

## کاربرد منحنی‌های القاء فلورسنس در کنترل تاج‌خروس ریشه قرمز

### (*Solanum nigrum*) سیاه و تاج‌ریزی سیاه (*Amaranthus retroflexus*)

علی اصغر چیت بند<sup>۱\*</sup>، رضا قربانی<sup>۲</sup>، محمدحسن راشد محصل<sup>۲</sup>، محمدعلی باغستانی<sup>۳</sup> و محبوبه نبی‌زاده<sup>۴</sup>

۱- عضو هیات علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان ۲- عضو هیات علمی دانشگاه فردوسی مشهد ۳- عضو هیات علمی دانشگاه فردوسی مشهد  
۴- موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران ۴- کارشناس ارشد علوم علف‌های هرز

تاریخ دریافت: ۹۵/۷/۱۱

تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۱۶

#### چکیده

به منظور تشخیص چگونگی تحت تأثیر قرار گرفتن منحنی کاتسکی و پارامترهای آن، دو آزمایش دُز- پاسخ جهت اندازه‌گیری فلورسنس کلروفیل توسط علف‌کش‌های دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و کلریدازون و کلوپیرالید بر روی دو گونه علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز و تاج‌ریزی سیاه در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی در سال ۱۳۹۲ انجام شد. بر پایه نتایج ارزیابی چشمی، علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه بالاترین حساسیت را نسبت به علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست نشان داد، بطوریکه کاربرد ۳۰۸/۲۵ گرم ماده مؤثره در هکتار از این علف‌کش منجر به کنترل ۱۰۰٪ این علف‌های هرز در ۲۱ روز پس از کاربرد علف‌کش شده بود. نتایج آزمایشات کلروفیل فلورسنس نشان داد شدت اثر کاربرد هر یک از علف‌کش‌های فوق در علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه بیشتر از علف‌هرز تاج-خروس ریشه قرمز بود. بطوریکه منحنی کاتسکی در چهار ساعت پس از اعمال علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست از همان اولین دُز کاربردی در هر دو علف‌هرز بصورت صاف و خطی درآمده درحالی‌که علف‌کش کلریدازون در علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه از همان اولین دُز بکار رفته ۸۱/۲۵ گرم ماده مؤثره در هکتار و در علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز از دُز کاربردی ۳۲۵ گرم ماده مؤثره در هکتار تا حداکثر دُز ۲۶۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار، میزان فلورسنس را کاهش داد. براساس مشاهدات چشمی، علف‌کش کلریدازون تأثیر معنی‌داری بر کنترل علف‌های هرز تاج‌ریزی سیاه و تاج‌خروس ریشه قرمز داشت و نیز علف‌کش کلوپیرالید علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه را بهتر از تاج‌خروس ریشه قرمز کنترل کرد. کاربرد علف‌کش کلوپیرالید در دُز کاربردی ۲۴۰ گرم ماده مؤثره در هکتار در علف‌هرز تاج-خروس ریشه قرمز و نیز در دُزهای ۱۸۰ و ۲۴۰ گرم ماده مؤثره در هکتار علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه میزان فلورسنس را کاهش داد و منحنی کاتسکی را بصورت خطی صاف و مستقیم تبدیل کردند. در بین پارامترهای فلورسنس، تغییرات نسبی فلورسنس در مرحله  $J(F_{ij})$  و مساحت بین منحنی کاتسکی و  $F_m$  (Area) به شدت کاهش پیدا کردند.

واژه‌های کلیدی: دُز-پاسخ، دستگاه فتوسنتزی، تغییرات نسبی فلورسنس، مشاهدات چشمی، منحنی کاتسکی

## مقدمه

تابش طول موج نور ۶۵۰ نانومتر بر روی برگ‌های سازگار شده در تاریکی<sup>۳</sup> و شرایط غیر استرس‌زا باعث افزایش خروج کلروفیل فلورسنس در سه فاز جدا شده بود. این سه فاز شامل O, J, I و P بودند که نشان‌دهنده وقایع فتوشیمیایی مرتبط با فتوسیستم دو بودند (شکل ۱). فاز O-J که باعث احیاء کامل QA شده و بطور نرمال بین ۵۰ میکروثانیه تا ۲ میلی ثانیه طول می‌کشد؛ (۲) فاز J-I که مرتبط با انتقال الکترون از QA به QB می‌شود و بطور نرمال بین ۲ میلی ثانیه تا ۳۰ میلی ثانیه طول می‌کشد؛ (۳) فاز I-P که باعث فرونشانی فلورسنس از طریق اکسیداسیون کامل پلاستوکینون شده که در فاصله زمانی بین ۳۰ میلی ثانیه تا ۵۰۰ میلی ثانیه اتفاق می‌افتد (Baker & Rosenqvist, 2004).

فن‌مدیقام، دس‌مدیقام (بتانال، بتانال آم) و کلریدازون (پیرامین) از مهمترین پهن‌برگ‌کش‌های انتخابی اراضی چغندرقد هستند (Deveikyte & Seibutis, 2008). نحوه عمل این علف‌کش‌ها ممانعت از انتقال الکترون کوئینون‌های اولیه و ثانویه فتوسیستم دو (QA و QB)، از طریق اتصال با جایگاه QB و گرفتن الکترون از QA در کلروپلاست است. سپس، انتقال الکترون فتوستتزی قطع شده و منجر به بازدارندگی همزمان از تولید ATP و تثبیت کربن خواهد شد. در نتیجه، استرس اکسیداتیو القاء شده نوری منجر به تشکیل اکسیژن اکسیداتیو در نزدیکی مرکز فتوسیستم دو شده<sup>۴</sup> و در نهایت منجر به پراکسیده شدن و پروتئولیز لیپید و گسیختگی کمپلکس پیگمان‌های پروتئین فتوسیستم دو و مرگ گیاه خواهد شد (Strasser & Stirbet, 2001; Hess, 2000). همچنین، اتوفومیست از گروه بنزوفورانیل آلکان سولفونیت است. علف‌کشی سیستمیک که از طریق ریشه و اندام هوایی در حال رویش باریک‌برگ‌ها جذب شده و منجر به بازدارندگی رشد مریستم‌ها، تأخیر در تقسیم سلولی و محدود شدن تشکیل کوتیکول مومی می‌شود (Markovska, 2012).

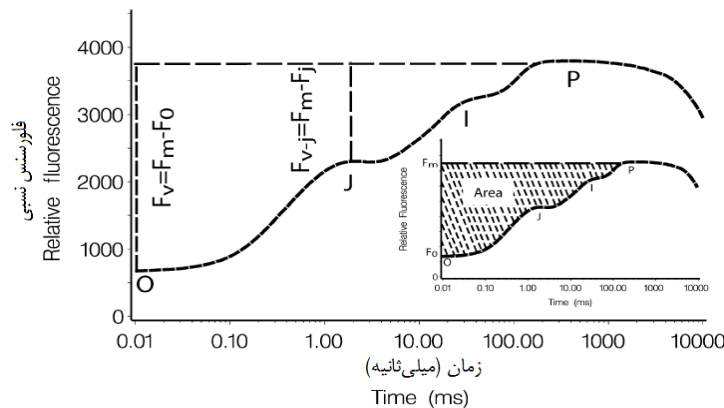
تغییرات درون فرآیندهای فتوستتزی بازتابی از تغییرات فلورسنس کلروفیل می‌باشد. اندازه‌گیری کلروفیل فلورسنس در محیط‌های طبیعی، یکی از حساس‌ترین ابزار برای تشخیص و نشان دادن سریع ترکیبات و شرایط محیطی مضر است که بر روی فتوستتزی اثر می‌گذارند. این اندازه‌گیری آستانه سمیت و همچنین نحوه عمل مواد مضر خارجی<sup>۱</sup> را نشان می‌دهد (Govindjee et al., 1997; Fai et al., 2007; Hess, 2000; Ikeda et al., 2003). در واقع متداولترین تکنیک فلورسنس مورد استفاده، فلورسنس القایی یا اندازه‌گیری تغییرات راندمان فتوستتزی در زمان القاء ناگهانی نور بعد از یک دوره تاریکی است. القاء نور موجب افزایش سریع راندمان فلورسنس و به دنبال آن کاهش آهسته آن خواهد شد. این القاء فلورسنس، پدیده کاتسکی<sup>۲</sup> نامیده می‌شود و اولین بار در سال ۱۹۳۱ توسط کاتسکی و هیرش با ارزیابی چشمی بررسی و در مقاله‌ای کمتر از یک صفحه انتشار یافت (Kautsky & Hirsch, 1931). کلروفیل فلورسنس ساعت شده بوسیله فتوسیستم دو، موجب استخراج الکترون از آب و تغذیه آنها بوسیله زنجیره انتقال الکترون مرتبط با دو فتوسیستم می‌شود. در مدت کوتاهی در حضور نور، گیرنده الکترون کوئینون A (QA) فتوسیستم دو کاهش یافته و این کاهش توسط افزایش سریع در راندمان فلورسنس بازتاب می‌یابد. در واقع، آنالیز فلورسنس می‌تواند خسارات رُخ داده در موجودات فتوستتزی کننده را قبل از بروز آسیب‌های بصری قابل مشاهده (ارزیابی چشمی) و یا هر نوع روش اندازه‌گیری رایج دیگر مانند وزن تر و خشک مشخص کند (Fai et al., 2007; Chitband et al., 2015a). ریتمولر-هاگ (Riethmuller-Haage et al., 2006) با اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل، موفق به تشخیص زود هنگام اثرات علف‌کشی در علف‌های هرز شد.

<sup>3</sup> Dark Adapted Leaves

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

<sup>1</sup> Xenobiotic

<sup>2</sup> Kautsky Phenomenon



شکل ۱. منحنی کاتسکی ثبت شده با دستگاه Handy PEA در برگ‌هایی که به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شده‌اند. در این حالت، منحنی کاتسکی از سطوح نقطه O تا نقطه P، بصورت مراحل OJIP مشخص شده که نشان‌دهنده انتقال الکترون PSII از تجزیه ملکول آب بسمت مخزن PQ می‌باشد (Abbaspoor & Streibig, 2005).

Figure 1. Kautsky curve recorded with Handy PEA instrument in a 30-minute dark adapted leaf. The Kautsky curve rise from O to P level is characterized by the OJIP steps reflecting PSII electron transport from water to PQ pool.

پارامترهای آن بر کنترل علف‌های هرز تاج‌خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.) و تاج‌ریزی سیاه (*Solanum nigrum* L.)، دو آزمایش دُز-پاسخ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۲ انجام شد. این آزمایش در قالب طرح کامل تصادفی با ۶ تکرار برای تیمار شاهد و چهار تکرار برای هر تیمار آزمایشی به اجرا درآمد.

