به غشاهای فیزیولوژیک را در پی داشت، خاموشی غیرفتوشیمیایی انرژی الکترون برانگیخته، نمایانگر اتلاف حرارتی از مولکول های کلروفیل آنتن در فتوسیستم II می‌باشد، این مولفه عدم کارایی چرخه تاریکی فتوسنتز را نشان می‌دهد (Everett, 2002). نتایج این آزمایش نیز نشان داد کاهش کارایی فتوسیستم به احتمال زیاد به دلیل گونه های اکسیژن فعال می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد اثر شوری، بر صفات طول برگ، تعداد برگ، قطر ساقه، ارتفاع گیاه، وزن بوته و وزن ریشه گوجه فرنگی معنی‌دار بود، بر همین اساس با افزایش تنش شوری صفات طول برگ، تعداد برگ، قطر ساقه، ارتفاع گیاه، وزن بوته و وزن ریشه گوجه فرنگی کاهش پیدا کرد، اما بر اساس نتایج این آزمایش کاربرد سالیسیلیک اسید و ملاتونین باعث کاهش در اثرات مخرب تنش شوری شده است نتایج این آزمایش همچنین نشان داد اثر شوری بر وزن میوه رسیده گوجه فرنگی معنی‌دار می‌باشد، بر اساس نتایج این آزمایش سالیسیلیک اسید و ملاتونین باعث بهبود تعداد گل در گوجه فرنگی می‌شوند. شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن میوه رسیده گوجه فرنگی می‌شود، اما سالیسیلیک اسید و ملاتونین اثر معنی‌داری بر وزن میوه رسیده ندارند. اما ملاتونین و سالیسیلیک اسید اثر معنی‌داری بر تعداد گل و گل آذین گوجه فرنگی داشتند. بر اساس نتایج این آزمایش شوری اثر معنی‌داری بر فلورسانس متغیر، فلورسانس بیشینه، کارایی کوانتومی فتوشیمیایی موثر فتوسیستم، فلورسانس کمینه، ضریب خاموشی فتوشیمیایی داشت. بر همین اساس با افزایش میزان شوری فلورسانس بیشینه کاهش پیدا کرد اما با کاربرد ملاتونین این میزان فلورسانس افزایش نشان داد، با این وجود میزان فلورسانس کمینه با افزایش کاربرد ملاتونین کاهش پیدا کرد. فلورسانس کمینه همچنین با افزایش میزان سالیسیلیک اسید افزایش نشان داد. همچنین بر اساس نتایج این آزمایش ضریب خاموشی غیر فتوشیمیایی، فلورسانس متغیر و کارایی کوانتومی غیر فتوشیمیایی تنظیم نشده فتوسیستم نیز تحت تاثیر معنی‌دار شوری قرار گرفتند.

به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد تنش شوری اثر مخربی بر صفات ظاهری، عملکرد و فلورسانس و اجزای آن دارد اما در طرف دیگر کاربرد سالیسیلیک اسید باعث بهبود اثرات مخرب تنش شوری می‌شود و باعث می‌شود عملکرد طی تنش شوری کمتر کاهش پیدا کند، اثر ملاتونین نیز در کاهش اثر تنش شوری مناسب نبود.

پیشنهاده‌ها

۱. بررسی اثر ملاتونین بر دیگر تنش های محیطی در گوجه فرنگی
۲. کاربرد خاکی و پرایمینگ بذر با ملاتونین و سالیسیلیک اسید و بررسی اثر آن ها در جوانه زنی و تحمل به تنش های محیطی
۳. بررسی اثر کاربرد این دو تنظیم کننده رشد در مرحله رویشی بر عمر پس از برداشت گوجه فرنگی
۴. مطالعه ژن های بیان شده در اثر تیمار ملاتونین در گیاه گوجه فرنگی تحت تنش شوری
۵. بررسی اثرات زیست محیطی کاربرد ملاتونین و سالیسیلیک اسید بر انسان و سایر موجودات

منابع

- ابراهیم زاده، ح. (۱۳۷۶). "فیزیولوژی گیاهی" جلد ۳. دانشگاه تهران. شماره ۱۹۶۱.
- احمدی، م.، ع. آسترای، پ. کشاورز و نصیری محلاتی، م. (۱۳۸۵). "تأثیر شوری آب آبیاری و کود روی بر عملکرد و ترکیب شیمیایی گندم" بیابان، جلد ۱۱، صفحه ۱۲۹-۱۴۱.
- اسفندیاری، آ.، م. بابالار، ج. هاشمی و ی. مستوفی. (۱۳۹۳). "تأثیر سالیسیلیک اسید و تنش شوری بر جوانه زنی بذر و آنتی اکسیدانهای فراسودمند در جوانه های کلم براکلی". **علوم باغبانی** (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۸(۳): ۳۸۸-۳۹۸.
- امینی، ف. و ع. ا. احسانپور. (۱۳۸۸). "بررسی تغییرات پروتئینی در برگ گیاه *Lycopersicon esculentum* cv. Isfahani تحت تنش شوری با استفاده از تکنیک الکتروفورز دو بعدی". **مجله زیست شناسی گیاهی ایران**، شماره اول و دوم. صفحه ۱۳-۲۴.
- انصار، ز.، برادران، م.، کامکار، ب.، قلی‌پور، م. و اسفندیاری، ع. (۱۳۹۹). "اثر تنش کم‌آبیاری و محلول پاشی با متانول و سالیسیلیک اسید بر خصوصیات کمی و کیفی کنگد". **دانشگاه شاهرود**. پایان نامه کارشناسی ارشد. ۱۳۹ ص.
- بهنامیان، م. و مسیحا، س. (۱۳۸۱). "گوجه فرنگی". **انتشارات ستوده**.
- بهنامیان، م. مسیحا، س. (۱۳۸۱). "گوجه فرنگی (با بیشترین تاکید بر روی گوجه فرنگی گلخانه ای)". **چاپ اول، انتشارات ستوده**. تبریز ایران. صفحات ۵۰-۱.
- بیات، ح.، س. نعمتی، ع. تهرانپور، ن. وحدتی و ی. سلاحوورزی. (۱۳۹۱). "تأثیر سالیسیلیک اسید بر رشد و ویژگی های زینتی اطلسی ایرانی (*Petunia hybrida*) تحت شرایط تنش شوری". **علوم و فنون کشت های گلخانه ای** ۳(۱۱): ۴۳-۵۱.
- پیری، ح.، انصاری، ح و م. پارسا. (۱۳۹۱). "تعیین تابع تولید آب -شوری -عملکرد با در نظر گرفتن زمان برداشت علوفه و ارزیابی شاخص‌های تولید در ذرت خوشه‌ای". **مجله‌ی مهندسی منابع آب**. ۱۱(۱): ۴۸-۲۶.
- پیوست، غ. (۱۳۸۱). "سبزیکاری". **انتشارات دانشگاه گیلان**.
- تایز وزایگر. (۱۳۸۶). "فیزیولوژی گیاهی" (گروه مترجمین انتشارات خانه زیست شناسی)، ص: ۳۸۱-۳۳۵.
- ثابت تیموری، م.، ح. ر. خزاعی، ا. نظامی، م. نصیری محلاتی. (۱۳۸۶). "تأثیر سطوح مختلف شوری بر فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان برگ خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه کنگد" (*Sesamum indicum* L.). **مجله پژوهش کشاورزی: آب، خاک و گیاه در کشاورزی**. جلد ۵(۴): ۱۱۹-۱۰۹.
- جزایری، غ. (۱۳۸۶). "اسرار خوراکی ها. چاپ سی ام"، انتشارات امیرکبیر. صفحات ۱۲۰-۹۶.

جعفرنیا، س. همایی، م. (۱۳۸۵). "راهنمای جامع و مصور کشت گلخانه ای خیار و گوجه فرنگی". چاپ اول. انتشارات سخن گستر، صفحات ۴۰-۵۵.

جعفری، م (۱۳۷۹). "خاکهای شور در منابع طبیعی" (شناخت و اصلاح آن) تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

جهان، م. و امیری، م. (۱۳۹۷). "نقش سالیسیلیک اسید در بهبود کارایی مصرف آب کنگد، ذرت و لوبیا در شرایط تنش رطوبتی، کنگره توسعه همکاری های علمی منطقه ای علوم صنایع غذایی و کشاورزی"، مشهد، موسسه علوم و صنایع غذایی مشهد با همکاری سایر دانشگاه ها. ص ۱۲.

جهانبازی، ط.، ف. مرتضایینژاد و م. جعفرپور. (۱۳۹۲). "مقایسه تأثیر محلولپاشی هورمون سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید بر عملکرد دو رقم گل رز". اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار.

حاج غنی، م، صفایی، م، مقصودی مود، ع، ا (۱۳۷۰). "اثر سطوح مختلف شوری کلریدسدیم بر جوانه زنی و رشد گیاهچه گلرنگ"، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ج ۱۲، ص ۴۴۹-۴۵۰. حسندخت، م. ر. (۱۳۸۷). "مدیریت گلخانه" (تکنولوژی تولید محصولات گلخانه ای) (تألیف). انتشارات سلسله ۳۷۶. ص.

حسینی، ح، رضوانی مقدم، پ (۱۳۰۵). "اثر تنش شوری و خشکی بر جوانه زنی اسفرزه"، مجله پژوهشهای زراعی ایران، ج ۴، ص ۲۱-۱۵.

حق نیا، غ. (۱۳۷۱). "راهنمایی تحمل گیاهان نسبت به شوری" (ترجمه) انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

حکمت شعار، ح. (۱۳۷۲). "فیزیولوژی گیاهان در شرایط شور". دانشگاه تبریز، نوشته می نارد جی. هیل و دوید. ام اور کارت. ص. ۲۱۶-۲۱۴.

خالصرو، ش، آقا علیخانی، م (۱۳۰۶). "اثر تنش شوری و کم آبی بر جوانه زنی بذور سورگوم علوفه ای و ارزن مرواریدی"، پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ج ۷۴، ص ۱۶۳-۱۵۳. خوشخوی، م. شیبانی، ب. روحانی، ا. و تفضلی، ع. (۱۳۸۳). "اصول باغبانی". چاپ دوازدهم. انتشارات دانشگاه شیراز. ص ۸۰-۷۰.

دادرس، ن. بشارتی، ح. کتابچی، س (۱۳۹۱). "اثرات تنش شوری ناشی از کلرید سدیم بر رشد و تثبیت بیولوژیک نیتروژن در سه رقم سویا". پژوهش های خاک (علوم خاک و آب) ۲۶: ۱۶۵-۱۷۴.

دانشور، م. ح. (۱۳۸۳). "پرورش سبزی". انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۴۶۲ ص. سجادی، ف. شریفان، ح. هزار جریبی، ا. قربانی، ق. (۱۳۹۴). "بررسی تاثیر توأم سطوح مختلف شوری و بیش آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه فلفل سبز". مدیریت آب آبیاری. ۱۰۰: ۸۹-۱۰۰.

سرمدنیا، غ. (۱۳۵۲). "اهمیت تنش های محیطی در زراعت". مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج.

سلیمی، ف. و ف. شکاری. (۱۳۹۱). "تأثیر متیل جاسمونات و تنش شوری روی برخی خصوصیات ریخت شناسی و عملکرد گل دربابونه آلمانی". **مجله زیست شناسی گیاهی** ۴(۱۱): ۲۷-۳۷.

صفرزاده شیرازی، ص. ع. رونقی، ع. غلامی، و م. زاهدی فر. (۱۳۸۹). "اثر شوری و نیتروژن بر کیفیت میوه و غلظت عناصر کم مصرف گوجه فرنگی در کشت هیدروپونیک". **مجله علوم و فنون کشت های گلخانه ای** ۳: ۱۱-۲۱.

