شناسایی گیاهان سماق متحمل به تنش خشکی با استفاده از پارامترهای فلورسانس کلروفیل

زینب صباغ نیا[۱]، منصور مطلوبی [۲*]، علیرضا مطلبی آذر[۲]

۱- دانشجوی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲*- دانشیار دانشکده کشاورزی ، دانشگاه تبریز

*ایمیل نویسنده مسئول: mmatloobi@gmail.com

تاریخ دریافت : ۱۴۰۱/۱۰/۱۷ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۱/۱۱/۰۶

چکیده

سماق با نام علمی .Rhus coriaria L یکی از گیاهان دارویی با ارزش و چند منظوره و بومی کشور می‌باشد. کشت و کار آن اهمیت زیادی در معیشت کشاورزان منطقه دارد. سالانه میوه‌های آن به روش سنتی استحصال می شود. تنش محیطی یکی از مهمترین عوامل محدود کننده رشد و نمو در گیاهان می‌باشد. تنش خشکی دارای تاثیرات متفاوتی در گیاهان بوده و کیفیت و عملکرد محصولات کشاورزی را کاهش می‌دهد. فتوسنتز یکی از اولین فرایندهایی است که تحت تنش خشکی آسیب می‌بیند. بررسی تغییرات فلورسانس کلروفیل a می‌تواند اطلاعات مفیدی در مورد ساختار و عملکرد دستگاه فتوسنتزی ارایه دهد. برای شناسایی ارقام مقاوم به خشکی آزمایشی با چهار ژنوتیپ از گیاهان سماق از دو منطقه شمالغرب کشور مورد بررسی قرار گرفت. اکثر پارامترهای مرتبط با فلورسانس کلروفیل a در ارقام مختلف نتایج معنی دار از خود نشان دادند. داده‌های ما نشان داد که نسبت FV/FM در گیاهان در معرض خشکی کاهش یافته است. کاهش PI_{abs} تحت تنش خشکی به دلیل کاهش بازده فتوشیمیایی مراکز واکنش فتوسیستم II و نرخ انتقال الکترون (ETo/RC)، همراه با افزایش اتلاف انرژی (DIo/RC) است. در بین گیاهان مورد مطالعه گیاهان منطقه آقبراز در تمامی صفات مورد مطالعه کارآیی بهتری از خود نشان دادند.

کلمات کلیدی

" فتوسنتز"، "تنش خشکی"، "کلروفیل"، "Fv/Fm"،

۱- مقدمه

دغدغه امروز بشر مبارزه با بیماری‌ها و یافتن دارو و راه حلی برای بهبود و درمان می‌باشد. دراین میان جایگاه گیاهان دارویی به علت طبیعی بودن واثر بخشی مورد توجه می‌باشد. استفاده از گیاهان دارویی برای درمان بیماری‌ها تاریخچه بسیار طولانی دارد. گیاهان مهم‌ترین منابع آنتی‌اکسیدان‌ها در رژیم غذایی ما هستند (Perrone et al. 2022). شناخت ارزش دارویی سماق به حدود ۲۰۰۰ سال پیش باز می گردد، زمانی که پزشک یونانی پدانیوس دیوسکوریدس (۴۰-۹۰ پس از میلاد) در نوشته های خود " De Materia Medica" در مورد "مسائل پزشکی" و فواید سماق به آن اشاره کرد. از جمله به عنوان یک ضد نفخ و ادرارآور از آن نام می‌برد (Batiha et al., 2022). سماق با نام علمی Rhus coriaria L. از خانواده آناکاردیاسه و از راسته افراسانان می‌باشد. گیاهان این تیره گروهی بسیار کهن و قدیمی به شمار می‌آیند. منشا این گیاه منطقه خاورمیانه از جمله ایران است (Sabaghnia & Matloobi 2021). با افزایش میانگین دمای جهانی، فراوانی رویدادهای خشکسالی و امواج گرما افزایش می‌یابد این موضوع پیامدهای منفی قابل توجهی برای تولید محصولات کشاورزی خواهد داشت. خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی در نظر گرفته می‌شود که گیاهان به طور مکرر در معرض دوره‌های کم آبی قرار می‌گیرند که بر رشد و نمو گیاهان و متعاقباً بر عملکرد محصولات کشاورزی تأثیر می‌گذارد (Kili et al. 2020). خشکسالی یک اصطلاح هواشناسی برای دوره‌ای بدون بارندگی قابل توجه است. تحمل به تنش خشکی تقریباً در همه گیاهان وجود دارد، اما سطح تحمل در بین گونه ها و حتی در بین ارقام همان گونه متفاوت است (Viljevac et al., 2022). در حال حاضر، بسیاری از تیم‌های تحقیقاتی در سراسر جهان بر روی موضوعات مرتبط با تأثیرات تنش خشکی بر عملکرد محصول و امنیت غذایی تمرکز می‌کنند. فتوسنتز یکی از فرآیندهای کلیدی است که به طور قابل توجهی تحت تأثیر تنش خشکی قرار می گیرد اثر اولیه کمبود آب، بسته شدن روزنه است که به گیاهان اجازه می دهد تعرق را محدود کنند . علاوه بر این، کاهش محتوای نسبی آب (RWC) و پتانسیل آب برگ نیز در صورت کمبود آب گزارش شده است. فتوسنتز یکی از حساس ترین فرآیندها به خشکی است که با محدود کردن انتشار دی اکسید کربن در روزنه و سلول های مزوفیل، کاهش رسانایی روزنه و تغییرات جذب کربن منجر به کاهش غلظت داخلی CO_2 می شود. در سال‌های اخیر، اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل، به‌ویژه آزمون OJIP، به روشی محبوب برای ارزیابی پایداری فتوسنتز تحت تأثیر عوامل استرسی مختلف از عوامل زنده و غیر زنده تبدیل شده است. محققین مناسب بودن برخی از پارامترهای فلورسانس را به عنوان نشانگرهای زیستی برای غربالگری گیاهان مقاوم به این عوامل استرس‌زا تأیید کرده‌اند (Lisitsyn,&Churakova., 2022). در سال ۱۹۳۱ کاتسکی برای نخستین بار فلورسانس کلروفیل a را مطرح کرد. گیاهان، جلبک‌ها و سیانوباکترها (البته نه همه سیانوباکترها) در دمای اتاق، در طیف ۶۸۰-۷۴۰ نانومتر از فتوسیستم II ، فلورسانس کلروفیل a منتشر می‌کنند (Tsimilli-Michael, M. 2020). فلورسانس کلروفیل a پدیده‌ای طبیعی است که اتلاف و تابش گرما یا انتشار مجدد بخشی از انرژی جذب شده را که برای هدایت فتوسنتز

