

## مطالعه اثر ترکیب سالیسیلیک اسید با برخی علف‌کش‌ها بر فلورسانس کلروفیل *a* و برخی صفات مورفولوژیکی علف‌هرز سلمه‌تره (*Chenopodium album*)

سهیلا پورحیدرغفاری<sup>۱\*</sup>، حمید رحیمیان مشهدی<sup>۲</sup>، حسن علیزاده<sup>۲</sup> و سیروس حسن‌نژاد<sup>۳</sup>

۱- دانش‌آموخته دکتری علوم علف‌های هرز دانشگاه تهران ۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران ۳- دانشیار گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۹۶/۳/۱۳ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۸/۶)

### چکیده

فتوسنتز در گیاهان به شدت تحت تاثیر تنش است. یکی از روش‌های ارزیابی تنش‌های مختلف همچون اثر تیمار علف‌کشی روی فتوسنتز، بررسی فلورسانس کلروفیل *a* است. استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند سالیسیلیک اسید (SA)، یکی از راهکارهای غلبه بر بی‌نظمی‌های فیزیولوژیکی ایجاد شده در گیاه است. از این رو، به منظور مطالعه اثر ترکیب SA با علف‌کش‌های بنتازون، بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ و توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ بر رفتار فیزیولوژیکی سلمه‌تره، آزمایشی گلخانه‌ای در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. نتایج نشان دهنده کاهش فلورسانس حداکثر (Fm)، فلورسانس متغیر (Fv)، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II (Fv/Fm)، کارایی کمپلکس تجزیه‌کننده آب به عنوان دهنده الکترون فتوسیستم II (Fv/Fo)، و شاخص عملکرد (PI<sub>ABS</sub>) و افزایش فلورسانس حداقل (Fo) و هدررفت گرمایی (Fo/Fm) بوته‌های سلمه‌تره در پی تیمار با بنتازون و بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ بود. وزن خشک و شاخص کلروفیل این علف‌هرز در تیمار شاهد (عدم کاربرد SA)، به ترتیب ۴/۳ و ۲/۱ درصد افزایش داشت، اما در تیمارهای بنتازون، بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ و توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ به ترتیب ۴۱/۶، ۱۳/۷ و ۱۳/۶ درصد و ۳۲/۲، ۳۶/۴ و ۱۸/۷ درصد کاهش یافت. SA نه تنها کارایی بنتازون و بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ را کاهش نداد، بلکه موجب افزایش کارایی این دو علف‌کش شد.

واژه‌های کلیدی: سالیسیلیک اسید، شاخص کلروفیل، علف‌کش، فلورسانس کلروفیل *a*، وزن خشک.

## Study on the Effect of Salicylic Acid (SA) Mixture with Some Herbicides on Chlorophyll *a* Fluoresce and some Morphological Traits of Common Lambesquarts (*Chenopodium album*)

Soheila Porheidar Ghafarbi<sup>1</sup>, Hamid Rahimian Mashhadi<sup>2</sup>, Hassan Alizadeh<sup>2</sup> and Siros Hassannejad<sup>3</sup>

1- Ph.D of Weed Science, University of Tehran 2- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Tehran 3- Associate Professor, Department of Plant Ecophysiology, University of Tabriz  
(Received: June. 3, 2016 - Accepted: Dec. 28, 2017)

### ABSTRACT

Photosynthesis in plants is strongly influenced by stress. Evaluation of chlorophyll *a* fluoresce is one of the methods for assessment the different stresses effects such as herbicide on photosynthesis. Application of plant growth regulators like salicylic acid (SA), is one of the strategies to overcome for physiological disorders in plant. Therefore, to study the effect of SA mixture with Bentason, Bromoxynil+MCPA and 2,4-D+MCPA herbicides on physiological behavior of Common lambesquarts (*Chenopodium album* L.), a greenhouse experiment was conducted in randomized complete block design with three replications in Agricultural faculty of University of Tabriz in 2016. The results indicated a reduction in maximum fluorescence (Fm), variable fluorescence (Fv), maximum quantum yield of photochemistry (Fv/Fm), efficiency of the water-splitting complex on the donor side of PSII (Fv/Fo), and performance index (PI<sub>ABS</sub>), and an increase in minimum fluorescence (Fo) and photosystem II antenna (Fo/Fm) of Common lambesquarts subjected to Bentason and Bromoxynil+MCPA. Dry weight and chlorophyll index in control treatment (without SA) increased 4.3% and 2.1% respectively, but in Bentason and Bromoxynil+MCPA and 2,4-D+MCPA treatments, these two indexes reduced 41.6%, 13.7%, 13.6% and 32.2%, 36.4%, 18.7%, respectively. SA not only did not reduce the Bentason and Bromoxynil+MCPA efficiency, but also increased efficiency of these two herbicides.

**Key words:** Chlorophyll *a* fluorescence, chlorophyll index, dry weight, herbicide, salicylic acid.

\* Corresponding author E-mail: porheidarghafar@ut.ac.ir

## مقدمه

عادی حدود ۰/۳ تا سه درصد کل انرژی دریافتی است که این میزان در شرایط تنش افزایش می‌یابد (Cobb & Read, 2010).

بر اثر تابش فوتون‌های نوری، همه ناقل‌های الکترون به فرم احیا درمی‌آیند و همه مراکز واکنشی بسته می‌شوند. فلورسانس کلروفیل  $a$  در این زمان، نشانگر فلورسانس حداکثر است (Mehta *et al.*, 2010). فلورسانس متغیر (Fv) و نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر (Fv/Fm) از دیگر پارامترهای مهم محاسبه شده از فلورسانس کلروفیل هستند. Fv/Fm، نشان دهنده حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II برای تبدیل نور جذب شده به انرژی شیمیایی است (Kocheva *et al.*, 2004). کاهش حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II نتیجه خسارت به مراکز واکنشی فتوسیستم II است (Baker & Rosenqvist, 2004).

هورمون‌های گیاه نقش مهمی در رشد و گسترش گیاه دارند و نقش برخی از آنها، سازگاری گیاه با تنش‌های محیطی حیاتی است. سالیسیلیک اسید<sup>۱</sup> (یا ارتو-هیدروکسی بنزوئیک اسید؛ SA) یک ترکیب فنولیک ساده است و به عنوان یک مولکول سیگنال، قادر به القاء و تحریک سیستم دفاعی گیاه در شرایط تنش است (Raskin, 1992; Shah, 2003). SA نقش محوری در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه همچون فتوستتوز و رشد دارد (El-Tayeb, 2005). ممانعت از اکسیداسیون اکسین و در نتیجه افزایش سطح اکسین (Ahmad *et al.*, 2001; Ghassemi-Golezani & Lotfi, 2015) و به دنبال آن بهبود فتوستتوز، از جمله اثرات مفید غلظت‌های پایین SA بر فتوستتوز است (Stevens *et al.*, 2006). SA، از تجزیه هورمون اکسین ممانعت نموده و با تاثیر بر سایتوکینین و اکسین، رشد و تقسیم سلولی را تحت تاثیر قرار می‌دهد؛ باعث افزایش سنتز پروتئین و آنزیم‌های مربوط به رشد می‌شود (Zhao *et al.*, 1995; Reed *et al.*, 1998). کاربرد SA، میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها (Radwan & Soltan, 2012) در ذرت و نیز، میزان فتوستتوز در ذرت (Khodary, 2004)، سویا

علف‌های هرز از مهمترین عوامل کاهش دهنده ارزش کیفی و کمی گیاهان زراعی می‌باشند و کنترل آن‌ها در بسیاری از سیستم‌های کشت، از مهمترین اجزای زراعت به شمار می‌رود. علف‌کش‌ها یکی از مؤثرترین ابزارهای کشاورزی در مبارزه با علف‌های هرز می‌باشند و استفاده از این مواد شیمیایی به طور قابل توجهی در سال‌های اخیر، به ویژه در کشورهای پیشرفته در زمینه کشاورزی افزایش یافته است (Sheibani & Ghadiri, 2012). برای بررسی دقیق و سریع اثرات علف‌کش در گیاهان و شناسایی مکانیسم‌های عمل آن‌ها، استفاده از روش‌های غیر تخریبی و با سرعت بالا ضروری است (Mehta *et al.*, 2010). فلورسانس کلروفیل  $a$  روشی غیر تخریبی، سریع و دقیق برای ارزیابی تنش‌های مختلف در گیاهان است (Kalaji & Gue, 2008). کلروفیل  $a$  انرژی دریافتی از فوتون نوری را به مرکز واکنش انتقال می‌دهد و این فعل و انفعالات، سبب راه افتادن زنجیره انتقال الکترونی در کلروپلاست می‌شوند (Cobb & Read, 2010). فلورسانس کلروفیل، گسیل دوباره نور قرمز یا قرمز دور انرژی نور جذب شده به وسیله مولکول‌های کلروفیل می‌باشد. میزان گسیل فلورسانس با دو فاکتور ۱- میزان نور جذب شده به وسیله نمونه و ۲- رقابت برای انرژی جذب شده با دیگر فرایندهای هدررفت انرژی (عمدتاً فتوشیمیایی و بازتاب گرما) تعیین می‌شود (Cobb & Read, 2010). کاهش استفاده از انرژی در یکی از مسیرها، هدررفت انرژی توسط سایر مسیرها را افزایش می‌دهد. از این رو، تغییر در گسیل فلورسانس نشان دهنده تغییر در عملکرد فتوشیمیایی است (Kalaji & Gue, 2008). تحت تنش‌های محیطی و استفاده از برخی علف‌کش‌ها روی گیاهان، زنجیره انتقال الکترون متوقف می‌شود. در چنین شرایطی، یکی از راه‌هایی که کلروفیل  $a$  برانگیخته برای برگشت به حالت پایدار در پیش می‌گیرد، فلورسانس است. میزان فلورسانس کلروفیل  $a$  در شرایط

