

## تأثیر علف‌کش‌های بروموکسینیل، یو ۴۶ و اتللو بر شاخص‌های فلورسانس کلروفیل علف‌هرز قاصدک (*Taraxacum syriacum* Boiss.)

سیده مریم مظفری<sup>\*</sup> و حمیدرضا محمددوست‌چمن‌آباد<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۶

### چکیده

امروزه به‌طور گسترده‌ای در ارزیابی پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی از فلورسانس کلروفیل a که یک ابزار غیر تخریبی برای تخمین کارایی فتوشیمیایی، فتوسنتزی است استفاده می‌شود. این آزمایش به‌منظور بررسی اثرات علف‌کش‌های پاردر (بروموکسینیل ۲۲/۵ درصد SL)، توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ (یو ۴۶ کمی فلوئید ۶۷/۵ درصد SL) و مزوسولفورون متیل + یودوسولفورون متیل + دیفلوفنیکان + مفن پایدی اتیل (اتللو ۸/۲۵ درصد OD) بر فلورسانس کلروفیل a گل قاصدک در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در فضای سبز دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۰ اجرا شد. برای این منظور دزهای مختلف (۰ شاهد، ۰/۵، ۱ و ۲ برابر دز توصیه شده) از علف‌کش‌های پاردر (۲/۵ لیتر در هکتار)، توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ (۱/۵ لیتر در هکتار) و مزوسولفورون متیل + یودوسولفورون متیل + دیفلوفنیکان + مفن پایدی اتیل (۱/۶ لیتر در هکتار) در فضای سبز دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی که از نظر آلودگی به قاصدک قبلاً بررسی شده بود، مورد ارزیابی قرار گرفت. ۱، ۲، ۳، ۵، ۷، ۱۰ و ۱۴ روز بعد از تیمار با علف‌کش‌های مختلف فلورسانس کلروفیل a قاصدک با دستگاه پرتابل فلورومتر اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که کاربرد علف‌کش‌ها فلورسانس حداکثر (Fm)، فلورسانس متغیر (Fv)، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو (Fv/Fm) و کارایی کمپلکس تجزیه کننده آب به‌عنوان دهنده الکترون به فتوسیستم II (Fv/Fo) قاصدک را کاهش و فلورسانس حداقل (Fo) و هدررفت گرمایی (Fo/Fm) آن را افزایش داد. همچنین، وزن خشک علف‌هرز قاصدک تحت تأثیر تیمارهای مختلف علف‌کشی در مقایسه با شاهد (عدم مصرف علف‌کش) کاهش یافت. بیشترین کاهش در تیمار بروموکسینیل با مقدار ۰/۴۷۷ گرم بر متر مربع مشاهده شد. بیشترین کاهش (Fm)، (Fv)، (Fv/Fm)، (Fv/Fo) و بیشترین افزایش (Fo)، (Fo/Fm) متعلق به علف‌کش بروموکسینیل بود.

**واژگان کلیدی:** انتقال الکترون، فتوشیمیایی، دستگاه فتوسنتزی، علف‌کش.

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲- استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

## مقدمه

امروزه علف‌های هرز به‌عنوان یکی از بزرگترین آلاینده‌های محیط محسوب می‌شوند. قاصدک با نام علمی (*Taraxacum syriacum*) (Boiss.) از نواحی اروپای غربی، شمال آسیا به تمام نواحی اروپا، آسیا و آمریکا گسترش یافته است. به‌طوری که از سطح دریا تا ارتفاع ۲۰۰۰ متری قادر به رشد است. قاصدک در تمام طول سال قادر به رشد و گل‌دهی است (Escudero *et al.*, 2003). فرانسس و کلز (Franssen and Kells, 2007) بیان کردند اگرچه برگ‌های قاصدک ارزش غذایی بالایی دارد و در بعضی مناطق به‌عنوان غذا استفاده می‌شود، اما یکی از رایج‌ترین علف‌های هرز در اراضی زراعی، فضای سبز و نقاط مرطوب است که در تراکم بالا موجب پاخوری ضعیف چمن می‌شود. مصباحی و همکاران (Mesbahi *et al.*, 2023) گزارش کردند که قاصدک به‌دلیل سازگاری زیاد برای گسترش به‌سرعت سطح وسیعی را از طریق بذر و یا قطعات ریشه آلوده می‌کند. هر بوته قاصدک ۱۲۰۰۰ بذر تولید می‌کند.

کنترل مکانیکی قاصدک دشوار است، زیرا باید ریشه به‌طور مؤثری از بین برود. مطالعه مقایسه کنترل قاصدک با توفوردی (یو ۴۶، ۷۲ درصد SL) و روش‌های مکانیکی نشان داد هیچ کنترل علف‌هرزی به‌تنهایی با روش مکانیکی به‌دست نیامد (Mesbahi *et al.*, 2003). رایج‌ترین روش کنترل علف‌های هرز در فضای سبز استفاده از علف‌کش‌ها است. برای کنترل قاصدک معمولاً از علف‌کش‌های پهن‌برگ‌کش گروه کلروفونوکسی از جمله توفوردی، ام‌سی‌پی‌آ (ام‌سی‌پی‌آ ۴۵ درصد P)، فلورکسی‌پیر (کاوین فلورکس ۲۰ درصد EC) و توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ (یو ۴۶ کمبی فلوئید ۶۷/۵

درصد SL) استفاده می‌شود (Koski, 2007). بسیاری از مدیران چمن با استفاده از علف‌کش‌های انتخابی به کنترل قابل قبولی از قاصدک دست یافته‌اند (Christians, 2007; Gardner, 2010; Loughner and Nolting, 2009). توفوردی اگرچه ممکن است برای کنترل گیاهچه‌های حاصل از بذر مؤثر باشند ولی کنترل قاصدک‌های مستقر شده با یک‌بار سم‌پاشی با این علف‌کش دشوار است (Koski, 2007). به همین منظور عمده‌تاً توفوردی به‌صورت ترکیب با سایر علف‌کش‌ها بکار می‌رود (Schnick and Boland, 2002). مصباحی و همکاران (Mesbahi *et al.*, 2023) بیان کردند که بیشتر علف‌کش‌های مورد استفاده برای کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ در چمن‌زار، محصولات ترکیبی هستند که حاوی چندین ماده فعال هستند، که به مدیران چمن این امکان را می‌دهد تا مجموعه وسیعی از علف‌های هرز پهن‌برگ را با یک محصول واحد کنترل کنند. با این حال، از آنجا که در صورت ترکیب، اثر متقابل بین مواد فعال، ممکن است اثرات هم‌افزایی (سینرژیست) یا متضادی (آنتاگونیستی) داشته باشد، پیش‌بینی عملکرد علف‌کش ترکیبی جدید بر اساس عملکرد اجزای آن که به‌صورت منفرد استفاده می‌شوند، دشوار است. بسیاری از مواد مؤثره موجود در این علف‌کش‌ها مانند توفوردی، دایکامبا (بانولک ۴۹ درصد EC)، مکوپراپ، کلوپیرالید (لونترال ۳۰ درصد SL)، فلوروکسی‌پیر، تریکلوپیر (گارلون ۶۰ درصد EC) از گروه اکسین‌های مصنوعی هستند (Senseman, 2007). لاندری و همکاران (Landry *et al.*, 2007) ترکیب ام‌سی‌پی‌آ + تریکلوپیر را استفاده نمودند. ترکیب ام‌سی‌پی‌آ + توفوردی، توفوردی با دیکلوپروپ و توفوردی با تریکلوپیر در بهار یا پاییز