به‌منظور خواب شکنی، بذور تاج‌خروس ریشه قرمز به مدت ۲ دقیقه در اسید سولفوریک غلیظ ۹۸ درصد قرار گرفته و سپس به مدت ۷۲ ساعت در دستگاه ژرمیناتور<sup>۲</sup> با شرایط دمایی  $25 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد و شرایط فتوپریود ۱۸/۱۶ ساعت روشنایی / تاریکی با شدت نور ۱۸۰۰۰ لوکس قرار گرفتند (Andersen, 1968). پس از ظهور ساقه‌چه و ریشه‌چه، بذور، گیاهچه‌ها در گلدان‌های یک لیتری حاوی خاک، خاکبرگ و ماسه بادی در عمق نیم سانتی‌متر کاشته شدند. درحالی‌که بذور تاج‌ریزی سیاه به‌علت نداشتن خواب، به مدت یک هفته به همراه آب مقطر در دمای ۵-۴ درجه سانتی‌گراد یخچال نگهداری و سپس بطور مستقیم در گلدان یک لیتری

کلوپیرالید با نام تجاری لونتزل، یکی از علف‌کش‌های انتخابی اکسین‌ها و متعلق به گروه پیکولینیک اسید<sup>۱</sup> که بصورت آپوسیمپلاستیک درون گیاه انتقال یافته و برای کنترل طیف وسیعی از پهن‌برگها یکساله و چند ساله در اراضی چغندرقدن مورد استفاده قرار می‌گیرند (Soltani *et al.*, 2005; Schiitz *et al.*, 1996). اتوفومیست و کلوپیرالید اثر مستقیمی بر عملکرد فتوسنتزی ندارند، اما کاربرد آنها منجر به کلروز و نکروز شدن برگها شده که در نهایت باعث نقصان شدن عمل دستگاه فتوسنتزی می‌شوند (Tu *et al.*, 2001). هدف از اجرای تحقیق حاضر، بررسی کارایی علف‌کش‌های دس-مدیفام+ فن‌مدیفام+ اتوفومیست، کلریدازون و کلوپیرالید با استفاده از منحنی کاتسکی و ارزیابی چشمی به‌عنوان ابزاری جهت تشخیص زود هنگام فعالیت این علف‌کش‌ها در کنترل دو گونه غالب علف‌های هرز مزارع چغندرقدن بود.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات سه علف‌کش مهم اراضی چغندرقدن (*Beta vulgaris* L.) با استفاده از منحنی کاتسکی و

<sup>2</sup> Germinator (Grow Chamber, 375 L, Iran)

<sup>1</sup> Picolinic acid group

کلروفیل برگ، که برای تابانیدن نوری با طول موج ۶۵۰ نانومتر و شدت ۳۰۰۰ میکرومول فوتون در متر مربع در ثانیه به مدت ثانیه ۱۰ کالیبره شده بود، برآورد شد (Christensen *et al.*, 2003). لازم به ذکر است که قبل از اندازه‌گیری فلورسنس کلروفیل با دستگاه مذکور، با بستن کلیس‌هایی بر روی یک سوم انتهایی آخرین برگ تکامل یافته یک بوته در هر گلدان، شرایط سازگاری به تاریکی به مدت ۳۰ دقیقه برای برگ‌ها ایجاد شد. ۷ و ۲۱ روز پس از اعمال تیمارهای علف‌کشی، میزان خسارت هر یک از علف‌کش‌های دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست، کلریدازون و کلوپیرالید بر روی علف‌های هرز تاج‌خروس ریشه قرمز و تاج‌ریزی سیاه با روش استاندارد EWRC<sup>۴</sup> (Sandral *et al.*, 1997) مورد ارزیابی چشمی قرار گرفت. در این تحقیق در نهایت برای سهولت نتیجه‌گیری از داده‌های مربوط EWRC (Sandral *et al.*, 1997) و روش موس و همکاران (Moss *et al.*, 2007) استفاده شد. در این روش برای کنترل با بیش از ۸۰ درصد از واژه "کنترل بسیار خوب یا نابودی کامل"، کنترل بین ۷۰ تا ۸۰ درصد از واژه "کنترل مطلوب"، کنترل ۵۰ تا ۷۰ درصد از واژه "کنترل کمی مطلوب"، کنترل ۳۰ تا ۵۰ درصد از واژه "کنترل متوسط"، کنترل ۱۲/۵ تا ۳۰ درصد از واژه "کنترل ضعیف" کنترل صفر تا ۱۲/۵ "بدون تاثیر" استفاده شد. پارامترهای مشتق شده از منحنی کاتسکی که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند عبارت بودند از:

$$\text{معادله (۱)} \quad (F_m - F_o) / F_m = F_v / F_m$$

$$\text{معادله (۲)} \quad (F_m - F_j) / F_m = F_{vj}$$

$$\text{معادله (۳)} \quad \text{Area}$$

در معادلات فوق،  $F_m$ : فلورسنس حداکثر،  $F_o$ : فلورسنس پایه،  $F_j$ : فلورسنس در مرحله  $J$ ، Area: مساحت بین منحنی کاتسکی و  $F_m$  می‌باشد (شکل ۱). به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها و ترسیم شکل‌ها از نرم افزار PEA Plus استفاده شد.

حاوی خاک، خاکبرگ و ماسه بادی در عمق تقریباً نیم سانتی متر کاشته شدند. شرایط گلخانه در زمان کاشت بصورت ۱۶ ساعت روشنایی با دمای  $26 \pm 4$  درجه سانتی‌گراد و ۸ ساعت تاریکی با  $18 \pm 3$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی  $50 \pm 8$  درصد بود. گلدان‌ها از طریق زیر گلدانی هر دو تا سه روز یکبار آبیاری شدند. در مرحله ۲-۳ برگی گیاهچه‌های هر گلدان، به چهار گیاهچه تُنک شدند و به میزان ۳۰ میلی لیتر از محلول ۰/۳ کود ۲۰:۲۰:۲۰ (N:P:K) به هر یک از گلدان‌ها اضافه شد. دمای گلخانه در طول مدت رشد، بین  $25 \pm 7$  درجه سانتی‌گراد در طول روز و  $20 \pm 5$  درجه سانتی‌گراد در طول شب متغیر بود. تیمارهای آزمایش شامل دُزهای صفر، ۵۱/۳۸، ۱۰۲/۷۵، ۲۰۵/۵، ۳۰۸/۲۵، ۴۱۱، ۶۱۶/۵ و ۸۲۲ گرم ماده مؤثره در هکتار ترکیب تجاری علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست (بتانال پروگرس-اواف)، صفر، ۸۱/۲۵، ۱۶۲/۵، ۳۲۵، ۶۵۰، ۱۳۰۰، ۱۹۵۰ و ۲۶۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار ترکیب تجاری علف‌کش کلریدازون (پیرامین) و صفر، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ گرم ماده مؤثره در هکتار ترکیب تجاری علف‌کش کلوپیرالید (لونترل) بودند که به ترتیب بر روی علف‌های هرز تاج‌خروس ریشه قرمز و تاج‌ریزی سیاه اعمال شدند.

گیاهان در مرحله ۴-۶ برگی با استفاده از سمپاش متحرک ریلی<sup>۱</sup> مجهز به نازل بادبزی معمولی<sup>۲</sup> با خروجی ۲۰۰ لیتر در هکتار با فشار پاشش ۲۰۰ کیلو پاسکال تحت تیمار قرار گرفتند. شرایط محیطی در هنگام پاشش علف‌کش‌ها یکنواخت بود (دما  $25 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی  $45 \pm 6$  درصد). سپس میزان بازدارندگی فتوستنز در هر دو علف‌هرز، در با استفاده از دستگاه فلورومتر<sup>۳</sup> در فواصل زمانی ۴، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ و ۱۶۸ ساعت پس از اعمال غلظت‌های مختلف علف‌کش‌های مذکور با اندازه‌گیری فلورسنس

<sup>۱</sup> Matabi 121030 Super Agro 20 l sprayer; Agratech Services-Crop®, Spraying Equipment, Rossendale, UK

<sup>۲</sup> 8002 flat – fan nozzle

<sup>۳</sup> Fluorometer (Handy PEA; Hansatech Instruments, King 's Lynn, Norfolk, UK)

<sup>۴</sup> European Weed Research Council

و همکاران (Chitband *et al.*, 2014) در کاربرد علف‌کش دس‌مدیفام+ فن‌مدیفام+ اتوفومیست بر علف‌هرز خرفه نیز به نتیجه مشابهی در این زمینه دست یافتند. عباسپور و همکاران (Abbaspoor *et al.*, 2006) مشاهده کردند که کاربرد دو علف‌کش متامیترون و تربوتیلازین (بازدارندگان فتوسیستم دو) تحت تأثیر دُزهای حداکثر منحنی کاتسکی را بطور تغییرناپذیری در گیاه چغندر قند در ۲ ساعت پس از اعمال علف‌کش‌های مذکور کاهش داد و در نهایت منجر به مرگ گیاه شد.

علف‌کش کلریدازون در علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز در اولین بازه زمانی یعنی چهار ساعت و دُزهای اولیه ۸۱/۲۵ و ۱۶۲/۵ گرم ماده مؤثره در هکتار تغییر محسوسی را نسبت به تیمار شاهد نشان نداد درحالی‌که در دُز کاربردی ۳۲۵ گرم ماده مؤثره در هکتار تا حداکثر دُز ۲۶۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار، میزان فلورسنس را کاهش داده و منحنی کاتسکی را خطی کرده بود (شکل ۳ a, c, e و g). به نظر می‌رسد که علف‌کش کلریدازون تا حدودی حساسیت بالاتری در علف‌هرز تاج-ریزی سیاه نسبت به علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز از خود نشان داد و روند منحنی کاتسکی کلیه بازه‌های زمانی اندازه-گیری فلورسنس از همان اولین دُز بکار رفته ۸۱/۲۵ گرم ماده مؤثره در هکتار تغییر محسوسی را نشان داد و تقریباً بصورت صاف درآمد. در سایر دُزهای مصرفی بالاتر، این اثر شدیدتر و مشهودتر شده بود (شکل ۳ b, d, f و h). علیرغم بازدارندگی فتوسیستم دو علف‌کش کلریدازون همانند دس‌مدیفام+ فن‌مدیفام+ اتوفومیست، شدت اثر آن در بازه‌ها و دُزهای متفاوت کاربردی کمتر از دس‌مدیفام+ فن‌مدیفام+ اتوفومیست بود. نوع و اجزاء فرمولاسیون می‌تواند در شدت اثر علف‌کش‌ها مؤثر باشد. علف‌کش‌های فرموله شده محتوی جزء فعال مخلوط شده با اجزاء اصلی فرمولاسیون هستند که منجر به