استفاده نمی‌شود را توصیف می‌کند. اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل a اطلاعاتی در مورد تغییرات در راندمان فتوسنتزی و اتلاف گرما ارائه می‌دهد. این یک روش فوق العاده ساده، غیر تهاجمی، بسیار حساس، سریع و دقیق است و ارزیابی کمی از فتوسنتز اکسیژنی را ارائه می‌دهد (Singh et al.,2022). موجودات فتوسنتزی فعالیت فتوسنتزی خود را برای انطباق با شرایط استرس‌زا مانند خشکسالی تغییر می‌دهند. هنگامی که کمپلکس‌های پروتئین-کلروفیل غشاهای تیلاکوئید در اثر استرس یا تغییرات فیزیولوژیکی طبیعی (رسیدن، پیری و غیره) آسیب می‌بینند، فلورسانس به عنوان فرآیند طبیعی مولکول های کلروفیل تغییر می‌کند. فلورسانس کلروفیل را می‌توان به راحتی با تکنیک‌های مختلف اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل کرد. یکی از تکنیک‌های پرکاربرد تست OJIP است که پارامترهایی را بر اساس تئوری شار انرژی در غشاهای تیلاکوئید ارائه می‌دهد. این آزمون توسط Strasser و همکاران ۱۹۹۵ طراحی شده است. پارامترهای JIP واکنش های فتوسنتزی را از طریق معادلات جبری توصیف می‌کنند و ویژگی‌های ساختار و عملکرد فتوسیستم ها را کمی می‌کنند. پارامترهای JIP تغییرات را در بازده فتوسنتزی در سطح سلولی حتی قبل از ظهور علائم قابل مشاهده استرس تشخیص می‌دهند . مطالعات مبتنی بر تجزیه و تحلیل فلورسانس کلروفیل روی برگ‌ها تأثیر خشکی را بر کارایی فتوسنتزی گیاه در میوه‌های انگور آمور، سیب و گیلاس شیرین و غیره ثابت کرده‌اند. در تنش خشکی، فتوسنتز توسط آسیب در سطح کلروپلاست محدود می‌شود زیرا غلظت رنگدانه‌های کلروپلاست، به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد (Barboričová et al., 2022).

۲- روش انجام تحقیق

- **مواد و روشها**

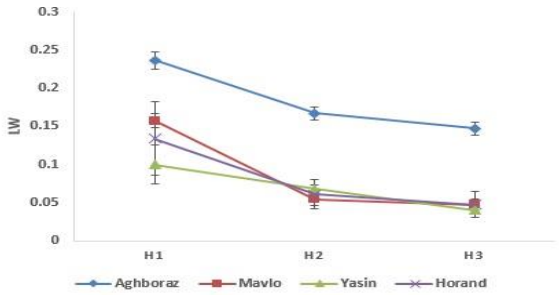
به منظور بررسی پاسخ برگ‌های گیاه سماق به خشک شدن محتوای آب برگ، این آزمایش در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در تابستان ۱۴۰۱ انجام پذیرفت. برگ‌های گیاه سماق جمع‌آوری شده از مناطق ارسباران (آقبراز و هوراند) در استان آذربایجان شرقی و سردشت (یاسین‌آباد و ماولو) در استان اذربایجان غربی مورد بررسی قرار گرفتند. از هر منطقه تعداد ۵۰ برگ بالغ بصورت تصادفی انتخاب و بعد از قرارگیری در باکس‌های عایق با رطوبت نسبی نزدیک به صد در صد به آزمایشگاه منتقل شد. برگ‌ها بعد از تیمار تاریکی به مدت نیم ساعت، مورد سنجش پارامترهای کلروفیل فلورسانس قرار گرفتند. این سنجش هر دو ساعت یکبار تا ۳ نوبت انجام گرفت. در هر سه بازه زمانی وزن برگ ها با ترازوی سه صفر بر حسب میلی گرم اندازه‌گیری گردید. تست آنالیز لحظه‌ای فلورسانس کلروفیل موسوم به OJIP توسط دستگاه فلوریمتر Handy PEA (Hansatech, UK) اندازه‌گیری شد. پارامترهای بدست آماده از دستگاه در جدول شماره ۱ ذکر شده است.