چنین تغییرات سیستم فتوسنتزی گیاه، می‌توان از شاخص‌های متفاوتی همچون بررسی فلورسانس کلروفیل  $a$  استفاده نمود (Mehta *et al.*, 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 (Fm) 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. فلورسانس حداکثر نشان دهنده حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم دو برای تبدیل نور جذب شده به انرژی شیمیایی است (Kocheva *et al.*, 2004). کاهش حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم دو نتیجه خسارت به مراکز واکنشی فتوسیستم II است (Baker and Rosenqvist, 2004). بنا به گزارش آوار ساجی و همکاران (Avareseji *et al.*, 2012) دیالین سوپر (دایکامبا + توفوردی ۴۶/۴ درصد SL) نیز تأثیر مستقیمی بر روی فتوسنتز نداشتند. بنتازون (بازاگران ۴۸ درصد SL) و بروموکسینیل + ام-سی پی آ (برومایسید ام آ ۴۰ درصد EC) باعث افزایش فلورسانس حداقل (Fo) و هدررفت گرمایی گیرنده‌های فتوسیستم II (Fo/Fm)، کاهش فلورسانس حداکثر (Fm)، فلورسانس متغیر (Fv)، حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) شدند؛ این امر می‌تواند نشان‌دهنده عدم توانایی رنگدانه‌های فتوسنتزی 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 (راپتور ۷۰ درصد WG) بازدارنده ALS در آفتابگردان، شاهد افزایش

نیز توصیه شده است (Fresenburg, 2007). پژوهش‌گران یک‌بار سم‌پاشی با مکوپروپ پی + دی کلروپروپ پی + ام‌ث‌پ‌آ (دوپلسان سوپر) با فرمولاسیون ۶۰ درصد SL (قابل حل در آب) به مقدار ۲/۵ لیتر در هکتار (ماده تجاری) و یا توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ (یو ۴۶ کمبی فلوئید) با فرمولاسیون ۶۷/۵ درصد SL به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار (ماده تجاری) برای کنترل قاصدک در چمن فتان بلند (*Festuca arundinacea* Schreb.) را توصیه کردند (Zabiholahi *et al.*, 2008). 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 (Baker and Rosenqvist, 2004). فلورسانس کلروفیل  $a$ ، روشی غیر تخریبی، سریع و دقیق برای ارزیابی تنش‌های مختلف در گیاهان است (Cobb and Reade, 2010). 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 (Kalaji *et al.*, 2011). جفت کلروفیل  $a$  موجود در مرکز واکنش انرژی دریافتی از کاروتنوئیدها و کلروفیل‌های کمکی را گرفته، باعث برانگیختگی و انتقال الکترون به گیرنده‌ها و راه‌اندازی زنجیره انتقال الکترونی در غشای تیلاکوئیدی کلروپلاست می‌گردد (Mehta *et al.*, 2010). در صورت وقوع تنش محیطی به دلیل مسدود شدن مسیر انتقال الکترون، فتوسنتز متوقف یا کاهش یافته، هدررفت گرمایی و فلورسانس افزایش می‌یابد. میزان فلورسانس کلروفیل  $a$  در شرایط عادی حدود ۰/۳ تا ۳ درصد کل انرژی دریافتی است که این میزان در شرایط تنش با کاهش فتوسنتز افزایش می‌یابد (Mehta *et al.*, 2010). بنابراین، برای ارزیابی

به گسترش زیاد قاصدک در چمن‌های فضای سبز شهری و اینکه تاکنون بررسی جامعی در زمینه کنترل شیمیایی علف‌های هرز مشکل ساز چمن در ایران انجام نشده، مطالعه علف‌کش‌ها بر کنترل قاصدک و روش‌های تأثیرگذاری آن ضروری به نظر می‌رسد.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات علف‌کش‌های پاردرنر، توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ و مزوسولفورون متیل + یودوسولفورون متیل + دیفلوفنیکان + مفن پایدی اتیل بر سیستم فلورسانس کلروفیل *a* قاصدک آزمایشی در فضای سبز دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی که بطور طبیعی آلوده به قاصدک بود، در سال ۱۴۰۰ اجرا شد. برای این منظور نسبت‌های مختلف دز توصیه شده (۰، ۵/۰، ۱، ۲ برابر دز توصیه شده) از علف‌کش‌های پاردرنر (دز توصیه ۲/۵ لیتر در هکتار)، توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ (دز توصیه ۱/۵ لیتر در هکتار) و مزوسولفورون متیل + یودوسولفورون متیل + دیفلوفنیکان + مفن پایدی اتیل (دز توصیه ۱/۶ لیتر در هکتار) در فضای سبز مشخص شده استفاده شد. آزمایش بصورت فاکتوریل (دز علف‌کش × نوع علف‌کش) در قالب طرح پایه بلوک-های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. برای این منظور ابتدا ۱۲ کرت به ابعاد ۱ متر مربع (۱×۱) در سه تکرار مشخص شد سپس در مرحله شش برگی قاصدک عملیات سمپاشی با یک سمپاش پشتی مجهز به نازل شره ای و با فشار ۲ تا ۲/۵ بار انجام شد. فلورسانس کلروفیل *a* قاصدک ۱، ۲، ۳، ۵، ۷، ۱۰، ۱۴ روز بعد از تیمار با علف‌کش‌های مختلف با دستگاه پرتابل فلورومتر اندازه‌گیری شد. برای این منظور برگ‌های کاملاً توسعه یافته بالای بوته انتخاب شد. برگ‌های انتخاب شده با استفاده

