

بررسی پارامترهای مختلف فلورسانس کلروفیل علف‌هرز فالاریس (*Phalaris minor*)

تحت تأثیر علف‌کش مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل

زینب اورسجی^{۱*} و المیرا محمدوند^۲

۱- *نویسنده مسئول: استادیار، گروه توليدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران
(avarseji@gonbad.ac.ir)

۲- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۰۳

چکیده

اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل، روشی غیرتخریبی و بسیار حساس است که اطلاعات مهمی در رابطه با دستگاه فتوسنتز گیاه به دست می‌دهد. این پژوهش با هدف امکان‌سنجی بهره‌گیری از پارامترهای مهم فلورسانس کلروفیل در تشخیص زودهنگام اثرات تخریبی علف‌کش مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل قبل از بروز علائم ظاهری آن در علف‌هرز فالاریس انجام شد. آزمایش گلخانه‌ای با شش تیمار و پنج تکرار، به صورت کاملاً تصادفی، جهت بررسی پارامترهای فلورسانس کلروفیل شامل F_{vj} (فلورسانس نسبی در مرحله J)، F_v/F_m (حداکثر کارایی عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو)، PI (شاخص فتوسنتز) و Area (حداکثر ظرفیت کوئینونی فتوسیستم دو) در فالاریس تا هفت روز پس از پاشش علف‌کش مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل انجام شد. نتایج نشان داد که واکنش صفات F_v/F_m و Area به مصرف مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل آهسته بود؛ در حالی که صفات F_{vj} و PI واکنش سریعی نشان دادند. تقریباً از همان روز اول پس از سم‌پاشی دو صفت F_{vj} و PI کاهش محسوسی نشان دادند که این روند کاهش در PI شدیدتر اما همراه با خطای استاندارد بیشتری نسبت به F_{vj} بود. با افزایش میزان علف‌کش مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل، هر دو پارامتر PI و F_{vj} کاهش یافتند. می‌توان نتیجه گرفت که این دو پارامتر PI و F_{vj} حساسیت ویژه‌ای به علف‌کش نشان دادند و قبل از ظهور علائم ظاهری علف‌کش تصویری از تأثیرات مخرب فیزیولوژیک آن در اختیار قرار دادند؛ به طوری که در روز هفتم مقادیر پارامترهای PI و F_{vj} به ترتیب ۹۴ و ۷۵ درصد کاهش نشان داد.

کلید واژه‌ها: شاخص فتوسنتز، ظرفیت کوئینونی، فلورسانس نسبی، کارایی عملکرد کوانتومی

مقدمه

از تاریکی به روشنایی انتقال می‌یابند، کارایی فلورسانس کلروفیل حدود یک ثانیه افزایش می‌یابد و شدت فلورسانس کلروفیل a تغییرات خاصی به نام اثر کاتسکی بروز می‌دهد که به دلیل احیای گیرنده‌های الکترون در مسیر فتوسنتزی فتوسیستم دو شامل پلاستوکوئینون‌ها و مخصوصاً کوئینون A می‌باشد. در پی جذب نور توسط فتوسیستم دو و آزاد شدن الکترون از مرکز واکنش، کوئینون A الکترون دریافت

طیف فلورسانس با طیف نور جذب شده توسط کلروفیل کاملاً متفاوت است و دارای طول موج بیشتری می‌باشد. بنابراین می‌توان عملکرد فلورسانس را با قراردادن یک برگ در برابر طول موج تعریف شده‌ای از نور و اندازه‌گیری میزان نور ساطع شده با طول موج بلندتر، کمی کرد (Maxwell and Johnson, 2000). Kautsky et al. (1960) دریافتند هنگامی که گیاهان



کوانتومی فتوسیسم دو است، رسید که در تمام گیاهان عالی و بدون تنش معادل $0.78-0.84$ می باشد (Bjorkman and Demmig, 1987). پارامتر F_{vj} تغییرات نسبی در مرحله J را نشان می دهد و از صفات رایج، جهت بررسی واکنش علف کش هایی با محل اثر متفاوت است (Christensen *et al.*, 2003). پارامتر Area (مساحت بالای منحنی القای فتوستتر و بیانگر حداکثر ظرفیت کوئینونی فتوسیستم دو) مدت زمان زیادی است که در بررسی اثرات گیاه کشی مورد استفاده قرار می گیرد (Samson and Popovic, 1988)؛ از آنجا که این پارامتر متناسب با فعالیت فتوشیمیایی فتوسیستم دو می باشد، بنابراین برای ارزیابی علف کش هایی که به طور مستقیم بر فتوستتر تأثیر می گذارند مناسب می باشد (Lavorel *et al.*, 1986). Samson and Popovic (1988) از پارامتر Area به عنوان شاخص سمیت علف کش هایی مانند آترازین و دیورون در گیاه *Dunaliella tertiolecta* استفاده کردند. نتایج آن ها نشان از کاهش چشمگیری در مقدار این پارامتر در غلظت های مختلف این علف کش ها داشت. قدرت حیات گیاهان، توسط پارامتر PI (شاخص فتوستتر) مشخص می شود (Strasser *et al.*, 2000)؛ که جزء شاخص های بسیار حساس به تنش ها است؛ زیرا از سه پارامتر مستقل دیگر شامل ۱. تعداد مراکز واکنش کاملاً فعال (RCs) ۲. کارایی کوانتومی فتوشیمیایی اولیه ۳. احتمال جذب فوتون های به دام افتاده توسط مراکز واکنش، تشکیل شده (Strasser *et al.*, 2004)؛ که هر نوع تغییر در یکی از این سه پارامتر، مستقیماً شاخص فتوستتر را تحت تأثیر قرار می دهد.