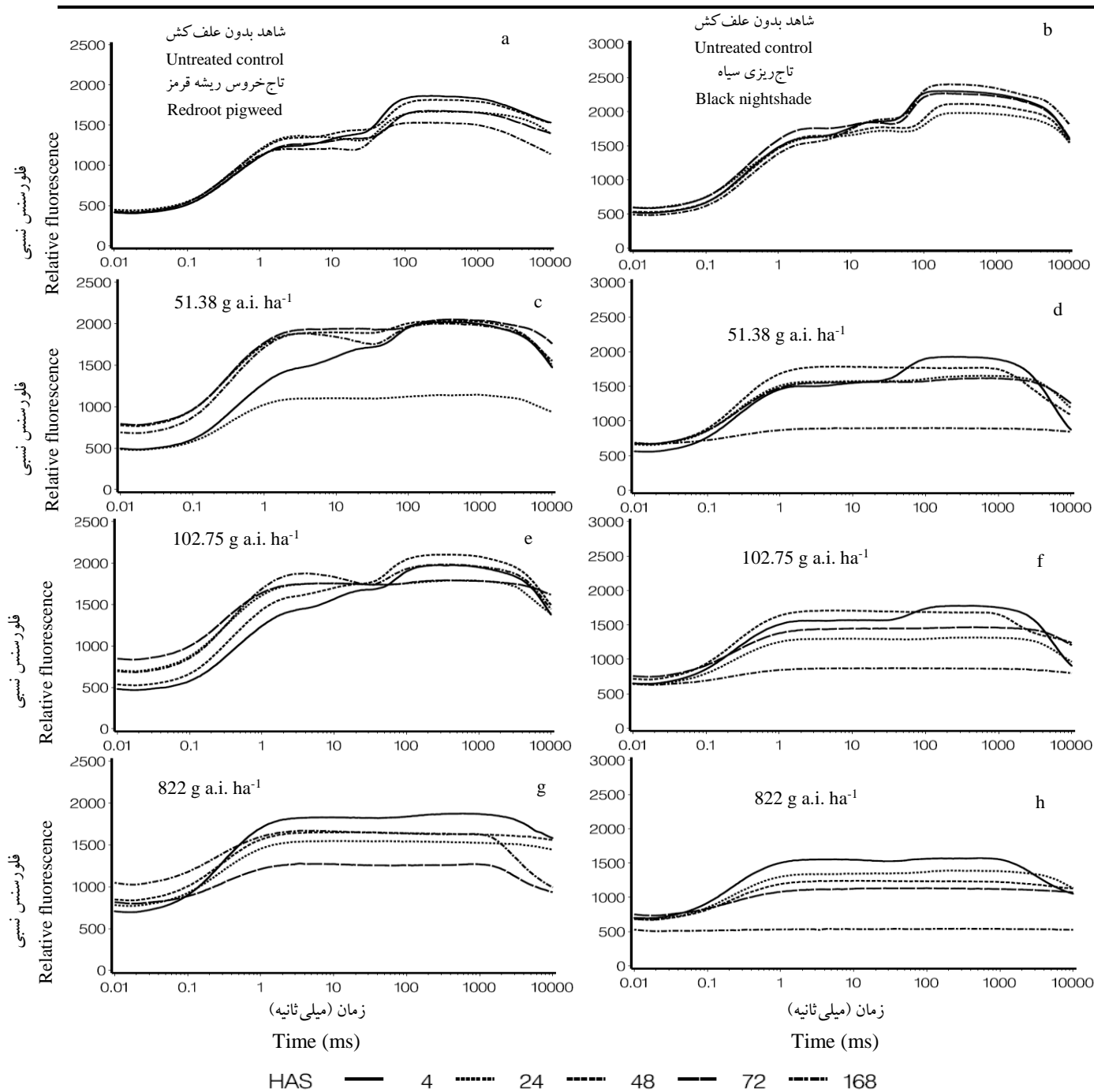
همچنین برای بررسی اثرات زمان و دُز در منحنی کاتسکی، داده‌های برداشت شده توسط دستگاه فلورومتر، از برنامه بایولایزر<sup>۱</sup> و نرم افزار SAS 9.1 (Software Analysis [SAS] Systems, 2003) استفاده شد.

## نتایج و بحث

### الف) ارزیابی منحنی‌های کاتسکی و پارامترهای آن بر علف‌های هرز

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که چهار ساعت پس از اعمال علف‌کش دس‌مدیفام+ فن‌مدیفام+ اتوفومیست در علف‌های هرز تاج‌خروس ریشه قرمز در دُز مصرفی ۵۱/۳۸ گرم ماده مؤثره در هکتار، تغییر محسوسی نسبت به تیمار شاهد مشاهده نشد ولی در این بازه زمانی از دُز ۳۰۵/۲۵ تا حداکثر دُز اعمال شده یعنی دُز توصیه شده این علف‌کش (۸۲۲ گرم ماده مؤثره در هکتار)، منحنی کاتسکی خطی شده بود. منحنی کاتسکی در بازه زمانی ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از اعمال تیمار، در کلیه دُزها نسبت به تیمار شاهد بصورت خطی صاف و مستقیم درآمد (شکل ۲ a, c, e و g). در صورتیکه چهار ساعت پس از اعمال علف‌کش دس‌مدیفام+ فن‌مدیفام+ اتوفومیست در علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه از همان اولین دُز مصرفی اولیه (۵۱/۳۸ گرم ماده مؤثره در هکتار) تا حداکثر دُز ۸۲۲ گرم ماده مؤثره در هکتار، منحنی کاتسکی تحت تأثیر قرار گرفته بود و در بازه‌های زمانی ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از سمپاشی در کلیه دُزها، منحنی کاتسکی به شدت متأثر شده و میزان فلورسنس کاهش یافته بود بطوریکه شکل و فرم منحنی مذکور از مرحله J به بعد (I-J و I-P) کاملاً تغییر شکل داده و خطی شد (شکل ۲ b, d, f و h). این امر به دلیل تأثیر زیاد این علف‌کش بر روی دستگاه فتوستیزی بود که حتی در دُزهای کمتر از نصف ماده مؤثره توصیه شده هم بر روند بازتاب فلورسنس کلروفیل تأثیر داشت. چیت‌بند

<sup>۱</sup> BIOLYZER Program



شکل ۲. تأثیر علف کش دس مدیفام + فن مدیفام + اتوفومبست در طی بازه‌های زمانی متفاوت بر روند منحنی کاتسکی در دو علف‌هرز تاج خروس ریشه قرمز (سمت چپ) و تاج ریزی سیاه (سمت راست)، تیمار شاهد، (a-b)، دس مدیفام + فن مدیفام + اتوفومبست در دُزهای ۵۱/۳۸ (c-d)، دُز ۱۰۲/۷۵ (e-f) و دُز ۸۲۲/۷۵ (g-h) پس از سمپاشی.

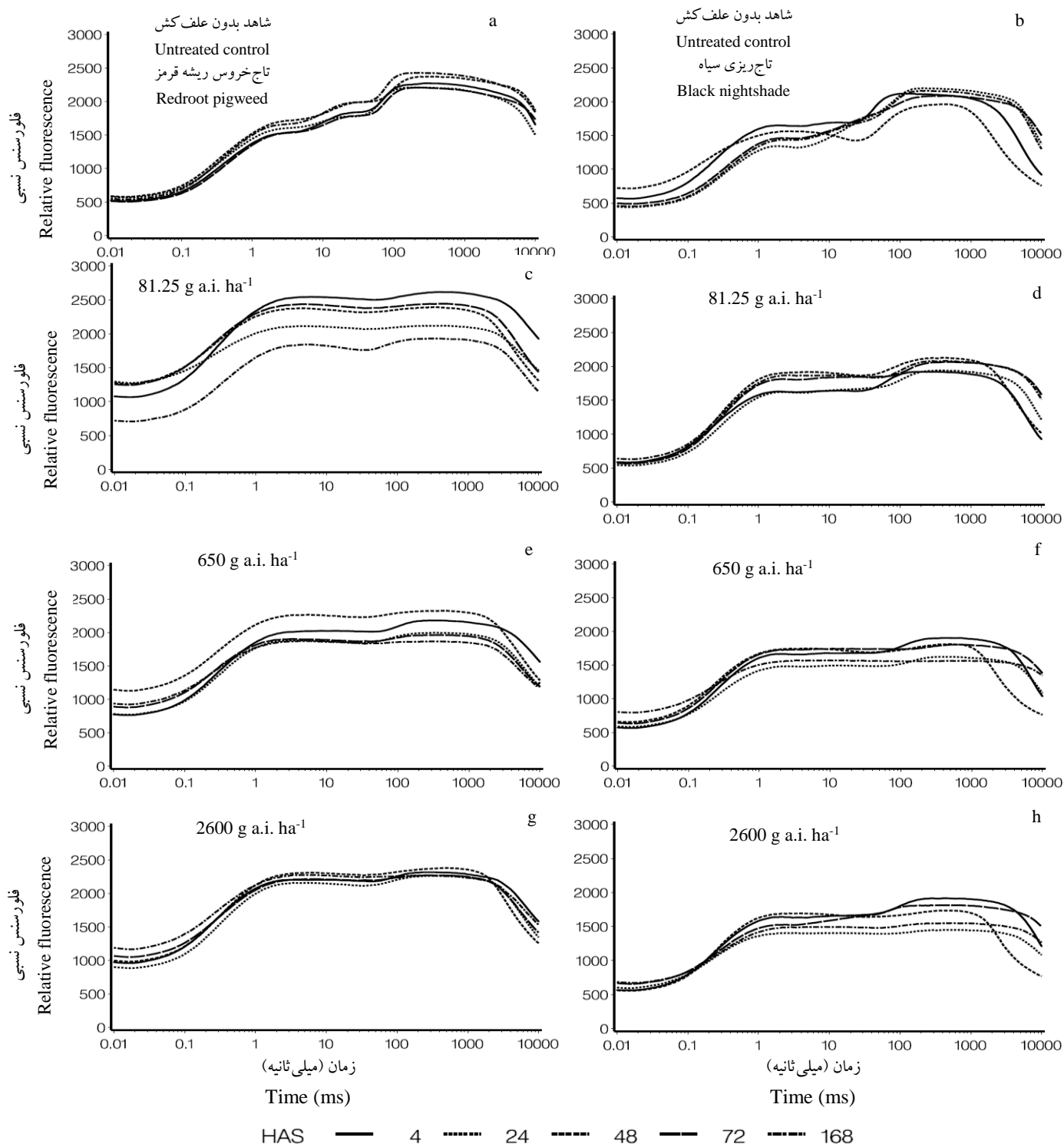
Figure 2. Effect of different doses of desmedipham + phenmedipham + ethofumesate on the shape of the Kautsky curves at redroot pigweed (left) and black nightshade (right), untreated control (a-b), desmedipham + phenmedipham + ethofumesate at 51.38 g a.i. ha<sup>-1</sup> (c-d), 102.75 g a.i. ha<sup>-1</sup> (e-f) and 822 g a.i. ha<sup>-1</sup> (g-h), HAS (hours after spraying).