(*Fo*) و کاهش حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II (*Fv/Fm*) بودند و علت آن را ناتوانی رنگدانه‌های فتوستنزی در دریافت انرژی نوری و انتقال آن به جفت کلروفیل *a* واقع مرکز واکنش گزارش کردند. این پدیده می‌تواند با کاهش حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II (*Fv/Fm*) و افزایش هدررفت گرمایی در گیرنده‌های فتوسیستم II (*Fo/Fm*) و هدررفت انرژی در هر مرکز واکنش فتوسیستم II باشد (Balabanova et al., 2016). افزایش (*Fo*) و کاهش (*Fm*) در بوته-های نخود و گندم تیمار شده با علف‌کش فلورانتن نیز گزارش شده است (Kummerova et al., 2006; Tomar and Jajoo, 2013). پارامترهای فلورسانس کلروفیل *a* در گیاهچه‌های شاهی گوش‌موشی (*Arabidopsis thaliana*) تحت تأثیر علف‌کش آسولام (۴۰ درصد SL)، بیفنوکس، گلایفوست (رانداپ ۴۱ درصد SL)، دیکلوفوپ متیل (ایلوکسان ۳۶ درصد EC) و ایمازاتاپیر (پرسویت ۱۰ درصد SL) نیز گزارش شده است (Barbagallo et al., 2003). حمای و همکاران (Hammami et al., 2014) در بررسی اثر علف‌کش ستوکسیدیم (نابواس ۱۲/۵ درصد OEC) از بازدارنده‌های ACCase روی یولاف (*Avena sativa*) شاهد کاهش حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II (*Fv/Fm*) بودند. با افزایش غلظت کاربردی مزوتریون + اس متالاکلر + تربوتیلازین (لوماکس ۵۳۷/۵ درصد SE) 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 گلایفوسیت روی سویا (مقاوم نشده به گلایفوسیت) در شرایط گلخانه هانگ و همکاران (Huang et al., 2012) شاهد افزایش (*Fo*) و کاهش (*Fm*) بودند. با توجه

معنی دار بود. همه فاکتورهای مورد مطالعه بر فلورسانس متغیر (Fv) در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد به جز تکرار معنی دار بودند. فعالیت کمپلکس تجزیه کننده آب در طرف دهنده الکترون به فتوسیستم II (FV/Fo) در تمام فاکتورهای مورد مطالعه غیرمعنی دار بود. تمام فاکتورهای مورد مطالعه به جز تکرار بر هدررفت گرمایی (Fo/Fm) در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بودند (جدول ۱).

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

نتایج نشان داد که با افزایش دز هر سه علف کش مورد مطالعه مقدار فلورسانس حداقل و حداکثر افزایش یافت، اگرچه، مقدار تغییرات آنها در دو علف کش یو ۴۶ و اتللو تقریباً مشابه بود (شکل ۱). مقدار فلورسانس حداکثر یک روز پس از تیمار با حداکثر دز استفاده شده سه علف کش یو ۴۶، بروموکسینیل و اتللو به ترتیب ۴، ۲/۵ و ۴ برابر فلورسانس حداکثر شاهد بود (شکل ۱). با افزایش زمان از موقع تیمار مقدار فلورسانس حداکثر در علف کش های یو ۴۶ و اتللو کاهش یافت، اما در علف کش بروموکسینیل افزایش یافت، به طوری که مقدار آن دو هفته بعد از سم پاشی در حداکثر دز مصرف شده تا ۳ برابر شاهد افزایش یافت (شکل ۱). کاهش شدید فلورسانس حداکثر می تواند ناشی از کاهش فعالیت فتوسیستم II در اثر تخریب سیستم فتوسنتزی باشد (Kalaji et al., 2011). در پی ممانعت از انتقال الکترون در فتوسیستم II گونه هایی از اکسیژن فعال تولید می شوند. این گونه های اکسیژن فعال با حمله به لیپیدهای غشایی و ایجاد رادیکال های آزاد لیپیدی باعث تخریب غشاهای سلولی و لیپیدها می شوند (Mehta et al., 2010).

از کلیپس های مخصوص به مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفتند تا تمام مراکز واکنش دستگاه فتوسنتزی باز بوده و آماده انتقال الکترون باشند. سپس یک پالس نوری در طول موج ۶۵۰ نانومتر با شدت ۳۰۰۰ میکرومولفوتون بر مترمربع بر ثانیه و به مدت چهار ثانیه به این برگ ها تابیده شد و پارامترهایی همچون فلورسانس حداقل (Fo)، فلورسانس حداکثر (Fm)، فلورسانس متغیر (Fv)، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II (Fv/Fm)، کارایی کمپلکس تجزیه کننده آب به- عنوان دهنده الکترون فتوسیستم II (Fv/Fo) و هدررفت گرمایی (Fo/Fm) مورد مطالعه قرار گرفتند. یک ماه بعد از اعمال تیمارهای مختلف علف کشی علف های هرز قاصدک موجود در هر کرت به طور تصادفی با استفاده از کوادرات ۲۵×۲۵ سانتی متر انتخاب و کف بر شدند سپس به مدت ۴۸ ساعت در داخل آون با دمای ۷۲ درجه سلسیوس قرار گرفتند و وزن خشک آنها اندازه گیری شد. تجزیه های آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS انجام گرفت و میانگین ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. اشکال توسط نرم افزار Excel رسم شدند.

#### نتایج و بحث

##### تأثیر دزهای مختلف علف کش ها بر شاخص

##### فلورسانس قاصدک

نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل داده ها نشان داد که اثر متقابل علف کش در زمان بر حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) معنی دار بود ( $p \leq 0.05$ ). تأثیر علف کش، دز، علف- کش × دز ( $p \leq 0.01$ ) و زمان ( $p \leq 0.05$ ) بر فلورسانس حداقل (Fo) معنی دار بود. همچنین بر فلورسانس حداکثر (Fm) اثر علف کش، دز، زمان، علف کش × دز و زمان × علف کش ( $p \leq 0.01$ )