طباطبایی، ج. م. ح. ملکوتی. (۱۳۷۲). "اثر شوری کلرید سدیم بر رشد، شدت، فتوسنتز، نسبت پتاسیم به سدیم سه رقم زیتون". **مجله علوم کشاورزی ایران**. جلد ۲۳، شماره ۳: ۷۶-۶۷.

فرح وش، م. (۱۳۸۶). "تکنولوژی مدرن تولید سبزی" (ترجمه) چاپ اول. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز.

قاسمی قهساره، م. و کافی، م. (۱۳۹۰). "گلکاری علمی و عملی". **جلد اول. انتشارات گلبن**.

قاسمی گلعدانی، ک. روزبه، ب. شکیبا، م. ر. و نصرالله زاده، ص. (۱۳۸۹). "اثر تنش شوری بر کیفیت بذر نخود". **مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار**. شماره ۲۰. صفحات ۴۸-۴۱.

کاشانی، س. (۱۳۸۸). "مطالعه اثر تنش شوری بر میزان کلروفیل در اسپرس و یونجه، فصل نامه علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم"، شماره ۳۸، ص ۸۳-۷۷.

کافی، م. ا.، برزویی، م. صالحی، ع. کمندی، ع. معصومی و ج. نباتی. (۱۳۹۱). "فیزیولوژی تنش های محیطی در گیاهان". **انتشارات جهاد دانشگاهی**. چاپ دوم. ۵۰۲ صفحه.

کمیتة تدوین فارماکوپه گیاهی ایران. (۱۳۸۱). "فارماکوپه گیاهی". **جلد دوم. تهران، وزارت بهداشت و درمان، آموزش پزشکی معاونت غذا و دارو**. صفحه ۱۸۸-۷۸۱.

لایق، م.، پیوست، غ. ع.، سمیع زاده، ح. ا.، خصوصی، م. (۱۳۸۸). "تأثیر شوری محلول غذایی بر رشد، عملکرد و صفات کیفی گوجه فرنگی در سیستم کشت بدون خاک". **مجله علوم باغبانی ایران، دوره 40، شماره 4، ص ۱۱-۲۱**.

مبلی، م. پیراسته، ب. (۱۳۷۷). "تولید سبزی" (ترجمه). چاپ دوم. انتشارات مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، ۸۷۷ صفحه.

محمدی، م. لیاقت، مولوی، ح. (۱۳۹۱). "اثر توام تنش شوری و خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گوجه فرنگی در شرایط مزرعه ای". **مجله علوم و مهندسی آب اهواز**، ۲۴، (۳): ۵۹۲-۵۸۳.

مقبلی، ط. و م. آروین. (۱۳۹۳). "اثر آماده سازی بذر با تنظیم کننده های رشد بر خصوصیات جوانه زنی، رشد و عملکرد میوه طالبی". **نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی** ۴(۱۴): ۲۳-۳۴.

ملکوتی، م. ج.، شهابی، ع. ا. و بازرگان، ک. (۱۳۸۴). "پتاسیم در کشاورزی ایران". انتشارات سنا، تهران، ایران. صفحات ۲۰۵-۲۰۰.

مهدوی، ب.، صفری، ح. (۱۳۹۴). "تاثیر پرایمینگ بذر با کیتوزان بر جوانه زنی، روابط یونی و خصوصیات بیوشیمیایی نخود تحت تنش شوری". *فن آوری تولیدات گیاهی*. ۱۵(۱): ۱۰۵-۱۲۳.

مومنی، ع (۱۳۰۹). "پراکنش و سطوح شوری منابع خاک ایران"، *مجله پژوهشهای خاک (علوم خاک و آب)*، ج ۲۴، ص ۲۱۵-۲۴۳.

میر محمدی میبدی، ع. و قره یاضی، ب (۱۳۸۱). "جنبه های فیزیولوژیک و به نژادی تنش شوری گیاهان". انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۲۷۴ صفحه.

نباتی، ج. کافی، م. نظامی، ا. رضوانی مقدم، پ. معصومی، ع. زارع، م. (۱۳۹۱). "عنوان بررسی تأثیر تنش شوری در مراحل مختلف رشدی بر خصوصیات کمی و کیفی علوفه کوشیا". *مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی*، ۵(۲): ۱۱۱-۱۲۸.

نجفی، ح، میرمعصومی، م (۱۳۷۰). "بررسی عکس العمل های فیزیولوژیکی سویا در شرایط تنش شوری"، *علوم و صنایع کشاورزی*، ج ۱، ص ۷۵-۰۴.

نجفی، ن. ا. و سرهنگزاده، ا. (۱۳۹۰). "اثر شوری کلرید سدیم و غرقاب شدن خاک بر ویژگی های رشد ذرت علوفه ای در شرایط گلخانه ای". *علوم و فنون کشت های گلخانه ای*. ۱: ۱۰-۱۴.

نجفیان، ش.، م. نگهبان، آ. تراکمه و س. م. قاسمیان. (۱۳۸۸). "بررسی اثر سالیسیلیک اسید بر روی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه زینتی-دارویی بابونه کبیر". *ششمین کنگره علوم باغبانی ایران، دانشگاه گیلان*.

- Abdel-Wahed, M.S.A., Amin, A.A., El Rashad, S.M. (2006). "Physiological effect of some bioregulators on vegetative growth, yield and chemical constituents of yellow maize plants" **World Journal of Agricultural Sciences**. 2(2): 149-155.
- Abdul Jaleel, C., Gopi, R., Manivannan, P. and Panneerselvam, P. (2008) "Soil salinity alters the morphology in *Cathasanthus roseus* and its effects on endogenous mineral constituents" **Eurasian Journal of Biosciences**. 2: 18-25.
- Aberg B: (1981). "Plant growth regulators. XLI. monosubstituted benzoic acids". *Swedish J Agric Res* 11:93-105.
- Abushita A. A., Daood H. G., and Biacsp A. (2000). "Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors". **Am. Ch. Society**. 48: 2075- 2081
- Acosta-Motos, J.R.; Ortuno, M.F.; Bernal-Vicente, A.; Diaz-Vivancos, P.; Sanchez Blanco, M.J.; Hernandez, J.A. (2017). "Plant responses to salt stress: Adaptive mechanisms. *Agronomy*", 7, 18.
- Adams, P. & Ho, L. C. (1992). "The susceptibility of modern tomato cultivars to blossom-end rot in relation to salinity". **Journal of Horticultural Science**, 67, 827-839.
- Ahmed, S., Nawata, E., Hosokawa, M., Domae, Y., and Sakuratani, T. (2002). "Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activities of mungbean subjected to waterlogging". **Plant Science**. 163: 117-123
- Al-Hakimi, A.M.A. (2008). "Effect of salicylic acid on biochemical changes in wheat plants

- under khat leaves residues”. **Plant Soil Environ.** 54: 288-293
- Ali, A.; Yun, D.-J. Salt stress tolerance (2017); “what do we learn from halophytes? J”. **Plant Biol**, 60, 431–439.
- Ali, Y., Aslam, Z., Sarwar, G. and Hussain, F. (2005). “Genotypic and environmental Interaction in Advanced Lines of Wheat under Salt-affected Soils Environment of Punjab”. **Int. J. Environ. Sci. Tech.**, 3(2): 223228.
- Amin, A. A., El-Shahin, M., Rashad, E.M. and El-Bagy, H.M.H. (2007). “Physiological effect of Indol-3-butric acid and Salicylic acid on growth, yield and chemical constituents of Onion plants”. **Journal of Applied Science Research**. 3(11): 15541563.
- Aranao, M. B., and Hernandez-Ruiz, J. (2007). “Melatonin promotes adventitious- and lateral root regeneration in etiolated hypocotyls of *Lupinus albus* L”. **Journal of Pineal Research**. 42: 147-152.
- Arbona, V. M. (2013).”Metabolomics as a tool to investigate abiotic stress tolerance in plants”. **International Journal of Molecular Sciences** 14: 4885-4911.
- Arnao, M. B., and Hernández-Ruiz, J. (2015). “Functions of melatonin in plants: a review”. **Journal of Pineal Research**. 59, 133–150.
- Arnao, M.B., and J. Hernandez-Ruiz. (2014). "Melatonin: plant growth regulator and/or biostimulator during stress". **Trends in Plant Sci.** 19: 789-797.
- Arnao, M.B.; Hernández-Ruiz, J (2007). “Melatonin promotes adventitious-and lateral root regeneration in etiolated hypocotyls of *Lupinus albus* L”. **J. Pineal Res**, 42, 147–152.
- Arnao, M.B.; Hernández-Ruiz, J (2015). “Functions of melatonin in plants: A review. J”. **Pineal Res**, 59, 133–150.
- Arnao, M.B.; Hernández-Ruiz, J. Melatonin (2019): “A New Plant Hormone and/or a Plant Master Regulator Trends Plant Sci”, 24, 38–48.
- Ashraf M. (1994): “Organic substances responsible for salt tolerance in *Eruca sativa*”. **Biol. Plant.**, 36: 255–259.
- Ashraf M”, Harris P.J.C. (2013): “Photosynthesis under stressful environments: An overview”. **Photosynthetica**, 51: 163–190.
- Ashraf, M.A.; Iqbal, M.; Rasheed, R.; Hussain, I.; Riaz, M.; Arif, M.S. Chapter (2018) “Environmental stress and secondary metabolites in plants: An overview. In Plant Metabolites and Regulation under Environmental Stress; Ahmad, P., Ahanger, M.A., Singh, V.P., Tripathi, D.K., Alam, P., Alyemeni, M.N., Eds.; Academic Press:” **Cambridge, MA, USA**; pp. 153–167, ISBN 978-0-12-812689-9.
- Atlassi Pak, V., Nabipour, M., and Meskarbashee. (2009). “Effect of salt stress on chlorophyll content, fluorescence, Na⁺ and K⁺ ions content in rape plants (*Brassica napus* L.)”. **Asian Journal of Agricultural Research** 3(2): 28-37.
- Ayers, R.S. and D.W. Westcot, (1989), “Water quality for agriculture, FAO irrigation and drainage paper, No”. 29, rev.1.
- Azooz, M. (2009). “Salt stress mitigation by seed priming with salicylic acid in two faba bean genotypes differing in salt tolerance”. **International Journal of Agriculture and Biology**, 11: 343-350.
- Baker NR. (2008). “Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo”. **Annual Review of Plant Biology** 59, 89–113.
- Baker, N.R.; Rosenqvist, E (2004). “Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies”: **An examination of future possibilities**. *J. Exp. Bot*, 55, 1607–1621.
- Belkhodja, R., Morales, F., Abadia, A., Gomez-Aparisa, J., and Abadia, J. (1999). “Effects