علف‌کش در درون گیاه نیز دلیلی بر کاربرد غلظت بیشتر علف‌کش‌ها در هر یک از نسبت‌های اختلاط برای رسیدن به غلظت مؤثر در جایگاه هدف باشد که کاربرد غلظت بیشتر هر یک از علف‌کش‌ها در هر یک از نسبت‌های اختلاط تداخلات بین دو علف‌کش در جذب و انتقال را موجب خواهد شد. عباسپور و استریبیگ (Abbaspoor & Streibig, 2007) و عباسپور و همکاران (Abbaspoor et al., 2006) بیان نمودند که منحنی کاتسکی تحت تأثیر شرایط محیطی مختلف مانند تنش‌های دمایی، آب، فراهمی منابع غذایی گیاه و حتی نوع گونه علف‌هرز قرار می‌گیرد. به علاوه، اختلاف در پاسخ بین ویژگی‌های مرفولوژیکی گیاه در تفاوت نوع گونه علف‌هرز کاملاً مشهود است.

کاربرد علف‌کش کلوپیرالید در علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز نیز در کلیه دُزهای مصرفی بجز ۲۴۰ گرم ماده مؤثره در هکتار تغییر محسوسی را نسبت به تیمار شاهد نشان نداد در صورتیکه در این دُز کاربرد، فلورسنس تمام بازه‌های زمانی کاهش یافته و صاف شده بودند (شکل ۴ a, c, e و g). روند منحنی کاتسکی علف‌کش کلوپیرالید در دُزهای مصرفی ۱۵، ۳۰ و ۶۰ گرم ماده مؤثره در هکتار در علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه کاملاً مشابه با تیمار شاهد بود ولی در دُزهای ۹۰ و ۱۲۰ گرم ماده مؤثره در هکتار تغییرات واضحی را نشان داد و حتی در دُز ۱۲۰ گرم ماده مؤثره در هکتار و در بازه زمانی ۱۶۸ ساعت کاملاً صاف شد. در دُزهای حداکثر ۱۸۰ و ۲۴۰ گرم ماده مؤثره در هکتار علف‌کش کلوپیرالید در تمام بازه‌های اندازه‌گیری فلورسنس، میزان فلورسنس کاملاً کاهش یافته و منحنی کاتسکیدارای روندی مشابه با علف‌کش‌های بازدارنده فتوسنتز داشته و بصورت خطی درآمد (شکل ۴ b, d, f و h). چیت‌بند و همکاران (Chitband et al., 2015a,b) نیز گزارش مشابه‌ای در این زمینه ارائه کردند. عباسپور و استریبیگ (Abbaspoor & Streibig, 2005) گزارش نمودند که میزان فلورسنس کلروفیل خروجی بعد از مرحله P در برگ‌های گیاه

افزایش چسبندگی قطره سمپاشی شده روی برگ‌های گیاه، افزایش جذب و یا ممانعت از تجزیه سریع ترکیب فعال علف‌کشی می‌شوند. مقایسه پاسخ‌های علف‌کشی دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست با علف‌کش‌های کلریدازون بخوبی نشان داد که پودرهای و تابل مرطوب شونده موجود در ترکیب علف‌کش کلریدازون ممکن است سبب محدود شدن عمل پراکنده‌ها در فرمولاسیون علف‌کش شده، در نتیجه ماده مؤثره فرمولاسیون دارای حلالیت کمتر و در نهایت لخته و ته نشین می‌شوند (Chitband et al., 2015a; Stock & Davies, 1994). همچنین، کاربرد علف‌کش‌های دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و کلریدازون در هر دو علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه و تاج‌خروس ریشه قرمز دارای شدت تأثیر بالایی بود بطوریکه این شدت اثر تا حدودی در تاج‌ریزی سیاه بیشتر از تاج‌خروس ریشه قرمز بود.

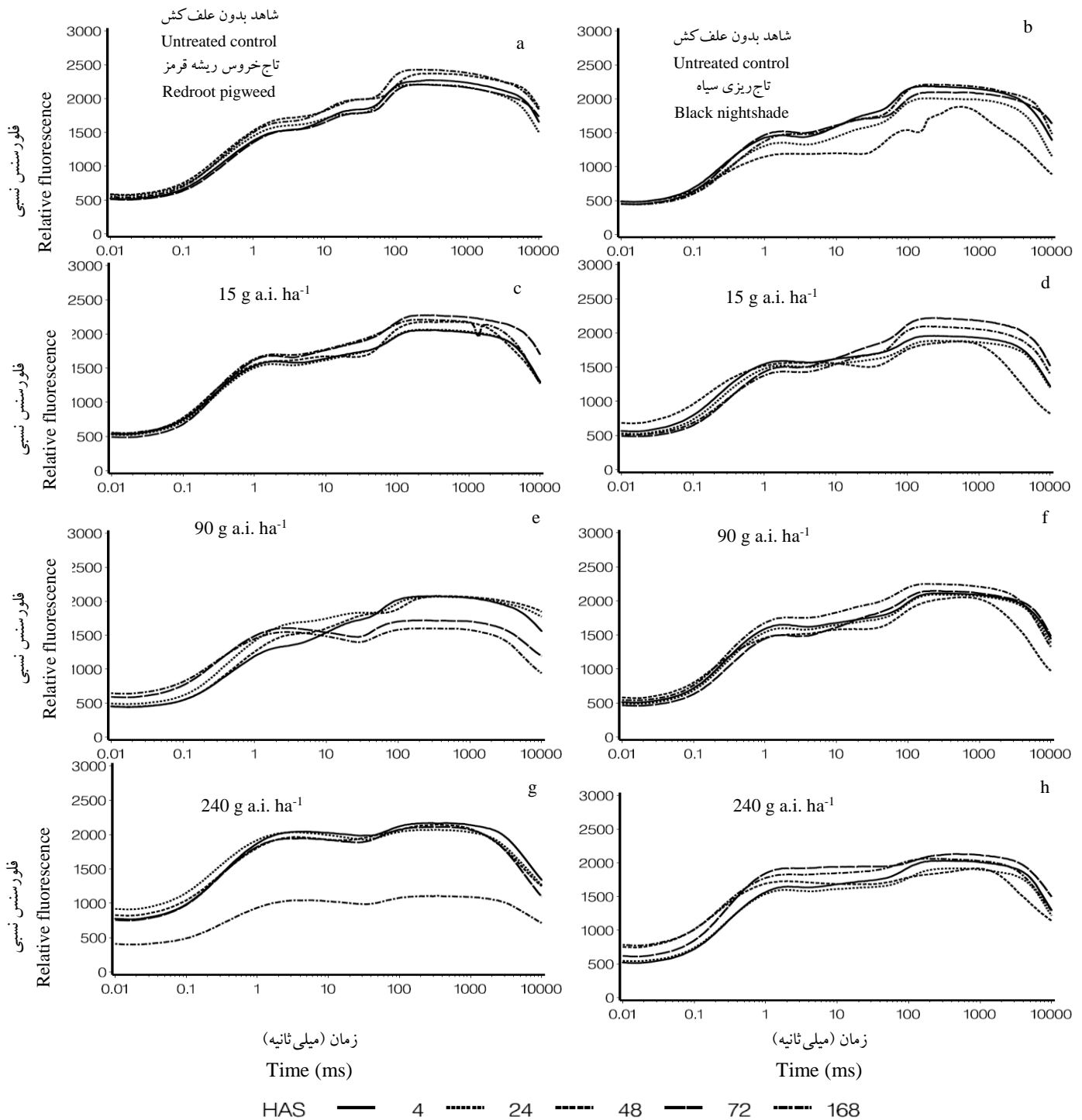
به نظر می‌رسد که نوع گونه علف‌هرز نیز در جذب و نفوذ علف‌کش‌ها به درون گیاه و نهایتاً در غلظت مؤثر به جایگاه هدف می‌تواند مهم باشد، بطوریکه علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز با داشتن ۵۵ درصد مواد قطبی در مقایسه با ۱۱ درصد مواد قطبی سطح برگ تاج‌ریزی سیاه، منجر به نگاهداشت کمتر محلول سمپاشی شده علف‌کش می‌شود (Harr et al., 1991; De Ruiter et al., 1990). از طرف دیگر، استفاده از محلول سورفکتانت ۰/۱ درصد نیز، منجر به تشکیل زاویه تماس ۵۴ درجه قطره محلول سم با سطح برگ تاج‌خروس ریشه قرمز شده درحالیکه بکارگیری همین محلول باعث ایجاد زاویه تماس ۳۴ درجه در تاج‌ریزی سیاه خواهد شد (Harr et al., 1991). این خیس‌پذیری کمتر سطح برگ تاج‌خروس ریشه قرمز ممکن است منجر به کارایی ضعیف علف‌کش‌ها به علت کاهش نگاهداشت و جذب علف‌کش‌ها شود. احتمالاً کاهش نگاهداشت محلول منجر به کنترل متغیر تاج‌خروس ریشه قرمز در تیمارهای علف‌کشی خواهد شد. از طرفی احتمال می‌رود متابولیسم سریعتر هر یک از علف‌کش‌ها در این گونه‌های علف‌هرز به دلیل جریان کمتر



شکل ۳. تأثیر علف‌کش کلریدازون در طی بازه‌های زمانی متفاوت بر روند منحنی کاتسکی در دو علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز (سمت چپ) و تاج‌ریزی سیاه (سمت راست)، تیمار شاهد، (c-d) کلریدازون در دزهای ۸۱/۲۵، ۶۵۰ و ۲۶۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار؛ HAS: ساعات پس از سمپاشی.

Figure 3. Effect of different doses of chloridazon on the shape of the Kautsky curves at redroot pigweed (left) and black nightshade (right), untreated control (a-b), chloridazon at 81.25 g a.i. ha<sup>-1</sup> (c-d), 650 g a.i. ha<sup>-1</sup> (e-f) and 2600 g a.i. ha<sup>-1</sup> (g-h), HAS (hours after spraying).