جدول ۱- پارامترهای بیوفیزیکی حاصل از فلورسانس کلروفیل *a* ثبت شده توسط دستگاه

پارامترهای بیوفیزیکی حاصل از تست OJIP	
ABS/RC	جذب انرژی در هر مرکز واکنش
DI0/RC	انرژی تلف شده در هر مرکز واکنش
ET0/RC	انتقال الکترون در هر مرکز واکنش
TR0/RC	انرژی به دام افتاده در هر مرکز واکنش
FV/FM	حداکثر بازده کوانتومی فتوشیمی PSII
PI_{abs}	شاخص کارایی دستگاه فتوسنتزی

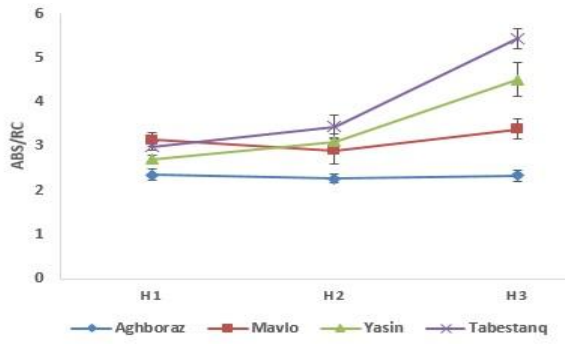
۳- نتایج

نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که وزن تازه برگ‌ها برحسب میلی‌گرم در سه بازه زمانی مورد آزمایش در هر چهار منطقه روند نزولی داشته است.

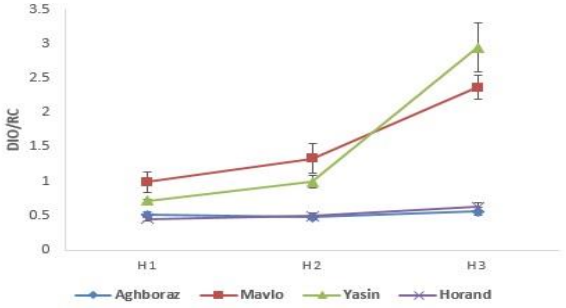


شکل ۱- نمودار وزن برگ در سه بازه زمانی بر حسب میلی گرم(mg)

با گذشت زمان، شدت کاهش وزن برگ در رقم آقبراز و یاسین‌آباد در بازه زمانی دوم نسبت به ارقام دیگر کمتر بود که بیانگر تحمل بیشتر این ارقام نسبت به از دست دادن محتوای آب برگ می‌باشد. شدت از دست دادن آب در بازه دوم به سوم در همه ارقام کاهش یافت. البته در رقم یاسین آباد بیشترین کاهش را نشان داد و ارقام آقبراز و ماولو کمترین کاهش را نشان دادند. شدت کاهش وزن برگ در رقم ماولو در مرحله زمانی اول (بازه زمانی اول به دوم) نسبت به مرحله زمانی دوم (بازه زمانی دوم به سوم) چشمگیر بود. در مقابل این پدیده در یاسین آباد تفاوت چندانی نداشت. در ارقام آقبراز و هوراند این نسبت یکسان بود.

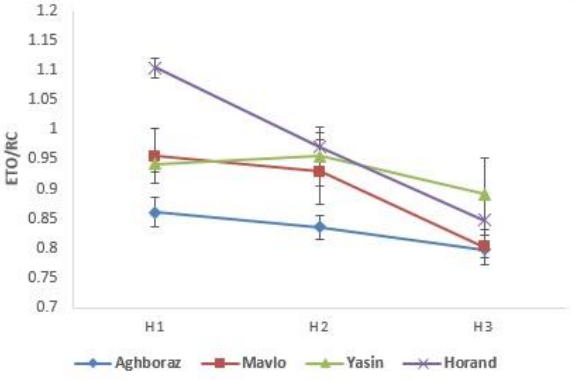


شکل ۲- جذب نور توسط کلروفیل های آنتن نسبت به مراکز فعال واکنش (ABS/RC)



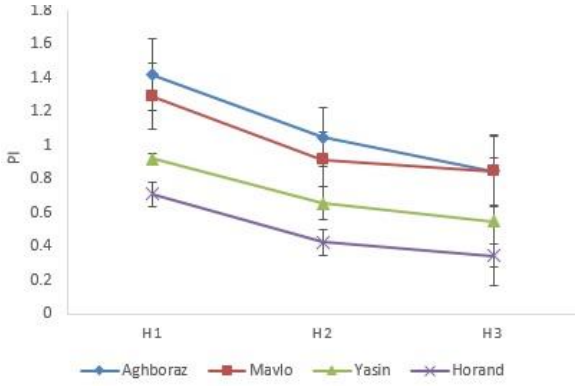
شکل ۳- نمودار میزان اتلاف انرژی در کل مراکز واکنش نسبت به مراکز فعال واکنش