- of salinity on chlorophyll fluorescence and Photosynthesis of barley (*Hordeum vulgare* L.)” **grown under a triple line source sprinkler system in the field. Photosynthetica.** 36: 375-387.
- Benton Jones, J. (2008). “Tomato plant culture- in the field, greenhouse and home garden”. **CRC press. USA.** PP. 255.
- Berni, R.; Luyckx, M.; Xu, X.; Legay, S.; Sergeant, K.; Hausman, J.-F.; Lutts, S.; Cai, G.; Guerriero, G. (2019). “Reactive oxygen species and heavy metal stress in plants: Impact on the cell wall and secondary metabolism”. **Environ. Exp. Bot.** 161, 98–106.
- Bernstein, N. Kravchik, M. Dudai, N. (2009). “Salinity-induced changes in essential oil, pigments and salts accumulation in sweet basil (*Ocimum basilicum*) in relation to alteration of morphological development.” **Annals of Applied Biology., Vol.** 156, No. 2, pp. 167-171.
- Bertin P, Kinet JM, Bouharmont Y (1996). “Evaluation of chilling sensitivity in different rice varieties”. **Relationship between screening procedures applied during germination and vegetative growth. Euphytica;** 89(2): 201-210.
- Besma B. D. and M. Denden. (2012). “Effect of salt stress on growth, anthocyanins, membrane permeability and chlorophyll fluorescence of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seedlings”. **American Journal of Plant Physiology.** 7:174-183.
- Bhattacharjee S. and A. K. Mukherjee. (2002). “Salt stress-induced cytosolute accumulation, antioxidant response and membrane deterioration in the three rice cultivars during early germination”. **Seed Science and Technology.** 30: 279-286.
- Blask, D.E. Dauchy, R.T. Sauer L.A. and Krause J.A. (2004). “Melatonin uptake and growth prevention in rat hepatoma 7288CTC in response to dietary melatonin: melatonin receptor-mediated inhibition of tumor linoleic acid metabolism to the growth signaling molecule 13-hydroxyoctadecadienoic acid and the potential role of phyto-melatonin. Carcinogenesis”. 25: 951-960.
- Bo SH, Jing J, Wei Dong Y, Ye yang F, (2009). “QTL analysis of chlorophyll fluorescence parameters in rice seedling under salt stress”. **Chin. J. Rice. Sci;** 23(3): 319-322.
- Bohnert, H. J. Jensen, R. G. (1996). “Metabolic engineering for increased salt tolerance the next step.” **Australian Journal of Plant Physiology.,** Vol. 59, pp. 661-.766.
- Bojovic, B.; Delic, G.; Topuzovic, M.; Stankovic, M. (2010). “Effect of NaCl on seed germination in some species from families Brassicaceae and Solanaceae”. **Krag. J. Sci,** 32, 83–87. 36.
- Boyer, J.S., Armand, P.A. and Sharp, R.E. (1987). “Light stress and leaf water relations. In: Kyle, D.J., Osmund, C.B. and Arntzen, C.J”. (eds), **Photoinhibition, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.** p: 111- 122.
- Bresler, E. B., McNeal, L & Cater, D. L. (1982). “Saline and sodic soils: principles-dynamics beyond the salinity tolerance threshold”. **Environmental and Experimental Botany** 59: 276-282.
- Buschmann, C.; Lichtenthaler, H.K. (1998). “Principles and characteristics of multi-colour fluorescence imaging of plants. J”. **Plant Physiol,** 152, 297–314.
- Butler WL. (1978). “Energy distribution in the photochemical apparatus of photosynthesis”. **Annual Review of Plant Physiology** 29, 457–478.
- Buttar, Z.A.; Wu, S.N.; Arnao, M.B.; Wang, C.; Ullah, I.; Wang, C. (2020). “Melatonin suppressed the heat stress-induced damage in wheat seedlings by modulating the antioxidant machinery”. **Plants,** 9, 809.
- Byrt, C.S.; Munns, R.; Burton, R.A.; Gilliam, M.; Wege, S. (2018). “Root cell wall solutions for crop plants in saline soils”. **Plant Sci,** 269, 47–55.

- Carrillo, A. R. (2013). "Melatonin: buffering the immune system. *International Journal of Molecular Sciences*"14: 8638-8683.
- Cayuela, E.; Pérez-Alfocea, F.; Caro, M.; Bolarín, M.C (1996). "Priming of seeds with NaCl induces physiological changes in tomato plants grown under salt stress". **Physiol. Plant**, 96, 231–236.
- Cerovic, Z.G.; Samson, G.; Morales, F.; Tremblay, N.; Moya, I (1999). "Ultraviolet-induced fluorescence for plant monitoring: Present state and prospects". **Agronomic**, 19, 543–578.
- Chakdar H., Borse D.N., Verma S., Choudhary P., Das S. (2019): "Microbial management of crop salinity stress: mechanisms, applications, and prospects". In: Akhtar M.S. (ed.): *Salt Stress, Microbes, and Plant Interactions: Mechanisms and Molecular Approaches*. Singapore, Springer. ISBN 978-981-13-8805-7.
- Chalker-Scott, L. (2002). "Do anthocyanins function as osmotic regulators in leaf tissues?" In *Advances in Botanical Research*; Academic Press: Cambridge, MA, USA; Volume 37, pp. 103–127.
- Chandra, A., Anand, A., and Dubey, A. (2007). "Effect of salicylic acid on morphological and biochemical attributes in cowpea". **Journal of Environmental Biology**. 28: 193196.
- Chao Y, Hong CY and Kao CH, (2010). "The decline in ascorbic acid content is associated with cadmium toxicity of rice seedlings". **Plant Physiology and Biochemistry** 48: 374-381.
- Chaoqiang, J. Q. (2016). "Melatonin improves antioxidant capacity and ion homeostasis and enhances salt tolerance in maize seedlings". **Acta Physiologiae Plantarum** 20: 38-82.
- Cha-Um, S., Supaibulwattana, K., and Kirdmanee, C. (2009). "Comparative effects of salt stress and extreme pH stress combined on glycinebetaine accumulation, photosynthetic abilities and growth characters of two rice genotypes". **Rice Science** 16(4): 274-282.
- Chaves M.M., Flexas J., Pinheiro C. (2009): "Photosynthesis under drought and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell". **Annals of Botany**, 103: 551–560.
- Chen, Y. E., Cui, J. M., Su, Y. Q., Yuan, S., Yuan, M. and Zhang, H. Y. (2015). "Influence of stripe rust infection on the photosynthetic characteristics and antioxidant system of susceptible and resistant wheat cultivars at the adult plant stage". **Frontiers in Plant Science** 6: 779.
- Choi, S. D. (2011). "Melatonin protects against oxidative stress in granular corneal dystrophy type 2 corneal fibroblasts by mechanisms that involve membrane melatonin receptors". **Journal of Pineal Research** 51: 94-103.
- Chookhampaeng S. (2011). "The effect of salt stress on growth, Chlorophyll content, proline content and antioxidative enzymes of pepper (*Capsicum annum* L.) seedlings". **European Journal of Scientific Research**. 49:103-109
- Costa, J.M.; Heuvelink, E (2018). "The global tomato industry". **Tomatoes**, 1–26.
- Cultivation of tomato Production (2005), "processing and marketing. Agromisa Fondation and CTA". **Wageningen. ISBN Agromisa**: 90-8573-039-2.
- Dai, X.; Huo, Z.; Wang, H (2011). "Simulation for response of crop yield to soil moisture and salinity with artificial neural network". **Field Crop Res**, 121, 441–449.
- Dat, J.F., C.H. Foyer, I.M. Scott, (1998a). "Changes in salicylic acid and antioxidants during induced thermotolerance in mustard seedlings". **Plant Physiol.**, 118, pp. 1455–1461.
- Dat, J.F., Lopez-Delgado, H., Foyer, C.H. and Scott, I.M. (1998). "Parallel changes in H₂O₂ and catalase during thermotolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in

- mustard seedlings". **Plant Physiology**.116:1351–1357.
- Davis, P. J. (2005). "Plant hormones biosynthesis, signal transduction. Action". **Springer. Chapter F2**.
- Dawood, M.G.; El-Awadi, M.E (2015). "Alleviation of salinity stress on *Vicia faba* L". **plants via seed priming with melatonin. Acta Biol. Colomb**, 20, 223–235.
- De Oliveira, A.B.; Alencar, N.L.M. (2013); "Gomes-Filho, E. Comparison between the water and salt stress effects on plant growth and development. In Responses of Organisms to Water Stress; Akinci", **S., Ed.; IntechOpen: London, UK**; pp. 67–94.
- Debnath, B.; Islam, W.; Li, M.; Sun, Y.; Lu, X.; Mitra, S.; Hussain, M.; Liu, S.; Qiu, D (2019). "Melatonin mediates enhancement of stress tolerance in plants". **Int. J. Mol. Sci.**, 20, 1040.
- Debosier, A.S. (1999). "Root and shoot responses of *Taxodium distichum* seedlings subjected to saline flooding". **Environ. Exp. Bot.** 41: 15-23.
- Deef, H.E. (2007). "Influence of salicylic acid on stress tolerance during seed germination of *Triticum aestivum* and *Hordeum vulgare*". **Adv. Biol. Res.** 1(1-2): 40-48.
- Del Amor, F. M. Martinez, V. and A. Cerda. (2001). "Salt tolerance of tomato plants as affected by stage of plant development". **Hortscience**, 36(7):1260–1263.
- Depascale, S. Maggio, A. Angelino, G. Graziani, G. Trisaia, C. R. & Jonicakm, S. S. (2003). "Effect of salt stress on water relation and antioxidant activity in tomato". **Acta Horticulturae**. 613, 39-.64.
- Digdem, K. and Mehmet, I. (2008). "Germination, seedling growth and relative water content of shoot in different seed sizes of triticale under osmotic stress of water and NaCl". **African Journal Biotechnology**. 7(16): 2862- 2868.
- Ding C.K., Wang C.Y., Gross K.C. (2002). "Jasmonate and salicylate induce the expression of pathogenesis-related-protein genes and increase resistance to chilling injury in tomato fruit". **Planta**, 214: 895–901.
- Ding, F.; Wang, G.; Wang, M.; Zhang, S (2018). "Exogenous melatonin improves tolerance to water deficit by promoting cuticle formation in tomato plants". **Molecules**, 23, 1605.
- Diouf,I.;Derivot,L.;Bitton,F.G.;Pascual,L.;Causse,M(2018)."Waterdeficitandsalinitystressrevealmanspecific QTL for plant growth and fruit quality traits in tomato". **Front. Plant Sci**, 9, 279.
- Dubbels, R., Reiter, R.J., Klenke, E., Goebel, A., Schnakenberg, E., Ehlers, C., Schiwara, H.W. and W. Schloot. (1995). "Melatonin in edible plants identified by radioimmunoassay and by high performance liquid chromatography-mass spectrometry". **Journal of Pineal Research**. 18: 28-31.
- El Naim, A.M., Khawla, E.M., Ibrahim, E.A. and Suleiman, N.N. (2012). "Impact of Salinity on Seed Germination and Early Seedling Growth of three Sorghum (*Sorghum biolor* L. Moench) Cultivars". **Journal of Science and Technology**, :2 16-.02.
- El-Esawi, M.A.; Elkelish, A.; Soliman, M.; Elansary, H.O.; Zaid, A.; Wani, S.H (2020). "Serratia marcescens BM1 Enhances Cadmium Stress Tolerance and Phytoremediation Potential of Soybean Through Modulation of Osmolytes, Leaf Gas Exchange, Antioxidant Machinery, and Stress-Responsive Genes Expression". **Antioxidants**, 9, 43.
- El-Katony T.M., El-Bastawisy Z.M., El-Ghareeb S.S. (2019): "Timing of salicylic acid application affects the response of maize (*Zea mays* L.) hybrids to salinity stress". **Heliyon**, 5: e01547.
- ElSayed, A.I.; Boulila, M.; Rafudeen, M.S.; Mohamed, A.H.; Sengupta, S.; Rady,M.;Omar,A.A(2020)."MelatoninRegulatoryMechanismsandPhylogeneticAnaly