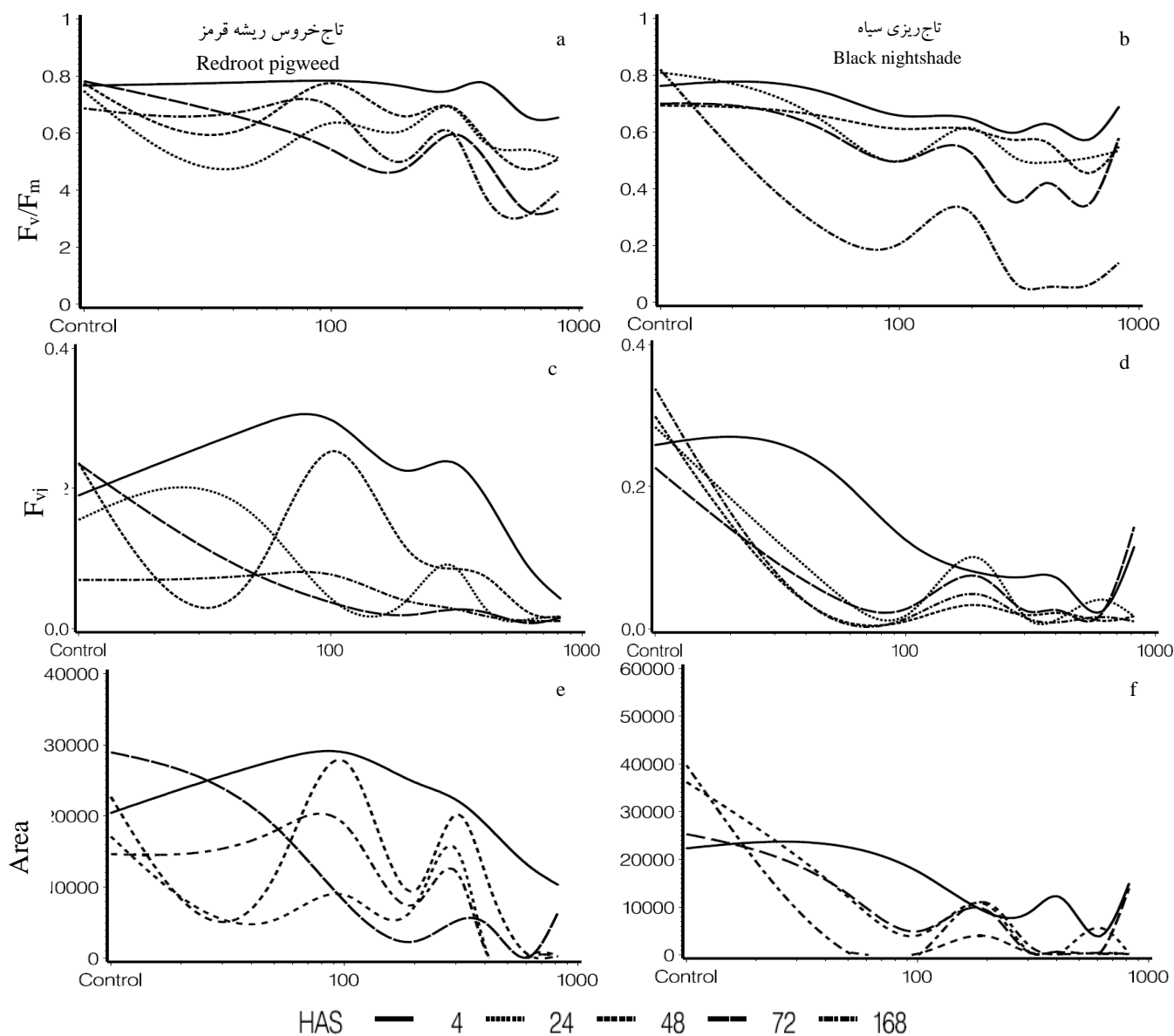


شکل ۴. تأثیر علف کش کلویپرالید در طی بازه‌های زمانی متفاوت بر روند منحنی کاتسکی در دو علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز (سمت چپ) و تاج‌ریزی سیاه (سمت راست)، تیمار شاهد، (a-b) کلریدازون در دزهای ۱۵، ۹۰ و ۲۴۰ گرم ماده مؤثره در هکتار؛ HAS: ساعات پس از سمپاشی.

Figure 4. Effect of different doses of clopyralid on the shape of the Kautsky curves at redroot pigweed (left) and black nightshade (right), untreated control (a-b), chloridazon at 15 g a.i. ha<sup>-1</sup> (c-d), 90 g a.i. ha<sup>-1</sup> (e-f) and 240 g a.i. ha<sup>-1</sup> (g-h), HAS (hours after spraying).

*Sinapis alba* L.) شکل منحنی کاتسکی بر اثر کاربرد سه علف‌کش بتنازون، فلوروکلریدون و گلایفوسیت در بازه‌های ۴، ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از کاربرد تغییر کرد که این تغییر در مورد بتنازون بیشتر بود. نحوه بازدارندگی فلورسنس کلروفیل را می‌توان بوسیله علف‌کش کلوپیرالید این گونه تشریح کرد. کلوپیرالید از جمله بازدارندگان گروه اُکسین بوده که مانع از رشد طبیعی گیاه می‌شوند.

زراعی جو در هفت روز پس از کاربرد کلودینافوپ- پروپارژیل متوقف شد. اورسجی و همکاران (Avarseji et al., 2012) نیز نشان دادند که علف‌کش دایکمبا + توفوردی به- عنوان یک بازدارنده گروه اُکسین در دو روز پس از کاربرد آن، شکل منحنی کاتسکی را تغییر داده و به صورت خطی تبدیل شد. در تحقیقات انجام شده توسط کریستنسن و همکاران (Christensen et al., 2003) بر روی خردل سفید



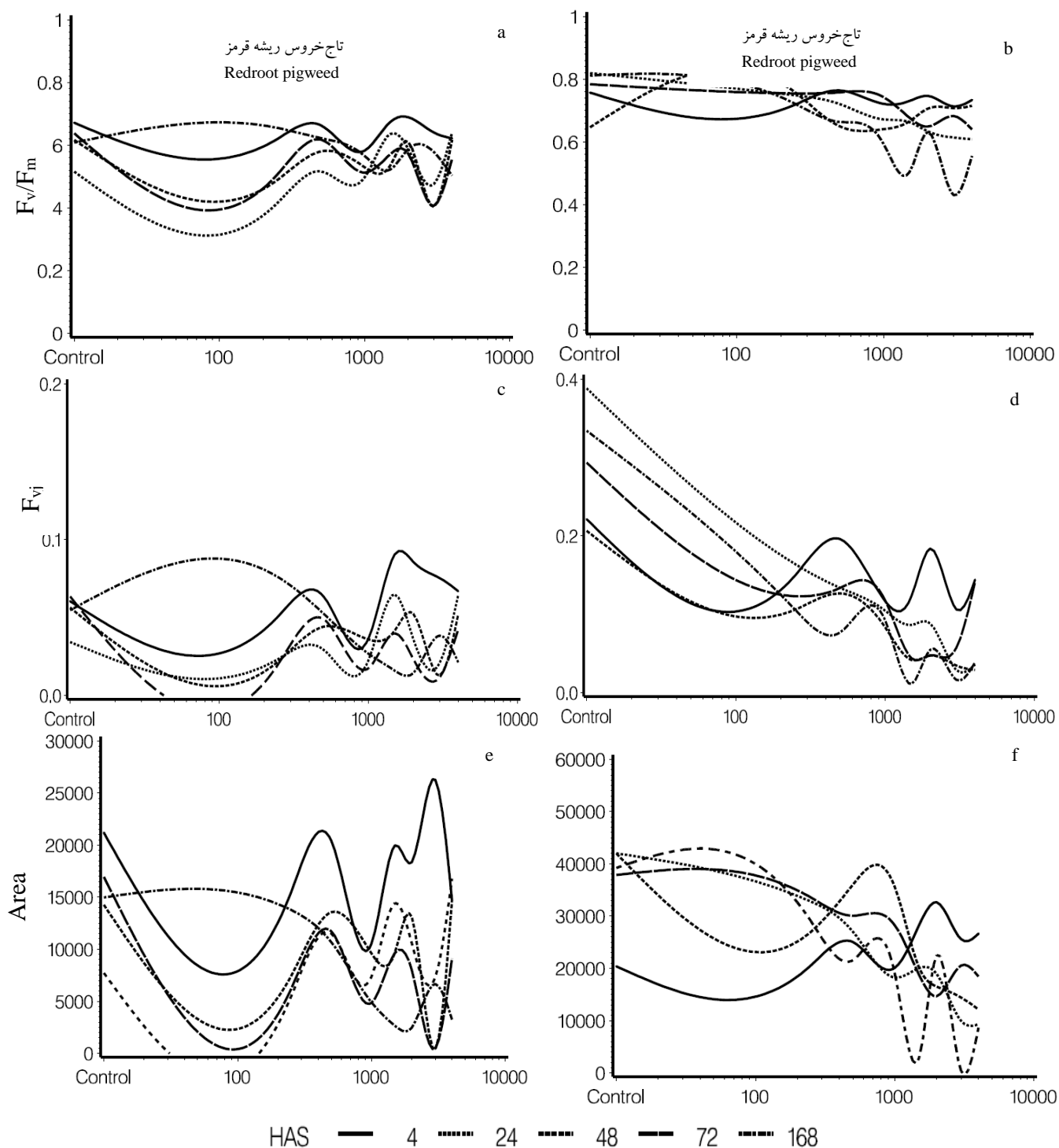
شکل ۵. تأثیر علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیسیت بر پارامترهای  $F_v/F_m$ ،  $F_{vj}$  و Area در علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز (سمت چپ) و تاج‌ریزی سیاه (سمت راست) در طی بازه‌های زمانی متفاوت؛ HAS: ساعات پس از سمپاشی.

Figure 5. Effect of desmedipham + phenmedipham + ethofumesate on  $F_v/F_m$ ,  $F_{vj}$  and Area parameters in redroot pigweed (left) and black nightshade (right) at different time periods, HAS (hours after spraying).

بازدارندگی رشد بوسیله اکسین اساساً به علت تغییر شکل اتیلن القاء شده اکسین است (Cobb & Read, 2010). بعلاوه، اتیلن منجر به ساخته شدن هورمون اسیدآبسیزیک (ABA) می‌شود (Grossmann *et al.*, 2001). اسیدآبسیزیک باعث بسته شدن روزنه‌ها (Cobb & Read, 2010) و محدودیت انتشار دی اکسیدکربن ( $CO_2$ ) از بین روزنه‌ها که مسئول کاهش جذب دی اکسیدکربن هستند، می‌شوند (Cornic, 2000). در نتیجه، محدودیت تثبیت دی اکسیدکربن باعث تجمع گونه اکسیژن واکنشی (ROS) مانند دی اکسید دی هیدروژن ( $H_2O_2$ ) حاصل از افزایش تراوش الکترون غشاء تیلاکوئید با اکسیژن در کلروپلاست می‌شود (Dat *et al.*, 2000). بنظر می‌رسد که تراوش الکترون غشاء تیلاکوئید و آسیب اکسیداتیو غشاء فسفولیپید تیلاکوئید باعث گسیختگی زنجیره انتقال الکترون (طرح Z) از فتوسیستم دو به فتوسیستم یک شده و این گسیختگی طرح Z منجر به تغییر منحنی کاتسکی می‌شود. علف‌کش‌های تولیدکننده ROS که باعث پراکسیداسیون لیپید غشاء می‌شوند، روی استحکام دستگاه فتوستزی تأثیر گذاشته و منجر به تغییر شکل فلورسنس کلروفیل منحنی القاء می‌شوند (Dayan & Zaccaro, 2012). منحنی کاتسکی اندازه‌گیری شده در علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه در دُز مصرفی ۹۰ گرم ماده مؤثره در هکتار منجر به خطی شدن آن می‌شود. این کمبود تنزل فلورسنس باعث غیرفعال شدن فتوسیستم دو علیرغم عدم بازدارندگی فتوسیستم دو توسط کلوپیرالید می‌شود.