علف کش ها صرف نظر از نحوه ورودشان به گیاه (ریشه، شاخ و برگ، یا هر دو) به گونه ای طراحی شده اند که گیاهان ناخواسته^۷ را یا با ممانعت از فتوستتر و یا با تغییر در فرایندهای متابولیکی از بین می برند

7- Non-desirable

می کند و از آنجایی که تنها دارای ظرفیت پذیرش یک الکترون است، قادر به دریافت الکترون دیگری نیست؛ مگر این که الکترون را به انتقال دهنده دیگر الکترون ها (کوئینون B) منتقل کند، در این زمان اصطلاحاً مراکز واکنش بسته شده است (Baker and Rosenqvist, 2004). بنابراین تابش نوری با طول موج 650 نانومتر به برگ سالم سازش یافته به تاریکی^۱، باعث افزایش فلورسانس کلروفیل می شود (Strasser and Govindjee, 1991). در گیاهان عالی منحنی القای فلورسانس کلروفیل یا منحنی کاتسکی شامل یک فاز افزایشی تند (یک ثانیه) و فاز کاهشی کند (چند دقیقه) می باشد (Stirbet and Govindjee, 2011). فاز کند منحنی کاتسکی به نام SMT خوانده می شود که در آن S به معنای حالت نیمه پایدار^۲، M^۳ یعنی حداکثر و T^۴ نشان دهنده سطح پایدار پایانی می باشد. فاز تند به نام OJIP شناخته می شود که O^۵ در آن نمایانگر مبدأ است، J و I سطوح میانی و P^۶ نشانگر قله و حداکثر فلورسانس می باشد (Govindjee and Satoh, 1986). مرحله OJ، فاز فتوشیمیایی نامیده می شود و بسیار سریع (حدود دو میلی ثانیه) است که به شدت نور تهییج کننده وابسته می باشد. در حالی که مرحله JI و IP به عنوان فاز گرمایی و حساس به دما شناخته می شوند و بسیار آهسته تر از فاز قبلی اتفاق می افتند (Stirbet and Govindjee, 2011).

پارامترهای F_0 و F_m و یا نسبت F_m/F_0 که در گیاهان سالم و بدون تنش مقدار این نسبت معادل $5-6$ می باشد؛ از نمونه های سازش یافته به تاریکی استخراج می گردد (Bjorkman and Demmig, 1987). علاوه بر این تفاضل دو پارامتر F_0 و F_m بیانگر مقدار فلورسانس متغیر (F_v) می باشد که از آن می توان به نسبت معروف F_v/F_m که معادل حداکثر کارایی

-
- 1- Dark adapted leaves
 - 2- Semi steady state
 - 3- Maximum
 - 4- Terminal steady state
 - 5- Origin
 - 6- Peak

elegance plus) و با نازل بادبزی ۸۰۰۱ تحت فشار ۳۰۰ کیلوپاسکال اجرا شد. حجم پاشش ۲۰۰ لیتر در هکتار در نظر گرفته شد. جهت ایجاد شرایط یکنواخت در طول سم پاشی، دستگاه سم پاش با فشار پاشش مورد نظر ثابت شده و روی ریلی با سرعت یکنواخت حرکت می کرد که در نهایت حجم پاشش یکسان، روی تمام علف های هرز ایجاد نمود.

اندازه گیری های فلورسانس کلروفیل، توسط دستگاه فلورسانس متر^۸ که نوری با طول موج ۶۵۰ نانومتر و شدت ۳۰۰۰ میکرومول فوتون در مترمربع در ثانیه را به مدت ۱۰ ثانیه می تاباند، از یک روز پس از سم پاشی تا هفت روز پس از آن در ساعت ۱۰ صبح روی برگ هایی که بوسیله گذاشتن کلیپس روی برگ ها به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفته بودند؛ انجام شد. در هر بار اندازه گیری از همان برگ قبلی، مقادیر فلورسانس ثبت شد تا امکان بروز خطا به حداقل برسد.

پارامترهای مشتق شده از منحنی کاتسکی که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند شامل موارد زیر بودند:

$$1. F_{vj} = (F_m - F_j) / F_m \quad \text{معادله (۱)}$$

$$2. F_v / F_m = (F_m - F_0) / F_m \quad \text{معادله (۲)}$$

F_m : فلورسانس حداکثر

F_0 : فلورسانس پایه

F_j : فلورسانس در مرحله J

$$3. PI = \text{شاخص فتوسنتز}$$

$$4. Area = \text{سطح بالای منحنی کاتسکی}$$

تجزیه داده ها با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه با اندازه گیری های تکراری صورت گرفت که در آن دزهای مختلف علف کش به عنوان متغیر اصلی (Between subject) و زمان های اندازه گیری (روزهای ۱، ۳ و ۷ بعد از سم پاشی) به عنوان متغیر تکراری (Repeated variable) در نظر گرفته شد. جهت مقایسه سطوح دزها از خطای استاندارد و حداقل

(Tomlin, 2000). بنابراین به منظور استفاده از فلورسانس کلروفیل برای ارزیابی اثرات علف کش ها، آن ها را به دو گروه علف کش هایی که به طور مستقیم بر زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی اثر می گذارند و آن دسته که بر فعالیت های متابولیکی گیاه موثرند و به طور غیرمستقیم بر زنجیره انتقال الکترون تاثیر دارند، طبقه بندی می کنند.