### فلورسانس متغیر (Fv) و حداکثر کارایی

#### کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm)

در تیمار شاهد مقدار فلورسانس متغیر (Fv) قاصدک در ۱۴ روز مورد ارزیابی نسبتاً ثابت و حدود ۶۰۰ بود. کاربرد علف‌کش‌ها و ایجاد تنش موجب کاهش مقدار آن شد، اگرچه مقدار و زمان شروع کاهش در علف‌کش‌های مختلف متفاوت بود (شکل ۲). در دزهای مختلف علف‌کش بروموکسینیل کاهش مقدار فلورسانس متغیر از همان روز اول پس از تیمار شروع شد و به کمتر از ۲۰۰ رسید، ولی قابل برگشت بود. در تیمار علف-کش یو ۴۶ و اتللو شروع کاهش (Fv) با تأخیر بود و تفاوت فلورسانس متغیر شاهد و مقدار آن در تیمار دزهای مختلف علف‌کش یو ۴۶ کمتر از ۵۰ درصد بود، اما در دزهای بالای علف‌کش اتللو و با گذشت زمان مقدار (Fv) به سرعت کاهش یافت و از ۶۰۰ در شاهد به ۱۰۰ در تیمار دز ۲ برابر مقدار توصیه شده رسید. پایین بودن (Fv) نشان دهنده عملکرد ضعیف فلورسانس کلروفیل a در شرایط تنش و افزایش سرعت واکنش‌های فتوشیمیایی در علف‌هرز است (Kalaji *et al.*, 2011). مطالعه حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) قاصدک نشان داد که بین تیمار شاهد و دزهای مختلف علف‌کش یو ۴۶ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۲). مقدار حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II در روزهای هفتم و پنجم در تیمار علف‌کش بروموکسینیل با ۲ برابر مقدار دز توصیه شده به ترتیب با مقادیر ۰/۰۱ و ۰/۰۲ کمترین مقدار را دارا بود که در پایان ۱۴ روز قابل برگشت بود (شکل ۲). نتایج نشان داد که مقدار (Fv/Fm) در دزهای پایین علف‌کش اتللو نیز با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت، اما در دز ۲ برابر مقدار توصیه شده اتللو

مقدار آن شروع به کاهش کرد و در روز ۱۴ به کمتر از نصف در شاهد رسید. نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر (Fv/Fm) حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II برای تبدیل نور جذب شده به انرژی شیمیایی را نشان می‌دهد. کاهش مقدار (Fv/Fm) نشان‌دهنده بازدارندگی نوری در اثر تنش ایجاد شده است و می‌توان از آن برای ارزیابی کارایی علف‌کش استفاده نمود (Baker and Rosenqvist, 2004; Zabiholahi *et al.*, 2008).

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

کاربرد دزهای مختلف علف‌کش یو ۴۶ و دزهای پایین علف‌کش اتللو تأثیر معنی‌داری بر هدررفت گرمایی (Fo/Fm) قاصدک نداشت. دزهای بالای علف‌کش بروموکسینیل (دز ۱ و ۲ برابر مقدار توصیه شده) به شدت مقدار (Fo/Fm) را افزایش داد، ولی قابل برگشت بود و در ۱۴ روز پس از تیمار به مقدار (Fo/Fm) شاهد نزدیک شد. با افزایش دز علف‌کش اتللو و زمان تیمار مقدار (Fo/Fm) افزایش یافت، به طوری که ۱۴ روز پس از تیمار علف‌کشی مقدار (Fo/Fm) ۴ برابر شاهد بود (شکل ۳).

کارایی کمپلکس تجزیه کننده آب به عنوان دهنده الکترون به فتوسیستم II (Fv/Fo) تحت تأثیر کاربرد علف‌کش‌های بروموکسینیل، یو ۴۶ و اتللو قرار گرفت (شکل ۳) که فعالیت کمپلکس تجزیه کننده آب با کاربرد تیمارهای علف‌کشی در مقایسه با شاهد به طور چشمگیری کاهش نشان داد و بیشترین کاهش مربوط به تیمار بروموکسینیل با دز ۲ در روز پنجم با مقدار ۰/۰۱

می‌رسد و با توجه به چندساله بودن قاصدک، ممکن است علف‌هرز مجدداً رشد خود را از سر بگیرد. به همین خاطر علف‌کش اتللو می‌تواند گزینه مناسب‌تری برای کنترل آن باشد.

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان دادند که علف‌کش بروموکسینیل و اتللو بیشترین تأثیر را بر پارامترهای فلورسانس کلروفیل a و وزن خشک قاصدک داشت، ولی اثرات بروموکسینیل بر فلورسانس کلروفیل a قابل برگشت بود. با توجه به ارزیابی سریع و غیرتخریبی فلورسانس کلروفیل a در فاصله زمانی بسیار کوتاه بعد از سم‌پاشی و وجود ارتباط بین پارامترهای فلورسانس کلروفیل a و بیوماس علف-هرز قاصدک محاسبه شده یک ماه بعد از کاربرد تیمارهای علف‌کشی می‌توان از ارزیابی فلورسانس کلروفیل a به‌عنوان روشی سریع و غیرتخریبی برای مطالعه‌ی کارایی علف‌کش‌ها استفاده نموده و مدت زمان لازم برای مطالعه‌ی اثر و کارایی علف-کش‌ها را کاهش داد.

مشاهده شد. سپس بیشترین کاهش‌ها به‌ترتیب مربوط به تیمارهای اتللو با مقدار ۰/۶۲ و یو ۴۶ با مقدار ۱/۷۳ بود (شکل ۳).

### تأثیر دزهای مختلف علف‌کش‌ها بر وزن خشک قاصدک

نتایج تجزیه‌های آماری نشان داد که تأثیر تمام فاکتورهای مورد مطالعه بر وزن خشک قاصدک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). نتایج نشان داد که کاربرد علف‌کش‌های بروموکسینیل، یو ۴۶ و اتللو وزن خشک قاصدک را در مقایسه با شاهد ۵۰ درصد کاهش داد (شکل ۴). مقدار کاهش در علف‌کش یو ۴۶ کمتر بود که همسو با نتایج بررسی تغییرات فلورسانس کلروفیل a بود. با افزایش دز دو علف‌کش بروموکسینیل و اتللو مقدار وزن خشک قاصدک کاهش یافت. اگرچه در تیمار کاربرد دز ۲ برابر مقدار توصیه شده علف‌کش بروموکسینیل وزن خشک قاصدک بیش از ۷ برابر شاهد کاهش یافت، اما با توجه به بررسی فلورسانس کلروفیل a، قابل برگشت بودن تغییرات آن به حالت عادی بنظر