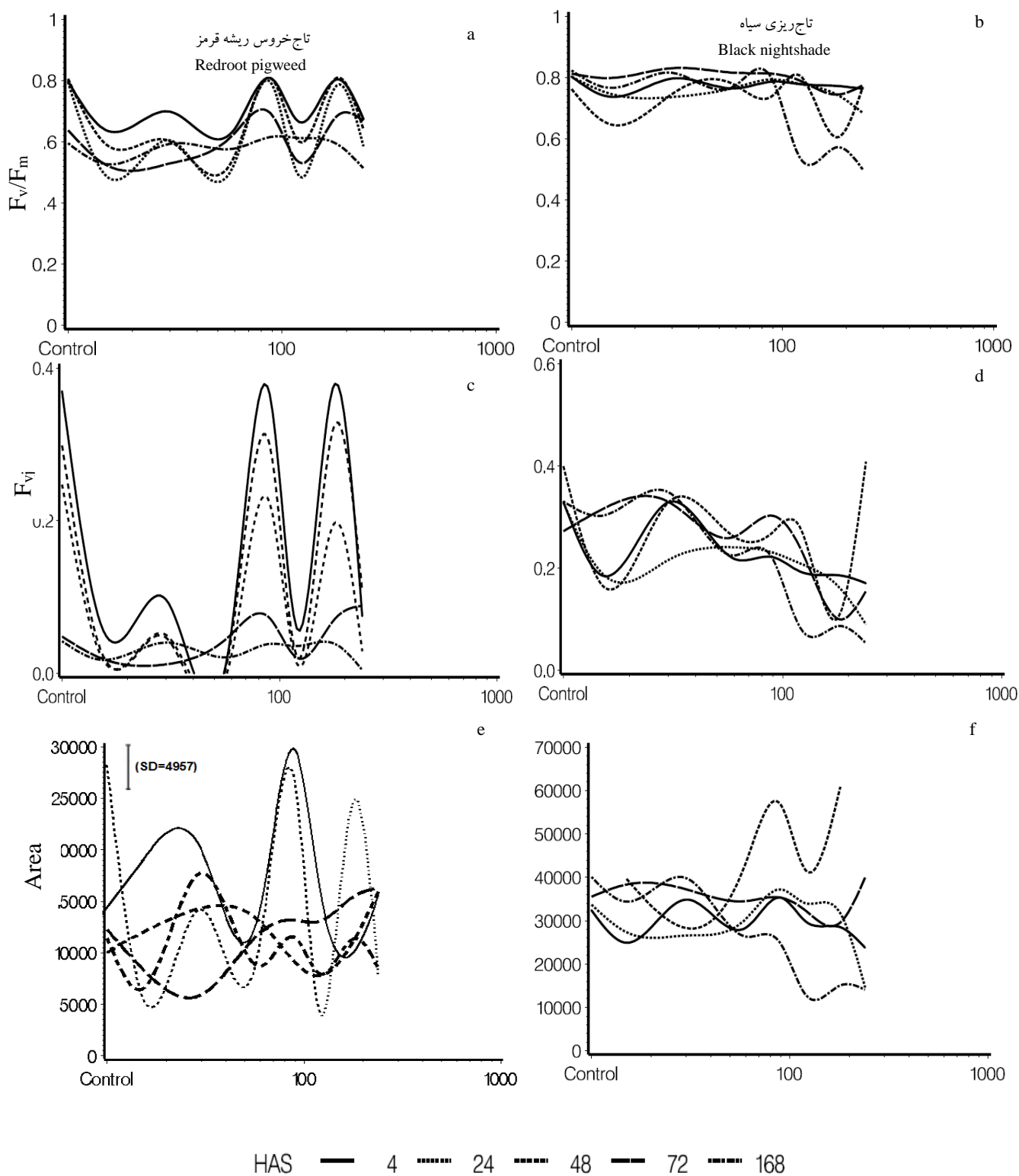
برای توضیح روند تغییرات منحنی کاتسکی، پارامترهای ماکزیمم بازده فتوشیمیایی کوانتومی فتوسیستم دو ( $F_v/F_m$ )، مساحت بین منحنی کاتسکی و  $F_m$  (Area) و تغییرات نسبی فلورسنس در مرحله J ( $F_{vj}$ ) در مقادیر مختلف علف‌کش‌های دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست، کلریدازون و کلوپیرالید، به ترتیب در شکل‌های ۵، ۶ و ۷ در علف‌های هرز تاج‌خروس ریشه قرمز و تاج‌ریزی سیاه آورده شده است.

در بررسی علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست بر روی علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز مشخص گردید که در چهار ساعت پس از پاشش، پارامتر  $F_v/F_m$  در طی دُزهای متفاوت، روند ثابتی داشت، ولی این پارامتر در سایر بازه‌های زمانی تحت تأثیر این علف‌کش قرار گرفت و روند نزولی داشت (شکل ۵ a). دو پارامتر دیگر منحنی کاتسکی یعنی  $F_{vj}$  و Area میزان کاهش شدیدی را در علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز نشان دادند (شکل ۵ c و e). کورس و همکاران (Korres *et al.*, 2003) طی تحقیقی به منظور بررسی میزان حساسیت وارپته‌های گندم به علف‌کش کلروتولورون (گروه اوره‌ها و بازدارنده فتوسیستم دو) اظهار داشتند که مساحت بالای منحنی فلورسنس کلروفیل (Area) و نسبت  $F_v/F_m$  پارامترهای مناسبی به منظور تشخیص تفاوت پاسخ به علف‌کش در میان ارقام گندم زمستانه بود. علف‌کش کلریدازون بر روی پارامتر  $F_v/F_m$  در علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز تأثیر چندانی نداشت (شکل ۶ a) درحالی‌که دو پارامتر Area و  $F_{vj}$  تحت تأثیر این علف‌کش در علف‌هرز مذکور روند کاهشی قابل مشهودی را نشان دادند (شکل ۶ c و e). کریستین و همکاران (Christensen *et al.*, 2003) گزارش دادند که از بین سه پارامتر  $F_v/F_m$ ، Area و  $F_{vj}$  منحنی کاتسکی،  $F_{vj}$  حساسیت بیشتری در کاربرد به علف‌کش بتازون (گروه بنزوتیادپازینون و بازدارنده فتوسیستم دو) بر روی علف‌هرز خردل وحشی (*Sinapis alba* L.) نشان داد. عباسپور و استریبیگ (Abbaspoor & Streibig, 2005) طی آزمایش‌هایی بر روی جو و یولاف زراعی دریافتند پارامتر  $F_v/F_m$  نسبت به دو پارامتر  $F_{vj}$  و Area در طول دوره آزمایش تغییرات کمتری داشت. همچنین در آزمایشی بر روی دو علف‌کش بازدارنده فتوسیستم دو به نام‌های تربوتیلازین و متامیترون بر روی چغندر قند مشاهده شد که پارامتر  $F_v/F_m$  نسبت به دو پارامتر  $F_{vj}$  و Area حساسیت کمتری نسبت به تیمارها نشان داد (Abbaspoor *et al.*, 2006).



شکل ۶. تأثیر علف‌کش کلریدازون بر پارامترهای  $F_v/F_m$ ,  $F_{vj}$  و  $Area$  در علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز (سمت چپ) و تاج‌ریزی سیاه (سمت راست) در طی بازه‌های زمانی متفاوت؛ HAS: ساعات پس از سمپاشی.

Figure 6. Effect of chloridazon on  $F_v/F_m$ ,  $F_{vj}$  and  $Area$  parameters in redroot pigweed (left) and black nightshade (right) at different time periods, HAS (hours after spraying).



شکل ۷. تأثیر علف‌کش کلوپیرالید بر پارامترهای  $F_v/F_m$ ,  $F_{vj}$  و Area در علف‌هز تاج‌خروس ریشه قرمز (سمت چپ) و تاج‌ریزی سیاه (سمت راست) در طی بازه‌های زمانی متفاوت؛ HAS: ساعات پس از سمپاشی.

Figure 7. Effect of clopyralid on  $F_v/F_m$ ,  $F_{vj}$  and Area parameters in redroot pigweed (left) and black nightshade (right) at different time periods, HAS (hours after spraying).

گرفتند. علف‌کش کلریدازون بر پارامتر  $F_v/F_m$  در علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه در دُزهای اولیه بدون تأثیر و در دُزهای بالاتر از ۶۵۰ گرم ماده مؤثره در هکتار به‌طور نامحسوسی بر این پارامتر اثر کرده بود (شکل ۶ b). در علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه هر دو پارامتر  $F_{vj}$  و Area در اثر کاربرد علف‌کش کلریدازون بشدت کاهش پیدا کرده بودند (شکل ۶ d و f). عباسپور و همکاران (Abbaspoor et al., 2007) گزارش دادند که پارامترهای  $F_v/F_m$  و  $F_{vj}$  در علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه تیمار شده توسط علف‌کش دس‌مدیفام در مقایسه با چغندر قند بطور غیر قابل بازگشتی کاهش می‌یابند. پارامترهای  $F_v/F_m$  و Area در علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه تحت تأثیر علف‌کش کلوپیرالید قرار نگرفتند و دارای روند ثابتی بودند (شکل ۷ b و f) در حالیکه پارامتر  $F_{vj}$  در اثر کاربرد علف‌کش کلوپیرالید کاهش پیدا کرده بود (شکل ۷ d).

### ب) ارزیابی چشمی (EWRC) کاربرد علف‌کش‌ها بر علف‌های هرز

علائم خسارت علف‌کش‌های بازدارنده فتوسیستم دو (کلریدازون) به‌مراه بازدارنده سنتز چربی (دس‌مدیفام + فن-مدیفام) اتوفومیست) به‌علت گسیختگی فرآیند فتوسنتز به سرعت توسعه پیدا کرد. این علف‌کش‌ها منجر به بروز علائمی چون پژمردگی، کلروز<sup>۱</sup> سریع و نکروز<sup>۲</sup> شدن در حاشیه برگ‌ها شدند. علائم بعدی آنها شامل خشک شدن و سوخته شدن ظاهر برگ‌ها و در نهایت با گذشت زمان قهوه-ای و خشک شدن کامل برگ‌ها بود. براساس مشاهدات چشمی<sup>۳</sup> جدول (۱)، کاربرد اولین دُز مصرفی (۵۱/۳۸ گرم ماده مؤثره در هکتار) علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست منجر به بروز خسارت ۵/۶۷ و ۲۱/۶۷ درصد علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه و ۵/۳۳ و ۱۸/۶۷ درصد در علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز شد. با افزایش دُز مصرف این علف‌کش، میزان خسارت در هر دو علف‌هرز روند صعودی

علف‌کش کلوپیرالید بر هر سه پارامتر  $F_v/F_m$ ،  $F_{vj}$  و Area در علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز اثر چندانی نداشت و این پارامترها دارای روند ثابت و یکنواختی بودند (شکل ۷ a، c، e).