<sup>1</sup> Salicylic acid

(Lu *et al.*, 2015; Deef, 2013; Ananieva *et al.*, 2002) اجتناب‌ناپذیری حضور علف‌های هرز در کنار گیاه زراعی و کنترل شیمیایی آنها، این آزمایش با هدف بررسی پارامترهای فلورسانس کلروفیل *a* شاخص کلروفیل، ارتفاع و وزن خشک علف‌هرز سلمه‌تره، تحت تاثیر علفکش‌های مختلف به تنهایی و در ترکیب با سالیسیلیک اسید (Deef, 2013) یک میلی مولار (Radwan, 2012; Martel & Qaderi, 2016;) (Bayat *et al.*, 2012) اجرا گردید.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات علفکش‌های بنتازون (بازاگران)، بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ (برومایسیدآم) و توفوردی + ام‌سی - پی‌آ (یو۶۴دی) به تنهایی و در ترکیب با سالیسیلیک اسید (یک میلی مولار) بر سلمه‌تره، آزمایشی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. بذره‌های سلمه‌تره از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تبریز جمع‌آوری شد و به مدت سه ماه در طول زمستان، در فضای آزاد قرار گرفتند تا خواب آنها برطرف شود. بذرها در کشت گلدان‌های پر شده با پرلیت بافت متوسط کاشته شدند و از محلول غذایی هوگلند برای تغذیه گیاهان در طول مراحل آزمایش استفاده شد. شرایط رشدی شامل ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی با دمای روزانه ۲۷ درجه سانتی‌گراد و دمای شبانه ۲۴ درجه سانتی‌گراد بود (Van Rensen & Vredenberg, 2009). پس از سبز شدن علف‌هرز، در هر گلدان سه بوته نگهداری شد و بقیه حذف شدند. در مرحله پنج الی شش برگ‌های تیمارهای آزمایشی اعمال شد (جدول ۱). مقدار علفکش نسبت به سطح هر گلدان محاسبه شد و با میزان مناسبی آب که برای سمپاشی سطح هر گلدان کافی باشد مخلوط شد. سمپاشی در غروب و در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد با یک سمپاش پشتی مجهز به نازل شره‌ای

(Khan *et al.*, 2003) و خردل هندی<sup>۱</sup> (Fariduddin *et al.*, 2003) افزایش می‌دهد. SA به طور مستقیم، رادیکال‌های هیدروکسیل را پاکسازی می‌کند (Halliwell *et al.*, 1995) و با ممانعت از فعالیت کاتالاز و تحریک فعالیت پراکسیداز، سیستم آنتی‌اکسیدانی را تغییر می‌دهد و نقش فیزیولوژیکی خود را اعمال می‌کند (Rao *et al.*, 1997). کاهش سطح مالون دی‌آلدئید در گیاهان پیش‌تیمار شده با SA تایید کننده نقش حفاظتی آن است (Halliwell *et al.*, 1995). بکارگیری SA می‌تواند باعث کاهش سمیت علفکش در گیاهان شود. بررسی اثرات علفکش پاراکوات روی گیاهچه‌های جو نتایج نشان داد که کاربرد SA، ۲۴ ساعت قبل از مصرف علفکش پاراکوات می‌تواند از اثرات مخرب این علفکش روی کلروفیل و میزان فتوسنتز گیاهچه‌های جو در مقایسه با شاهد عدم کاربرد آن بکاهد (Ananieva *et al.*, 2002). اسپری محلول SA روی برگ‌های خیار و توتون می‌تواند این گیاهان را از تنش اکسیداتیو الفائی پاراکوات محافظت کند (Stroble & Kuc, 2015). SA، بعد از کاربرد علفکش ایزوپروترون بر روی گندم، باعث کاهش تجمع این علفکش در گیاهچه‌های گندم شد (Lu *et al.*, 2015). لو و همکاران (Lu *et al.*, 2015)، در تحقیقات خود نشان دادند که SA باعث گلوکوزاسیون مشتقات ایزوپروتون از طریق فعالیت گلیکوزیل ترانسفراز<sup>۲</sup> می‌شود. تیمار گیاهچه‌های ذرت با گلایفوسیت، مقدار کلروفیل *a* و *b* و کاروتنوئیدها را کاهش داد اما در برگ‌های تیمار شده با SA و سیتوکنین این کاهش کمتر بود (Deef, 2013).

برای ارزیابی تغییرات فتوشیمیایی و غیرفتوشیمیایی دستگاه فتوسنتزی در گیاه، از شاخص‌های متفاوتی استفاده می‌شود که فلورسانس کلروفیل *a* یکی از مهم‌ترین آنها می‌باشد (Pandian *et al.*, 2006). با توجه به کارایی سالیسیلیک اسید در کاهش تنش علفکشی در گیاهان زراعی

<sup>1</sup> *Brassica juncea*

<sup>2</sup> glycosyltransferases (GTs)

جدول ۱- مشخصات تیمارهای آزمایش

Table 1. Characteristics of experimental treatments

Treatments		
1	Bentason (2 lit/ha)	Sprayed with water
2	Bromoxynil+MCPA (1/5 lit/ha)	Sprayed with water
3	2,4-D+MCPA (2 lit/ha)	Sprayed with water
4	Bentason (2 lit/ha)	Sprayed with 1 mM SA
5	Bromoxynil+MCPA (1/5 lit/ha)	Sprayed with 1 mM SA
6	2,4-D+MCPA (2 lit/ha)	Sprayed with 1 mM SA
7	Control	Sprayed with 1 mM SA
8	Control	Sprayed with water

سطح پنج درصد و رسم نمودارها با Excel انجام شد.

### نتایج و بحث

نتایج بدست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان دهنده وجود تفاوت معنی‌داری در صفات مورد مطالعه بین تیمارهای مختلف آزمایشی بود (جداول ۲-۸ و اشکال ۱ تا ۹).

### ۱- فلورسانس حداقل (Fo) و فلورسانس حداکثر (Fm) کلروفیل a

در روزهای اولیه بعد از تیمار بوته‌های سلمه‌تره با علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ، میزان Fo و Fm تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد (عدم کاربرد علف‌کش) نداشتند در حالی‌که در دو علف‌کش بنتازون و بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ، Fo افزایش و Fm کاهش یافت (شکل ۱ و ۲). SA نه تنها نتوانست باعث کاهش Fo در گیاهان تیمار شده با بنتازون و بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ شود، بلکه باعث افزایش این پارامتر در دو تیمار علف‌کشی مذکور گردید (شکل ۱). کاهش Fm در سلمه‌تره در ساعات اولیه بعد از تیمار با علف‌کش بنتازون، به مراتب بیشتر از علف‌کش بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ بود (شکل ۲). کاهش شدید Fm در دو تیمار بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ و بنتازون می‌تواند ناشی از کاهش فعالیت فتوسیستم II در اثر تخریب سیستم فتوستتزی باشد (Cobb & Read, 2010). در پی ممانعت از انتقال الکترون در فتوسیستم II، گونه‌هایی از اکسیژن فعال<sup>۴</sup> (ROS) تولید می‌شوند (Muller & Niyogi, 2001; Asada, 2006). این گونه‌های اکسیژن فعال، با حمله به لیپیدهای غشایی و ایجاد رادیکال‌های آزاد لیپیدی، باعث تخریب غشاهای سلولی و پروتئین‌ها می‌شوند (Han & Wang, 2002). مهتا و همکاران

و با فشار دو تا ۲/۵ بار انجام شد. ۱۶، ۴۰، ۶۴ و ۸۸ ساعت و هفت روز پس از کاربرد علف‌کش‌های مختلف، فلورسانس کلروفیل a با دستگاه پرتابل فلورومتر<sup>۱</sup> و شاخص کلروفیل برگ با دستگاه پرتابل کلروفیل سنج<sup>۲</sup> اندازه‌گیری شد. دو هفته بعد از کاربرد علف‌کش‌ها، از هر گلدان یک بوته برداشت و وزن خشک و ارتفاع آنها اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل a برگ‌های کاملاً توسعه یافته بالای بوته انتخاب شد. برگ‌های انتخاب شده با استفاده از کلیپس‌های مخصوص به مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفتند تا تمام مراکز واکنش دستگاه فتوستتزی باز بوده و آماده انتقال الکترون باشند. سپس یک پالس نوری در طول موج ۶۵۰ نانومتر با شدت ۳۰۰۰ میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه و به مدت چهار ثانیه به این برگ‌ها تابیده شد و پارامترهایی همچون فلورسانس حداقل (Fo)، فلورسانس حداکثر (Fm)، فلورسانس متغیر (Fv)، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II (Fv/Fm)، شاخص عملکرد فتوستتزی (PI)، فعالیت کمپلکس تجزیه‌کننده آب به عنوان دهنده الکترون فتوسیستم II (Fv/Fo)، پراکندگی گرما در گیرنده‌های فتوسیستم II (Fo/Fm) مورد مطالعه قرار گرفتند. دو هفته بعد از اعمال تیمارهای مختلف، گیاهان هر گلدان کف بر شدند و پس از اندازه‌گیری ارتفاع، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند و وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد. تجزیه داده‌ها با نرم‌افزار SAS، مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار<sup>۳</sup> (LSD) در

<sup>1</sup> Handy-PEA Portable fluorometer; Hansatech, UK

<sup>2</sup> CCM-200, Opti- Science, USA

<sup>3</sup> Least Significant Difference

<sup>4</sup> Reactive Oxygen Species (ROS)

(SA) نتوانست مانع افزایش Fo یا کاهش Fm در تیمارهای علف‌کشی شود (شکل ۱ و ۲) در حالی‌که در شاهد تیمار شده با SA

کاهش Fm در شرایط تنش را ناشی از کاهش فعالیت فتوسیستم II گزارش کردند (Mehta et al., 2010). سالیسیلیک اسید

جدول ۲- تجزیه واریانس میانگین مربعات فلورسانس حداقل (Fo) سلمه تره ۱۶، ۴۰، ۶۴ و ۸۸ ساعت و هفت روز پس از کاربرد علف‌کش

Table 2- Means comparison analysis of variance *Chenopodium album* Minimal Fluorescence (Fo) 16, 40, 64 and 88 hours and 7 days after herbicide applications

Source of Variation	Df	Sampling times				
		16 HAS	40 HAS	64 HAS	88 HAS	7 DAS
Block	2	42.78 ns	578 ns	1.13 ns	0.28 ns	1696.5 ns
Treatments	7	5997.4**	20277.6**	20600.3**	34509.2**	33847.1**
Error	14	787	110.1	185.9	195.5	523.32
CV	-	12.4	4.2	5.4	5.06	8.9
R-Square	-	0.79	0.98	0.98	0.98	0.97

به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم اختلاف معنی داری می‌باشد. ns و \*\*، \*