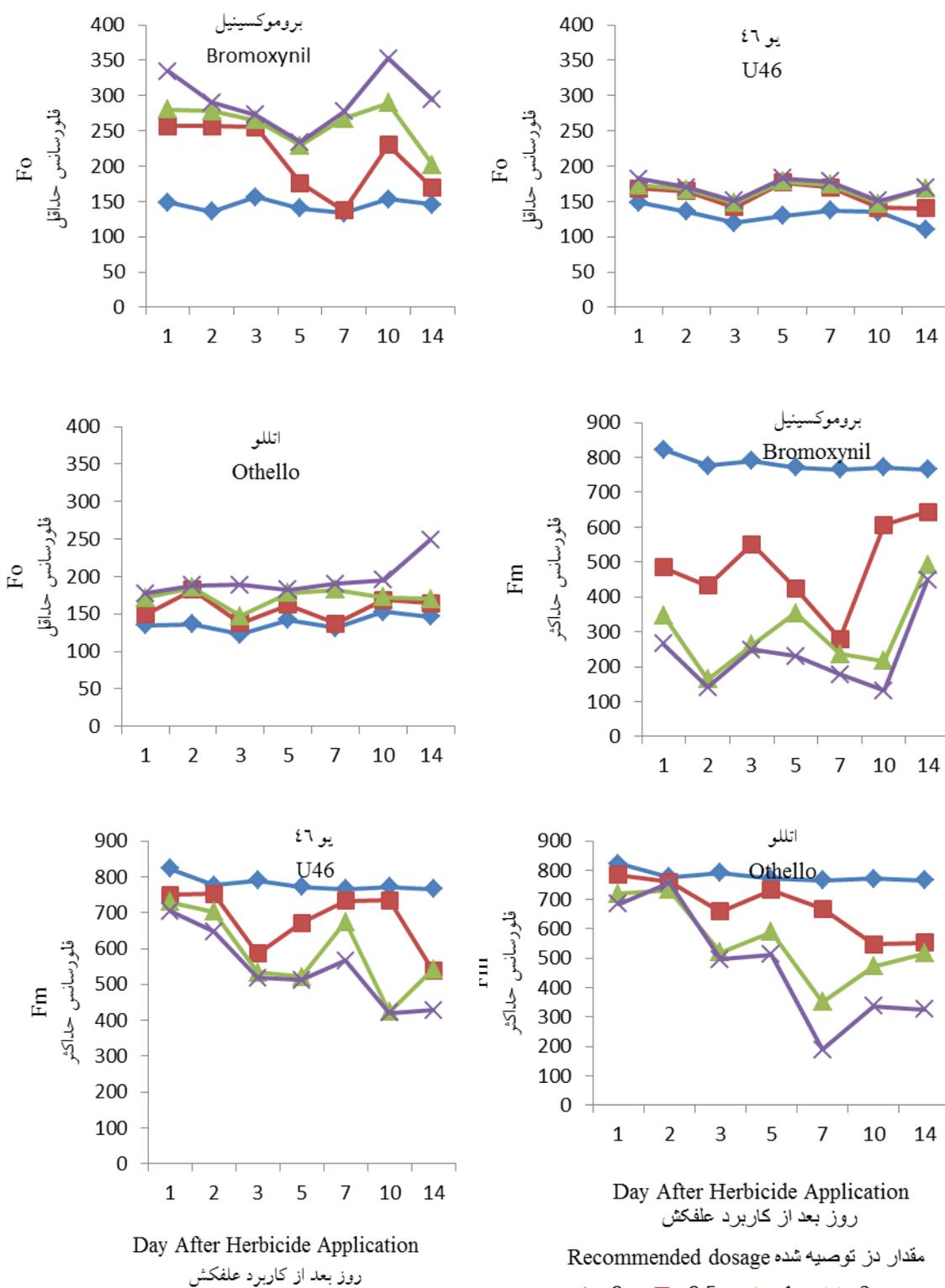
جدول ۱ - تجزیه واریانس میانگین مربعات Fv/Fm, Fo, Fm, Fv, Fv/Fo, Fo/Fm علف‌هرز قاصدک ۱۵ روز پس از کاربرد علف‌کش

**Table 1-** Mean square variance analysis of Fv/Fm, Fo, Fm, Fv, Fv/Fo, Fo/Fm of dandelion weed 15 days after herbicide application

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares					
		Fv/Fm	Fo	Fm	Fv	Fv/Fo	Fo/Fm
تکرار Repeat	2	492.8 <sup>ns</sup>	3747.4 <sup>ns</sup>	14187.5 <sup>ns</sup>	18845.9 <sup>ns</sup>	5778.0 <sup>ns</sup>	0.0 <sup>ns</sup>
علف‌کش Herbicide	2	425.1 <sup>ns</sup>	110411.0 <sup>**</sup>	748787.5 <sup>**</sup>	1433595.1 <sup>**</sup>	4515.9 <sup>ns</sup>	2.8 <sup>**</sup>
دز Dose	3	165.2 <sup>ns</sup>	33268.5 <sup>**</sup>	311247.6 <sup>**</sup>	523178.5 <sup>**</sup>	5774.2 <sup>ns</sup>	0.8 <sup>**</sup>
زمان Time	6	500.2 <sup>ns</sup>	9836.1 <sup>*</sup>	72302.0 <sup>**</sup>	34764.0 <sup>*</sup>	5776.8 <sup>ns</sup>	0.0 <sup>**</sup>
علف‌کش×دز h×d	15	162.7 <sup>ns</sup>	17138.6 <sup>**</sup>	104808.4 <sup>**</sup>	182412.2 <sup>**</sup>	5610.1 <sup>ns</sup>	0.3 <sup>**</sup>
زمان×علف‌کش t×h	12	497.4 <sup>*</sup>	1869.5 <sup>ns</sup>	72218.8 <sup>**</sup>	74723/0 <sup>**</sup>	5732.6 <sup>ns</sup>	0.0 <sup>**</sup>
زمان×دز t×d	18	170.9 <sup>ns</sup>	4308.8 <sup>ns</sup>	31935.6 <sup>ns</sup>	34132.9 <sup>**</sup>	5719.2 <sup>ns</sup>	0.0 <sup>**</sup>
زمان×علف‌کش×دز t×h×d	36	171.2 <sup>ns</sup>	2128.0 <sup>ns</sup>	24130.3 <sup>ns</sup>	20667.4 <sup>*</sup>	5756.8 <sup>ns</sup>	0.0 <sup>**</sup>
خطا Error	166	249.5	4664.1	20476.4	13850.9	5730.3	0.0001
ضریب تغییرات (CV)		26.32	36.50	24.82	31.85	32.98	0.001