نتایج حاصل از کاربرد علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست در علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه نشان داد که روند پارامتر  $F_v/F_m$  در این گیاه‌هرز حتی در ساعات اولیه پس از پاشش (چهار ساعت)، دارای سیر نزولی بود (شکل ۵ b) و این پارامتر در علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه در چهار ساعت پس از پاشش علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست حتی با اعمال غلظت ۵۱/۳۸ گرم ماده مؤثره در هکتار تحت تأثیر قرار گرفت، بطوریکه مقدار پارامتر مذکور به حدود ۰/۷ رسید. از آنجایی که براساس گزارش محققین (Stirbet & Govindjee, 2011; Abbaspoor & Streibig, 2007) مقدار پارامتر مذکور در یک گیاه سالم، بدون توجه به گونه آن، حدود ۰/۸۳ می‌باشد، بنابراین می‌توان گفت بیوتیپ مذکور با اعمال کمترین دُز مصرفی از علف‌کش مذکور تحت تأثیر قرار گرفت. با افزایش غلظت علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست روند تغییرات پارامتر  $F_v/F_m$  سیر نزولی داشت، بطوریکه اختلاف معنی‌داری با واکنش تیمار شاهد (بدون اعمال علف‌کش) داشت. سایر پارامترهای منحنی کاتسکی، یعنی  $F_{vj}$  و Area حساسیت بیشتر و واکنش سریع-تری نسبت به تیمار دو علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست و کلریدازون نشان دادند، بطوریکه این دو پارامتر تحت تأثیر علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست روند نزولی شدیدی داشته و به صفر رسیده بودند (شکل ۵ d و f). عباسپور و همکاران (Abbaspoor et al., 2007) نیز گزارش نمودند که در ۲ ساعت پس از اعمال علف‌کش متامیترون (بازدارنده فتوسیستم دو و از پهن‌برگ‌کش‌های مهم ارضی چغندر قند) بر روی گیاه زراعی چغندر قند در مرحله ۴ تا ۶ برگی، هر سه پارامتر  $F_v/F_m$ ، Area و  $F_{vj}$  تحت تأثیر این علف‌کش در دُزهای کمتر از نصف ماده مؤثره در لیتر قرار

<sup>1</sup> Chlorosis

<sup>2</sup> Necrosis

<sup>3</sup> Visual observations

برگ‌ها و ناحیه دم‌برگ شد بطوریکه با افزایش مقدار دُز مصرفی، علائم بوجود آمده شدیدتر شد. مریستم‌های انتهایی ساقه در دُزهای حداکثر کاملاً از بین رفته، ساقه‌های گیاهان-هرز آماس کرده و در نهایت حالت ترکیدگی از خود نشان دادند و در نهایت مرگ گیاه در عرض سه هفته بخصوص در دُزهای بالا اتفاق افتاد.

بر پایه مشاهدات چشمی، علف‌کش کلوپیرالید علف‌هرز تاج-ریزی سیاه را بهتر از علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز کنترل کرد. تیو و همکاران (Tu et al., 2001) و دوهان و فیگوروا (Doohan & Figueroa, 2006) بیان کردند که علف‌کش کلوپیرالید کارایی مناسبی در کنترل علف‌های هرز خانواده سیب زمینی (Solanaceae) دارد. نوری و ورثی و اسمیت (Norsworthy & Smith, 2005) نیز گزارش کردند کاربرد علف‌کش کلوپیرالید با دُز مصرفی ۰/۱۰ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار منجر به کنترل ۹۳٪ گونه ای از تاج‌ریزی (*Solanum sarrachoides* Sendtn.) شده بود. در اولین دُز مصرفی کلوپیرالید میزان خسارت به هر دو علف‌هرز ناچیز و قابل اغماض بود ولی با افزایش دُز کاربردی کلوپیرالید میزان خسارت در هر دو علف‌هرز فزونی یافت بطوریکه میزان خسارت در دُز مصرفی ۱۸۰ گرم ماده مؤثره در هکتار به بیش از نصف درصد کنترل در ۲۱ روز پس از اعمال کلوپیرالید رسیده و دُز انتهایی ۲۴۰ گرم ماده مؤثره در هکتار به بیش از ۸۰ درصد هر دو علف‌هرز خسارت زده بود. سنسمن (Senseman, 2007) و مک موری (McMurray et al., 1996) گزارش کردند که علف‌کش کلوپیرالید برای کنترل مناسب بسیاری از علف‌های هرز از جمله تاج‌خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.) بکار می‌رود. سایر دُزهای کاربردی ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ گرم ماده مؤثره در هکتار مقدار خسارتی کمتر از نصف در هر دو بازه زمانی ۷ و ۲۱ روز وارد کردند (جدول ۱).

داشت بطوریکه با کاربرد ۲۰۵/۵ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست، ۹۱/۶۷ درصد از علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه و ۴۶/۷۵ درصد از علف‌هرز تاج-خروس ریشه قرمز در ۲۱ روز پس از تیمار خسارت دیده بود. علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه حساسیت بیشتری را نسبت به علف‌کش دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست نشان داد بطوریکه کاربرد دُز ۳۰۸/۲۵ گرم ماده مؤثره در هکتار منجر به خسارت ۱۰۰ درصدی در علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه شده بود درحالی‌که ۶۰/۶۷ درصد از علف‌هرز تاج‌خروس ریشه قرمز با این دُز مصرفی خسارت دیده بود. سایر دُزهای کاربردی ۴۱، ۶۱۶/۵ و ۸۲۲ گرم ماده مؤثره در هکتار منجر به ۱۰۰ درصد خسارت در تاج‌ریزی سیاه شده بودند در صورتیکه در علف-هرز تاج‌خروس ریشه قرمز بجز دُز ۴۱ که ۸۰/۳۴ درصد خسارت زده بود، کاربرد دو دُز ۶۱۶/۵ و ۸۲۲ گرم ماده مؤثره در هکتار به ۱۰۰ درصد این علف‌هرز خسارت وارد کرده بودند (جدول ۱). کاربرد علف‌کش کلریدازون در اولین دُز مصرفی ۸۱/۲۵ گرم ماده مؤثره در هکتار در هر دو زمان ارزیابی چشمی ۷ و ۲۱ روز پس از اعمال تیمارها، تأثیر معنی‌داری بر تاج‌ریزی سیاه و تاج‌خروس ریشه قرمز نداشت (جدول ۱). با افزایش دُز کاربردی کلریدازون میزان خسارت در هر دو علف‌هرز تاج‌ریزی سیاه و تاج‌خروس ریشه قرمز بیشتر شده بود. در دُز ۱۳۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار از علف‌کش کلریدازون میزان خسارت در هر دو علف‌هرز به از نصف رسیده بود و در دو دُز انتهایی یعنی ۱۹۵۰ و ۲۶۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار میزان خسارت به بیش از ۸۰ درصد رسید (جدول ۱).

کاربرد علف‌کش کلوپیرالید روی علف‌های هرز منجر به بروز علائمی چون رشد غیر متعارف، پیچیدگی و خمیدگی ساقه و دم‌برگ، متورم شدن و ترکیدگی ساقه بخصوص در نقاط طوقه، فنجان‌ی شدن، کلروز و آویختگی<sup>۱</sup> نقاط مریستمی،

<sup>۱</sup> Epinasty

جدول ۱. ارزیابی چشمی (EWRC) درصد خسارت علف‌های هرز تاج‌ریزی سیاه و تاج‌خروس ریشه قرمز در مرحله چهار تا شش برگ کامل در ۷، ۱۴ و ۲۱ روز پس از مصرف با علف‌کش‌های دس‌مدیفام + فن‌مدیفام + اتوفومیست، کلریدازون و کلوپیرالید.

Table 1. Visual observations (EWRC) of *Amaranthus retroflexus* L. and *Solanum nigrum* L. injury after 7 and 21 days of spray of desmedipham+ phenmedipham+ ethofumesate, chloridazon and clopyralid at four- to six-true leaf stage.

Herbicide	Rate g a.i./ha	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.		<i>Solanum nigrum</i> L.	
		7 DAS	21 DAS	7 DAS	21 DAS
None	0	0.00 e	0.00 e	0.00 d	0.00 d
	51.38	5.33 de	18.67 d	5.67 cd	21.67 c
<b>Desmedipham</b>	102.75	6.67 de	32.00 d	10.00 bc	58.33 b
+	205.5	10.00 cd	46.75 cd	14.00 b	91.67 a
<b>Phenmedipham</b>	308.25	16.67 bc	60.67 c	18.67 b	100 a
+	411	23.33 b	80.34 b	21.33 b	100 a
<b>Ethofumesate</b>	616.5	45.00 a	100.67 a	38.00 a	100 a
	822	46.00 a	100.00 a	40.00 a	100 a
	81.25	6.33 cd	6.67 cd	6.33 d	10.00 cd
	162.5	6.33 cd	10.00 c	13.00 cd	15.00 bcd
<b>Chloridazon</b>	325	6.33 cd	20.67 bc	16.67 cd	21.67 bc
	650	12.33 bc	34.33 c	20.00 bc	23.33 bc
	1300	13.33 bc	45.00 c	25.00 b	30.00 b
	1950	20.00 b	76.67 ab	28.33 ab	83.00 a
	2600	41.67 a	96.67 a	35.00 a	93.33 a
	15	3.67 d	5.00 c	5.67 e	7.67 cd
	30	5.67 d	10.00 c	12.00 d	15.00 c
<b>Clopyralid</b>	60	6.67 d	14.00 c	16.00 c	23.33 bc
	90	15.00 c	20.33 c	22.00 bc	46.67 b
	120	28.67 b	45.00 b	27.00 b	48.33 b
	180	29.33 b	53.33 b	36.00 a	75.33 a
	240	49.67 a	83.33 a	38.67 a	88.67 a

## نتیجه‌گیری کلی

به‌غیر از آزمون‌های دُز- پاسخ به عنوان آزمونی سریع، ساده و اولیه برای ارزیابی اثرات علف‌کشی در علف‌های هرز، آزمون‌های سریع و قابل اعتماد دیگری مانند فلورسنس کلروفیل، دیسک برگ‌شناور نیز توسعه یافته‌اند که نیاز به زمان و مکان کمتری دارند که در این تحقیق روش فلورسنس کلروفیل مورد استفاده قرار گرفت. نتایج آزمایش نشان داد که در ۷ روز پس از اعمال علف‌کش‌ها حتی در بالاترین دُزهای بکار رفته اثرات ظاهری علف‌کشی بخوبی قابل مشاهده نیستند

درحالی‌که منحنی‌های کاتسکی مربوط به هر دو علف‌هرز در بازه زمانی کمتر از ۷ روز بصورت خط مستقیم درآمده بود که نشان از بین رفتن دستگاه فتوسنتزی تحت تأثیر علف‌کش‌ها دارد. بنابراین انجام آزمایشات فلورسنس کلروفیل ضمن درک کامل از وضعیت گیاه‌هرز در گلخانه و یا مزرعه، همچنین می‌تواند به‌عنوان ابزاری بسیار حساس و سریع برای تشخیص تأثیر زود هنگام و کوتاه کردن طول دوره غربالگری نسبت به روش‌های کلاسیک غربالگری علف‌کش‌ها و آزمایش‌های دُز- پاسخ، بویژه برای علف‌کش‌های بازدارنده فتوسیستم دو مورد استفاده قرار گیرد.