بسته شدن روزنه‌ها برای جلوگیری از اتلاف آب یکی از پاسخ‌های اولیه به تنش خشکی است (Sousaraei et al., 2021). همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود میزان جذب نور توسط کلروفیل های آنتن نسبت به مراکز فعال واکنش (ABS/RC) به طور قابل توجهی تحت تنش خشکی افزایش یافت. مقدار پارامتر DIo/RC که بیانگر میزان اتلاف انرژی در کل مراکز واکنش نسبت به مراکز فعال واکنش می‌باشد نیز در چهار منطقه افزایش یافت (شکل ۳). در مطالعه بر روی گیاه کینوا افزایش پارامتر اتلاف انرژی تحت تنش خشکی مشاهده گردید (Malan & Berner 2022). تنش خشکی سبب کاهش بازده فتوشیمیایی مراکز واکنش می‌شود که این امر موجب آسیب رساندن به مرکز واکنشها و افزایش تعداد مرکز واکنش‌های غیر فعال می‌گردد که منجر به افزایش فلورسانس و همچنین کاهش انتقال انرژی برانگیخته از مجموعه آنتن به مرکز واکنش‌ها می‌شود، غیرفعال شدن برخی از مرکز واکنش‌ها، ABS/RC را تحت تنش خشکی افزایش می‌دهد. یکی دیگر از دلایل افزایش ABS/RC، تخریب کلروفیل از طریق پیری زودرس برگ ناشی از تنش خشکی است ، افزایش ABS/RC در گونه های حساس را می‌توان به کاهش اندازه آنتن موثر و همچنین غیرفعال شدن فتوسیستم II نسبت داد (Sousaraei et al.,2021). پارامتر ABS/RC به اندازه کمپلکس‌های آنتن اشاره می‌کند و شواهدی در مورد میانگین جذب کلروفیل ارائه می‌دهد. مقادیر بیشتر ABS/RC نشان دهنده کاهش مرکز واکنش فعال در شرایط خشکسالی شدید است. این به دلیل اختلال در گرادیان پروتون در غشای تیلاکوئید در طی استرس اکسیداتیو است و بخشی از مرکز واکنش فعال به عنوان مرکز اتلافی تبدیل می‌شود تا از آسیب اکسیداتیو تحت جذب بالاتر جلوگیری شود (Umar & Siddiqui, 2020). همچنین پاونوف و همکاران (۲۰۱۵) افزایش قابل توجهی در ABS/RC و DIo/RC در یک اکوتیپ بلغاری *Platanus orientalis* با استرس خشکسالی پیدا کردند (Sousaraei et al.,2021). علاوه بر این، افزایش DIo/RC ممکن است به معنای از بین رفتن اتصال بین واحدهای فتوسیستم II نیز باشد (Çiçek et al., 2019). افزایش DIo/RC نشان می‌دهد که مراکز واکنش مکانیسم دفاعی مناسبی را ایجاد کرده‌اند، یعنی انرژی اضافی برانگیختگی را به عنوان گرما تلف می‌کنند و آسیب‌های ناشی از انرژی نور اضافی را به گیاه کاهش می‌دهند (Li et al., 2022).



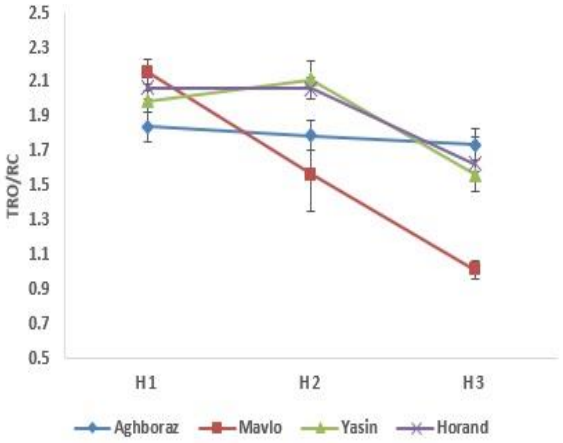
شکل ٤- نمودار انتقال الکترون نسبت به مراکز فعال واکنش