هدف از اجرای این پژوهش مقایسه پارامترهای مهم فلورسانس کلروفیل شامل F_{vj} (فلورسانس نسبی در مرحله J)، F_v/F_m (حداکثر کارایی عملکرد کوانتومی فتوسنتز دو)، PI (شاخص فتوسنتز) و $Area$ (حداکثر ظرفیت کوئینونی فتوسنتز دو) در تشخیص زود هنگام اثرات تخریبی علف کش مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل قبل از بروز علائم ظاهری آن در علف هرز فالاریس می باشد.

مواد و روش ها

این آزمایش با پنج تکرار بر پایه طرح کاملاً تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد طی سال ۱۳۹۰ انجام شد. بذور فالاریس پس از خواب شکنی (سه دقیقه اسید سولفوریک ۹۸ درصد و سپس نگهداری در دمای پنج درجه سانتی گراد به مدت یک هفته) به سینی های کشت حاوی پیت و ماس منتقل شدند، سپس گیاهچه هایی که در یک مرحله رشدی (اولین برگ حقیقی) بودند انتخاب و در گلدان هایی با قطر ۱۲ سانتی متر که از خاکی با نسبت ۱:۱:۱ (ماسه، خاک و خاک برگ) پر شده بود، با تراکم چهار بوته کاشته شدند.

تیمارها شامل پنج دز (۱۸، ۱۲، ۸، ۵/۳ و ۳/۵ گرم ماده مؤثره در هکتار) علف کش مزوسولفورون متیل (۱۰ گرم در لیتر) + یدوسولفورون متیل (۲ گرم در لیتر) با نام تجاری آتلاتیس (مقدار توصیه شده یک و نیم لیتر در هکتار) به اضافه تیمار بدون علف کش به عنوان شاهد بودند. کاربرد علف کش در مرحله سه برگی فالاریس توسط دستگاه سم پاش پشتی شارژی (MATABI

8- Handy-PEA, Hansatech Instruments, King's Lynn, Norfolk, UK)

اختلاف معنی‌دار استفاده گردید. تجزیه آماری و رسم شکل‌ها در محیط نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

در این آزمایش پارامترهای Area (حداکثر ظرفیت کوئینونی فتوسیستم دو)، F_v/F_m (حداکثر کارایی عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو)، F_{vj} (فلورسانس نسبی در مرحله J) و PI (شاخص فتوستنز) به مدت هفت روز پس از سم‌پاشی مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل در علف‌هرز فالاریس بررسی شدند. نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه با اندازه‌گیری‌های تکراری نشان داد که اثر دز، زمان و اثر متقابل دو عامل بر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود (جدول ۱). با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل دز × روز، نمودارها به صورت جداگانه برای هر روز رسم شد.

همان‌طور که در شکل (b-1، d-1) مشاهده می‌شود، واکنش صفات Area و F_v/F_m به مصرف مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل آهسته بود؛ در

حالی که صفات F_{vj} و PI واکنش سریعی نشان دادند. تقریباً از همان روز اول پس از سم‌پاشی دو صفت نام‌برده کاهش محسوسی نشان دادند که این روند کاهش PI شدیدتر اما همراه با خطای استاندارد بیشتری نسبت به F_{vj} بود (شکل a-1، c-1). به عبارت دیگر واکنش صفت F_{vj} به مصرف علف‌کش مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل در علف‌هرز فالاریس سریع و یکنواخت بود (شکل a-1). با افزایش میزان علف‌کش مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل، هر دو پارامتر PI و F_{vj} کاهش یافتند (شکل a-1، c-1). پارامتر F_v/F_m که بیانگر حداکثر کارایی عملکرد کوانتومی فتوسیستم دو می‌باشد در یک روز پس از سم‌پاشی تغییر نکرد (شکل b-1) و پارامتر Area که شاخصی از حداکثر ظرفیت کوئینونی فتوسیستم دو می‌باشد نیز واکنش متغیر دندان‌ه‌ای به افزایش دز علف‌کش مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل نشان داد (شکل d-1).