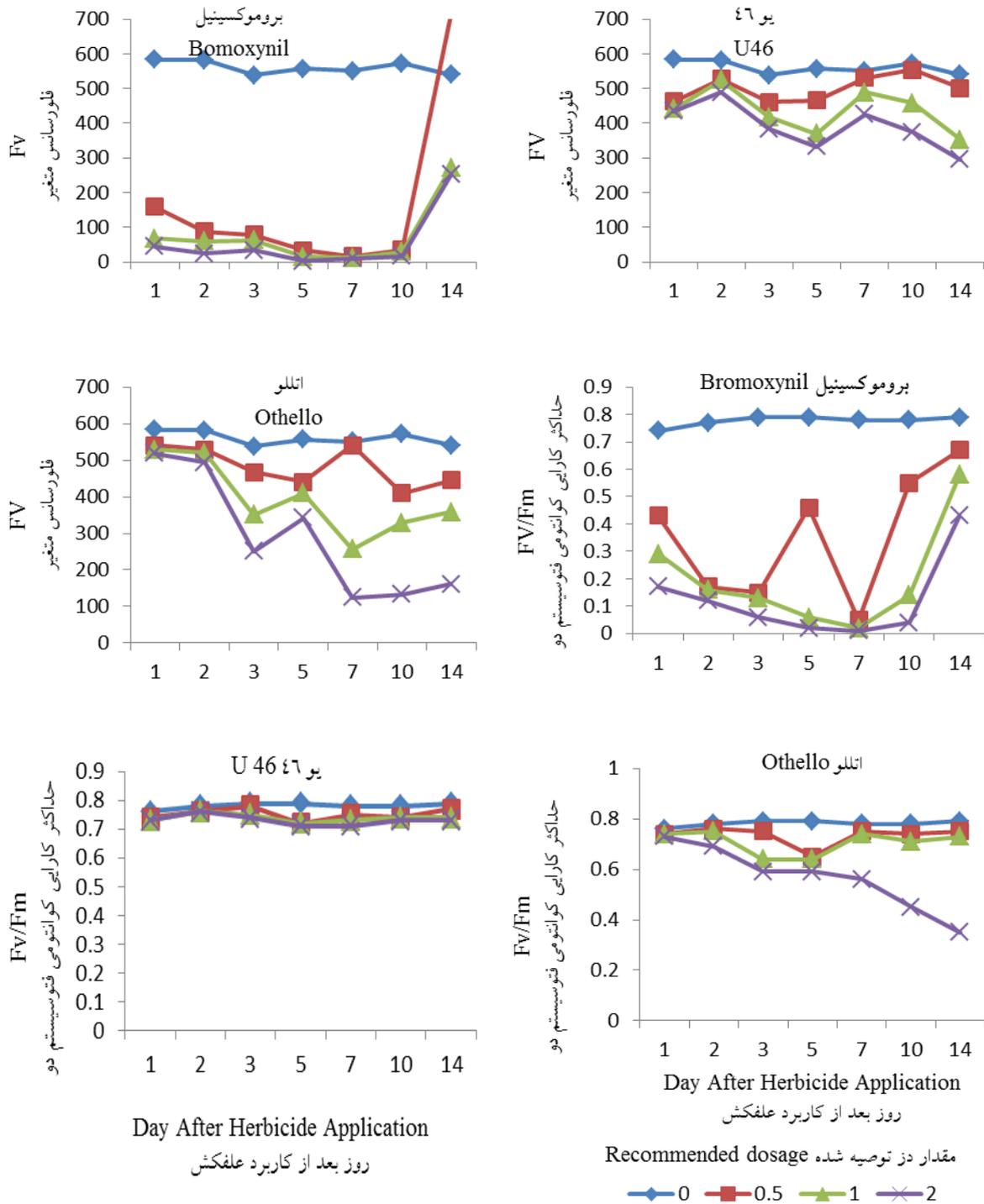
ns, \*\* و \* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌دار می‌باشد.

ns, \*\* and \*: non-significant, significant at  $p \leq 0.01$  and  $p \leq 0.05$ , respectively.



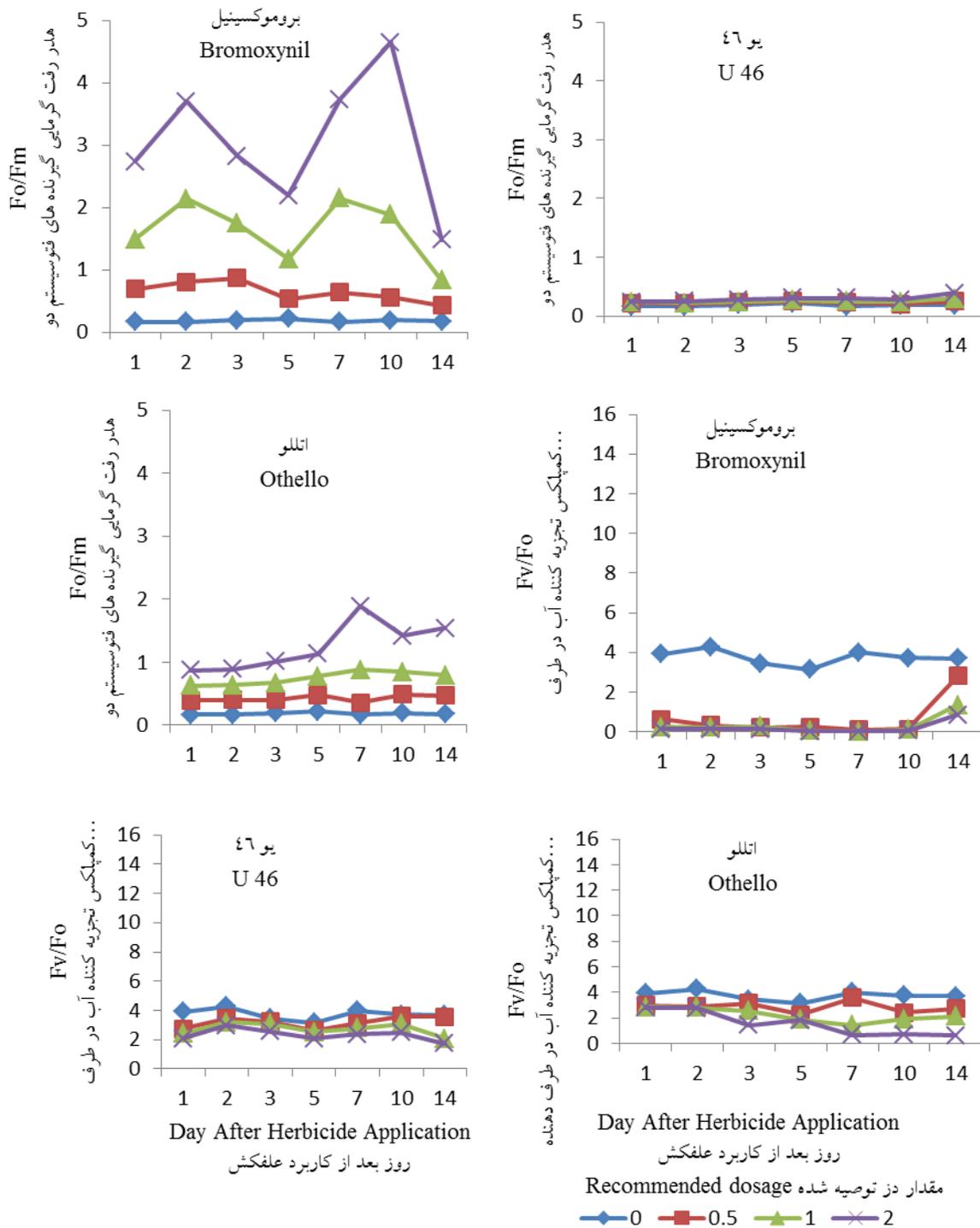
شکل ۱- تأثیر دزهای مختلف علف‌کش بروموکسینیل، یو ۴۶ و اتللو (لیتر در هکتار) بر فلورسانس حداقل (Fo) و حداکثر (Fm) قاصدک طی ۱۴ روز پس از کاربرد علف‌کش

**Figure 1-** The effect of different doses of bromoxynil, U46 and Othello herbicides (lit/ha) on minimum (Fo) and maximum (Fm) fluorescence of dandelion under 14 days after herbicide application.