## منابع

- Abbaspoor, M. and Streibig, J. C. 2005. Clodinafop changes the chlorophyll fluorescence induction curve. *Weed Sci.* 53: 1-9.
- Abbaspoor, M. and Streibig, J.C. 2007. Monitoring the efficacy and metabolism of phenylcarbamates in sugarbeet and black nightshade by chlorophyll fluorescence parameters. *Pest Manag. Sci.* 63: 576-585.
- Abbaspoor, M., Teicher, H.B. and Streibig, J.C. 2006. The effect of root-absorbed PSII inhibitors on Kautsky curve parameters in sugar beet. *Weed Res.* 46: 226-235.
- Andersen, R.N. 1968. Germination and establishment of weeds for experimental purposes. *Weed Science Society of American, Urbana IL:* 26-27.
- Avarseji, Z., Rashed Mohassel, 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.
- Baker, N.R. and Rosenqvist, E. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Exp. Botany.* 55: 1607-1621.
- Chitband, A.A., Ghorbani, R., Rashed Mohassel, M.A., Abbaspoor, M. and Abbasi, R. 2015a. Reduced dose of PSII + fatty acid inhibitors herbicides and clopyralid mixtures and their chlorophyll fluorescence evaluation to control important broadleaf weeds in Sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Ph.D thesis. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture: Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English summary).
- Chitband, A.A., Ghorbani, R., Rashed Mohassel, M.A. and Abbasi, R. 2015b. Effect of photosystem II, lipid biosynthesis and auxin inhibitor herbicides on fluorescence induction curve. *Aust. J. Crop Sci.* 9: 826-834.
- Chitband, A.A., Ghorbani, R., Rashed Mohassel, M.H., Abbaspoor, M. and Abbasi, R. 2014. The effect of PSII inhibitors on Kautsky curve and chlorophyll fluorescence in common lambsquarters (*Chenopodium album* L.) and common purslane (*Portulaca oleracea* L.). Proceeding of the 1st International and 13th Iranian Crop Science Congress and 3rd Iranian Seed Science and Technology Conference, 24-26 August, Karaj, Iran. (In Persian with English summary).
- Christensen, M.G., Teicher, H.B., and Streibig, J.C. 2003. Linking fluorescence induction curve and biomass in herbicide screening. *Pest Manag. Sci.* 59: 1303-1310.
- Cobb, A.H. and Reade, J.P.H. 2010. *Herbicides and Plant Physiology.* 2<sup>nd</sup> ed. Wiley-Blackwell, West Sussex, New York.
- Cornic, G. 2000. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture- not affecting ATP synthesis. *Trends Plant Sci.* 5: 187-188.
- Dat, J., Vandenabeele, S., Vranova, E., Van Montagu, M., Inze, D. and Van Breusegem, F. 2000. Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. *Cell Mol. Life Sci.* 57: 779-795.
- Dayan, F.E. and Zaccaro, M.L. 2012. Chlorophyll fluorescence as a marker for herbicide mechanisms of action. *Pest Bioch. Physiol.* 102:189-197.
- De Ruiter, H., Uffing, A.J.M., Meinen, E. and Prins, A. 1990. Influence of surfactants and plant species on leaf retention of spray solutions. *Weed Sci.* 38: 567-572.
- Deveikyte, I. and Seibutis, V. 2006. Broadleaf weeds and sugar beet response to phenmedipham, desmedipham, ethofumesate and triflusaluron-methyl. *Agron. Res.* 4: 159-162.
- Doohan, D.J. and Figueroa, R.A. 2006. Selectivity and efficacy of clopyralid on strawberry (*Fragaria X ananassa*). *Weed Technol.* 20: 101-103.
- Fai, P.B., Grant, A. and Reid, B. 2007. Chlorophyll a fluorescence as a biomarker for rapid toxicity assessment. *Environ. Toxicol. Chem.* 26: 1520-1531.
- Govindjee, A., Xu, C., Schansker, G. and Rensen, J.V. 1997. Chloroacetates as inhibitors of photosystem II: effects on electron acceptor side. *J. Photoch. Photobiol.* 37: 107-117.
- Grossmann, K., Kwiatkowski, A. and Tresch, S. 2001. Auxin herbicides induce H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> overproduction and tissue damage. *J. Exp. Botany.* 52: 1811-1816.
- Harr, J., Guggenheim, R., Schulke, R.H. and Falk, R.H. 1991. *Chenopodium album* L. The Leaf Surface of Major Weeds. Sandoz Agro Ltd.
- Hess, F. D. 2000. Light-dependent herbicides: an overview. *Weed Sci.* 48(2): 160- 170.
- Ikeda, Y., Shinpei, O., Kazuya, K., Akira, T., Hiroyuki, W., Hitoshi, K., Van Rensen, J.J.S., Böger, P. and Wakabayashi, K. 2003. Binding site of novel 2-benzylamino-4-methyl-6-trifluoromethyl-1, 3, 5-

- triazine herbicides in the D<sub>1</sub> protein of Photosystem II. *Photosy. Res.* 77: 35-43.
- Kautsky, H. and Hirsch, A. 1931. Neue Versuche zur Kohlensaureassimilation. *Naturwissenschaften*, 19:964.
- Korres, N.E., Froud-Williams, R.J. and Moss, S.R. 2003. Chlorophyll fluorescence technique as a rapid diagnostic test of the effects of the photosynthetic inhibitor chlorotoluron on two winter wheat cultivars. *Ann. Appl. Biol.* 143: 53-56.
- Markovska, L.V., Ilievska, B.P. and Vodeb, L. 2012. RP-HPLC-DAD method for simultaneous determination of desmedipham, phenmedipham and ethofumesate in a pesticide formulation. *Macedonian J. Chem. Chem. Eng.* 31: 39-46.
- McMurray, G.L., Monks, D.W. and Leidy, R.B. 1996. Clopyralid use in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.) grown on plastic mulch. *Weed Sci.* 44: 350-354.
- Moss, S.R., Perryman, S.A.M. and Tatnell, L.V. 2007. Managing herbicide-resistance black grass (*Alopecurus myosuroides*) theory and practice. *Weed Technol.* 21: 300-309.
- Norsworthy, J.K. and Smith, J.P. 2005. Tolerance of leafy greens to pre-emergence and post-emergence herbicides. *Weed Technol.* 19: 724-730.
- Riethmuller-Haage, I., Lammert, B., Kropff, M.J., Harbinson, J. and Kempenaar, C. 2006. Can photosynthesis-related parameters be used to establish the activity of acetolactate synthase-inhibiting herbicides on weeds? *Weed Sci.* 54: 974-982.
- Sandral, G.H., Dear, B.S., Pratley, J.E. and Cullis, B.R. 1997. Herbicide dose response rate response curve in subterranean clover determined by a bioassay. *Aust. J. Exp. Agric.* 37: 67-74.
- Schiitz, S., Vedder, H., Dtiring, R.A., Weissbecker, B. and Hummel, H.E. 1996. Analysis of the herbicide clopyralid in cultivated soils. *J. Chrom.* 754: 265-271.
- Senseman, S.A. 2007. *Herbicide Handbook*. 9th Edition. Lawrence, KS: Weed Science Society of America. 458 Pp.
- Soltani, N., Diebold, S., Robinson, D.E. and Sikkema, P.H. 2005. Sweet corn hybrid sensitivity to clopyralid. *Weed Technol.* 19: 342-345.
- Stirbet, A. and Govindjee. 2011. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient. *J. Photoch. Photobiol. Biol.* 104: 236-257.
- Stock, D. and Davies, L.E. 1994. Foliar penetration of agrochemicals: limitations imposed by formulation type and some interactions with adjuvants. In: Holloway, P.J., Rees, R.T., Stock, D. editors. *Interactions between adjuvants, agrochemicals and target organisms*. Springer Berlin Heidelberg. 27-52 Pp.
- Strasser, R.J. and Stirbet, A.D. 2001. Estimation of the energetic connectivity of PSII centres in plants using the fluorescence rise O-J-I-P; fitting of experimental data to three different PSII models. *Math. Comput. Simulat.* 56: 451-461.
- Tu, M., Hurd, C. and Randall, J.M. 2001. *Weed Control Methods Handbook: Tools & Techniques for Use in Natural Areas*, 7th edn. The Nature Conservancy. All U.S. Government Documents (Utah Regional Depository). 533 Pp. <http://digitalcommons.usu.edu/govdocs/533>.

## Using Florescence Induction Curve on the Control of *Amaranthus retroflexus* and *Solanum nigrum*

Ali Asghar Chitband<sup>1</sup>, Reza Ghorbani<sup>2</sup>, Mohammad Hassan Rashed Mohassel<sup>2</sup>, Mohammad Ali Baghestani and Mahbubeh Nabizade<sup>4</sup>

1- Assistance Professor of Weed Science of Lorestan University, Khorramabad, Iran 2- Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran 3- Institute of Plant Protection, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

4- Master of Weed Science

### Abstract

In order to determine how exposure affects the Kautsky curve and its parameters, two dose-response experiments were carried out for chlorophyll fluorescence measuring. The treatments involved desmedipham + phenmedipham+ ethofumesate, chloridazon and clopyralid on redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) and black nightshade (*Solanum nigrum* L.) at the research glasshouse of Agricultural Faculty of Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during 2013. On the base of observation evaluation results, *Solanum nigrum* showed the highest susceptibility to desmedipham + phenmedipham + ethofumesate, so that application of 308.25 g a.i. ha<sup>-1</sup> of herbicide resulted in 100 percent control, 21 days after treatment. The results of chlorophyll fluorescence showed that the mentioned herbicides effect was more in *S. nigrum* than in *A. retroflexus*. As Kautsky curve were affected and changed in an almost horizontal lines by desmedipham + phenmedipham + ethofumesate in both weed species at 4 HAS at doses of 51.38 mg a.i. ha<sup>-1</sup>, whereas the fluorescence rate was reduced in *S. nigrum* and *A. retroflexus* at doses of 81.25 and 325 mg a.i. ha<sup>-1</sup> respectively by chloridazon. According to visual observations, chloridazon had significant effect on the control of *Solanum nigrum* and *Amaranthus retroflexus*, and clopyralid controlled *Solanum nigrum* better than *Amaranthus retroflexus*. The fluorescence rate was decreased at doses of 240 mg a.i. ha<sup>-1</sup> in *A. retroflexus*, 180 and 240 mg a.i. ha<sup>-1</sup> for *S. nigrum*, and therefore, Kautsky curve was changed entirely. Among fluorescence parameters, F<sub>vj</sub> and Area parameters were severely reduced.

**Key words:** Dose-response, F<sub>vj</sub>, Kautsky curve, photosynthetic apparatus, visual observations