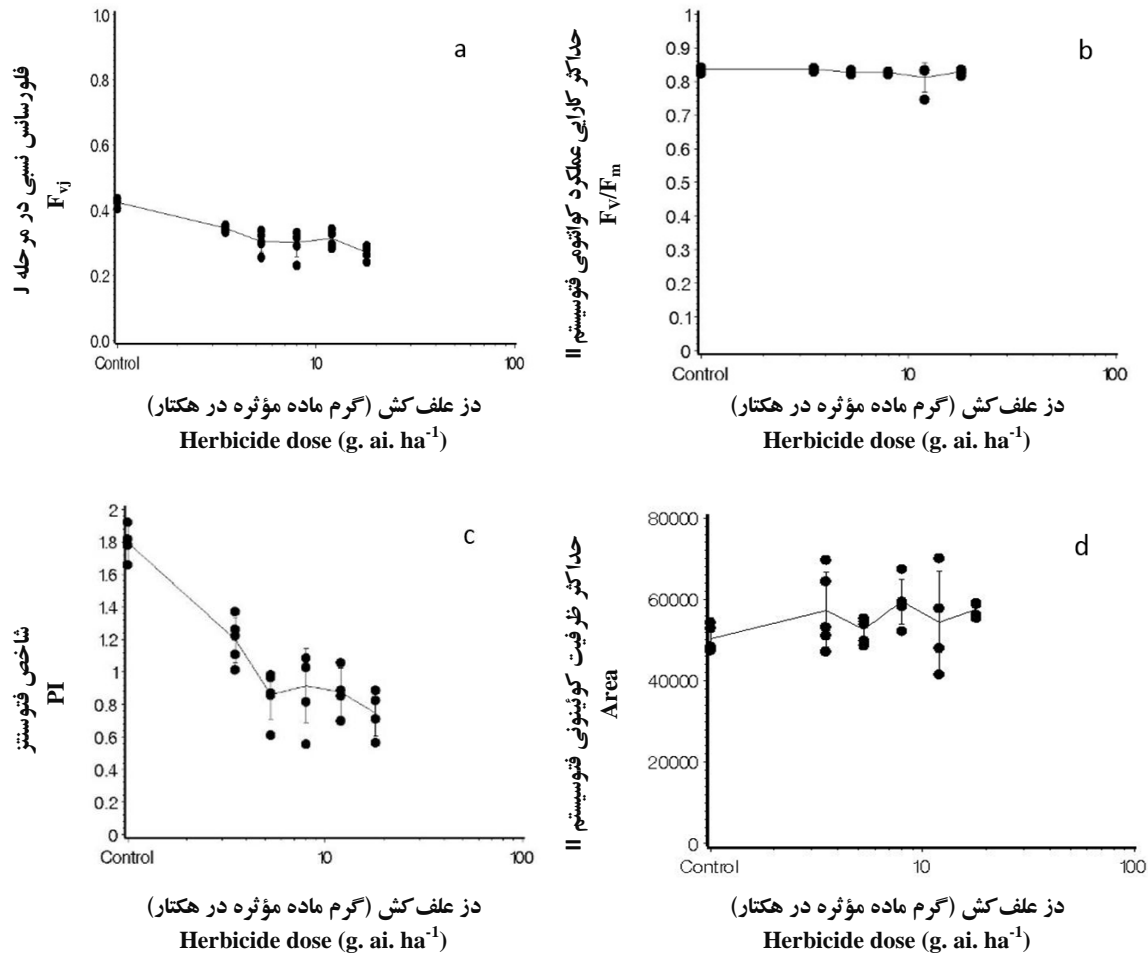
جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) پارامترهای فلورسانس کلروفیل علف‌هرز فالاریس پس از سم‌پاشی با علف‌کش مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل^a

Table 1. Analysis of variance (mean squares) for the fluorescence parameters of *Phalaris minor* after mesosulfuron methyl + iodosulfuron methyl spraying^a

حداکثر ظرفیت کوئینونی فتوسیستم II Area	شاخص فتوستنز PI	حداکثر کارایی عملکرد کوانتومی فتوسیستم II F_v/F_m	فلورسانس نسبی در مرحله J F_{vj}	درجه آزادی df	منابع تغییرات Source of variation
107529810 ^{ns}	4.265 ^{**}	0.010 ^{**}	0.090 ^{**}	5	Dose
65031806	0.016	0.001	0.003	22	Error
1805273367 ^{**}	2.950 ^{**}	0.043 ^{**}	0.084 ^{**}	2	Day
106399304 [*]	0.109 ^{**}	0.003 ^{**}	0.005 ^{**}	10	Time × Dose
44931910	0.022	0.001	0.068	44	Error (time)

^a آنالیز واریانس یک‌طرفه دزهای ۰، ۳/۵، ۵/۳، ۸، ۱۲ و ۱۸ گرم ماده مؤثره در هکتار با تکرار اندازه‌گیری در یک، سه و هفت روز بعد از سم‌پاشی. * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱؛ ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.

One way analysis of variance of 0, 3.5, 5.3, 8, 12, 18 g a.i./ha with measurement repeat at one, two and three days after spraying. * and ** significant at 0.05 and 0.01; ns non-significant.



شکل ۱- پارامترهای فلورسانس کلروفیل در علف‌هرز فالاریس یک روز پس از پاشش مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل (خطوط عمودی خطای استاندارد می باشند؛ هر نقطه نماینده یک تکرار است؛ محور X لگاریتمی است)

Figure 1. Fluorescence parameters of *Phalaris minor* one day after mesosulfuron methyl + iodosulfuron methyl spraying (Vertical lines are standard error; Each point represent as one replication; X axis is logarithmic)