شکل ۲- تأثیر دزهای مختلف علفکش بروموکسینیل، یو ۴۶ و اتللو (لیتر در هکتار) بر فلورسانس متغیر (Fv) و حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) قاصدک طی ۱۴ روز پس از کاربرد علفکش

**Figure 2-** The effect of different doses of bromoxynil, U46 and Othello herbicides (lit/ha) on variable fluorescence (Fv) and maximum quantum efficiency of photosystem II (Fv/Fm) of dandelion under 14 days after herbicide application.



شکل ۳- تأثير دزهای مختلف علف‌کش بروموکسينيل، يو ۴۶ و اتللو (ليتر در هکتار) بر تغيير در هدررفت گرمایی گیرنده-های فتوسیستم II (Fo/Fm) و کارایی کمپلکس تجزیه کننده آب به‌عنوان دهنده الکترون به فتوسیستم II (Fv/Fo) قاصدک طی ۱۴ روز پس از کاربرد علف‌کش

**Figure 3-** The effect of different doses of bromoxynil, U46 and Othello herbicides (lit/ha) on the change in heat loss of photosystem II receptors (Fo/Fm) and the efficiency of the water splitting complex as an electron donor to photosystem II (Fv/Fo) Dandelion under 14 days after herbicide application.

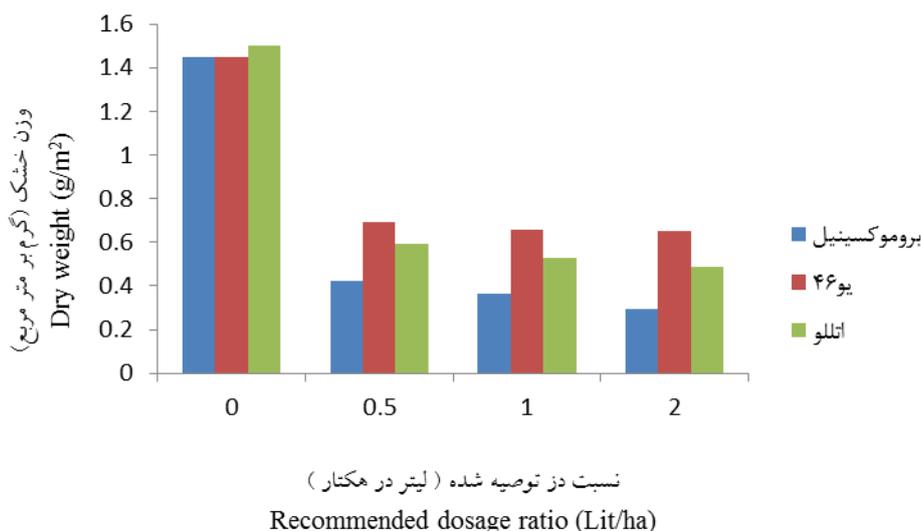
جدول ۲- نتایج تجزیه‌های آماری فاکتورهای مورد مطالعه بر میانگین مربعات وزن خشک قاصدک (گرم بر متر مربع)

**Table 2-** The results of statistical analyzes of the dry weight ( $\text{g/m}^2$ ) of dandelion weeds under the influence of three types of herbicides

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	وزن خشک dry weight
تکرار Repeat	2	0.034 <sup>ns</sup>
علفکش Herbicide	2	1.352 <sup>**</sup>
دوز Dose	3	1.645 <sup>**</sup>
علف کش×دز h×d	6	1.076 <sup>**</sup>
خطا Error	24	0.065
ضریب تغییرات (C.V. %)		25.88

ns و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌دار می‌باشد.

\*, \*\* and ns are respectively significant at 5 and 1 percent probability level and not significant.



شکل ۴- تأثیر دزهای مختلف علف‌کش‌های بروموکسینیل، یو ۴۶ و اتللو بر وزن خشک قاصدک ۳۰ روز پس از کاربرد علف‌کش

**Figure 4-** The effect of different doses of bromoxynil, U46 and Othello herbicides (liter per hectare) on the dry weight of dandelion ( $\text{g.m}^{-2}$ ) 30 days after herbicide application

## References

## منابع مورد استفاده

- Avarseji, Z., M.H. Rashedmohassel, A. Nezami, M. Abbaspoor, and M. Nassiri mahallati. 2012. Dicamba+2,4-D affects the shape of the Kautsky curves in wild mustard (*Sinapis arvensis*). *Journal of Plant Science*. 1: 41-45. (In Persian).
- Baker, N.R., and E. Rosenqvist. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Experimental Botany*. 55: 1607–1621.
- Balabanova, D.A., M. Paunov, V. Goltsev, A. Cuypers, J. Vangronsveld, and A. Vassile. 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 Science*. 1-10.
- Barbagallo, R.P., K. Oxborough, K.E. Pallett, and N.R. Baker. 2003. Rapid, non-invasive screening for perturbations of metabolism and plant growth using chlorophyll fluorescence imaging. *Plant Physiology*. 132: 485-493.
- Christians, N. 2007. Broadleaf weed control with Dismiss (sulfentrazone). Iowa State Univ., Hort. Res. Station, ISRF07-36.
- Cobb, A.H., and J.P.H. Reade. 2010. Herbicides and plant physiology (Second Edition). Wiley- Blackwell Publication. 295 P.
- Escudero, N.L., M.L. Arellano, S. Fernández, G. Albarracín, and S. Mucciarelli. 2003. *Taraxacum officinale* as a food source. *Plant Foods for Human Nutrition*. 58: 1–10.
- Franssen, A.S., and J.J. Kells. 2007. Common dandelion (*Taraxacum officinale*) control with post-emergence herbicides in no-tillage glufosinate-resistant corn. *Weed Technology*. 21:14–17.
- Freitas, I.L., W.P. Rodrigues, S. Freitas, J.A. Freitas, R.T. Amim, A.T. Junior, and E. Acampostrini. 2016. Physiological aspects of corn plants related to mesotrione herbicide selectivity. *Australian Journal of Crop Science*. 10 (8): 1158- 1163.
- Fresenburg, B.S. 2007. Commercial horticulture: Turf Weed Control. Available at <http://extension.missouri.edu/xplor/agguides/hort/g06752.htm>. Uni. of Missouri Ext. Accessed: May. 14. 2007.
- Gardner, D. 2009. New options for golf course weed control. *Golf Course Mgt*. 77: 119–124.
- Hammami, H., M.H. Mohassel, M. Parsa, M. Bannayan-aval, and E. Zand. 2014. Behavior of sethoxydim alone or in combination with turnip oils on chlorophyll fluorescence parameter. *Plant Foods for Human Nutrition*. 6(1): 112-118. (In Persian).
- Huang, Y., S.J. Thomson, W.T. Molin, K.N. Reddy, and H. Yao. 2012. Early detection of soybean plant injury from glyphosate by measuring chlorophyll reflectance and fluorescence. *Journal of Agriculture Science*. 4: 110-117.
- Kalaji, H.M., K. Govindjee, J. Koscielniak, and K. Zuk-Golaszewska. 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.
- Kocheva, K., P. Lambrev, G. Georgiev, V. Goltsev, and M. Karabaliev. 2004. Evaluation of chlorophyll fluorescence and membrane injury in the leaves of barley cultivars under osmotic stress. *Bioelectrochemistry*. 63: 121-124.