در شکل ۴ میزان پارامتر انتقال الکترون نسبت به مراکز فعال واکنش (ETo/RC)، نشان داده شده است. در هر چهار رقم مورد مطالعه روند کاهشی این پارامتر مشخص می باشد. در بازه زمانی اول به دوم، رقم هوراند بیشترین کاهش را نسبت به سایر ارقام نشان داد. در بازه زمانی دوم به سوم یاسین آباد و ماولو شدت کاهش بیشتری نسبت به دو رقم دیگر از خود نشان دادند. با توجه به نمودار و روند نسبتا ثابت رقم آقبراز، مقاومت این رقم نسبت به تنش مشخص می‌گردد. در مطالعه‌ای که بر روی هشت ژنوتیپ ذرت تحت تنش خشکی انجام گرفته بود نیز کاهش پارامتر انتقال الکترون نسبت به مراکز فعال واکنش گزارش گردید (Chiango et al., 2021). در مطالعه دیگری که بر روی۱۷توده بومی گوجه فرنگی تحت تنش صورت گرفته بود نیز کاهش این پارامتر گزارش گردید (Sousaraei et al., 2021). در مطالعه دیگری که توسط Zhou و همکاران بر روی گوجه فرنگی تحت تنش خشکی و گرما انجام گرفت مشاهده کردند که نرخ انتقال الکترون تحت تنش کاهش می یابد (Zhou et al.,2017). تنش خشکی باعث تغییراتی در جذب انرژی، به دام انداختن الکترون، انتقال الکترون و اتلاف انرژی در هر مقطع می‌شود که منجر به کاهش بازده PSII می‌شود. افزایش ABS/RC ممکن است از کاهش نرخ انتقال الکترون به ویژه در شرایط خشکسالی جلوگیری کند و در نهایت به اتلاف انرژی اضافی به منظور کاهش آسیب نوری به سیستم تیلاکوئید کمک کند (Malan & Berner 2022).



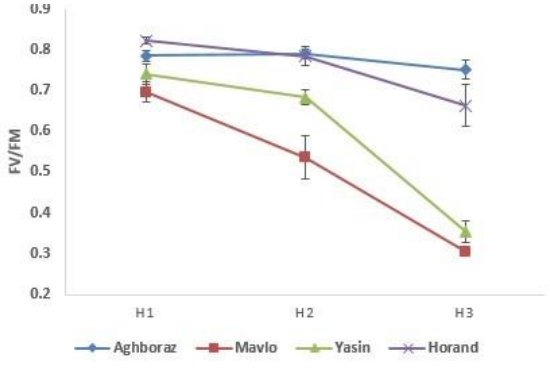
شکل ٥- شاخص کارایی دستگاه فتوسنتزی

در شکل ۵ پارامتر PI_{abs} که شاخص کارایی دستگاه فتوسنتزی براساس جذب می‌باشد روند نزولی در چهار رقم مورد مطالعه مشاهده گردید. در بازه زمانی دوم به سوم در رقم ماولو شدت کاهش برخلاف سه رقم دیگر چشمگیر بود. در سه رقم دیگر با روند ثابتی کاهش یافتند. کاهش PI_{abs} (شاخص بقا دستگاه فتوسنتزی) تحت تنش خشکی به دلیل کاهش بازده فتوشیمیایی مراکز واکنش فتوسیستم II (FV/FM) و نرخ انتقال الکترون (ETo/RC)، همراه با افزایش اتلاف انرژی (DIo/RC) است (Chiango et al., 2021). در مطالعه‌ای که بر روی چهار نوع گونه گیاهی مختلف محصول علفی C3 (گندم) ، یک محصول علفی C4 (سورگوم) ، یک گونه درخت معتدل (Fraxinus chinensis) و یک گونه درخت گرمسیری (Radermachera sinica) انجام گرفت در همه موارد تحت تنش خشکی پارامتر PI_{abs} کاهش یافت. کاهش این پارامتر نشان‌دهنده کاهش بازده کوانتومی در سیستم برداشت نور و راندمان پایین‌تر بقای انرژی از فوتون‌های جذب‌شده از PSII به PSI است (Zhu et al., 2021).



شکل ٦- نمودار میزان انرژی به دام افتاده نسبت به مراکز فعال

پارامتر TRo/RC ، میزان انرژی به دام افتاده نسبت به مراکز فعال واکنش می‌باشد که روند کاهشی آن در رقم ماولو در هر سه بازه زمانی دیده می شود و شدت کاهش در بازه زمانی اول به دوم نسبت به سایر مناطق شدید می‌باشد. در منطقه یاسین آباد ابتدا روند افزایشی سپس در بازه زمانی دوم به سوم روند کاهشی می‌باشد. در منطقه هوراند، بازه زمانی اول به دوم روند تقریبا ثابت می باشد ولی از باره دوم به سوم روند کاهشی دیده می شود. ولی در منطقه آقبراز در هر سه بازه زمانی روند تقریبا ثابت می‌باشد (شکل شماره۶). هر چند در مطالعات دیگر تحت تنش خشکی این پارامتر روند افرایشی نشان از خود نشان داده است ولی در مطالعه بر روی ارقام گیاه افتابگردان یکی از رقم‌های مورد مطالعه نیز روند افزایشی از خود نشان نداده و مقدارش ثابت مانده است (Çiçek et al., 2019). مقادیر پایین برای پارامتر میزان انرژی به دام افتاده، در واقع نشان دهنده تحمل بیشتر به خشکی می‌باشد (Sousaraei et al., 2021). در بین چهارم رقم مورد مطالعه رقم آقبراز رقم پایین-تری از خود نشان داده است.