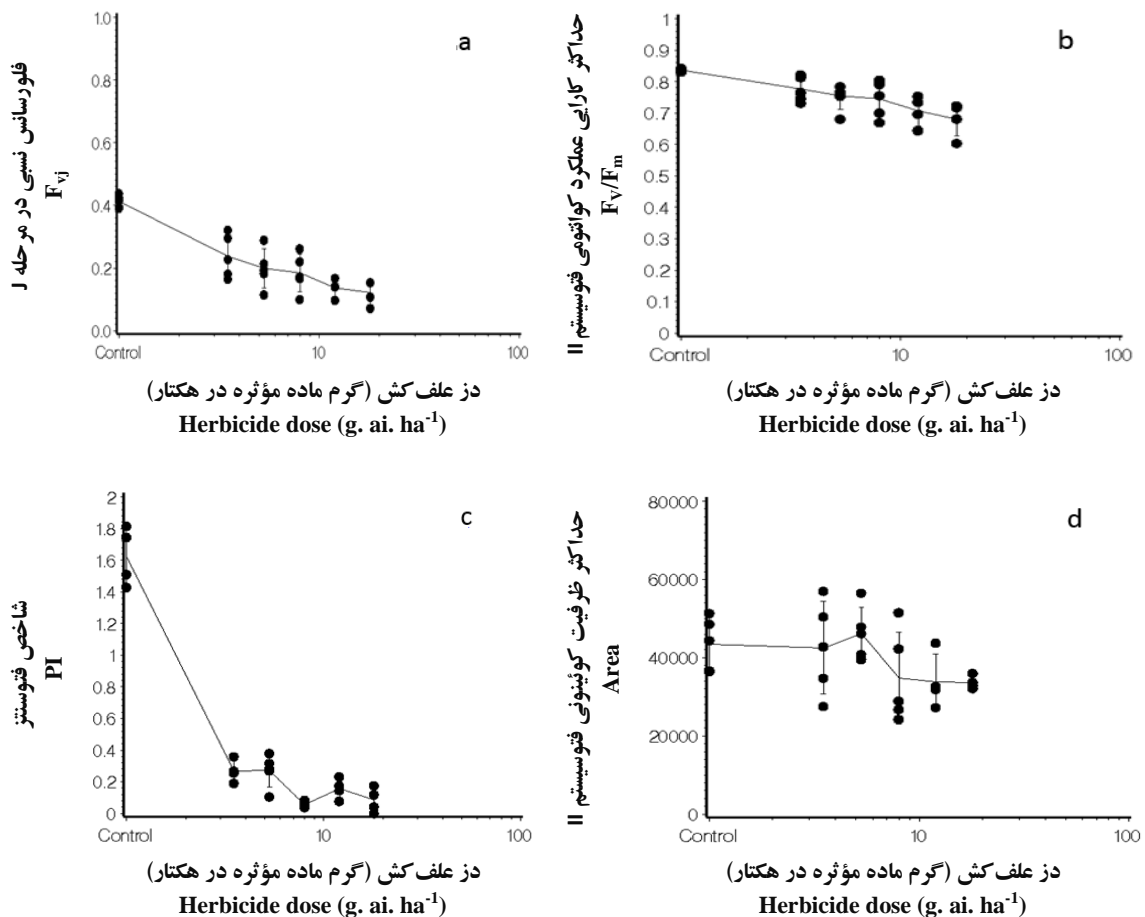
PI و F_v/F_j غیر قابل استناد بود؛ اما همچنان پارامترهای F_v/F_j و PI نمایانگر تخریب‌های فیزیولوژیک ناشی از مصرف این علف‌کش بود. شکل‌های روز هفتم این پارامترها آورده شده است (شکل ۲) تا با روز اول (شکل ۱) مقایسه شود. هر دو پارامتر F_v/F_m و Area با افزایش دز علف‌کش، کاهش یافتند؛ ولی این کاهش، کم و با خطای استاندارد بالا برای پارامتر Area همراه بود؛ درحالی‌که پارامترهای PI و F_v/F_j از روز اول واکنش کاهشی واضح‌تری بروز دادند؛ و تا روز هفتم پایش این کاهش ادامه داشت (شکل ۱ و ۲) به‌طوری‌که در روز هفتم مقادیر پارامترهای PI و F_v/F_j به ترتیب ۹۴ و ۷۵ درصد کاهش نشان داد. *Avarseji et al.* (2015) گزارش کردند که روند

در برگ‌های سالم همه گیاهان (مستقل از گونه) میزان نسبت F_v/F_m تقریباً ۰/۷۸-۰/۸۴ است. اگر مقدار این نسبت کاهش یابد به این مفهوم است که قسمتی از مرکز واکنش فتوسیستم دچار اشکال شده است (ممانعت نوری) که اغلب در گیاهان تحت تنش اتفاق می‌افتد (*Strasser, Appenroth et al., 2000* and *Stirbet, 2001*).

همان‌طور که در شکل ۲ دیده می‌شود؛ واکنش پارامترهای F_v/F_m به مصرف علف‌کش اندک بود؛ و در بازه ۰/۷-۰/۸ تغییر کرد که نمی‌تواند بیانگر اثرات تخریبی این علف‌کش تا روز هفتم باشد (شکل ۲-b). با توجه به شکل ۲-d کاهش پارامتر Area کم، متغیر و