\*P<0.05; \*\*P<0.01 and not Significant

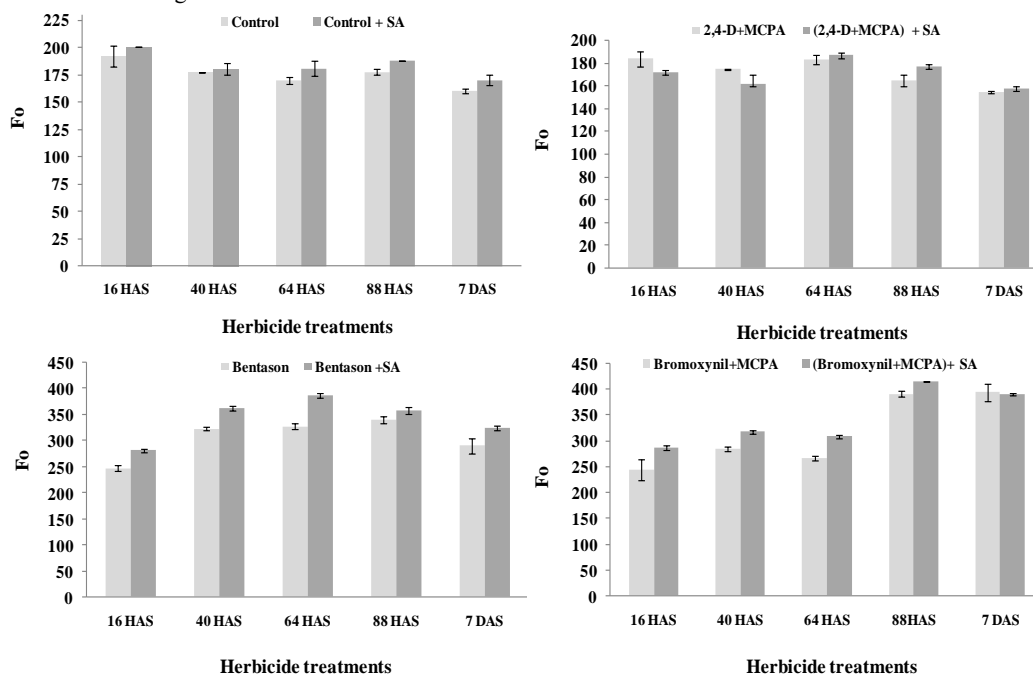
جدول ۳- تجزیه واریانس میانگین مربعات فلورسانس حداکثر (Fm) سلمه تره ۱۶، ۴۰، ۶۴ و ۸۸ ساعت و هفت روز پس از کاربرد علف‌کش

Table 3- Means comparison analysis of variance *Chenopodium album* Maximum Fluorescence (Fm) 16, 40, 64 and 88 hours and 7 days after herbicide applications

Source of Variation	Df	Sampling times				
		16 HAS	40 HAS	64 HAS	88 HAS	7 DAS
Block	2	0.78 ns	2.53 ns	247.53ns	16.5ns	7533.78 ns
Treatments	7	13874.9**	20949.3**	45309.2**	118365.9**	150009.8**
Error	14	3155.5	3209.03	1205.71	4115.4	1316.4
CV	-	6.1	6.5	4.2	8.3	5.2
R-Square	-	0.78	0.77	0.94	.93	0.98

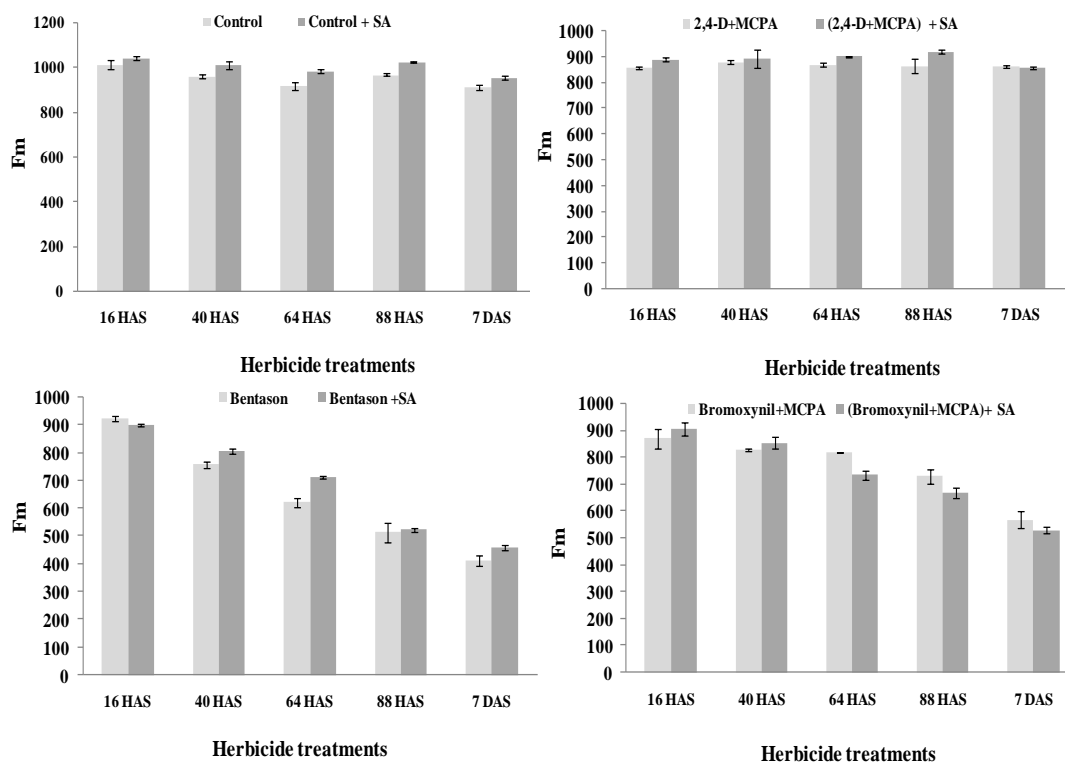
ns و \*\*، \* به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم اختلاف معنی داری می‌باشد.

\*P<0.05; \*\*P<0.01 and not Significant



شکل ۱- تاثیر تیمارهای مختلف علف‌کشی و سالیسیلیک اسید بر فلورسانس حداقل (Fo) سلمه تره ۱۶، ۴۰، ۶۴، ۸۸ ساعت و هفت روز پس از کاربرد علف‌کش

Figure 1. Effect of different herbicide treatments and salicylic acid on *Chenopodium album* L. minimum fluorescence (Fo) 16, 40, 64 and 88 hours and 7 days after herbicide applications



شکل ۲- تاثیر تیمارهای مختلف علف‌کشی و سالیسیلیک اسید بر فلورسانس حداکثر (Fm) سلمه‌تره ۱۶، ۴۰، ۶۴، ۸۸ ساعت و هفت روز پس از کاربرد علف‌کش

Figure 2. Effect of different herbicide treatments and salicylic acid on *Chenopodium album* L. Maximum Fluorescence (Fm) 16, 40, 64 and 88 hours and 7 days after herbicide applications

اما در پی کاربرد SA قبل از تیمار علف‌کشی، میزان تولید پراکسید هیدروژن و مالون دی‌آلدئید کاهش یافت (Ananieva *et al.*, 2002). همچنین ۷۲ ساعت بعد از کاربرد علف‌کش فلوروکلریدون، محتوی مالون دی‌آلدئید در گیاهچه-های ۲۱ روزه آفتابگردان در مقایسه با شاهد افزایش یافت اما زمانی که بذرها در ذرت قبل از کاشت با SA پرایمینگ شده بودند، بین محتوای مالون دی‌آلدئید در تیمار علف‌کش با شاهد، تفاوتی مشاهده نشد (Kaya and Yigit, 2014). تحت تنش کادمیوم نیز سطح مالون دی‌آلدئید در ذرت افزایش داشت اما در گیاهانی که بذرها قبل از کاشت با SA پرایمینگ شده بودند میزان مالون دی‌آلدئید کاهش یافت (Krantev *et al.*, 2008). کاهش میزان مالون دی‌آلدئید در پی کاربرد SA می‌تواند تایید کننده نقش SA در پایداری غشاء باشد (Glass & Dunlop, 1974; Krantev *et al.*, 2008; Kaya & Yigit, 2014; Radwan, 2012).

(عدم مصرف علف‌کش) در مقایسه با شاهد دیگر (عدم مصرف علف‌کش و SA) را افزایش داد (شکل ۱ و ۲). SA نتوانست کاهش شدید Fm سلمه‌تره تیمار شده با علف‌کش‌های بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ و بتازون را کاهش دهد (شکل ۲). SA اثرات کلیدی در پایداری غشاء دارد (Glass & Dunlop, 1974; Krantev *et al.*, 2008; Kaya & Yigit, 2014; Radwan, 2012). احتمالاً با پاکسازی رادیکال‌های هیدروکسیل از گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) (Halliwell *et al.*, 1995)، تا حدودی باعث حفظ تمامیت غشاء در گیاهان تیمار شده با علف‌کش می‌شود؛ از این رو در گیاهان تیمار شده با SA، میزان Fm بالاست. تیمار برگ-های ذرت با علف‌کش کلتودیم توسط رادوان (Radwan, 2012)، موجب افزایش میزان مالون دی‌آلدئید در مقایسه با تیمار شاهد شد اما در گیاهان تیمار شده با SA، افزایش مالون دی‌آلدئید کمتر بود. تیمار گیاهچه‌های جو با پاراکوات، میزان مالون دی-آلدئید و پراکسید هیدروژن را در مقایسه با شاهد افزایش داد،

نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر (Fv/Fm)، حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II برای تبدیل نور جذب شده به انرژی شیمیایی را نشان می‌دهد (Kocheva et al., 2004). علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ، تاثیری بر حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II نداشت (شکل ۴) اما حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در تیمارهای علف‌کشی بتنازون و بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ در مقایسه با شاهد، با گذشت زمان به شدت کاهش یافت. کاربرد SA تاثیری بر این پارامتر در تیمار شاهد و توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ نداشت اما در تیمارهای علف‌کشی بتنازون و بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ، نتوانست از کاهش حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II در مقایسه با عدم کاربرد آن بکاهد (شکل ۴). کاهش Fv/Fm در گیاهان تیمار شده با SA می‌تواند به تاثیری که SA بر روی روزنه‌ها (بسته شدن روزنه‌ها) و کاهش انتقال الکترون دارد مربوط باشد زیرا بررسی‌ها نشان داده است که ترکیب CO<sub>2</sub> و هدایت روزنه‌ای در برگ‌های تنباکوی تیمار شده با SA در مقایسه با شاهد اسپری شده با آب کاهش می‌یابد (Katalin et al., 2012).