- sesofMelatoninBiosynthesisRelatedGenesExtractedfrom Peanut under Salinity Stres” . **Plants** , 9, 854.
- El-tayeb, M.A. (2005). “Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid”. **Journal of Plant Growth Regulation**. 45: 215-225.
- Escudier, J.-L.; Gillery, B.; Ojeda, H.; Etchebarne, F(2019). “Maitrise de la salinité des eaux d’irrigation pour la viticulture”. **Bio Web Conf**, 12, 01010.
- FAO. (2005) “Global Network on Integrated Soil Management for Sustainable Use of Salt Affected Soils; FAO Land and Plant Nutrition Management Service: Rome, Italy”.
- FAO. (2014). Statistics <http://faostat.fao.org/faostat>.
- FAOSTAT (2017), “Production – Crops – Area harvested/ Production quantity – Tomatoes – 2014”, FAO Statistics online database, Food and Agriculture Organization, Rome, www.fao.org/faostat/en (accessed 22 Sept. 2017).
- Farahani, M.A., Paknejad, F., Bakhtiari Moghaddam, M., Alavi, S. and Hasibi, A. (2012). “Effect and different methods of salicylic acid application on yield and yield components of Cuminum cyminum L”. **Journal of Agronomy and Plant Breeding**. 8: 69-77.
- Farooq, M., A. Wahid, D.J. Lee, (2009a). “Exogenously applied polyamines increase drought tolerance of rice by improving leaf water status, photosynthesis and membrane properties. *Acta Physiol*”. **Plant.**, 31, pp. 937–945.
- Fatma, A.G., (2007). “Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram”. **International Journal of Agriculture and Biology**. 8: 485–492
- Feng, X.; Wang, M.; Zhao, Y.; Han, P.; Dai, Y(2014). “Melatonin from different fruit sources, functional roles, and analytical methods”. **Trends Food Sci. Technol**, 37, 21–31.
- Flowers, T.J. and Yeo, A.R. (1995). “Breeding for salinity resistance in crop plants-where next”. **Australian Journal of Plant Physiology**. 22: 875–884.
- Franco, D.G.; Moretti, I.F.; Marie, S.K.N (2018). “Mitochondria Transcription Factor A: A Putative Target for the Effect of Melatonin on U87MG Malignant Glioma Cell Line”. **Molecules**, 23, 1129.
- Furtado, B.U.; Nagy, I.; Asp, T.; Tyburski, J.; Skorupa, M.; Gołębiewski, M.; Hulisz, P.; Hryniewicz, K(2019). “Transcriptome profiling and environmental linkage to salinity across *Salicornia europaea* vegetation”. **BMC Plant Biol**, 19, 427.
- Gautam, S. and Singh, P.K. (2009). “Salicylic acid-induced salinity tolerance in corn grown under NaCl stress”. **Acta Physiologiae Plantarum journal**, 31: 1185-1190.
- Gautier, H.; Lopez-Lauri, F.; Massot, C.; Murshed, R.; Marty, I.; Grasselly, D.; Keller, C.; Sallanon, H.; Génard, M(2010). “Impact of ripening and salinity on tomato fruit ascorbate content and enzyme activities related to ascorbate recycling”. **Funct. Plant Sci. Biotechnol.**, 4, 66–75.
- Gharib, F.A.E. (2007). "Effect of Salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of Basil and Marjoram". **Intarnational Journal of Agricuiltre and Biology**. 9(2): 294-301.
- Gholamin, R. and Khayatnezhad, M. (2010). "Effects of polyethylene glycol and NaCl stress on two cultivars of wheat *Triticum durum* at germination and early seeding stages". **American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, 9: 86-90.
- Ghorbani-Javid M, Sorooshzadeh A, Moradi F, Modarres-Sanavy SAM and Allahdadi I, (2011). "The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants".

- Australian Journal of Crop Science** 5: 726-734.
- Giri, G.S. and Schillinger, W.F. (2003). "Seed priming winter wheat for germination, emergence and yield". **Crop Science**, 43: 2135–2141.
- Glass, A.D. (1974). "Influence of phenolic acid upon ion uptake. Inhibition of potassium absorption". **Journal Plant Physiology**. 25: 1104-1113.
- Good, A. Zaplachinski, S. (1994). "The effects of drought on free amino acid accumulation and protein synthesis in *Brassica napus*." **Physiologia Plantarum**, Vol. 90, pp. 9–14.
- Gorham, J. (1996). "Mechanisms of salt tolerance of halophytes. In: Halophytes ecologicagriculture. (Eds. Allah, R. C. Nalcolm, C. V. Aamdy, A.)". **Marcel Dekker, Inc**, PP. 30-53.
- Gouia, H., Ghorbel, M.H. and Touraine, B. (1994). "Effects of NaCl on flows of N and mineral ions and NO₃ reduction rate within whole plants of salt-sensitive bean and salt-tolerant cotton". **Plant Physiology** 105: 1409–1418.
- Grafts-Brander, S. J. and Salvucci, M. E. (2012) "Sensitivity of photosynthesis in a C₄ plant, maize, to heat stress". **Plant Physiology** 129: 1773-1780.
- Greud, J. J., P.N. Drolsom, and D.A. Rohweder. (1983). "Salt tolerance of grasses and legumes for roadside use". **Agron. J.** 77: 76-80.
- Gül, A. & A. Sevgican. (1992). "Effect of growing media on glasshouse tomato yield and quality". **Acta Horticulturae**, 3030, 145-150.
- Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Bagci, E.G. and Cicek, N. (2007). "Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity". **Journal of Plant Physiology**. 164: 728-736.
- Hafsi, C.; Romero-Puertas, M.; Gupta, D.K.; Rio, L.A.D.; Sandalio, L.M.; Abdelly, C (2010). "Moderate salinity enhances the antioxidative response in the halophyte *Hordeum maritimum* L". **under potassium deficiency. Environ. Exp. Bot.**, 69, 129–136.
- Hakim, M.A.; Juraimi, A.S.; Begum, M.; Hanafi, M.M.; Ismail, M.R.; Selamat, A (2010). "Effect of salt stress on germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.)". **Afr. J. Biotechnol.**, 9, 1911–1918.
- Hanan, E.D. (2007). "Influence of salicylic acid on stress tolerance during seed germination of *Triticum aestivum* and *Hordeum vulgare*". **Journal of Biological Research**, 1: 40-48.
- Handro, W., Mello, M.C.M., Manzano, M.A. and Floh, E.I.S. (1997). "Enhancement of stem elongation and flower bud regeneration by salicylic acid". **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. 9(2): 139-142.
- Hanson, A. D. (2002). "Drought and salt tolerance: Toward understanding and application". **Trends Biotechnol.** 10: 358-.263.
- Hasegawa P. M., R. A. Bressan, J. K. Zhu and H. J. Bohnert. (2000). "Plant cellular and molecular responses to high salinity". **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. 51: 463–499.
- Hasni, I. Ben Ahmed, H. Bizid, E. Raies, A. Samson, G. Zid, E. (2009). "Physiological characteristics of salt tolerance in fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.)." **The Proceedings of the International Plant Nutrition Colloquium XVI, UC Davis**.
- Hassandokht, M.R. (2013). "Technology of vegetable production". **Selseleh Press**, 576 pp.
- Hattori A. Migitaka, H., Iigo, M., Itoh, M., Yamamoto, K., Ohtani-Kaneko, R. and Reiter, R.J. (1995). "Identification of melatonin in plants and its effects on plasma melatonin levels and binding to melatonin receptor in vertebrates". **International Journal of**

- Biochemistry and Molecular Biology**. 35: 627-634.
- Hayat, S., Fariduddin, Q., Ali, B. and Ahmad, A. (2005). "Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings". **Acta Agronomica Hungarica**. 53: 433-437.
- Hernandez J. A. and M. S. Almansa. (2002). "Short-term effects of salt stress on antioxidant systems and leaf water relations of pea lines". **Physiologia Plantarum**. 115: 853-862.
- Hernández-Ruiz, J.; Cano, A.; Arnao, M.B (2005). "Melatonin acts as a growth-stimulating compound in some monocot species". *J. Pineal Res.*, 39, 137–142.
- Hessini, K.; Ferchichi, S.; Youssef, S.B.; Werner, K.H.; Cruz, C (2015). "How does salinity duration affect growth and productivity of cultivated barley Agron". *J.*, 107, 174–180.
- Hohjo, M., Ganda, M., Maruo, T., Shinohara, Y. & T. Ito.(2001). "Effect of NaCl application on growth, yield and fruit quality in NFT-tomato plants. *Acta Horticulturae*", 548, 469-475.
- Hopkins, W. G. (1999). "Introduction to plant physiology. 2nd edn. Wiley, New York,
- Horvath, E., Szalai, G. and Janda, T. (2007) induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling". **Journal of Plant Growth Regulation**. 26: 290 – 300.
- Horie, T. Karahara, I. Karahara, M. (2012). "Salinity tolerance mechanisms in glycophytes: An overview with the central focus on rice plants." **Rice.**, Vol. 5, No. 1, pp. 11.
- Horvath, E., M. Pal, G. Szalai, E. Paldi, T. Janda, (2007). "Exogenous 4-hydroxybenzoic acid and salicylic acid modulate the effect of short-term drought and freezing stress on wheat plants". **Biol. Plant.**, 51, pp. 480–487.
- Hunsche, M.; Lankes, C.; Hoffstall, H.; Noga, G (2010). "Vegetative performance, leaf water potential, and partitioning of minerals and soluble sugars: Traits for ranking the NaCl-tolerance of tomato genotypes". **Plant Growth Regul.**, 62, 151–162.
- Hussain, M., Farooq, M., Jabran, K. and Wahid, A. (2009). "Foliar application of Glycinebetaine and Salicylic acid improves growth, yield and water productivity of hybrid Sunflower planted by different sowing methods". 196(2): 136-145.
- Hussain, S. Munns. R. and Condon, A. G. (2003). "Effect of sodium exclusion trait on growth, yield and fruit quality in tomato plant". **Acta Horticulturae**, 548, 469-475.
- Ieperen, V. W. (1996). "Effect of different day and night salinity levels on vegetative growth, yield and quality of tomato". **Journal of Horticultural Science**, 71, 99-111.
- Igamberdiev, A.U.; Hill, R.D (2018). "Elevation of cytosolic Ca²⁺ in response to energy deficiency in plants: The general mechanism of adaptation to low oxygen stress". **Biochem. J.**, 475, 1411–1425.
- Incerti, A.; Navari-Izzo, F.; Pardossi, A.; Mensuali, A.; Izzo, R (2007). "Effect of sea water on biochemical properties of fruit of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) genotypes differing for ethylene production". **J. Sci. Agric.**, 87, 2528–2537.
- Iqbal, N., Asraf, M.Y., Javed, F., Martinez, V., and Ahmad, K. (2006). "Nitrate reduction and nutrient accumulation in wheat grown in soil salinized with four different salts". **J. Plant Nutr.** 29: 409-421.
- Isayenkov, S.; Maathuis, J (2019). "Plant salinity stress: Many unanswered questions remain". **Front. Plant Sci.**, 10, 80.
- Islam, M.; Mele, M.A.; Choi, K.Y.; Kang, H.M (2018). "Nutrient and salinity concentrations effects on quality and storability of cherry tomato fruits grown by hydroponic system". **Bragantia**, 77, 385–393.
- Jabbarzadeh, Z., Khosh-Khui, M. and Salehi, H. (2009). "The Effect of Foliar applied Salicylic Acid on Flowering of African Violet". **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, 3(4): 4693-4696.