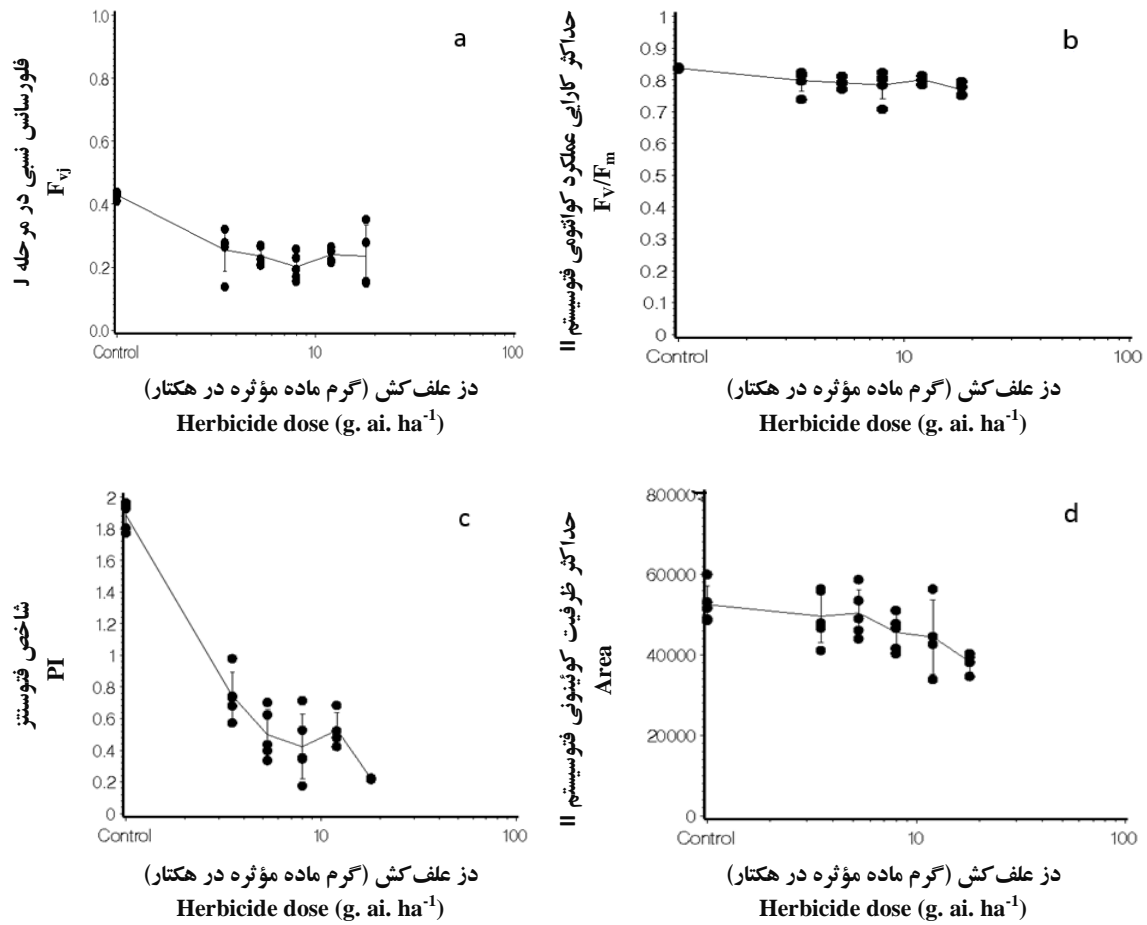
افزایش دز علف‌کش واکنش نشان دادند؛ یعنی پایش این دو پارامتر در روز سوم پس از پاشش و قبل از ظهور نشانه‌های ظاهری علف‌کش روی علف‌هرز فالاریس، بیان‌گر مؤثر بودن علف‌کش بود (شکل ۳). مقدار پارامتر F_{vj} در دز ۳/۵ گرم ماده مؤثره علف‌کش حدود ۰/۲۳ بود که نسبت به شاهد بدون مصرف علف‌کش (۰/۴) تقریباً ۵۰ درصد کاهش نشان داد به عبارت دیگر این پارامتر حساسیت بالا و یکنواختی به صدمات ناشی از علف‌کش مورد استفاده نشان داد. در حالی که پارامتر PI کاهش مناسبی نسبت به افزایش دز علف‌کش بروز داد اما نتایج آن خطای استاندارد بیشتری نسبت به پارامتر F_{vj} داشت؛ و صفات F_v/F_m و Area نیز همچنان کاهش قابل اطمینانی نشان ندادند.

کاهش پارامتر F_v/F_m از یک هشتم دز توصیه شده کلودینافوپ، در گیاه یولاف وحشی شروع شد؛ درحالی‌که نقطه آغاز واکنش کاهش پارامترهای Area و F_{vj} از یک شانزدهم دز توصیه شده بود. به نظر می‌رسد که اثر علف‌کش‌های مختلف منجر به تغییرات در پارامترهای متفاوت می‌شود، اگرچه در بسیاری از منابع پارامتر F_v/F_m را صفتی قابل اعتماد و حساس به تخریب‌های فیزیولوژیک می‌دانند ولی در آزمایش این محققین که علف‌کشی از خانواده استولاکتات سینتاز استفاده شد؛ صفت F_v/F_m بیان‌گر تخریب‌های حاصله نبود در حالی که پارامترهای F_{vj} و PI این تخریب‌ها را به خوبی پایش کردند. پارامترهای PI و F_{vj} با کاهش سریع از روز سوم به



شکل ۲- پارامترهای فلورسانس کلروفیل در علف‌هرز فالاریس هفت روز پس از پاشش مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل (خطوط عمودی خطای استاندارد می باشند؛ هر نقطه نماینده یک تکرار است؛ محور X لگاریتمی است)

Figure 2. Fluorescence parameters of *Phalaris minor* seven days after mesosulfuron methyl + idosulfuron methyl spraying (Vertical lines are standard error; Each point represent as one replication; X axis is logarithmic)



شکل ۳- پارامترهای فلورسانس کلروفیل در علف هرز فالاریس سه روز پس از پاشش مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل (خطوط عمودی خطای استاندارد می باشند؛ هر نقطه نماینده یک تکرار است؛ محور X لگاریتمی است)

Figure 3. Fluorescence parameters of *Phalaris minor* three days after mesosulfuron methyl + idosulfuron methyl spraying (Vertical lines are standard error; Each point represent as one replication; X axis is logarithmic)

پارامتر PI واکنش نشان می دهد (Christen *et al.*, 2007)؛ Thach *et al.*, Goncalves and Santos, 2005 (2007). این پارامتر نسبت به پارامتر معمول F_v/F_m بسیار حساس تر است و همبستگی خوبی با ظرفیت فتوسنتزی اندازه گیری شده بر اساس اسیمیلاسیون دی اکسید کربن دارد (Brestic and Zivcak, 2013)؛ (Van Heerden *et al.*, 2004؛ Ripley *et al.*, 2004). اگرچه مکانیزم اصلی تأثیر علف کش های بازدارنده غیر فتوسنتزی روی فلورسانس مشخص نشده، اما احتمال دارد که ممانعت از واکنش های متابولیکی که به طور