## ۲- فلورسانس متغیر (Fv) و حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II ( $\phi_{po} = Fv/Fm$ )

فلورسانس متغیر (Fv) از تفاضل Fm و Fo محاسبه می‌شود. بیشتر بودن Fv نشان دهنده عملکرد خوب مکانیسم فلورسانس کلروفیل a در شرایط تنش و کاهش سرعت واکنش‌های فتوشیمیایی است (Baker & Rosenqvist, 2004). با گذشت زمان، Fv در تیمار علف‌کشی توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ، بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ و بتنازون در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد SA) به ترتیب شش، ۷۷ و ۸۴ درصد کاهش یافت (شکل ۳). کاربرد SA در تیمار شاهد توانست Fv را پنج درصد افزایش دهد. SA در ترکیب با دو علف‌کش بتنازون و توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ، Fv را تا ۶۴ ساعت پس از کاربرد تا حدودی بهبود بخشید ولی پس از ۸۸ ساعت، تفاوتی بین کاربرد و عدم کاربرد SA مشاهده نشد. SA در ترکیب با علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ، میزان کاهش Fv را تا پنج درصد در مقایسه با شاهد عدم کاربرد SA افزایش داد (شکل ۳).

### جدول ۴- تجزیه واریانس میانگین مربعات فلورسانس متغیر (Fv) سلمه تره ۱۶، ۴۰، ۶۴ و ۸۸ ساعت و هفت روز پس از کاربرد علف‌کش

Table 4- Means comparison analysis of variance *Chenopodium album* L. Variable Fluorescence (Fv) 16, 40, 64 and 88 hours and 7 days after herbicide applications

Source of Variation	Df	Sampling times				
		16 HAS	40 HAS	64 HAS	88 HAS	7 DAS
Block	2	55.13 ns	504 ns	215.3 ns	21.13 ns	2080.13 *
Treatments	7	24187.8**	73553.5**	119185.3**	259664.5**	305397.4**
Error	14	1560.2	2501.6	969.5	3559.8	424.4
CV	-	5.64	8	5.5	11.2	4.7
R-Square	-	0.89	0.93	0.98	0.97	0.99

ns و \*\* به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۱ و ۵ درصد و عدم اختلاف معنی داری می‌باشد.

\*P<0.05; \*\*P<0.01 and not Significant

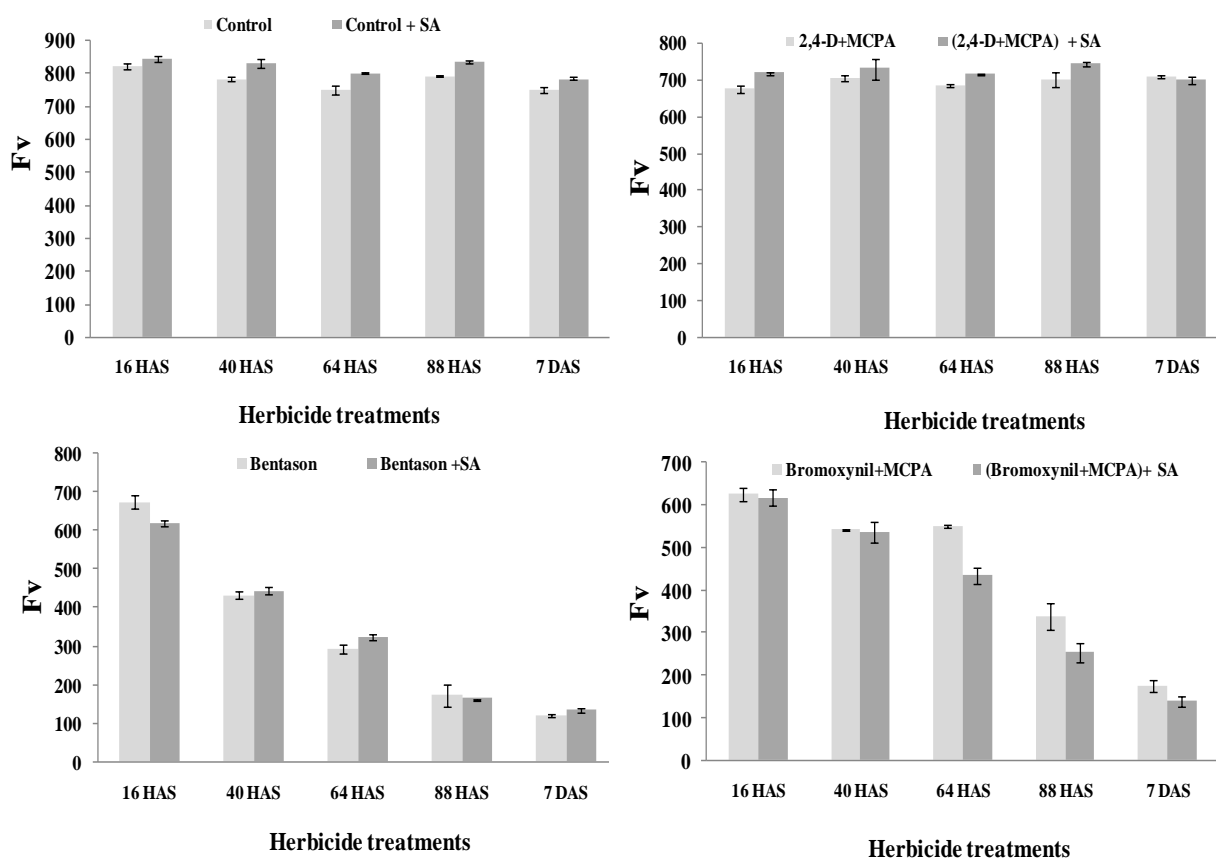
### جدول ۵- تجزیه واریانس میانگین مربعات حداکثر عملکرد کوانتومی (Fv/Fm) سلمه تره ۱۶، ۴۰، ۶۴ و ۸۸ ساعت و هفت روز پس از کاربرد علف‌کش

Table 5- Means comparison analysis of variance *Chenopodium album* L. Maximum quantum yield of primary photochemistry (Fv/Fm) 16, 40, 64 and 88 hours and 7 days after herbicide applications

Source of Variation	Df	Sampling times				
		16 HAS	40 HAS	64 HAS	88 HAS	7 DAS
Block	2	0.000055 ns	0.0016	0.0000098 ns	0.0016 ns	0.00076 ns
Treatments	7	0.009**	0.043	0.07**	0.176**	0.24**
Error	14	0.00048	0.0002	0.00044	0.003	0.0004
CV	-	2.9	2.02	3.12	9	3.7
R-Square	-	0.9	0.99	0.98	0.96	0.99

ns و \*\* به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم اختلاف معنی داری می‌باشد.

\*P<0.05; \*\*P<0.01 and not Significant



شکل ۳- تاثیر تیمارهای مختلف علف‌کشی و سالیسیلیک اسید بر فلورسانس متغییر (Fv) سلمه‌تره ۱۶، ۴۰، ۶۴، ۸۸ ساعت و هفت روز پس از کاربرد علف‌کش

Figure 3. Effect of different herbicide treatments and salicylic acid on *Chenopodium album* L. Variable Fluorescence (Fv) 16, 40, 64 and 88 hours and 7 days after herbicide applications

بود. SA نه تنها نتوانست از افزایش هدررفت گرمایی گیرنده‌های فتوسیستم II بکاهد، بلکه باعث افزایش آن در تیمار علف‌کشی بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ گردید (شکل ۵). در تیمار توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ همچون تیمار شاهد، بین کاربرد و عدم کاربرد SA تفاوتی در هدررفت گرمایی گیرنده‌های فتوسیستم II مشاهده نشد (شکل ۵).

جدول ۶- تجزیه واریانس میانگین مربعات تغییر در هدررفت گرمایی (Fo/Fm) سلمه‌تره ۱۶، ۴۰، ۶۴ و ۸۸ ساعت و هفت روز پس از کاربرد علف‌کش

Table 6- Means comparison analysis of variance *Chenopodium album* L. changes in heat dissipation in the photosystem II antenna (Fo/Fm) 16, 40, 64 and 88 hours and 7 days after herbicide applications

Sampling times						
Source of Variation	Df	16 HAS	40 HAS	64 HAS	88 HAS	7 DAS
block	2	0.000054 ns	0.0016**	0.000008 ns	0.0016 ns	0.00077 ns
treatments	7	0.009**	0.043**	0.071**	0.176**	0.24**
error	14	0.00048	0.0002	0.00045	0.0028	0.00042
CV	-	8.9	4.9	6.54	11.9	4.6
R-Square	-	0.9	0.99	0.98	0.96	0.99

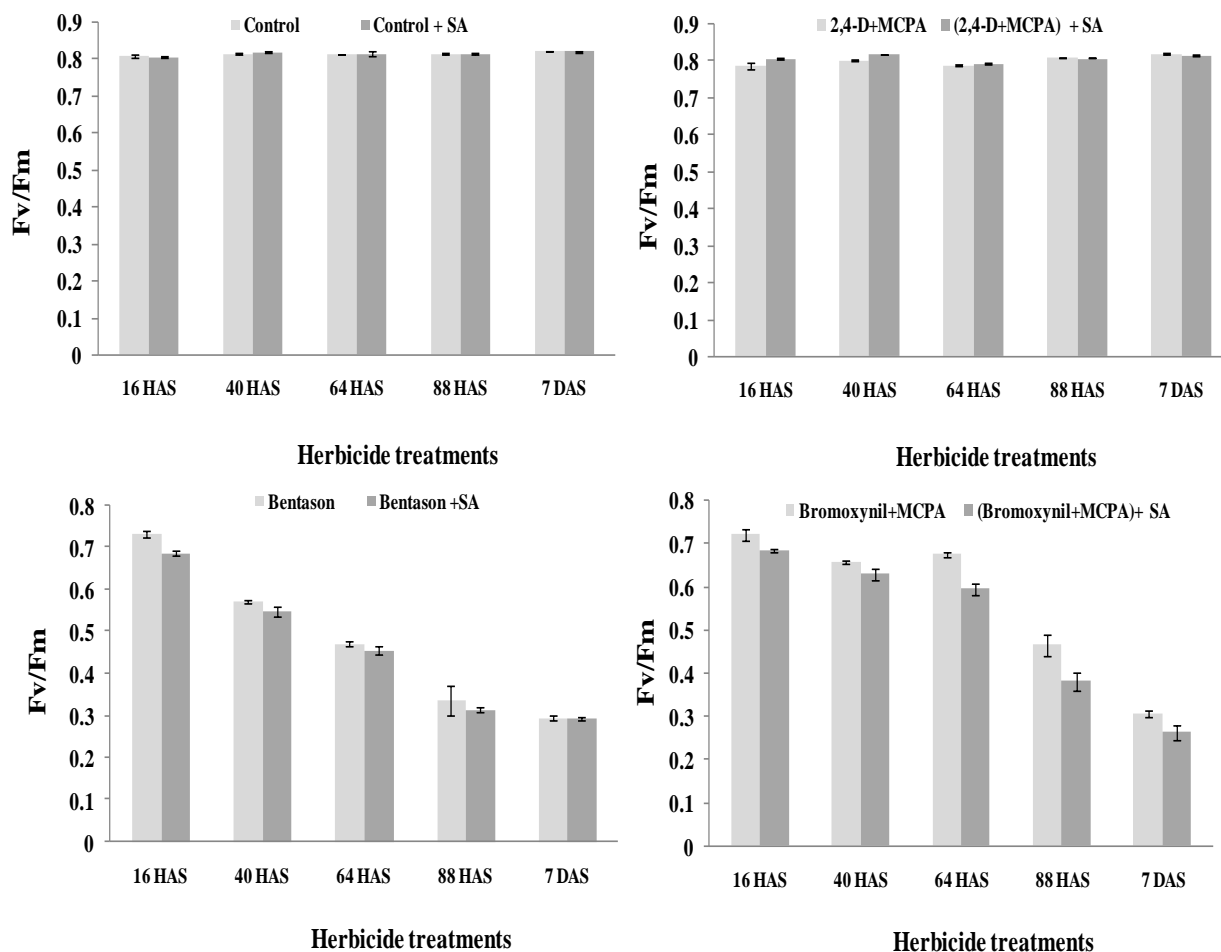
ns و \*\* به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم اختلاف معنی داری می‌باشد.