- Koski, A.J. 2007. Broadleaf weed control in lawns. Available at <http://www.ext.colostate.edu/Pubs/Garden/03100.html>. Accessed: July. 2. 2007.
- Kummerova, M., J. Krulova, S. Zezulka, and J. Triska. 2006. Evaluation of fluoranthene phytotoxicity in pea plants by Hill reaction and chlorophyll fluorescence. *Chemosphere*. 65: 489-496.
- Landry, G., T. Murphy, C. Waltz, K. Braman, W. Hudson, G. Pettis, and A. Martinez. 2007. Turfgrass pest control recommendations for professionals. Uni. of Georgia. pp: 51-55.
- Loughner, D.L., and S.P. Nolting. 2010. Influence of foliar moisture on postemergent granule herbicide control of white clover and dandelion in cool-season turf. Online. Appl. Turfgrass Science. Nov. 2010. <<https://www.agronomy.org/publications/ats/pdfs/7/1/2010-0713-01-RS>>.
- Mehta, P., A. Jajoo, S. Mathur, and S. Bharti. 2010. Chlorophyll a fluorescence study revealing effects of high salt stress on Photosystem II in wheat leaves. *Plant Physiology. Biochemistry*. 48: 16- 20.
- Mesbahi, S.M., M. Chasemi Ghehsareh, and S. Esmaeili. 2023. Chemical control of dandelion (*Taraxacum* Sp.) weed in Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.). *Plant Production*. 46 (1): 117-127. (In Persian).
- Senseman, S.A. 2007. Herbicide handbook. 9th Ed. Weed Science. Soc. of Amer., Lawrence, KS.
- Schnick, P.J., and G.J. Boland. 2002. 2,4-D and Sclerotinia minor to control common dandelion. *Weed Science*. 50: 173-178.
- Tomar, R.S., and A. Jajoo. 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.
- Zabiholahi, V., F. Mighani, and M.R. Karami nezhad. 2008. Investigation of chemical control of millet weeds (*Setaria glauca* (L.) Beauv.) and dandelion (*Taraxacum syriacum* Boiss.) in the tall grass (*Festuca arundinacea* Schreb.). *Journal of Weed Science*. 4: 1-13. (In Persian).

Research Article

DOI:

## The Effect of Bromoxynil, U46 and Othello Herbicides on Chlorophyll Fluorescence Indices of Dandelion Weed (*Taraxacum syriacum* Boiss.)

Seyede Maryam Mozafari<sup>1\*</sup>, and Hamidreza Mohammaddoust Chamanabad<sup>2</sup>*Received: November 2023, Revised: 21 February 2024, Accepted: 4 May 2024*

### Abstract

Chlorophyll a fluorescence, which is a non-destructive tool for estimating the photochemical efficiency of photosynthesis, is widely used in the evaluation of plant responses to environmental stresses. This experiment was conducted in order to investigate the effects of Pardner (bromoxynil 22.5% SL), Tofordi + MCPA (U46 combi fluid 67.5% SL) and mesosulfuron methyl + iodosulfuron methyl + diflufenican + mefenopyridiethyl (Othello 8.25% OD) herbicides on chlorophyll a fluorescence of dandelion flower in the form of randomized complete block design with three replications in the lawn of the Faculty of Agriculture and Natural Resources of Mohaghegh Ardabili University in 2021. For this purpose, different doses (0 control, 0.5, 1, 2 times the recommended dose) of the herbicides Pardner (2.5 liters per hectare), Tofordi + MCPA (1.5 liters per hectare) and mesosulfuron methyl + iodosulfuron methyl + diflufenican + mefenopyridiethyl (1.6 liters per hectare) was evaluated in the lawn of the Faculty of Agriculture and Natural Resources, which was previously investigated for dandelion contamination. 1, 2, 3, 5, 7, 10, 14 days after treatment with different herbicides, dandelion chlorophyll a fluorescence was measured with a portable fluorometer. The results show a decrease in maximum fluorescence ( $F_m$ ), variable fluorescence ( $F_v$ ), maximum photochemical efficiency of photosystem II ( $F_v/F_m$ ) and the efficiency of the water-decomposing complex as an electron donor to photosystem II ( $F_v/F_o$ ) and an increase in minimum fluorescence ( $F_o$ ) and heat loss ( $F_o/F_m$ ) in all herbicide treatments on dandelion plants. The dry weight of dandelion weed decreased under the influence of different herbicide treatments compared to the control (no herbicide use). The biggest reduction was observed in bromoxynil treatment with the amount of  $0.477 \text{ g.m}^{-2}$ . The greatest decrease in ( $F_m$ ), ( $F_v$ ), ( $F_v/F_m$ ), ( $F_v/F_o$ ) and the greatest increase in ( $F_o$ ), ( $F_o/F_m$ ) belonged to bromoxynil herbicide.

**Key words:** Electron transfer, Photochemical, Photosynthetic apparatus, Herbicide.

<sup>1</sup> Ph.D. Student of Department of Plant Production Engineering and Genetics, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.

<sup>2</sup> Professor, Department of Plant Production Engineering and Genetics, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.

\*Corresponding Authors: mozafarimaryam5@gmail.com