Force *et al.* (2003) نشان دادند که استفاده از پارامترهای مشتق شده از منحنی JIP مانند PI برای ارزیابی عملکرد فتوسیستم دو نسبت به پارامترهای منفردی مانند F_v/F_m مزایای بیشتری دارند؛ به عبارت دیگر پایش اثرات تنش در گیاهان قبل از بروز نشانه های ظاهری آن از مزیت این آنالیزهای پیچیده می باشد (Christen *et al.*, 2007). از آنجایی که مقادیر PI از سه بخش تعداد مراکز واکنش، کارایی به دام انداختن فوتونها و کارایی انتقال الکترون تأثیر می پذیرد؛ در نتیجه اگر یک قسمت از این سه جزء تحت تأثیر تنشی قرار گیرد،

کلروفیل در این پژوهش نشان داد که پارامترهای F_{vj} و PI از روز اول پس از پاشش به علف کش مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل واکنش نشان دادند. در واقع این دو پارامتر حساسیت ویژه‌ای به علف کش بروز داده و قبل از ظهور علائم ظاهری علف کش، تصویری از تأثیرات مخرب فیزیولوژیک آن بدست می‌دهند. اما دو پارامتر F_v/F_m و $Area$ صفات مناسبی برای پیش‌بینی زودهنگام مصرف علف کش مزوسولفورون + یدوسولفورون متیل روی علف‌هرز فالاریس در این آزمایش نبودند.

مستقیم در فتوسنتز نقش ندارند، اندازه‌ی مخزن مواد متابولیک حد واسط در زنجیره انتقال الکترون را تغییر دهند، که در این شرایط میزان سنتز مواد حدواسط کلیدی در مسیر فتوسنتزی، تحت تأثیر قرار گرفته و در نهایت فتوسنتز و خصوصیات فلورسانس کلروفیل تغییر خواهند کرد؛ بنابراین می‌توان از فلورسانس کلروفیل در ارزیابی علف‌کش‌هایی که به طور مستقیم بر فتوسنتز موثر نیستند نیز استفاده کرد. (Owens, 1991; Baker and Rosenquist, 2004).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از مقایسه پارامترهای مهم فلورسانس

References

- Appenroth, K. J., Stockel, J., Srivastava, A. and Strasser, R. J. (2000). Multiple effects of chromate on the photosynthesis apparatus of *Spirodela polyrhiza* as probed by OJIP chlorophyll A fluorescence measurements. *Environmental Pollution*, 115(1), 49-64.
- Avarseji, Z., Rashed Mohassel, M. H., Nezami, A., Abaspoor, M. and Nasiri Mahallati, M. (2015). The effect of clodinafop on chlorophyll fluorescence parameters and Kautsky curve of wild oat (*Avena ludoviciana*). *Journal of Plant Protection*, 29(1), 32-42. [In Farsi]
- Baker, N. R. and Rosenqvist, E. (2004). Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: An examination of future possibilities. *Experimental Botany*, 55(403), 1607-1621.
- Bjorkman, O. and Demmig, B. (1987). Photon yield of O_2 evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. *Planta*, 170(4), 489-504.
- Brestic, M. and Zivcak, M. (2013). PSII fluorescence techniques for measurement of drought and high temperature stress signal in crop plants: Protocols and applications. In G.R. Rout and Das, A.B. (Eds.), *Molecular Stress Physiology of Plants*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Christen, D., Schonmann, S., Jermini, M., Strasser, R. J. and Defago, G. (2007). Characterization and early detection of grapevine (*Vitis vinifera*) stress responses to esca disease by in situ chlorophyll fluorescence and comparison with drought stress. *Environmental and Experimental Botany*, 60(3), 504-514.
- Christensen, M. G., Teicher, H. B. and Streibig, J. C. (2003). Linking fluorescence induction curve and biomass in herbicide screening. *Pest Management Science*, 59(12), 1303-1310.
- Force, L., Critchly, C. and Van Rensen. J. J. S. (2003). New fluorescence parameters for monitoring photosynthesis in plants: The effect of illumination on the fluorescence parameters of the JIP-test. *Photosynthesis Research*, 78, 17-33.