شکل ۷- نمودار حداکثر بازده کوانتومی فتوسیستم II (FV/FM)

در شکل شماره ۷ حداکثر بازده کوانتومی فتوسیستم II (FV/FM) نمایش داده شده است. در سه منطقه مورد بررسی روند نزولی داشت و در رقم منطقه آقبراز روند تقریبا ثابت بود. کاهش FV/FM در شرایط تنش ممکن است به دلیل کاهش محتوای رنگدانه برگ، محتوای فنلی کل و کلروپلاست های متورم با نشاسته تجزیه شده در گیاهان حساس به تنش نسبت به گیاهان مقاوم باشد. همچنین در این راستا، نباید نقش اساسی تنظیم روزنه‌ها را نادیده گرفت. وقوع تنش خشکی به دلیل تأثیر بر بسته شدن روزنه‌ها و کاهش دسترسی گاز CO_2 به سلول‌های مزوفیل برگ (به جای تأثیر مستقیم بر سرعت فتوسنتز ظاهری) مقدار فرآیند فتوسنتز را کاهش می دهد. در پژوهشی بر روی درخت سیب، تحت تنش خشکی که توسط وانگ و همکاران انجام گرفت گزارش گردید که نسبت FV/FM کاهش معنی دار از خود نشان داد (Wang et al., 2018). در مطالعه دیگری که بر روی سه رقم سیب (رقم تجاری گلدن دلیشیز ریندرز و دو رقم بومی) تحت تنش خشکی انجام گرفت نتایج نشان داد که خشکسالی بر تمامی پارامترهای فتوسنتزی تأثیر معنی‌داری داشت. و نشان دهنده غیرفعال شدن بخش خاصی از مرکز واکنش‌ها است که احتمالا تعداد بیشتر مراکز واکنش غیرفعال دلیل اصلی اتلاف بیشتر نور جذب شده باشد. غیرفعال شدن مرکز واکنش‌ها به دلیل تنش-های خشکی با کاهش Fv/Fm مشهود بود. هر چند کاهش این پارامتر تنها در برگ‌های رقم تجاری حساس به خشکی «گلدن دلیشز ریندرز» مشاهده شد. این یافته با گزارش قبلی Faraloni و همکاران مطابقت دارد. که نشان داد مقادیر Fv/Fm در ارقام حساس زیتون کاهش یافت، در حالی که رقم متحمل هیچ کاهشی در Fv/Fm نشان نداد (Mihaljević et al., 2021). با توجه به موارد گفته شده می توان نتیجه گرفت که رقم آقبراز که روند تقریبا ثابتی داشت و کاهش چندانی نسبت به سایر ارقام نشان داد از بقیه ارقام مقاوم‌تر می باشد.

٤- نتیجه‌گیری

تنش‌های غیر زیستی مانند خشکی اثرات مخربی بر روی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و رشد گیاهان دارند. بسته شدن روزنه‌ها برای جلوگیری از اتلاف آب یکی از پاسخ‌های اولیه به تنش خشکی است. تنش خشکی موجب تخریب کلروفیل از طریق پیری زودرس برگ می شود و در نتیجه فتوسنتز که یکی از مهم‌ترین فرایند فتوشیمیایی گیاه می‌باشد را تحت تاثیر قرار می‌دهد. هدف اصلی این پژوهش اندازه‌گیری و بررسی از دست دادن محتوای آب برگ گیاهان سماق وتاثیر آن بر دستگاه فتوسنتزی گیاه بود. داده‌های بدست آمده بیانگر این بود که پارامترهای مورد بررسی شامل جذب انرژی در هر مرکز واکنش، انرژی تلف شده در هر مرکز واکنش مطابق مطالعات پیشین روند افزایشی از خود نشان دادند. پارامترهای حداکثر بازده کوانتومی فتوسیستم II، انتقال الکترون در هر مرکز واکنش، شاخص کارایی دستگاه فتوسنتزی نیز طبق پژوهش‌های قبلی روند کاهشی از خود نشان دادند و یافته‌های این پژوهش از مطالعات قبلی پیروی می کند. به طور کلی عکس العمل دستگاه فتوسنتزی و جنبه‌های مختلف مرتبط با فلورسانس به کاهش محتوای آب نسبی و مقایسه آنها در مناطق مختلف حاکی از آن بود که نمونه‌های جمع آوری شده از منطقه آقبراز در مقایسه با سایر مناطق، پایداری بیشتری از نظر کارکرد فتوسنتزی داشتند. گیاهان این منطقه تلاش کردند جهت مقابله با از دست رفتن رطوبت برگ، با افزایش تجزیه آب موجود روند انتقال الکترون و کارایی زنجیره فتوسنتزی را حفظ نمایند. این نتایج چشم-اندازهای جدیدی را برای شناسایی رقم‌های بومی سماق از نظر تحمل به خشکی باز می‌کند.