\*P<0.05; \*\*P<0.01 and not Significant

### ۳- تغییر در هدررفت گرمایی گیرنده‌های فتوسیستم II (Fo/Fm) و فعالیت کمپلکس تجزیه کننده آب در طرف دهنده الکترون به فتوسیستم II (Fv/Fo)

هدررفت گرمایی گیرنده‌های فتوسیستم II در تمامی تیمارهای علف‌کشی افزایش داشت، این افزایش در دو تیمار علف‌کشی بتازون و بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ از شدت بیشتری برخوردار





شکل ۴- تاثیر تیمارهای مختلف علف کشی و سالیسیلیک اسید بر حداکثر کارایی کوانتومی فتوسینتزم II (Fv/Fm) سلمه تره ۱۶، ۴۰، ۶۴، ۸۸ ساعت و ۷ روز پس از کاربرد علف کش

Figure 4. Effect of different herbicide treatments and salicylic acid on *Chenopodium album* L. Maximum quantum yield of primary photochemistry (Fv/Fm) 16, 40, 64 and 88 hours and 7 days after herbicide applications

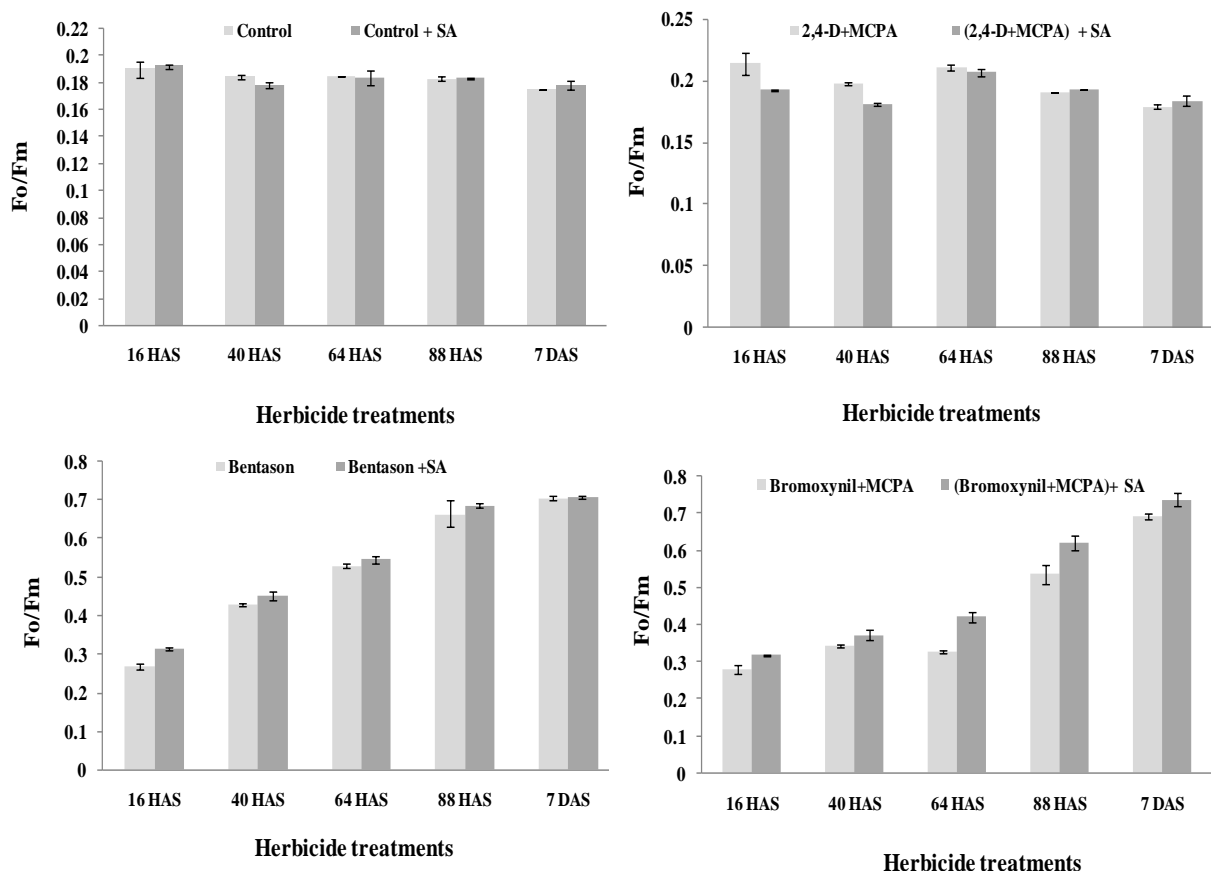
جدول ۷- تجزیه واریانس میانگین مربعات فعالیت کمپلکس تجزیه کننده آب (Fv/Fo) سلمه تره ۱۶، ۴۰، ۶۴ و ۸۸ ساعت و هفت روز پس از کاربرد علف کش

Table 7- Means comparison analysis of variance *Chenopodium album* L. Efficiency of the water-splitting complex on the donor side of PSII (Fv/Fo) 16, 40, 64 and 88 hours and 7 days after herbicide applications

		Sampling times				
Source of Variation	Df	16 HAS	40 HAS	64 HAS	88 HAS	7 DAS
Block	2	0.022 ns	0.163**	0.01 ns	0.02ns	0.015 ns
Treatments	7	2.6**	7.25**	7.4**	12.1**	15**
Error	14	0.148	0.0052	0.052	0.022	0.033
CV	-	11.2	2.4	8.4	6	7.3
R-Square	-	0.89	0.98	0.98	0.99	0.99

\*, \*\* و ns به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم اختلاف معنی داری می باشد.

\*P<0.05; \*\*P<0.01 and not Significant



شکل ۵- تاثیر تیمارهای مختلف علف‌کشی و سالیسیلیک اسید بر هدررفت گرمایی گیرنده‌های فتوسیستم II (Fo/Fm) سلمه‌تره ۱۶، ۴۰، ۶۴، ۸۸ ساعت و هفت روز پس از کاربرد علف‌کش

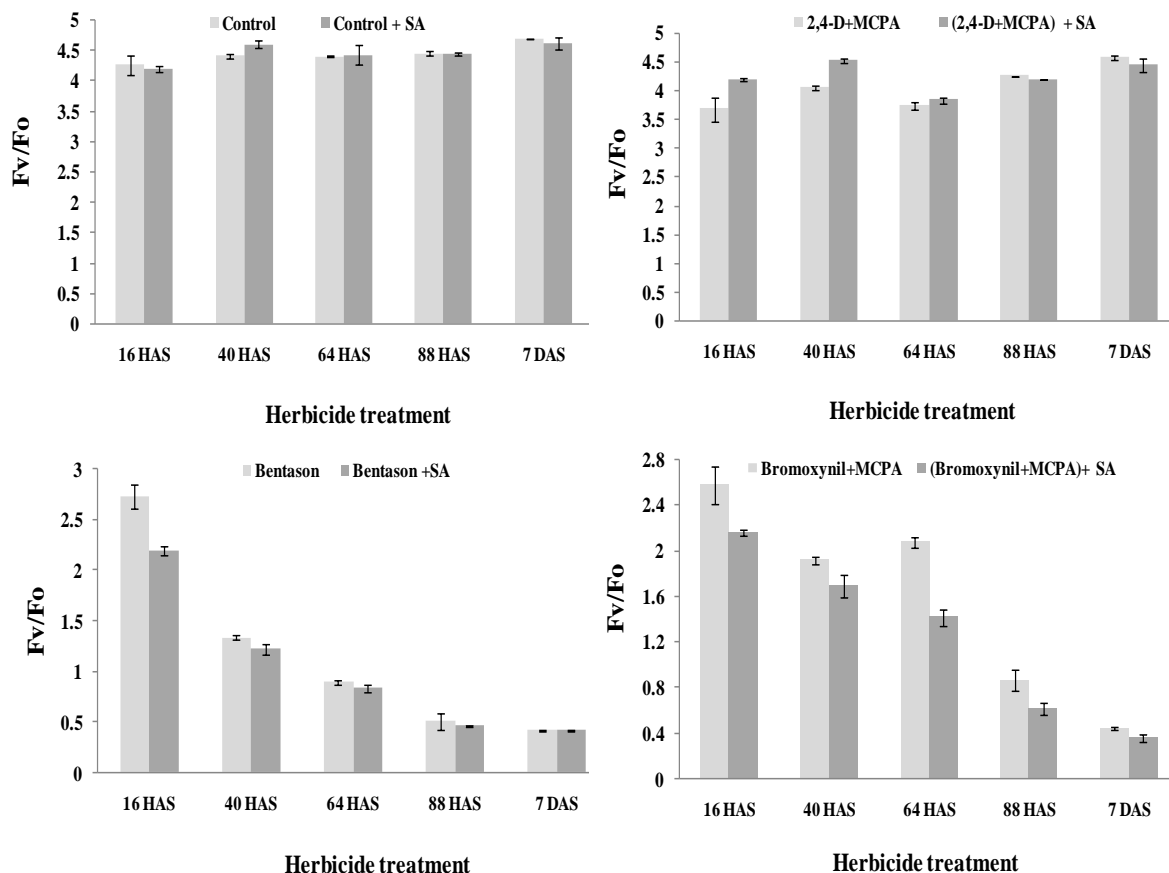
Figure 5. Effect of different herbicide treatments and salicylic acid on *Chenopodium album* L. changes in heat dissipation in the photosystem II antenna (Fo/Fm) 16, 40, 64 and 88 hours and 7 days after herbicide applications

(Kalaji and Loboda, 2007; Kalaji *et al.*, 2011)؛ از این رو برای بررسی پاسخ گیاه به تنش می‌توان از آن استفاده کرد (Oukarroum *et al.*, 2007). نتایج آزمایش نشان داد علف‌کش‌های بتنازون و بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ در مقایسه با شاهد (عدم مصرف علف‌کش) و تیمار توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ، در همان ساعات اولیه بعد از تیمار، باعث کاهش  $PI_{ABS}$  و زنده‌مانی علف‌هرز سلمه‌تره شدند (شکل ۷). SA بر شدت کاهش  $PI_{ABS}$  در سلمه‌تره‌های تیمار شده با بتنازون و بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ افزود (شکل ۷). زنده‌مانی بوته‌های سلمه‌تره تیمار شده با توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ از روز هفتم تحت تاثیر قرار گرفت و کاهش یافت (شکل ۷).