- Jalil S.U., Ansari M.I. (2019): "Role of phytohormones in recuperating salt stress. In: Akhtar M.S. (ed.): Salt Stress, Microbes, and Plant Interactions: Mechanisms and Molecular Approaches". **Singapore, Springer. ISBN 978-981-13-8805-7.**
- Jamali, B., S. Eshghi and E. Tafazoli. (2011). "Vegetative and reproductive growth of strawberry plants cv 'Pajaro' affected by salicylic acid and nickel". **J. Agric. Sci. Technol.** 13: 895-904.
- James E. K and Crawford R. M. M. (1998). "Effect of oxygen availability on nitrogen fixation by two Lotus species under flooded conditions". **Journal of Experimental Botany References** 49, 599–609.
- Jamil, A.; Riaz, S.; Ashraf, M.; Foolad, M.R (2011). "Gene expression profiling of plants under salt stress. Crit. Rev". **Plant Sci.**, 30, 435–458.
- Jamil, M.; Lee, D.B.; Jung, K.Y.; Ashraf, M.; Lee, S.C.; Rha, E.S (2006). "Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four Vegetable species". **J. Cent. Eur. Agric.**, 7, 273–282.
- Janas, K.M., and M.M. Posmyk. (2013). "Melatonin, an underestimated natural substance with great potential for agricultural application". **Acta Physiol. Plant.** 35:3285-3292.
- Jayakannan, M., Bose, J., Babourina, O., Rengel, Z., and Shabala, S. (2013). "Salicylic acid improves salinity tolerance in Arabidopsis by restoring membrane potential and preventing salt-induced K⁺ loss via a GORK channel". **Journal of Experimental Botany** 64: 2255-2268.
- Jiang, Y., Liang, D., Liao, M. A. and Lin, L. (2017). "Effects of melatonin on the growth of radish seedlings under salt stress. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Renewable Energy and Environmental Technology, Hanoi, Vietnam".
- Jithesh, M.N., Prashanth, S.R., Sivaprakash, K.R. and Parida, A. (2006). "Antioxidative response mechanisms in halophytes: their role in stress defence". **Journal of Genetics.** 85: 237-254.
- Joao- Correia, M., M. Leonor- Osorio, J. Osorio, I. Barrote, M. Martins, and M. M. David. (2006). "Influence of transient shade periods on the effect of drought on photosynthesis, carbohydrate accumulation and lipid peroxidation in sunflower leaves". **Environmental and Experimental Botany.** 58:75-84.
- Joaquin, T.M.B., Trejo, C., Hernandezgarry, A., Perez, P.J., Garcia, S. and Quero, C.A.R. (2007). "Effects of ethephon, salicylic acid and cidef-4 on the yield and quality of guinea grass (*Panicum maximum*) seed". **Tropical Grassland.** 41: 55-60.
- Johkan, M.; Nagatsuka, A.; Yoshitoni, A.; Nakagawa, T.; Maruo, T.; Satoru, T.; Hohjo, M.; Nakaminami, A.; Tsuchiya, K.; Shinohar, Y(2014). "Effect of moderate salinity stress on the sugar concentration and fruit yield in single-truss, high-density tomato production system. J. Jpn. Soc". **Hort. Sci.**, 83, 229–234.
- Juan, M.; Rivero, R.M.; Romero, L.; Ruiz, J.M (2005). "Evaluation of some nutritional and biochemical indicators in selecting salt-resistant tomato cultivars. Environ. Exp". **Bot.**, 54, 193–201.
- Katschnig, D.; Jaarsma, R.; Almeida, P.; Rozema, J.; Schat, H (2014). "Differences in proton pumping and Na/H exchange at the leaf cell tonoplast between a halophyte and a glycophyte". **AoB Plants**, 6.
- Kautz, B.; Noga, G.; Hunsche, M (2014). "Sensing drought- and salinity-imposed stresses on tomato leaves by means of fluorescence techniques". **Plant Growth Regul.**, doi:10.1007/s10725-014-9888-x.
- Kaya C., D. Higgs and H. Kirnak. (2001). "The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of

- spinach. Bulgican". **Journal of Plant Physiology**.27: 47-59.
- Kaya, C., Kirnak, H., Higgs, D. and Satali, K. (2002). "Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity". **Scientia Horticulturae** 93:65-74.
- Kaydan, D. and Yagmur, M. (2008). "Germination, seedling growth and relative water content of shoot in different seed sizes of triticale under osmotic stress of water and NaCl". **African Journal of Biotechnology**, 7: 2862-2868.
- Khan, M.I.R.; Iqbal, N.; Masood, A.; Khan, N.A (2012). "Variation in salt tolerance of wheat cultivars: Role of glycinebetaine and ethylene". **Pedosphere**, 22, 746–754.
- Khayyat, M. Tafazoli, E. Eshghi, S. Rahemi, M. Rajaei, S. (2007). "Salinity".
- Khorsandi, O., Hassani, A., Sefidkon, F., Shirzad, H. and Khorsandi, A. (2010). "Effect of salinity (NaCl) on growth, yield, essential oil content and composition of *Agastache foeniculum kuntz*". **Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants**. 26:438-154.
- Kiani, A. R., & Mirlatifi, S. M. (2017). "Effect of different quantities of supplemental irrigation and its salinity on yield and water use of winter wheat (*Triticum Aestivum*)". **Irrigation and Drainage**, 61(1), 89-98.
- Kingsbury, R.W and Epstein, E. (1986). "Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. *Plant Physiology*". 74(2):417-423.
- Koca M., Bor M., Ozdemir F., Turkan I. (2007): "The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. *Environ*". *Exp. Bot.*, 60: 344–351.
- Kołodziejczyk, I.; Dzitko, K.; Szewczyk, R.; Posmyk, M.M (2016). "Exogenous melatonin expediently modifies proteome of maize (*Zea mays* L.) embryo during seed germination". **Acta Physiol. Plant.**, 38, 146.
- Koushifar, M., Khoshgoftarmanesh, A.H., Moezzi, A.A., and Mobli, M. (2011). "Effect of dynamic unequal distribution of salts in the root environment on performance and crop per drop (CPD) of hydroponic-grown tomato". *Sci. Hort.* 131: 1-5.
- Krantev, A., Yordanova, R., Janda, T., Szalai, G., and Popova, L. (2008) "Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize plants". **Journal of Plant Physiology** 165: 920-931.
- Larcher, W (2003). "PhysiologicalPlantEcology, 4th ed.; Springer-Verlag: Heidelberg/Berlin, Germany; New York, NY, US".
- Lee, H.Y.; Byeon, Y.; Back, K (2014). "Melatonin as a signal molecule triggering defense responses against pathogen attack in *Arabidopsis* and tobacco". **J. Pineal Res**, 57, 262–268.
- Lemrasky, M.G. and Hosseini, S.Z. (2012). "Effect of seed priming on the germination behavior of wheat". **Journal of Agriculture and Crop Sciences**, 4: 564–567.
- Leufen, G.; Noga, G.; Hunsche, M (2013). "Physiological response of sugar beet (*Beta vulgaris*) genotypes to a temporary water deficit, as evaluated with a multiparameter fluorescence sensor". **Acta Physiol. Plant.**, 35, 1763–1774.
- Levitte, J. (1980). "Responses of plants to environmental stresses. 2nd edition. New York, Academic Press, USA Salisbury".
- Li, C., D.X. Tan, D. Liang, C. Chang, D. Jia, and F. Ma. (2014). "Melatonin mediates the regulation of ABA metabolism, free-radical scavenging, and stomatal behaviour in two *Malus* species under drought stress". *J. Exp. Bot.* 66: 669-80.
- Li, C., Wang, P., Wei, Z., Liang, D., Liu, C., Yin, L., Jia, D., Fu, M. and Ma, F. (2012) "The mitigation effects of exogenous melatonin on salinity-induced stress in *Malus*

- hupehensis". **Journal of Pineal Research** 53: 298-306.
- Li, H.; Chang, J.; Chen, H.; Wang, Z.; Gu, X.; Wei, C.; Zhang, Y.; Ma, J.; Yang, J.; Zhang, X (2017). "Exogenous melatonin confers salt stress tolerance to watermelon by improving photosynthesis and redox homeostasis". **Front. Plant Sci.** 2017, 8, 295.
- Liang, C., Zheng, G., Li, W., Wang, Y., Hu, B., Wang, H., Wu, H., Qian, Y., Zhu, X. G., Tan, D. X. and et al. (2015) "Melatonin delays leaf senescence and enhances salt stress tolerance in rice". **Journal of Pineal Research** 59: 91-101.
- Liang, C.; Li, A.; Yu, H.; Li, W.; Liang, C.; Guo, S.; Zhang, R.; Chu, C (2017). "Melatonin regulates root architecture by modulating auxin response in rice". **Front. Plant Sci.** 8, 134.
- Liang, C.; Zheng, G.; Li, W.; Wang, Y.; Hu, B.; Wang, H.; Wu, H.; Qian, Y.; Zhu, X.G.; Tan, D.X(2015). "Melatonin delays leaf senescence and enhances salt stress tolerance in rice". **J. Pineal Res.** 59, 91–101.
- Lichtenthaler, H.K. (1992). "The Kaustky effect: 60 years of chlorophyll fluorescence induction kinetics". **Photosynthetica.** 27: 45-55.
- Liu, J.; Wang, W.; Wang, L.; Sun, Y(2015). "Exogenous melatonin improves seedling health index and drought tolerance in tomato". **Plant Growth Regul.** 77, 317–326.
- Liu, Z.; Cai, J.S.; Li, J.J.; Lu, G.Y.; Li, C.S.; Fu, G.P.; Zhang, X.K.; Liu, Q.Y.; Zou, X.L.; Cheng, Y (2018). "Exogenous application of a low concentration of melatonin enhances salt tolerance in rapeseed (*Brassica napus* L.) Seedlings". *J. Integr. Agric.* 17, 328–335.
- Lu, C.M., Qiu, N.W., Lu, Q.Y., Wang, B.S. and Kuang, T.Y. (2002). "Does salt stress lead to increased susceptibility II to photo inhibition and change in photosynthetic pigment composition in halophyte". **Suaeda salsa grown outdoors. Plant Science.**
- Maas, E.V., and Hoffman, G.J. (1977). "Crop salt tolerance current assessment". **J. Irrig. Drain.** 103: 115-134.
- Machado, R.M.A.; Serralheiro, R.P. Soil Salinity (2017): "Effect on vegetable crop growth. management practices to prevent and mitigate soil salinization". **Horticulturae**, 3, 30.
- Magan, J. J., Casas, E., Gallardo, M., Thompson, R. B. & P. Lorenzo. (2004). "Effect of increasing salinity on fruit development and growth of tomato grown in soilless culture". **Acta Horticulturae**, 609, 235-239.
- Maity, U., and A. K. Bera. (2009). "Effect of exogenous application of brassinolide and Salicylic acid on certain physiological and biochemical aspects of green gram (*Vigna Radiata* L. Wilczek)". **Indian Journal of Agricultural Research.** 43(3): 5564.
- Manchanda G. and N. Garg. (2008). "Salinity and its effects on the functional biology of legumes". **Acta Physiologiae Plantarum.** 30: 595-622.
- Manchanda, G. and Garg, N. (2018). "Salinity and its effects on the functional biology of legumes". **Acta Physiologia Plantarum** 30: 595-618.
- Mansouri H., Ahmadi-Moghaddam A., and Rouhani N. (2017). "Mycorrhizal and nonmycorrhizal bean response to salinity stress". **Iranian Journal of Biology** , 20: 80-88.
- Marino, M., Li, Y., Rueschman, M.N., Winkelman, J.W., Ellenbogen, J.M., Solet, J.M., Dulin, H., Berkman, L.F. and Buxton, O.M. (2013). "Measuring sleep: accuracy, sensitivity, and specificity of wrist actigraphy compared to polysomnography". 36: 1747–1755.
- Marti, C.; Roselló, S.; Cebolla-Cornejo, J. Tomato as a source of carotenoids and polyphenols targeted to cancer prevention. *Cancers* 2016, 8, 58.
- Martinez, V.; Nieves-Cordones, M.; Lopez-Delacalle, M.; Rodenas, R.;

