



## تاثیر علف کش متری بیوزین بر منحنی کاتسکی و پارامترهای فلورسنس کلروفیل در بیوتیپ‌های مقاوم و حساس علف هرز درنه (*Echinochloa colona*) در شرایط گلخانه

الهام الهی فرد<sup>۱\*</sup> - علی قنبری<sup>۲</sup> - محمدحسن راشد محصل<sup>۳</sup> - اسکندر زند<sup>۴</sup> - امین میرشمسی کاخکی<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۲

### چکیده

القاء فلورسنس کلروفیل به عنوان یک تکنیک سریع و غیر تخریبی به منظور اندازه گیری انتقال الکترون فتوسنتزی در گیاهان می‌باشد. اندازه گیری‌های فلورسنس کلروفیل به منظور تشخیص چگونگی تحت تاثیر قرار گرفتن منحنی‌های القاء فلورسنس (منحنی کاتسکی) و پارامترهای آن توسط علف کش متری بیوزین در بیوتیپ‌های مقاوم و حساس درنه (*Echinochloa colona* (L.) Link.) در گلخانه انجام شد. حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم ۲ ( $F_v/F_m$ )، تغییرات نسبی فلورسنس در مرحله J ( $F_{vj}$ ) و مساحت بین منحنی کاتسکی و  $F_m$  (Area) چهار ساعت پس از پاشش علف کش در بیوتیپ حساس به شدت کاهش پیدا کردند؛ بطوریکه اعمال غلظت ۱۰۰ گرم ماده موثره در هکتار مقادیر سه پارامتر  $F_v/F_m$ ،  $F_v$  و Area را به ترتیب به ۰/۶۶، ۰/۰۷ و ۱۴۰۶۲ کاهش دهد. در حالیکه این پارامترها در بیوتیپ‌های مقاوم تنها در غلظت‌های زیاد علف کش مذکور تحت تاثیر قرار گرفتند. هرچند که در پاسخ بیوتیپ‌های مقاوم نسبت به پارامترهای اندازه گیری شده تفاوت‌های زیادی وجود داشت که دلیل آن می‌تواند وجود مکانیسم‌های متفاوت مقاومت به علف کش باشد. پارامترهای اندازه گیری شده نیز حساسیت‌های متفاوتی نسبت به کاربرد علف کش نشان دادند؛ به طوری که در بین پارامترهای فلورسنس اندازه گیری شده،  $F_v/F_m$  پارامتری مناسب و پایدار جهت تشخیص سریع میان بیوتیپ حساس و مقاوم چند ساعت پس از تیمار با علف کش بود. از آنجا که پارامترهای فلورسنس کلروفیل بلافاصله پس از کاربرد علف کش تحت تاثیر قرار می‌گیرند بنابراین می‌تواند به عنوان ابزاری کاربردی جهت بررسی میزان کارایی علف کش در مزرعه و گلخانه مورد استفاده واقع شوند.

**واژه‌های کلیدی:** بازدارنده‌های فتوسیستم ۲، فتوسنتز، مقاومت به علف کش

### مقدمه

بروز مقاومت به علف کش‌های پروپانیل (۸، ۱۰ و ۲۳)، کوئین کلراک (۲۳)، آزیم سولفورون (۴)، ایمازاپیر (۲۳) و بازدارنده‌های استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز (۲۳) در سراسر جهان شده است. علف کش‌های گروه تریازین ها جزو اولین علف کش‌هایی بودند که مقاومت به آنها گزارش شده است (۲۱ و ۲۴). زلف‌پیر (L. *Senecio vulgaris*) اولین بیوتیپ مقاوم به تریازین در ایالات متحده آمریکا بود که در سال ۱۹۶۸ گزارش شد (۱۱، ۱۷، ۱۸ و ۲۲). به دنبال آن تعداد گونه‌های مقاوم به تریازین‌ها رو به گسترش بود و تا به امروز ۶۹ گونه شامل ۵۳ گونه دولپه و ۱۶ گونه تک‌لپه مقاوم به تریازین‌ها در نقاط مختلف دنیا گزارش شده است (۹).