کارایی کمپلکس تجزیه کننده آب به عنوان دهنده الکترون به فتوسیستم II (Fv/Fo) تحت تاثیر کاربرد علف‌کش‌های بتنازون و بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ قرار گرفت (شکل ۶). علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ تاثیر معنی‌داری روی Fv/Fo نداشت (شکل ۶). در تیمارهای علف‌کشی بتنازون و بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ، SA نه تنها نتوانست از کارایی کمپلکس تجزیه کننده آب بکاهد، بلکه در تیمار بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ، باعث افزایش فعالیت سینترژیستی علف‌کش و کاهش شدید این پارامتر گردید (شکل ۶).

#### ۷- شاخص عملکرد فتوستتزی ( $PI_{ABS}$ )

شاخص عملکرد فتوستتزی ( $PI_{ABS}$ ) اطلاعات مناسبی درباره وضعیت گیاه و قدرت زنده‌مانی آن ارائه می‌دهد



شکل ۶- تاثیر تیمارهای مختلف علف کشی و سالیسیلیک اسید بر فعالیت کمپلکس تجزیه کننده آب به عنوان دهنده الکترون به فتوسیستم II (Fv/Fo) سلمه تره ۱۶، ۴۰، ۶۴، ۸۸ ساعت و هفت روز پس از کاربرد علف کش

Figure 6. Effect of different herbicide treatments and salicylic acid on *Chenopodium album* L. Efficiency of the water-splitting complex on the donor side of PSII (Fv/Fo) 16, 40, 64 and 88 hours and 7 days after herbicide applications

جدول ۸- تجزیه واریانس میانگین مربعات شاخص عملکرد (PI<sub>ABS</sub>) سلمه تره ۱۶، ۴۰، ۶۴ و ۸۸ ساعت و هفت روز پس از کاربرد علف کش

Table 8- Means comparison analysis of variance *Chenopodium album* L. Performance Index (PI<sub>ABS</sub>) 16, 40, 64 and 88 hours and 7 days after herbicide applications

Source of Variation	Df	Sampling times				
		16 HAS	40 HAS	64 HAS	88 HAS	7 DAS
Block	2	0.00011 ns	0.00016 ns	0.00032*	0.00002 ns	0.00013 ns
Treatments	7	0.0024**	0.0037**	0.0045**	0.0055**	0.0068**
Error	14	0.00009	0.000083	0.000063	0.00007	0.00009
CV	-	11.3	12	11.1	12.04	11.6
R-Square	-	0.94	0.95	0.97	0.97	0.97

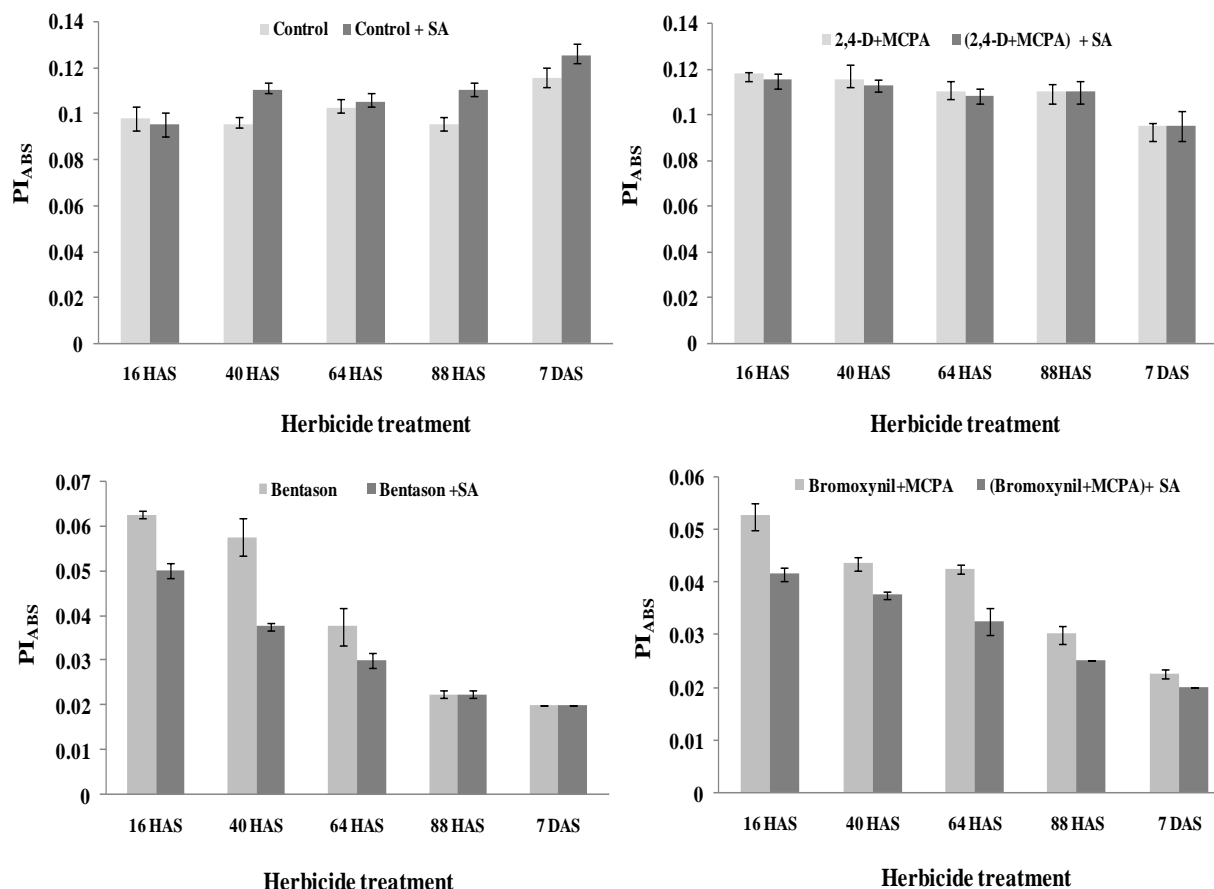
\*، \*\* و ns به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم اختلاف معنی داری می باشد.

\*P<0.05; \*\*P<0.01 and not Significant

### ۸- شاخص کلروفیل برگ

شاهد بهبود بخشید ولی نه تنها مانع کاهش آن در تیمارهای علف کشی نشد، بلکه در تیمار بروموکسینیل + ام سی پی آ در مقایسه با شاهد (عدم مصرف SA)، توانست شاخص کلروفیل برگ را افزایش دهد (شکل ۸).

در شاهد، شاخص کلروفیل برگ با گذشت زمان افزایش یافت اما در تیمارهای علف کشی با گذشت زمان روندی نزولی داشت. کاربرد SA، شاخص کلروفیل برگ را در تیمار



شکل ۷- تاثیر تیمارهای مختلف علف‌کشی و سالیسیلیک اسید بر شاخص عملکرد (PI<sub>ABS</sub>) سلمه‌تره ۱۶، ۴۰، ۶۴، ۸۸ ساعت و هفت روز پس از کاربرد علف‌کشی

Figure 7. Effect of different herbicide treatments and salicylic acid on *Chenopodium album* L. performance index (PI<sub>ABS</sub>) 16, 40, 64 and 88 hours and 7 days after herbicides applications

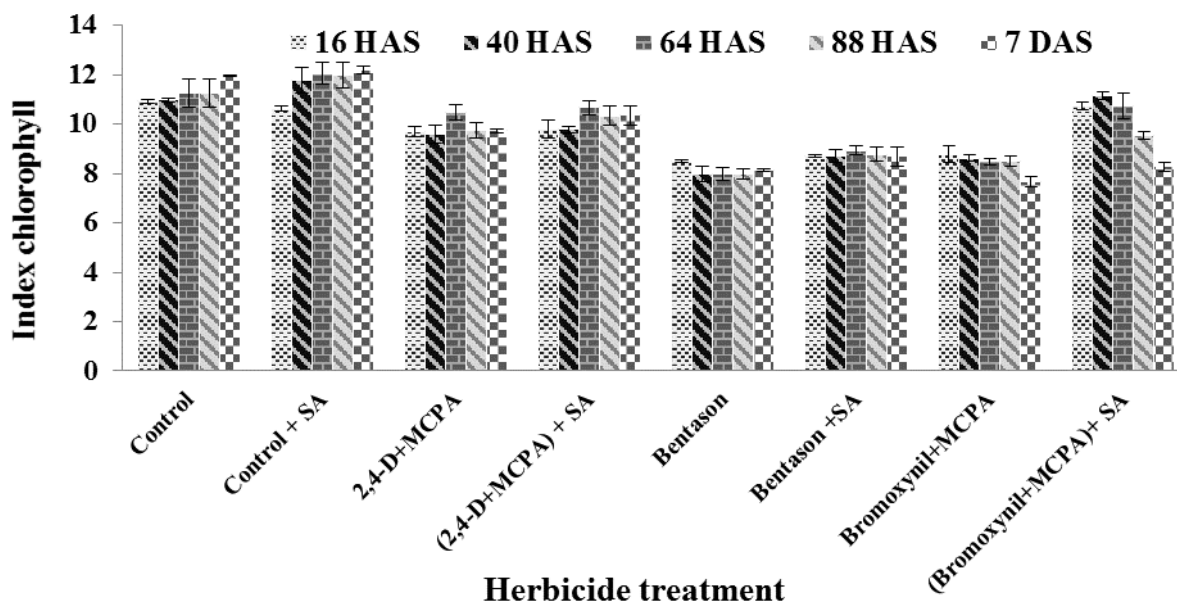
جدول ۹- تجزیه واریانس میانگین مربعات شاخص کلروفیل سلمه‌تره ۱۶، ۴۰، ۶۴ و ۸۸ ساعت و هفت روز پس از کاربرد علف‌کشی

Table 9- Means comparison analysis of variance for chlorophyll index *Chenopodium album* L. 16, 40, 64 and 88 hours and 7 days after herbicide applications

Sampling times						
Source of Variation	Df	16 HAS	40 HAS	64 HAS	88 HAS	7 DAS
block	2	03 ns	0.48 ns	0.33 ns	1.36 ns	1.02 ns
treatments	7	2.9**	5.6**	6.2**	5.7**	9.1**
error	14	0.38	0.76	1.33	1.14	0.37
CV	-	6.33	8.9	11.4	10.9	6.3
R-Square	-	0.81	0.83	0.8	0.79	0.92

ns و \*\* به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم اختلاف معنی داری می‌باشد.