- Mestre, T.C.; Garcia Sanchez, F.; Rubio, F.; Nortes, P.A.; Mittler, R.; Rivero, R.M. (2018). "Tolerance to stress combination in tomato plants: New insights in the protective role of melatonin". **Molecules**, 23, 535.
- Martin-Mex, R., E. Villanueva-Couoh, T. (2005). Herrera-Campos and A. Larque-Saavedra. (2005). "Positive effect of salicylates on the flowering of African violet. Sci". **Hort.** 103: 499-502
- Masojidek, J., Trivedi, S., Halshaw, L., Alexiou, A., and Hall, D. O. (2011). "The synergistic effect of drought and light Stress in sorghum and pearl millet". **Plant Physiology** 96: 198-207.
- Mass, E. V., and Hoffman, G.H. (1997). "Crop salt tolerance current assessment". **Irrigation and drainage Journal**. 103: 115-134.
- Massaretto, I.L.; Albaladejo, I.; Purgatto, E.; Flores, F.B.; Plasencia, F.; Egea-Fernández, J.M.; Bolarin, M.C.; Egea, I. (2018). "Recovering tomato landraces to simultaneously improve fruit yield and nutritional quality against salt stress". **Front. Plant Sci.**, 9, 1778.
- Mateo, A.F.D., Muhlenbock, P., Kular, B., Mullineaux, M.P. and Karpinski, S.P. (2006). "Controlled levels of salicylic acid are required for optimal photosynthesis and redox homeostasis". **Journal Experimental Botanical**. 57(8): 1795-1807.
- Maxwell, K and Johnson, G.N. (2000). "Chlorophyll fluorescence a practical guide". **Journal of Experimental Botany**. 51: 659-668.
- Meaz, E.V. and C.M. Grieve. (1994). "Salt tolerance of plants at different stages of growth. Proc. Int. Conf". **Current Developments in salinity and drought tolerance of plants**.
- Mehata P, Jajoo A, Mathur S, Bharti S (2010). "Chlorophyll a fluorescence study revealing effects of high salt stress on photosystem II in wheat leaves". **Plant Physiol. Biochem.**; 48(1): 16-20.
- Mehrabian Moghaddam. N., Arvin, M.J., Khajueenejad, Gh. and Maghsudi, K. (2011). "Effect of salicylic acid on growth and seed and forage yield of maize in conditions of drought stress in farm". **Journal of Seed and Plant Production**, 27: 41-55.
- Meloni D. A., M. A. Oliva, C. A. Martinez and J. Cambraia. (2003). "Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress". **Environmental and Experimental Botany**. 49: 6976.
- Merchante, C.; Stepanova, A.N.; Alonso, J.M. (2017). "Translation regulation in plants: An interesting past, an exciting present and a promising future". **Plant J**, 90, 628–653.
- Metwally, A., I. Finkemeier, M. Georgi, K.J. Dietz, (2003). "Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings". **Plant Physiol.**, 132, pp.272–281.
- Mirabdulbaghi, M., and Pishbeen, M. (2012). "Effect of different forms and levels of nitrogen on vegetative growth and leaf nutrient status of nursery seedling rootstocks of peach". **Amer. J. Plant Fert. Technol.** 2: 2. 32-44. (In Persian).
- Misra, N. Dwivedi, U. N. (2004). "Genotypic difference in salinity tolerance of green gram cultivars." **Plant Science.**, Vol. 166, pp. 1135-1124.
- Mittova V., Tal M., Volokita M., Guy M. (2002): "Salt stress induces up-regulation of an efficient chloroplast antioxidant system in the salt-tolerant wild tomato species *Lycopersicon pennellii* but not in the cultivated species. *Physiol*". **Plant.**, 115: 393–400.
- Molazem D. and J. Azimi. (2011). "Effect of different levels of salinity on Leaf characteristics and chlorophyll content of commercial varieties of maize (*Zea mays L.*)". **Australian Journal of Basic and Applied Science**. 5:1718-1722.
- Moradi, F. and Ismaeil M. (2017). "Responses of photosynthesis, chlorophyll fluorescence

- and ROS-scavenging to salt stress during seedling and reproductive stages in rice”. **Annals of Botany** 99: 1161-1173.
- Moradi, F. and Ismail, A. M. (2007). “Responses of Photosynthesis, Chlorophyll Fluorescence and ROS-scavenging Systems to Salt Stress during Seedling and Reproductive Stages in Rice”. *Ann. Bot.*, 99(6):1161-1173.
- Munnas R (1993). “Physiological processes limiting plant growth insaline soils: some dogmas and hypotheses”. **Plant Cell Environ.** 16(1): 1524.
- Munns R. (2002): “Comparative physiology of salt and water stress”. **Plant, Cell and Environment**, 25: 239–250.
- Munns R., and A. Termaat. 1986. Whole plant response to salinity. *Aust. J. plant physiol*, 13:143-160.
- Munns, R. and Termaat, A. (2004). “Whole plant response to salinity”. **Australian Journal of Plant Physiology**. 13: 143-160.
- Munns, R. and Tester, M. (2008). “Mechanisms of salinity tolerance”. **Annals Reviews in Plant Biology**, 59: 651-681.
- Munns, R., James, R.A. and Lauchi, A. (2006). “Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals”. **Journal of Experimental Botany**. 57: 1025-1043.
- Murch, S.J.; Saxena, P.K.(2002). “Mammalian neurohormones: Potential significance in reproductive physiology of St. John’s wort (*Hypericum perforatum* L.)” *Naturwissenschaften*, 89, 555–560.
- Nabati, J. Kafi, M. Nezami, A. Rezvani Moghaddam, P. Masoumi, A. and Zare Mehrjerdi, A. (2012). “Evaluation of quantitative and qualitative characteristic of forage kochia in different growth under salinity stress”. **Electronic Journal of Crop Production**, 5(2), 111-128. (In Farsi).
- Najafi, F., Khavari- Nejad, R.A. and Siah Ali, M. (2010). “The effects of salt stress on certain physiological parameters in *Spinach* (*Spinacia oleracea* L.) plants”. **Journal of Stress Physiology and Biochemistry**. 6(1): 13-21.
- Najafi, N. and Sarhangzadeh, E. (2012). “Effect of NaCl salinity and soil waterlogging on growth *Archangia* A, *Khodambashi* M, *Mohammadkhani* A.”
- Naser Alavi SM, Arvin MJ and Manoochehri Kalantari K, 2014. Salicylic acid and nitric oxide alleviate osmotic stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Journal of Plant Interactions* 9: 683-688.
- Nasri, N., Kaddour, R., Rabhi, M., Plassard, C. and Lachal, M. (2011). “Effect of salinity on germination, phytase activity and phytate content in lettuce seedling”. **Acta Physiologiae Plantarum Journal**, 33: 935-942.
- Navarre, D.A., and Mayo, D. 2004. Differential characteristics of salicylic acid mediated signaling in potato. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 64: 179-188.
- Negrão, S.; Schmoeckel, S.M.; Tester, M (2017). “Evaluating physiological responses of plants to salinity stress”. **Ann. Bot.**, 119, 1–11.
- Nemeth, M.T.J., Horvath, A.E., Paldi, E. and Szalai, G. 2002. Exogenous salicylic acid increases polyamine content but may decrease drought tolerance in maize. *Plant Science*. 162: 569-574.
- Noreen, S.; Ashraf, M.; Hussain, M.; Jamil, A (2009). “Exogenous application of salicylic acid enhances antioxidative capacity in salt stressed sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants”. **Pak. J. Bot.**, 41, 473–479.
- Nuez, F. (2001), *El Cultivo del Tomate*, Ediciones Mundi-Prensa.
- Nunez-Elisea R., Davenport T.L. 1994. Flowering of mango trees in containers as influenced by seasonal temperature and water stress. *Scientia Horticulturae*, 58: 57-66.

- OECD (2008), "Consensus document on compositional considerations for new varieties of tomato: Key food and feed nutrients, toxicants and allergens", **Series on the Safety of Novel Foods and Feeds, No. 17, OECD, Paris**, www.oecd.org/env/ehs/biotrack/46815296.pdf.
- Okazaki, M.; Ezura, H. Profiling of melatonin in the model tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivar Micro-Tom. *J. Pineal Res.* 2009, 46, 338–343.
- Orooji, K., Rashed Mohassel, M. H., Rezvani Moghadam, P., and Nassiri Mahallati, M. 2014. Effects of different types and rates of organic manures on Egyptian broomrape (*Orobancha aegyptiaca* Perss.) control in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Agroecology* 6: 209-218. (In Persian).
- Ort, D. R. 2002. Chilling- induce limitations on photosynthesis in warm climate plants: Contrasting mechanisms. *Environmental Control in Biology.* 40: 7-18.
- Ouerghi, Z., Cornic, G., Roudani, M., Ayadi, A. and Brulfert, J. (2000). "Effect of NaCl on Photosynthesis of Two Wheat Species (*Triticum durum* and *T. aestivum*) Differing in Their Sensitivity to Salt Stress". *J. Plant Physiol.*, 156: 335-340.
- Paknejad, F., Majidi heravan, E., Noor Mohammedi, Q., Siyadat, A. and Vazan, S. (2007). "Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars". **American Journal of Biochemistry and Biotechnology.** 5(4): 162-169.
- Papadopoulos, I. and V.V. Rendig (1983), "Interactive effects of salinity and nitrogen on growth and yield of tomato plants *Lycopersicon esculentum*, nitrogen nutrition, salt tolerance", *Plant Soil*, Vol. 73/1, pp. 47-57.
- Pappalardo, H.D.; Toscano, V.; Puglia, G.D.; Genovese, C.; Raccuia, S.A.(2020). "Cynara cardunculus L. as a multipurpose crop for plant secondary metabolites production in marginal stressed lands". *Front. PlantSci*, 11, 240.
- Parida A.K., Das A.B. (2005): "Salt tolerance and salinity effect on plants: a review. Ecotoxicol". *Environ. Saf.*, 60: 324–349.
- Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Pratap Singh, V. and Prasad, S. (2015). "Effect of salinity stress on plants and its tolerance". **Environmental Science and Pollution Research** 22: 4056-4075.
- Park S. and Back K. 2012. Melatonin promotes seminal root elongation and root growth in transgenic rice after germination. *Journal of Pineal Research.* 53: 385-389.
- Pask AJD, Pietragalla J, Mullan, Reynolds MP. eds. 2012. Physiological breeding II: a field guide to wheat phenotyping. Mexico, DF: International Wheat and Maize Improvement Centre (CIMMYT).
- Peralta, I.E., D.M. Spooner and S. Knapp (2008), "Taxonomy of Wild Tomatoes and Their Relatives (*Solanum* sect. *Lycopersicoides*, sect. *Juglandifolia*, sect. *Lycopersicon*; Solanaceae), Systematic Botany Monographs", **The American Society of Plant Taxonomists, Vol. 84**, pp. 186.
- Percival, G. and Henderson, A. (2003). "An assessment of the freezing tolerance of urban trees using chlorophyll fluorescence". **Journal of Horticultural Science and Biotechnology.** 78: 225-260.
- Pföndel E. (1998). "Estimating the contribution of Photosystem I to total leaf chlorophyll fluorescence". **Photosynthesis Research** 56, 185–195.
- Plaut, Z., Grava, A., Yehezkel, C. & E. Matan. 2003. How do salinity and water stress affect transport of water, assimilates and ions to tomato fruits? *Physiological Plantarum*, 122, 429-442.
- Poeggeler, B., Balzer, I., Hardeland, R. and Lerchl, A. 1991. Pineal hormone melatonin