- Goncalves, J. F. C. and Santos, U. M. Jr. (2005). Utilization of the chlorophyll a fluorescence technique as a tool for selecting tolerant species to environments of high irradiance. *Brazilian Journal of Physiology*, 17, 307-313.
- Govindjee, R. and Satoh, K. (1986). Fluorescence Properties of Chlorophyll b-and Chlorophyll c-containing Algae. In R. Govindjee (Ed.), *Light emission by plants and bacteria* (pp. 497-537). Orlando: Academic Publication.
- Kautsky, H., Appel, W. and Amann, H. (1960). Chlorophyllfluorescenz und kohlenaureassimilation. In R. Govindjee (Ed.), *Sixty-three years since Kautsky: Chlorophyll a fluorescence*. *Australian Journal of Plant Physiology*, 22, 131-160.
- Lavorel, J., Breton, J. and Lutz, M. (1986). Methodological principles of measurement of light emitted by photosynthetic systems. In R. Govindjee, J. Amesz and D. C. Fork (Eds.), *Light Emission by Plants and Bacteria*. Orlando: Academic Publication.
- Maxwell, K. and Johnson, G. N. (2000). Chlorophyll fluorescence-a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51(345), 659-668.
- Melis, A. and Homann, P. H. (1975). Kinetic analysis of the fluorescence induction in 3-(3,4-dichlorophenyl)-1, 1-dimethylurea poisoned chloroplasts. *Photochemistry and Photobiology*, 21(6), 431-437.
- Owens, T.G. (1991). Particle analysis in oceanography. In S. Demers (Ed.). New York: Springer-Verlag.
- Ripley, B. S., Redfern, S. P. and Dames, J. F. (2004). Quantification of the photosynthetic performance of phosphorus-deficient *sorghum* by means of chlorophyll-a fluorescence kinetics. *South African Journal of Science*, 100(11-12), 615-618.
- Samson, G. and Popovic, R. (1988). Use of algal fluorescence for determination of phytotoxicity of heavy metals and pesticides as environmental pollutants. *Ecotoxicology Environmental Safety*, 16(3), 272-278.
- Stirbet, A. and Govindjee, R. (2011). On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient. *Photochemistry and Photobiology Biology*, 104(1-2), 236-257.
- Strasser, R. J. and Govindjee, R. (1991). The F_0 the rise O-J-I-P fluorescence rise in higher plant and algae. In J. H. Argyroudi-Akoyunoglou (Ed.), *Regulation of chloroplast biogenesis* (pp. 423-426). New York: Plenum Publication.
- Strasser, R. J. and Stirbet, A. D. (2001). Estimation of the energetic connectivity of PS II centers in plants using the fluorescence rise O-J-I-P; fitting of experimental data to three different PS II models. *Mathematics and Computers in Simulation*, 56(4), 451-461.
- Strasser, R. J., Srivastava, A. and Tsimilli-Michael, M. (2000). The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. In M. Yunus, U.

Pathre, and P. Mohanty (Eds.), Probing Photosynthesis: Mechanisms, regulation and adaptation (pp. 445-483). London: Taylor and Francis.

Strasser, R. J., Tsimilli-Michael, M. and Srivastava, A. (2004). Analysis of the fluorescence transient. In C. George, C. Papageorgiou and R. Govindjee (Eds.), Chlorophyll a fluorescence: A signature of photosynthesis (pp. 321-362). Dordrecht: Springer.

Thach, B., Shapcott, A., Schmidt, S. and Critchley, C. (2007). The OJIP fast fluorescence rise characterizes Graptophyllum species and their stress responses. Photosynthesis Research, 94(2-3), 423-436.

Tomlin, C. D. S. (2000). The pesticide manual (12th ed). Boston, Farnham, UK: The British Crop Protection Council.

Van Heerden, P. D., Strasser, R. J. and Kruger, G.H. (2004). Reduction of dark chilling stress in N-fixing soybean by nitrate as indicated by chlorophyll a fluorescence kinetics. Physiologia Plantarum, 121(2), 239-249.

Studying the Effect of Mesosulfuron Methyl + iodosulfuron Methyl on Chlorophyll Fluorescence Parameters of *Phalaris Minor*

Z. Avarseji^{1*} and E. Mohammadvand²

- 1- ***Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Crop Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran (avarseji@gonbad.ac.ir)
- 2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

Received: 23 April, 2017

Accepted: 22 November, 2017

Abstract

Background and Objectives

Measuring of chlorophyll fluorescence is a nondestructive and sensitive way to give important information about photosynthesis apparatus. Fluorescence spectrum is different from the absorbed one by chlorophyll and it has higher wave length so the fluorescence yield could be measured by exposing a leaf with a defined wave length of light and then quantifying the higher reflected wave. The purpose of this experiment was to make comparison among chlorophyll fluorescence important parameters for early prediction of destructive effects of mesosulfuron methyl + iodosulfuron methyl before revealing the symptoms of *Phalaris minor*.

Materials and Methods

A greenhouse experiment with five replications and six treatment based on completely randomized design was conducted to evaluate the chlorophyll fluorescence parameters of *Phalaris minor* sprayed by mesosulfuron methyl + iodosulfuron methyl up to seven days after spraying. Herbicide doses were 18, 12, 8, 5.3 and 3.5 g a. i./ha with an untreated treatment as control. Herbicide was applied at three leaf stage of *Phalaris minor* with MATABI elegance plus sprayer equipped by tee-jet 8001 nozzle at 300 kpa pressure. Fluorescence measurements were conducted by Handy PEA fluorimeter that flashes a wave length of 650 nm at 300 μ mol/m².s intensity during 10 seconds on dark adapted leaf one day after spraying at 10 a.m. every day until seven days after spraying.

Results

The results indicated that F_v/F_m and Area parameters showed slow response to mesosulfuron methyl + iodosulfuron methyl application whereas F_{vj} and PI showed a fast reaction. Approximately from the first day after spraying the two mentioned parameters drastic reduction happened which was more intense but with bigger standard errors in PI compared to F_{vj} . with an increase in mesosulfuron methyl + iodosulfuron methyl dose both PI and F_{vj} parameters were decreased.

Discussion

It could be concluded that these two parameters show special sensitivity to the mesosulfuron methyl + iodosulfuron methyl application and before the symptoms of the herbicide appears, they give a picture of physiological destructive effects of the herbicide. Whereas the F_{vj} parameters during all seven days after spraying shows a steady reduction with low standard errors, PI index shows reduction with higher standard errors which make the F_{vj} parameters more reliable. The two F_v/F_m and Area which were repeatedly reported as a sensitive factor to the stresses at this experiment were not appropriate indices. The common dose response methods of herbicide can be replaced by chlorophyll fluorescence measurements and it can offer fast, accurate, and an important information about herbicide efficiency very fast and accurate.

Keywords: Area, F_{vj} , F_v/F_m , PI