منابع

- Barboričová, M., Filaček, A., Vysoká, D. M., Gašparovič, K., Živčák, M., & Brestic, M. (2022). Sensitivity of fast chlorophyll fluorescence parameters to combined heat and drought stress in wheat genotypes. Plant, Soil and Environment, 68(7), 309-316.
- Batiha, G. E. S., Ogunyemi, O. M., Shaheen, H. M., Kutu, F. R., Olaiya, C. O., Sabatier, J. M., & De Waard, M. (2022). Rhus coriaria L.(Sumac), a Versatile and Resourceful Food Spice with Cornucopia of Polyphenols. Molecules, 27(16), 5179.
- Chiango, H., Figueiredo, A., Sousa, L., Sinclair, T., & da Silva, J. M. (2021). Assessing drought tolerance of traditional maize genotypes of Mozambique using chlorophyll fluorescence parameters. South African Journal of Botany, 138, 311-317.
- Çiçek, N., Pekcan, V., Arslan, Ö., Çulha Erdal, Ş., Balkan Nalçaiyi, A. S., Çil, A. N., ... & Ekmekçi, Y. (2019). Assessing drought tolerance in field-grown sunflower hybrids by chlorophyll fluorescence kinetics. Brazilian Journal of Botany, 42(2), 249-260.
- Killi, D., Raschi, A., & Bussotti, F. (2020). Lipid peroxidation and chlorophyll fluorescence of photosystem II performance during drought and heat stress is associated with the antioxidant capacities of C3 sunflower and C4 maize varieties. International journal of molecular sciences, 21(14), 4846.
- Li, Y., Fang, A., Zhang, T., Zhang, S., Zhu, W., & Zhou, Y. (2022). Exogenous Calcium Improves Photosynthetic Capacity of Pinus sylvestris var. mongolica under Drought. Forests, 13(12), 2155.
- Lisitsyn, E. M., & Churakova, S. A. (2022). Functionality of photosystem II in barley leaves under different supply with Mn2.
- Malan, C., & Berner, J. M. (2022). Comparative PSII photochemistry of quinoa and maize under mild to severe drought stress. PHOTOSYNTHETICA, 60(3), 362-371.
- Mihaljević, I., Viljevac Vuletić, M., Šimić, D., Tomaš, V., Horvat, D., Josipović, M., ... & Vuković, D. (2021). Comparative study of drought stress effects on traditional and modern apple cultivars. Plants, 10(3), 561.
- Perrone, A., Yousefi, S., Basile, B., Corrado, G., Giovino, A., Salami, S. A., ... & Martinelli, F. (2022). Phytochemical, Antioxidant, Anti-Microbial, and Pharmaceutical Properties of Sumac (Rhus coriaria L.) and Its Genetic Diversity. Horticulturae, 8(12), 1168.
- Sabaghnia, Z., & Matloobi, M. (2022). Genetic diversity among sumac (Rhus coriaria L.) accessions collected from five areas of Iran. Genetic Resources and Crop Evolution, 69(2), 927-937.
- Singh, H., Kumar, D., & Soni, V. (2022). Performance of chlorophyll a fluorescence parameters in Lemna minor under heavy metal stress induced by various concentration of copper. Scientific Reports, 12(1), 1-14.
- Sousaraei, N., Mashayekhi, K., Mousavizadeh, S. J., Akbarpour, V., Medina, J., & Aliniaeifard, S. (2021). Screening of tomato landraces for drought tolerance based on growth and chlorophyll fluorescence analyses. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 62(4), 521-535.
- Tsimilli-Michael, M. (2020). Revisiting JIP-test: An educative review on concepts, assumptions, approximations, definitions and terminology. Photosynthetica, 58, 275-292.
- Umar, M., & Siddiqui, Z. S. (2020). Florescence assessment of sunflower genotypes against drought stress environment. Pak. J. Bot, 52(4), 1181-1188.
- Viljevac Vuletić, M., Horvat, D., Mihaljević, I., Dugalić, K., Šimić, D., Čupić, T., ... & Lepeduš, H. (2022).
- Wang, Z., Li, G., Sun, H., Ma, L., Guo, Y., Zhao, Z., ... & Mei, L. (2018). Effects of drought stress on photosynthesis and photosynthetic electron transport chain in young apple tree leaves. Biology open, 7(11), bio035279.
- Zhou, R., Yu, X., Ottosen, C. O., Rosenqvist, E., Zhao, L., Wang, Y., ... & Wu, Z. (2017). Drought stress had a predominant effect over heat stress on three tomato cultivars subjected to combined stress. BMC plant biology, 17(1), 1-13.
- Zhu, L., Wen, W., Thorpe, M. R., Hocart, C. H., & Song, X. (2021). Combining Heat Stress with Pre-Existing Drought Exacerbated the Effects on Chlorophyll Fluorescence Rise Kinetics in Four Contrasting Plant Species. International journal of molecular sciences, 22(19), 10682.