\*P<0.05; \*\*P<0.01 and not Significant



شکل ۸- تاثیر تیمارهای مختلف علف‌کشی و سالیسیلیک اسید بر شاخص کلروفیل سلیمه‌تره پس ۱۶، ۴۰، ۶۴، ۸۸ ساعت و هفت روز پس از کاربرد علف‌کش

Figure 8. Effect of different herbicide treatments and salicylic acid on *Chenopodium album* L. Index chlorophyll 16, 40, 64 and 88 hours and 7 days after herbicides applications

گردید (شکل ۹). تحقیقات نشان داده است که کاربرد SA در گیاه نخود فرنگی<sup>۱</sup> تحت تشعشعات ماوراء بنفش، باعث افزایش ارتفاع، سطح برگ، وزن خشک برگ و میزان فتوسنتز خالص برگ می‌شود (Martel and Qaderi, 2016).

## ۹- ارتفاع و وزن خشک

ارتفاع و وزن خشک سلیمه‌تره تحت تاثیر تیمارهای مختلف علف‌کشی در مقایسه با شاهد (عدم مصرف علف‌کش) کاهش یافت. بیشترین کاهش در تیمار بنتازون مشاهده شد. SA در تمامی تیمارها باعث افزایش ارتفاع و وزن خشک سلیمه‌تره

جدول ۱۰- تجزیه واریانس میانگین مربعات وزن خشک و ارتفاع سلیمه‌تره، ۱۴ روز پس از کاربرد علف‌کش

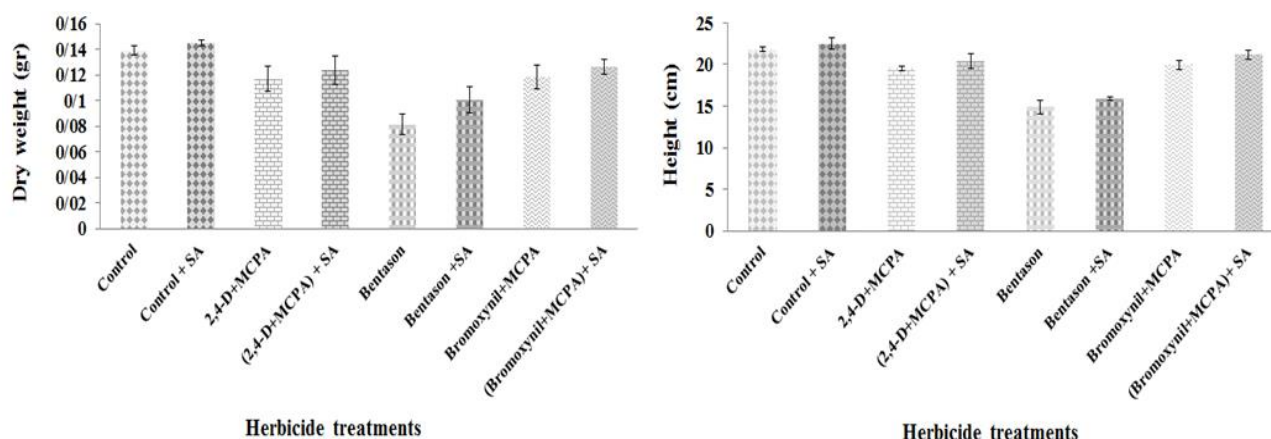
Table 10- Means comparison analysis of variance for *Chenopodium album* L. dry weight and height 14 days after herbicide applications

Source of Variation	Df	Dry weight	Height
Block	2	3.12 ns	0.0017*
Treatments	7	22.7**	0.0013*
error	14	3.1	0.00043
CV	-	8.9	7.43
R-Square	-	0.81	0.77

\*, \*\* و ns به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم اختلاف معنی داری می‌باشد.

\*P<0.05; \*\*P<0.01 and not Significant

<sup>۱</sup> - *Pisum sativum*



شکل ۹- تاثیر تیمارهای مختلف علف‌کشی و سالیسیلیک اسید بر ارتفاع و وزن خشک سلمه‌تره، ۱۴ روز بعد از کاربرد علف‌کشی

Figure 9. Effect of different herbicide treatments and salicylic acid on *Chenopodium album* L. height and dry weight 14 days after herbicide applications

$(\varphi_{po} = Fv/Fm)$  و افزایش هدررفت گرمایی در گیرنده‌های فتوسیستم II ( $Fo/Fm$ ) و هدررفت انرژی در هر مرکز واکنش فتوسیستم II ( $DIo/RC$ ) در ارتباط باشد (Balabanova et al., 2016). افزایش  $Fo$  و کاهش  $Fm$  در بوته‌های نخود<sup>۱</sup> و گندم<sup>۲</sup> تیمار شده با علف‌کش فلورانتین<sup>۳</sup> نیز گزارش شده است (Kummerova et al., 2006; Tomar & Jajoo, 2013). تغییر پارامترهای فلورسانس کلروفیل  $a$  در گیاهچه‌های شاهی گوش‌موشی<sup>۴</sup> تحت تاثیر علف‌کش آسولام<sup>۵</sup>، بیفنوکس<sup>۶</sup>، گلايفوست، دیکلوفوپ متیل و ایمازاتاپیر نیز گزارش شده است (Barbagallo et al., 2003). حمامی و همکاران (Hammami et al., 2014) در بررسی اثر علف‌کش ستوکسیدیم (از بازدارنده‌های ACCase) روی یولاف، شاهد کاهش حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II ( $\varphi_{po} = Fv/Fm$ ) بودند. با افزایش غلظت کاربردی مزوتریون بر روی ذرت تا چهار روز پس از کاربرد علف‌کش، پارامتر  $Fv/Fm$  کاهش یافت (Freitas et al., 2016). ۴۸ ساعت پس از کاربرد علف‌کش گلايفوست روی سویا (مقاوم نشده به گلايفوسیت)

نتایج نشان داد که در مقایسه با شاهد، علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ (از علف‌کش‌های اکسینی)، تاثیر چندانی بر پارامترهای فلورسانس کلروفیل  $a$  ندارد. بنا به گزارش آوار ساجی و همکاران (Avarseji et al., 2012)، دایکامبا + توفوردی نیز تاثیر مستقی می‌بر روی فتوستنز نداشتند. بنتازون و بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ باعث افزایش فلورسانس حداقل ( $Fo$ ) و هدررفت گرمایی گیرنده‌های فتوسیستم II ( $Fo/Fm$ ) و کاهش فلورسانس حداکثر ( $Fm$ )، فلورسانس متغیر ( $Fv$ )، حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II ( $\varphi_{po} = Fv/Fm$ ) و شاخص عملکرد فتوستنزی ( $PI_{ABS}$ ) شدند؛ این امر می‌تواند نشان دهنده عدم توانایی رنگدانه‌های فتوستنزی در دریافت تشعشعات خورشیدی و انتقال الکترون به جفت کلروفیل  $a$  واقع در مرکز واکنش فتوسیستم II باشد. بالابانوا و همکاران (Balabanova et al., 2016) نیز در پی کاربرد علف‌کش ایمازاماکس (بازدارنده ALS) در آفتابگردان، شاهد افزایش  $Fo$  و کاهش حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II ( $\varphi_{po} = Fv/Fm$ ) و شاخص عملکرد فتوستنزی ( $PI_{ABS}$ ) بودند و علت آن را ناتوانی رنگدانه‌های فتوستنزی در دریافت انرژی نورانی و انتقال آن به جفت کلروفیل  $a$  واقع مرکز واکنش گزارش کردند (Balabanova et al., 2016). این پدیده می‌تواند با کاهش حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II

1 - *Pisum sativum* L.

2 - *Triticum aestivum* L.

3 - Fluoranthene

4 - *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.

5 - asulam

6 - bifenox

دو علفکش، باعث افزایش یا کاهش پارامترهای مورد بررسی گردید. بنا به گزارشات موهاره‌کار و همکاران (Moharekar et al., 2003)، پور و همکاران (Poor et al., 2003) و فایز و همکاران (Fayez et al., 2013)، SA در مقادیر بالا می‌تواند باعث کاهش محتوی کلروفیل و در نهایت مرگ گیاه شود. SA به مقدار مناسب و بسته به گونه گیاه می‌تواند به عنوان تنظیم کننده رشد باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنزیم‌ها و افزایش تحمل گیاه به تنش‌های غیرزیستی شود (He et al., 2002؛ Radwan, 2012).

در شرایط گلخانه، هانگ و همکاران (Hunge et al., 2012)، شاهدافزایش Fo و کاهش Fm بودند.