- oscillates also in dinoflagellates? *The Science of Nature*. 78(6): 268-269.
- Polle, A.; Chen, S.(2015). "On the salty side of life: Molecular, physiological and anatomical adaptation and acclimation of trees to extreme habitats". **Plant Cell Environ**, 38, 1794–1816.
- Popova, L., Ananieva, E., Haristova, V., Christov, K., Georgiera, K., Alexieva, E., (2003). "Salicylic acid and methyl jasmonates induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress". *Bulgarian Journal of Plant Physiology. Special Issue*, 133-152.
- principles, production and Nutritive Values. Second Edition, Champson publishibg. 843 pp.
- Ramegowda, V.; Senthil-Kumar, M (2015). "The interactive effects of simultaneous biotic and abiotic stresses on plants: Mechanistic understanding from drought and pathogen combination". **J. Plant Physiol**, 176, 47–54.
- Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 43: 439-463.
- Reeves, R.D.; Baker, A.J.M.; Jaffré, T.; Erskine, P.D.; Echevarria, G.; van der Ent, A.(2018). "A global database for plants that hyperaccumulate metal and metalloids trace elements". *New Phytol.*, 407–411.
- Rengasamy, P (2006). "World salinization with emphasis on Australia". **Proc. J. Exp. Bot.**, 57, 1017–1023.
- Robles, P.; Quesada, V. Emerging Roles of Mitochondrial Ribosomal Proteins in Plant Development. *Int. J. Mol. Sci.* 2017, 18, 2595.
- Rodolfo, M.M., Nexticapan-Garcez, A., Villanueva-Couoh, E. and Uicab-Quijano, V. 2015. Salicylic acid stimulates flowering in micropopagated gloxina plants. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 38 (2): 115-118.
- Rouphael, Y.; Petropoulos, S.A.; Cardarelli, M.; Colla, G (2018). "Salinity as eustressor for enhancing quality of vegetables". **Sci. Hortic.**, 234, 361–369.
- Rowson, H., M. Hindmarsh, R.A Fischer, and Y.M. Stockman. 1983. Changes in leaf photosynthesis with plant ontogeny and relationships with yield.
- Rozema, J.; Flowers, T. *Ecology* (2008): "Crops for a salinized world. *Science*", 322, 1478–1480.
- Rubatzky, R. E. V. & Yamaguchi, M. 1997. *World Vegetable* :
- Ruiz, M.; Yasuor, H.; Ben-Gal, A.; Yermiyahu, U.; Saranga, Y.; Elbaum, R. Salinity induced fruit hypodermis thickening alters the structure of tomato (*Solanum lycopersicum* Mill) fruits. *Sci. Hortic.* 2015, 192, 244–249.
- Sairam R. K., K. V. Rao and G. C. Srivastava. 2002. Differential response of wheat genotypes to long-term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science*. 163: 1037–1046.
- Sairam R.K., Tyagi A. (2004): Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Curr. Sci.*, 86: 407–421.
- Saito, T.; Matsukura, C.; Ban, Y.; Shoji, K.; Sugiyama, M.; Fukuda, N.; Nishimura, S (2008). "Salinity stress affects assimilate metabolism at the gene-expression level during fruit development and improves fruit quality in tomato (*Solanum lycopersicum* L.)". **J. Jap. Soc. Hort. Sci.**, 77, 61–68.
- Sakamoto, Y., S. Watanabe, T. Nakashima, and K. Okano. (1999). "Effect of salinity at two ripening stages on the fruit quality of single-truss tomato in hydroponics". *J. Hort. Sc. Biotech.* 74: 690-693.
- Sakhubudinova, A.R., D.R. Fatkhutdinova, M.V. Bezrukova, F.M. Shakirova, (2003). "Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants". In:

- Proceedings of the European Workshop on Environmental Stress and Sustainable Agriculture, 7–12 September 2002, Varna, Bulgaria., pp.314–319.
- Sánchez-Peña, P. et al. (2004), “Sources of resistance to whitefly (*Bemisia* spp.) in wild populations of *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* (Dunal) Spooner G.J. Anderson et R.K. Jansen in Northwestern Mexico”, **Genetic Resources and Crop Evolution**, Vol. 53, pp. 711-719.
- Santa-Maria, G. E. Epstein, E. (2001). "Potassium/sodium selectivity in wheat and amphiploid cross wheat x *Lophopyrum elongatum*." **Plant Science.**, Vol. 160, pp. 523-534.
- Sargent, S. A. and VanSickle. J. J. (1999). “Permium-quality tomato program for Florida. In C. S. Vavrina, ed”. **Proceedings of the Florida Tomato.**
- Sarropoulou, V.N., Dimassi-Theriou, K., Therios, I., and Koukourikou-Petridou, M. (2012). “Melatonin enhances root regeneration, photosynthetic pigments, biomass, total carbohydrates and proline content in the cherry rootstock PHL-C (*Prunus avium*×*Prunus cerasus*)”. **Plant Physiol. Biochem.** 61: 162-168.
- Sayed OH.(2003). “Chlorophyll fluorescence as a tool in cereal crop research”. **Photosyntetica**; 41(3): 321-330.
- Schapendonk AHCM, Dolstra O, Van Kooten O.(1989). “The use of chlorophyll fluorescence as a screening method for cold tolerance in maize”. **Photosynth. Res**; 20: 235-247.
- Schreiber U, Schliwa U, Bilger W. (1986). “Continuous recording of photochemical and nonphotochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorometer”. **Photosynthesis Research** 10, 51–62.
- Senaratna, T., D. Touchell, E. Bunn, K. Dixon, (2000). “Acetyl salicylic acid and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants”. **Plant Growth Regul.**, 30, pp. 157–161.
- Serek, M. (1992). “Does salicylic acid affect the postharvest characteristics of *Campanula carpatica*”. *Die Gartenbauwissenschaft* 57(3): 112-114.
- Sevengor s., f. Yasar, S. Kusvuran and S. Ellialtioglu. (2011). “The effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidative enzymes of pumpkin seedlings”. **African Journal of Agricultural Research**. 6:4920-4924.
- Shahzad, M.A., M.F. Basra, M. Farooq, H. Rehman and B.A. Saleem. (2007). “Improving the germination and early seedling growth in melon (*Cucumis melo* L.) by pre-sowing salicylate treatments”. *Int. J. Agric. Biol.* 9: 550-554.
- Shakirova, F.M., Sakhabutdinova, A.R., Bezrukova, M.V., Fathudinova, R.A. and Fathudinova, D.R. (2003). “Changes in hormonal status of wheat seedlings induced by Salicylic acid and salinity”. **Plant Science**. 164: 317-322.
- Shannon, M. C. (1986). "Breeding, selection and the genetics of salt tolerance. In: Salinity tolerance in Plants. (Eds: R. C. Staples, and G. H. Toenniessn)." John Wiley and Sons., pp. 231-.252.
- Sharma A., Shahzad B., Kumar V., Kohli S.K., Sidhu G.P.S., Bali A.S., Handa N., Kapoor D., Bhardwaj R., Zheng B.S. (2019): “Phytohormones regulate accumulation of osmolytes under abiotic stress”. **Biomolecules**, 9: 285–320.
- Shi, H.; Chen, K.; Wei, Y.; He, C.(2016). “Fundamental issues of melatonin-mediated stress signaling in plants”. *Front. Plant Sci.*, 7, 1124.
- Shi, Z. Q., Jobin-Lawler, F., Gosselin, A., Turcotte, G., Papadopoulos, A. P. & M. Dorais. (2002). “Effect of different EC managment on yield, quality and nutraceutical properties of tomato grown under supplemental lighting”. **Acta Horticulturae**, 580,

241-247.

- Shikata, M.; Ezura, H. Micro tomato as an alternative plant model system: (2016) "Mutant collection and efficient transformation. In *Methods in Molecular Biology*; Humana Press Inc.: **Totowa, NJ, USA**; Volume 1363, pp. 47–55.
- Shinwari, K.I., Jan, M., Shan, G., Khattak, S.R., Urehman, S., Daud, M.K, Naeem, R.A and Jami, M. (2015). "Seed priming salicylic acid induces tolerance against chromium (VI) Toxicity in rice (*Oryza sativa* L.)". **Pakistan Journal of Botany**, 47: 161-170.
- Silberbush M., Ben-Asher J. (2001): "Simulation study of nutrient uptake by plants from soilless cultures as affected by salinity buildup and transpiration". *Plant Soil*, 233: 59–69.
- Singh, R. B., Chauhan, C. P. S., & Minhas, P. S. (2019). "Water production functions of wheat (*Triticum aestivum* L.) irrigated with saline and alkali waters using double-line source sprinkler system". *Agricultural Water Management*, 96(5), 736-744.
- Smale, M.C.; Wiser, S.K.; Bergin, M.J.; Fitzgerald, N.B. (2018). "A classification of the geothermal vegetation of the Taupo Volcanic Zone, New Zealand". *J. R. Soc. N. Z.*, 48, 21–38.
- Spychalla J.P., Desborough S.L. (1990): "Superoxide dismutase, catalase, and alpha-tocopherol content of stored potato tubers". *Plant Physiol.*, 94: 1214–1218.
- Stedute, P. Albrizio, R. Giorio, P. Sorrention, G. (2000). "Gas-exchange response and stomatal and non-stomatal limitations to carbon assimilation of sunflower under salinity." *Environmental and Experimental Botany.*, Vol. 44, pp. 243-255.
- Stepien P, Klobus G (2006). "Water relations and photosynthesis in *Cucumis sativus* L". leaves under salt stress. *Biologia Plantarum*. 50(4): 610-616.
- Strasser RJ, Tsimilli-Michael M, Srivastava A. (2004). "Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. In: Papageorgiou GC, Govindjee eds". *Advances in photosynthesis and respiration*, Vol. 19. Berlin: Springer, 321–362.
- Sudhir, P., and Murthy, S.D.S. (2004). "Effect of salt stress on basic processes of photosynthesis". *Photosynthetica*. 42: 481-486.
- Sultan, A. (2005). "Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains". **Environmental and Experimental Botany**. 42(3): 211-220.
- Sultana, N., T. Lkeda, and R. Ltoh. (1999). "Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter". *Experimental Botany*. 42: 211-220.
- Szalai, G. Tari, I. Janda, T. Pestenacz, A. Paldi, E. (2000). "Effects of cold acclimation and salicylic acid on changes in ACC and MACC contents in maize during chilling." *Biological Plant.*, Vol. 43, pp. 637-640.
- Taiz J. and Zeiger, E. (2001). "Plant Physiology". Vol. 2. 379 p.
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I.M.; Murphy, A. (2015). "Plant Physiology and Development, 6th ed.; Sinauer Associates, Inc.: Sunderland, MA, USA; ISBN 978-1-60535-255-8.
- Tal, O. (2011). "Melatonin as an antioxidant and its semi-luna rhythm in green macroalga *Ulva* sp". **Journal of Experimental Botany**. 62: 1903-1910.
- Tan, D. X. (2007). "Phytoremediative capacity of plants enriched with melatonin". **Plant Signaling and Behavior** 2: 514-516.
- Tan, D. X. (2013). "Mitochondria and chloroplasts as the original sites of melatonin synthesis: a hypothesis related to melatonin's primary function and evolution in eukaryotes". **Journal of Pineal Research** 54: 127-138.
- Tan, D.X.; Manchester, L.C.; Liu, X.; Rosales-Corral, S.A.; Acuna-Castroviejo, D.; Reiter, R.J. (2013). "Mitochondria and chloroplasts as the original sites of melatonin synthesis:

- A hypothesis related to melatonin's primary function and evolution in eukaryotes". *J. Pineal Res*, 54, 127–138.
- Tang, X.; Mu, X.; Shao, H.; Wang, H.; Brestic, M.(2015). "Global plant-responding mechanisms to salt stress: Physiological and molecular levels and implications in biotechnology". *Critic. Rev. Biotechnol*, 35, 425–437.
- Tarkalson, D. D., King, B. A., & Bjorneberg, D. L. (2018). "Yield production functions ogirrigated sugarbeet in an arid climate". **Agricultural water management**, 200, 1-9.
- Tasgn, E., O. Atici, B. Nalbantoglu, (2003). "Effect of salicylic acid on freezing tolerance in winter wheat leaves". *Plant Growth Regul.*, 41, pp. 231–236.
- Tester M., Davenport R. (2003): "Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants". **Ann. Bot.**, 91: 503–527.
- Turhan, E. & Atilla, E. (2004). "Effect of chloride application and different media on ionic strawberry plants under salt stress conditions. Soil". **Science Plant Analysis**, 36, 1021-1028.
- Turk, H., S. Erdal, M. Genisel, O. Atici, Y. Demir, and D. Yanmis. (2014). "The regulatory effect of melatonin on physiological, biochemical and molecular parameters in cold-stressed wheat seedlings". **Plant Growth Regul.** 74: 139-152.
- Valko M., Rhodes C.J., Moncol J., Izakovic M., Mazur M. (2006): "Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer". *Chem. Biol. Interact.*, 160: 1–40.
- Van Breusegem F., Vranova E., Dat J.F., Inze D. (2001): "The role of active oxygen species in plant signal transduction". *Plant Sci.*, 161: 405–414.
- Van Meulebroek, L.; Hanssens, J.; Steppe, K.; Vanhaecke, L (2016). "Metabolic fingerprinting to assess the impact of salinity on carotenoid content in developing tomato fruits. Int". **J. Mol. Sci.**, 17, 821.
- Van Tassel, D., Posmyk, M. and Janas, K. (1995). "Melatonin from higher plants: isolation and identification of N-acetyl-5-methoxytryptamine". **Plant Physiology**. 108 (supplement2).article101.
- Vantassel, D.; Roberts, N.; Oenill, S (1995). "Melatonin from higher-plants-isolation and identification of N-acetyl 5-methoxytryptamine". **Plant Physiol.**, 108, 101.
- Veit-Kohler, V., Krumbein, A. & H. Kosegarten. (1999). "Effect of different water supply on plant growth and fruit quality of (*Lycopersicon esculentum* Mill.)". **Journal Plant Nutrient Soil Science**, 162, 583-588.
- Wang Y. and N. Nil. (2000). "Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase–oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress". **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**. 75: 623–627.
- Wang, M.; Zhang, S.; Ding, F (2020). "Melatonin Mitigates Chilling-Induced Oxidative Stress and Photosynthesis Inhibition in Tomato Plants". **Antioxidants**, 9, 218.
- Wang, P. and K. Janas. (2012). "Delayed senescence of apple leaves by exogenous melatonin treatment: toward regulating the ascorbate-glutathione cycle". **Journal of Pineal Research**. 53: 11-20.
- Wang, P.; Sun, X.; Li, C.; Wei, Z.; Liang, D.; Ma, F (2013). "Long-term exogenous application of melatonin delays drought-induced leaf senescence in apple". **J. Pineal Res.**, 54, 292–302.
- Wang,L.Y.;Liu,J.L.;Wang,W.X.;Sun,Y(2016)."Exogenousmelatoninimprovesgrowthandphotosyntheticcapacity of cucumber under salinity-induced stress". **Photosynthetica**, 54, 19–27.
- Wei, J.; Li, D.X.; Zhang, J.R.; Shan, C.; Rengel, Z.; Song, Z.B.; Chen, Q (2018).

- “Phytomelatonin receptor PMTR 1-mediated signaling regulates stomatal closure in *Arabidopsis thaliana*”. **J. Pineal Res.**, 65, e12500.
- Wei, W.; Li, Q.-T.; Chu, Y.-N.; Reiter, R.J.; Yu, X.-M.; Zhu, D.-H.; Zhang, W.K.; Ma, B.; Lin, Q.; Zhang, J.S (2014). “Melatonin enhances plant growth and abiotic stress tolerance in soybean plants”. **J. Exp. Bot.**, 66, 695–707.
- Wei, Y.; Liu, G.; Chang, Y.; Lin, D.; Reiter, R.J.; He, C.; Shi, H (2018). “Melatonin biosynthesis enzymes recruit WRKY transcription factors to regulate melatonin accumulation and transcriptional activity on W-box in cassava”. **J. Pineal Res.**, 65, E12487.
- Weissman G (1991): **Aspirin. Sci Am** 264:84-90.
- WHO (2017) Homepage https://www.whooc.no/atc_ddd_index/?showdescription=yes&code=N02BA in November.
- Wolf, K., Ren, Sh. and Zhao, B. (2001). “Daily profile of melatonin levels in *Chenopodium rubrum* L. depends on photoperiod”. **Journal of Plant Physiology**. 158: 1491-1493.
- WU, Y.; LIAN, H.; Mou, X (2016). “Effect of foliar spraying exogenous melatonin on physiological and biochemical characteristics of *Dendranthem amorphifolium* ‘Chuju’ seedlings under drought stress”. **Acta Bot. Boreali Occident. Sin.**, 16, 43.
- Xu, W.; Cai, S.Y.; Zhang, Y.; Wang, Y.; Ahammed, G.J.; Xia, X.J.; Shi, K.; Zhou, Y.H.; Yu, J.Q.; Reiter, R.J (2016). “Melatonin enhances thermotolerance by promoting cellular protein protection in tomato plants”. **J. Pineal Res.**, 61, 457–469.
- Yadav, S. Irfan, M. Ahmad, A. (2011). “Causes of salinity and plant manifestations to salt stress. *J. Environ*”. **Biol.** 32, 667-685.
- Yaman K, Kawasaki M, Taniguchi M, Miyake H (2008). “Correlation between chloroplast ultrastructure and chlorophyll fluorescence characteristics in the leaves of rice (*Oryza sativa* L.) grown under salinity”. **Plant Prod. Sci.**; 11(1): 139 - 145.
- Yazici I., I. Turkan, A. H. Sekmen and T. Demiral. (2007). “Salinity tolerance of purslane (*Portulaca oleracea* L.) is achieved by enhanced antioxidative system, lower level of lipid peroxidation and proline accumulation”. **Environmental and Experimental Botany**. 61: 49-57.
- Ye, J.; Wang, S.; Deng, X.; Yin, L.; Xiong, B.; Wang, X (2016). “Melatonin increased maize (*Zea mays* L.) seedling drought tolerance by alleviating drought-induced photosynthetic inhibition and oxidative damage”. **Acta Physiol. Plant.**, 38, 48.
- Yildirim, E., Karlidag, H. and Dursun, A. (2011). “Salt Tolerance of *Physalis* during Germination and Seedling Growth”. **Pakistan Journal of Botany**, 43: 2673-6762.
- Zaki, R. N. Radwan, T. E. (2011). "Improving wheat grain yield and its quality under salinity conditions at a newly reclaimed soil by using different organic sources as soil or foliar applications." **Journal of Plant Science Srearch.**, Vol. 7, pp. 42-55.
- Zare Mehrjerdi, M. Nabati, J. Massomi, A. Bagheri, A. R. and Kafi, M. (2011). “Evaluation of tolerance to salinity based on root and shoot growth of 11 drought tolerant and sensitive chickpea genotypes at hydroponics conditions”. **Iranian Journal of Pulses Research**, (2)2, 83-69
- Zhan, H., Nie, X., Zhang, T., Li, S., Wang, X., Du, X., Tong, W. and Song, W. (2019) “Melatonin: A small molecule but important for salt stress tolerance in plants”. **International Journal of Molecular Sciences** 20: 709-712.
- Zhang, H.g., Zhang, N.A., Yang, R.C., Wang, L., Sun, Q.Q., Li, D.B. and Cao, Y.Y. (2014). “Melatonin promotes seed germination under high salinity by regulating antioxidant systems, ABA and GA4 interaction in cucumber (*Cucumis sativus* L.)”. **Journal of pineal research**. 57 (3), 269-279.

- Zhang, N. S. (2015) “Roles of melatonin in abiotic stress resistance in plants”. **Environmental and Experimental Botany** 66: 647-56.
- Zhang, N., Sun, Q., Zhang, H., Cao, Y. and Weeda S. (2013). “Melatonin promotes water stress tolerance, lateral root formation, and seed germination in cucumber (*Cucumis sativus* L.)”. **Journal of Pineal Research**. 54: 15-23.
- Zhang, N., Sun, Q., Zhang, H., Cao, Y., Weeda, S., Ren, Sh. and Guo, Y.D. (2015). “Roles of melatonin in abiotic stress resistance in plants”. **Journal of Experimental Botany**. 66: 647-56.
- Zhang, N.; Sun, Q.; Li, H.; Li, X.; Cao, Y.; Zhang, H.; Li, S.; Zhang, L.; Qi, Y.; Ren, S (2016). “Melatonin improved anthocyanin accumulation by regulating gene expressions and resulted in high reactive oxygen species scavenging capacity in cabbage”. **Front. Plant Sci.**, 7, 197.
- Zhang, N.; Sun, Q.; Zhang, H.; Cao, Y.; Weeda, S.; Ren, S.; Guo, Y.-D (2014). “Roles of melatonin in abiotic stress resistance in plants”. **J. Exp. Bot.**, 66, 647–656.
- Zhang, P.; Senge, M.; Dai, Y.(2017). “Effects of salinity stress at different growth stages on tomato growth, yield, and water-use efficiency”. **Comm. Soil. Sci. Plant Anal.**, 48, 624–634.
- Zhang, R.; Sun, Y.; Liu, Z.; Jin, W.; Sun, Y(2017). “Effects of melatonin on seedling growth, mineral nutrition, and nitrogen metabolism in cucumber under nitrate stress”. **J. Pineal Res.**, 62, E12403.
- Zhao Y. (2012). “Melatonin and its potential biological function in the fruits of sweet cherry”. **Journal of Pineal Research**. 55: 79-88.
- Zhao, D.; Wang, R.; Liu, D.; Wu, Y.; Sun, J.; Tao, J. (2018). “Melatonin and Expression of Tryptophan Decarboxylase Gene (TDC) in Herbaceous Peony (*Paeonia lactiflora* Pall.) Flowers”. **Molecules**, 23, 1164.
- Zhao, H.; Xu, L.; Su, T.; Jiang, Y.; Hu, L.; Ma, F. (2015). “Melatonin regulates carbohydrate metabolism and defenses against *Pseudomonas syringae* pv. tomato DC3000 infection in *Arabidopsis thaliana*”. **J. Pineal Res.**, 59, 109–119.
- Zhou, X., Zhao, H., Cao, K., Hu, L., Du, T., Baluska, F. and Zou, Z. (2016) “Beneficial roles of melatonin on redox regulation of photosynthetic electron transport and synthesis of D1 protein in tomato seedlings under salt stress”. **Frontier in Plant Science** 7: 1823.

Abstract

Salinity is one of the most important non-biological stresses that reduces the production of agricultural products as well as plant growth in soils of arid and semi-arid regions. Melatonin and salicylic acid, as plant growth regulators, also play an important role in improving plant resistance to abiotic stresses. To investigate the effect of these two growth regulators in reducing the effects of salinity on greenhouse tomatoes of Goldi cultivar, a factorial experiment based on a randomized complete block design with three replications was conducted in 1398 in the research greenhouse of Shahroud University of Technology. In this experiment, salinity as the first factor with 3 levels (0, 50, 100 mM), growth regulators of melatonin and salicylic acid as the second factor with two levels of melatonin (0 and 10 μ M), three levels of salicylic acid (0 , 1.5 and 2.5 mM) and zero level was considered as control as foliar application and some morphological, physiological and biochemical traits were evaluated. The average fruit weight decreased from 68 mg in non-stress conditions to about 25 mg in salinity, while it increased to 128 g using salicylic acid and melatonin. The effect of salinity stress on all evaluated traits on tomatoes was significant. In general, salinity caused a significant decrease in morphological traits, maximum chlorophyll fluorescence, and quantum yield of leaf photosystem II. The results of this study showed that salinity reduces the growth of tomato plants under greenhouse conditions and the use of melatonin and salicylic acid to some extent can reduce the damaging effects of salinity and increase plant tolerance to salinity.

Keywords: Salicylic acid, Salinity, stress, melatonin and tomatoes



Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Horticulture Sciences

The effects of salicylic acid and melatonin on salt stress tolerance in greenhouse tomato

By: Mostafa Niyazi Khojeh

Supervisor:

Dr. Mehdi Rezaei

Advisor:

Dr. Ziba Ghasimi Hagh

February 2022