Screening of drought-tolerant sumac landraces using chlorophyll fluorescence parameters

Zeinab Sabaghnia[1]; Mansour Matloobi[2*] ; Alireza Motalebiazar[2]
1- MSc. Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[*]2-Associate Professor, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[*]Email Address: mmatloobi@gmail.com

Abstract
Sumac (Rhus coriaria L.) is one of the valuable and multi-purpose medicinal plants native to Iran. Cultivation of sumac is very important in the livelihood of farmers in the region. Every year its fruits are harvested in the traditional way. Environmental stress is one of the most important factors limiting the growth and development of plants. Drought stress has different effects on plants and reduces the quality and yield of agricultural products. Photosynthesis is one of the first processes that are damaged under drought stress. Investigating the fluorescence kinetics of Chlorophyll a can provide useful information about the structure and function of the photosynthetic apparatus. In order to identify drought resistant cultivars, an experiment was conducted with four cultivars of sumac from two regions in the northwest of the Iran. Most of the parameters related to chlorophyll a fluorescence in different varieties showed significant results. Our data showed that the FV/FM ratio decreased in drought-exposed plants. The reduction of PI_{abs} under drought stress was due to a decrease in the photochemical efficiency of photosystem II reaction centers and the rate of electron transfer (ETo/RC), accompanied by an increase in energy loss (DIo /RC). Among the cultivars studied, Aqboraz cultivar was reported to be resistant in all traits.

Introduction
The origin of the sumac plant is in the Middle East region, including Iran. Sumac is a valuable medicinal plant that is cultivated in the northwestern region of Iran. With the increase in the global average temperature, the frequency of drought events and heat waves increases, this issue has significant negative consequences for the production It will have agricultural products. Drought is considered one of the most important environmental stresses that plants are repeatedly exposed to periods of water deficit, which affects the growth and development of plants and subsequently the yield of agricultural products. Photosynthesis is one of the key processes that it is significantly affected by drought stress. The primary effect of water shortage is stomatal closure, which allows plants to limit transpiration. In addition, a decrease in relative water content (RWC) and leaf water potential has also been reported in case of water deficit. Photosynthesis is one of the most sensitive processes to drought, which by limiting the release of carbon dioxide in the stomata and mesophyll cells, reducing stomatal conductivity and changes in carbon absorption leads to a decrease in the internal concentration of CO_2. In recent years, the measurement of chlorophyll fluorescence, especially the OJIP test, has become a popular method to evaluate the stability of photosynthesis under the influence of various stress factors from biotic and abiotic factors. Chlorophyll a fluorescence is a natural phenomenon that describes the loss and radiation of heat or the re-emission of a part of the absorbed energy that is not used to drive photosynthesis. Measurement of chlorophyll a fluorescence provides information on changes in photosynthetic efficiency and heat dissipation. It is an extremely simple, non-invasive, highly sensitive, rapid and accurate method that provides a quantitative assessment of oxygenic photosynthesis. Photosynthetic organisms change their photosynthetic activity to adapt to stressful conditions such as drought. When the protein-chlorophyll complexes of thylakoid membranes are damaged by stress or normal physiological changes (ripening, senescing, etc.), the fluorescence changes as a natural process of chlorophyll molecules. Chlorophyll fluorescence can be easily measured and analyzed by various techniques. One of the widely used techniques is the JIP test, which provides parameters based on the theory of energy flux in thylakoid membranes. JIP parameters describe photosynthetic reactions through algebraic equations and quantify the characteristics of the structure and function of photosystems. JIP parameters detect changes in photosynthetic efficiency at the cellular level even before visible signs of stress appear.

Methodology
In order to investigate the response of sumac leaves to the drying of leaf water content, this experiment was carried out in the physiology laboratory of the Faculty of Agriculture of Tabriz University in the summer of 2022. The leaves of sumac plant collected from Arsbaran (Aqboraz and Horand) in East

Azerbaijan province and Sardasht (Yasinabad and Mavolo) in West Azerbaijan province were used to assess their tolerance to drought stress. From each region, 50 fully developed sumac leaves were randomly selected and after being placed in insulated boxes with relative humidity close to 100%, they were transferred to the laboratory. The leaves were measured for chlorophyll fluorescence parameters after at least 30 min adaptation to darkness. This measurement was done every two hours up to 3 times. In all three periods, the weight of the leaves was measured in milligram with a three-zero scale. Chlorophyll fluorescence analysis test called OJIP was measured by Handy PEA fluorimeter (Hansatech, UK). The parameters obtained from the fluorimeter are listed in Table No. 1.

Conclusion

Abiotic stresses such as drought have a destructive effect on the physiological characteristics and growth of plants. Closing the stomata to prevent water loss is one of the primary responses to drought stress. Drought stress causes the destruction of one chlorophyll through premature leaf senescence, and as a result, photosynthesis affects the most important photochemical process of the plant. The main aim of this research was to measure and investigate the water loss of sumac plants and its effect on the photosynthetic system of the plant. The obtained data showed that the OJIP test parameters, including density of reaction centers per photosystem II antenna chlorophyll, energy dissipation flux per reaction center showed an increasing trend based on previous studies. The Maximum quantum yield of photosystem II photochemistry, electron transport flux per reaction center, and performance index of photosystem II based to absorption also showed a decreasing trend according to previous researches and the findings of this research follow the previous studies. In general, the samples collected from Aqboraz region showing a better ability to cope with drought stress when compared to other cultivars. Making them promising candidates for use in future breeding programs. These results show that Aqboraz sumac landraces have a high resilience to water stress, opening new perspectives for screening landraces sumac cultivars for drought tolerance.

Keywords

Drought stress; photosynthesis; Chlorophyll; Fv/Fm