در مجموع نتایج نشان داد که علفکش‌های بنتازون و بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ بیشترین تاثیر را بر پارامترهای فلورسانس کلروفیل *a* شاخص کلروفیل، وزن خشک و ارتفاع داشتند. SA روی شاخص کلروفیل، وزن خشک و پارامترهای فلورسانس کلروفیل *a* تاثیرگذار بود؛ کاربرد آن همراه با بنتازون و بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ نه تنها نتوانست از کارایی این دو علفکش بکاهد، بلکه در مواردی همسو با این

## منابع

- Ahmad, A., Hayat, S., Fariduddin, Q. and Ahmad, I. 2001. Photosynthetic efficiency of plants of *Brassica juncea* treated with chlorosubstituted auxins. *Photosynthetica*. 39: 565–568.
- Ananieva, E.A., Alexieva, V.S. and Popova, L.P. 2002. Treatment with salicylic acid decreases the effects of paraquat on photosynthesis. *Plant Physiol*. 159: 685–693.
- Asada, K. 2006. Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions. *Plant Physiol*. 141, 391–396.
- Avarseji, Z., Rashedmohassel, M.H., Nezami, A., Abbaspoor, M. and Nassiri mahallati, M. 2012. Dicamba+2,4-D affects the shape of the Kautsky curves in wild mustard (*Sinapis arvensis*). *Plant Knowl. J.* 1: 41-45
- Balabanova, D.A., Paunov, M., Goltsev, V., Cuypers, A., Vangronsveld, J. and Vassile, A. 2016. Photosynthetic Performance of the Imidazolinon Resistant Sunflower Exposed to Single and Combined Treatment by the Herbicide Imazamox and an Amino Acid Extract. *Front. Plant Sci.* 1-10.
- Baker, N.R. and Rosenqvist, E. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Exp. Bot.* 55: 1607–1621.
- Barbagallo, R.P., Oxborough, K., Pallett, K.E. and Baker, N.R. 2003. Rapid, non-invasive screening for perturbations of metabolism and plant growth using chlorophyll fluorescence imaging. *Plant Physiol*. 132: 485-493.
- Bayat, H., Alirezaie, M. and Neamati, H. 2012. Impact of exogenous salicylic acid on growth and ornamental characteristics of calendula (*Calendula officinalis* L.) under salinity stress. *J. Stress Physiol. Biochem.* 8: 258-267.
- Cobb, A.H., and Reade, J.P.H. 2010. *Herbicides and Plant Physiology* (Second Edition). Wiley-Blackwell Publication. 295 P.
- Deef, H.E. 2013. Salicylic Acid and Cytokinin Protects Maize Plant against Glyphosate Action. *Egypt. J. Agro.* 35: 115-133.
- El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley Gains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regul.* 45: 215-225.
- Fariduddin, Q., Hayat, S. and Ahmad, A. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica*. 41, 281–284.
- Fayez, K.A., Radwan, D.E.M., Mohamed K.A., and Abdelrahman, M.A. 2013. Alteration in protein contents and polypeptides of peanut plants due to herbicides and salicylic acid treatments. *J. Environ. Stud.* 11:27–36.
- Freitas, I.L., Rodrigues, W.P., Freitas, S., Freitas, J.A., Amim, R.T., Junior, A.T. and Acampostrini, E. 2016. Physiological aspects of corn plants related to mesotrione herbicide selectivity. *Australian J. Crop Sci.* 10(8): 1158-1163.
- Ghassemi-Golezani, K., and Lotfi, R. 2015. The impact of salicylic acid and silicon on chlorophyll *a* fluorescence in mung bean under salt stress. *Russian J. Plant Physiol.* 62(5): 611-616.

- Glass, A.D.M. and Dunlop, J. 1974. Influence of phenolic acids on uptake. IV Depolarization of membrane potentials. *Plant Physiol.* 54, 855-858.
- Halliwell, B., Aeschbach, R., Loliger, J. and Auroma, O.I. 1995. The characterization of antioxidants. *Food Chem. Toxicol.* 33: 601-617.
- Hammami, H., Mohassel, M.H., Parsa, M., Bannayan-aval, M. and Zand, E. 2014. Behavior of Sethoxydim Alone or in Combination with Turnip Oils on Chlorophyll Fluorescence Parameter. *Not. Sci. Biol.* 6(1): 112-118.
- Han, Y.C. and Wang, C.Y. 2002. Physiological basis of bentazon tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) lines. *Weed Biol. Manage.* 2 (4): 186-193.
- He, Y.L., Liu, Y.L., Chen, Q., and Bian, A.H. 2002. Thermotolerance related to antioxidation induced by salicylic acid and heat hardening in tall fescue seedlings. *J. Plant Physiol. Molcul. Biol.* 28: 89-95
- Huang, Y., Thomson, S.J., Molin, W.T., Reddy, K.N and Yao, H. 2012. Early detection of soybean plant injury from glyphosate by measuring chlorophyll reflectance and fluorescence. *Agri. Sci.* 4: p117.
- Kalaji, M.H. and Loboda, T. 2007. Photosystem II of barley seedlings under cadmium and lead stress, *Plant Soil Environ.* 53, 511-516.
- Kalaji, H.M. and Guo, P. 2008. CHLOROPHYLL FLUORESCENCE: A USEFUL TOOL IN BARLEY PLANT BREEDING PROGRAMS (Chapter 12 ). In: *Photochem. Res. Prog.* 447-471.
- Kalaji, H.M., Govindjee, Bosa, K., Koscielniak, J., Zuk-Golaszewska, K. 2011. Effects of salt stress on photosystem II efficiency and CO<sub>2</sub> assimilation of two Syrian barley landraces. *Environmental and Experimental Botany.* 73, 64-72.
- Kaya, A., and Yigit, E. 2014. The physiological and biochemical effects of salicylic acid on sunflowers (*Helianthus annuus*) exposed to flurochloridone. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 105: 232-238.
- Khan, W., Prithviraj, B. and Smith, D.L. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Plant Physiol.* 160, 485-492.
- Khodary, S.F.A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. *Agriculture Biology.* 6: 5-8.
- Katalin, J., Hideg, E., Szalai, G., Kovacs, L. and Janda, T. 2012. Salicylic acid may indirectly influence the photosynthetic electron transport. *Plant Physiol.* 169, 971-978
- Kocheva, K., Lambrev, P., Georgiev, G., Goltsev, V. and Karabaliev, M. 2004. Evaluation of chlorophyll fluorescence and membrane injury in the leaves of barley cultivars under osmotic stress. *Bioelectrochemistry.* 63: 121-124.
- 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. *Plant Physiol.* 165: 920-931.
- Kummerova, M., Krulova, J., Zezulka, S and Triska, J. 2006. Evaluation of fluoranthene phytotoxicity in pea plants by Hill reaction and chlorophyll fluorescence. *Chemosphere.* 65: 489-496.
- Lu, Ch.Y., Zhangc, Sh., and Yang, H. 2015. Acceleration of the herbicide isoproturon degradation in wheat by glycosyltransferases and salicylic acid. *Hazardous Material.* 283: 806-814.
- Martel, A.B. and Qaderi, M.M. 2016. Does salicylic acid mitigate the adverse effects of temperature and ultraviolet-B radiation on pea (*Pisum sativum*) plants. *Environ. Exp. Bot.* 122: 39-48
- Mehta, P., Jajoo, A., Mathur, S. and Bharti, S. 2010. Chlorophyll a fluorescence study revealing effects of high salt stress on Photosystem II in wheat leaves. *Plant Physiol. Biochem.* 48: 16-20.
- Moharekar, S.T., Lokhande, S.D., Hara, T., Tanaka, R., Tanaka, A., and Chavan, P.D. 2003. Effect of Salicylic Acid on Chlorophyll and Carotenoid Contents of Wheat and Moong Seedlings. *Photosynthetica.* 41: 315-317.
- Muller, P. and Niyogi, K.K., 2001. Non-photochemical quenching. A response to excess light energy. *Plant Physiol.* 125: 1558-1566.
- Oukarroum, A., Madidi, S.E., Schansker, G. and Strasser, R.J. 2007. Probing the responses of barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.) by chlorophyll a fluorescence OJIP under drought stress and re-watering. *Environ. Exp. Bot.* 60: 438-446.
- Pandan, D., Rao, D.N., Sharma, S.G., Strasser, R.J. and Sarkar, R.K. 2006. Submergence effects on rice genotypes during seedling stage: Probing of submergence driven changes of photosystem II by chlorophyll a fluorescence induction O-J-I-P transients. *Photosynthetica.* 44, 69-75.
- Poór, P., Gémes, K., Horváth, F., Szepesi, Á., Simon, M.L., and Tari, I. 2011. Salicylic acid treatment via the rooting medium interferes with stomatal



- response, CO<sub>2</sub> fixation rate and carbohydrate metabolism in tomato, and decreases harmful effects of subsequent salt stress. *Plant Biol.* 13:105–114.
- Radwan, D.E.M. 2012. Salicylic acid induced alleviation of oxidative stress caused by clethodim in maize (*Zea mays* L.) leaves. *Pest. Biochem. Physiol.* 102:182–188.
- Radwan, D.E.M., and Soltan, D.M. 2012. The negative effects of clethodim in photosynthesis and gas-exchange status of maize plants are ameliorated by salicylic acid pretreatment. *Photosynthetica.* 50 (2): 171-179.
- Rao, M.V., Paliyath, G., Ormond, P., Murr, D.P. and Watkins, C.B. 1997. Influence of salicylic acid on H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> production, oxidative stress and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-metabolizing enzymes. *Plant Physiol.* 115: 137–49.
- Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Biol.* 43: 439-463.
- Reed, R.C., Brady, S.R., and Muday, G.K. 1998. Inhibition of auxin movement from the shoot into the root inhibits lateral root development in arabidopsis. *Plant Physiol.* 118: 1369–1378.
- Shah, J. 2003. The salicylic acid loop in plant defense. *Curr. Opin. Plant. Biol.* 6: 365–71.
- Sheibani S. and Ghadiri. H. 2012. Effect of split nitrogen fertilization and herbicide application on soil weed seed bank in wheat (*Triticum aestivum* L.) and oilseed rape (*Brassica napus* L.) rotation. *Biol. Environ. Sci.* 6(16): 25-33.
- Stevens, J., Senaratna, T., and Sivasithamparam, K. 2006. Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilisation. *Plant Growth Regul.* 49, 77–83
- Strobel, N.E, and Kuc, A. 1995. Chemical and biological inducers of systemic acquired resistance to pathogens protect cucumber and tobacco from damage caused by paraquat and cupric chloride. *Phytopathology.* 85:1306.
- Tomar, R.S. and Jajoo, A. 2013. A quick investigation of the detrimental effects of environmental pollutant polycyclic aromatic hydrocarbon fluoranthene on photosynthetic efficiency of wheat (*Triticum aestivum*). *Ecotoxicology.* 22: 1313-1318.
- Van Rensen, J.J.S., and Vredenberg W.J. 2009. Higher concentration of Q<sub>B</sub>-nonreducing photosystem II centers in triazine-resistant *Chenopodium album* plants as revealed by analysis of chlorophyll fluorescence kinetics. *J. Plant Physiol.* 166: 1616–1623.
- Zhao, H.J., Lin, X.W., Shi, H.Z., and Chang, S.M. 1995. The regulating effect of phenolic compounds on the physiological characteristics and yield of soybeans. *Acta Agro. Sci.* 21: 351-355.