علف کش‌های تریازین بازدارنده فتوسنتز در فتوسیستم ۲ و مانع از انتقال الکترون از دهنده الکترون ( $Q_A$ ) به حامل متحرک الکترون ( $Q_B$ ) می‌شوند (۶، ۷ و ۲۰). این عمل در یک واکنش بیوشیمیایی با جانشینی در محل پیوند پلاستوکوئینون (PQ) بر روی پروتئین D1 در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ در زنجیره انتقال الکترون صورت می‌گیرد.

درنه (*Echinochloa colona* (L.) Link.) گیاهی چهار کربنه و گرما دوست است که در سراسر مناطق حاره ای به یکی از مشکل سازترین علف‌های هرز کشیده برگ تبدیل شده است و علف هرز مهم بسیاری از محصولات زراعی شامل برنج (*Oryza sativa* L.)، ذرت (*Zea mays* L.) و نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) می‌باشد (۴). مصرف مداوم علف کش به منظور کنترل درنه منجر به

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری، استادیار و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(\*- نویسنده مسئول: Email: elham\_elahifard@yahoo.com)

۴- عضو هیات علمی بخش تحقیقات علف‌های هرز موسسه گیاهپزشکی کشور، تهران

۵- استادیار گروه بیوتکنولوژی و به نژادی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

آماری آنها و تشخیص زود هنگام اثرات علف کش می‌باشد (۱۲ و ۱۶). هدف از اجرای تحقیق حاضر، اول بررسی تاثیر علف کش متری بیوزین بر منحنی کاتسکی و پارامترهای فلورسنس کلروفیل و دوم تشخیص زود هنگام فعالیت این علف کش توسط پارامترهای مذکور بود.

### مواد و روش ها

آزمایش با چهار تکرار و بر پایه طرح کاملا تصادفی در پاییز سال ۱۳۹۰ در محل گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد.

### مواد گیاهی

به منظور انجام آزمایش بذور شش بیوتیپ مقاوم درنه شامل R1، R2، R3، R4، R5، R6 و یک بیوتیپ حساس (S) به ترتیب از مزارع نیشکر و کمپ مسکونی شرکت کشت و صنعت کارون شوشتر جمع آوری شد.

### مطالعات گلخانه ای

بذور بیوتیپ‌های مقاوم و حساس به مدت ۷۲ ساعت در دستگاه ژرمیناتور<sup>۳</sup> با شرایط دمایی  $28 \pm 2$  درجه سانتیگراد و شرایط فتوپریود ۱۶/۸ ساعت روشنایی/ تاریکی با شدت نور ۱۸۰۰۰ لوکس قرار گرفتند. پس از ظهور ساقه چه و ریشه چه بذور، گیاهچه‌ها در گلدان‌هایی به قطر ۱۰ سانتی متر و ظرفیت ۵۰۰ میلی لیتر محتوی خاک مخلوطی شامل لوم رس؛ ماسه به نسبت ۲ و ۱ در گلخانه ای با شرایط ۱۶ ساعت روشنایی با دمای ۳۰ درجه سانتیگراد و ۸ ساعت تاریکی با دمای ۲۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۵۰ درصد کشت شدند. در هر گلدان تعداد دو گیاه در نظر گرفته شد و برای هر تکرار یک گلدان به عنوان شاهد بدون سمپاشی نیز منظور گردید. حدود ۲۰ روز پس از کشت و در مرحله ۳ تا ۴ برگی، بیوتیپ‌های مقاوم با غلظت‌های صفر، ۱۰، ۳۰، ۱۰۰، ۳۰۰، ۱۰۰۰، ۳۰۰۰، ۱۰۰۰۰ و ۳۰۰۰۰ گرم ماده موثره و بیوتیپ حساس با غلظت‌های صفر، ۱، ۱۰، ۳۰، ۱۰۰، ۳۰۰، ۱۰۰۰ گرم ماده موثره از علف کش متری بیوزین توسط دستگاه سمپاش پستی شارژی (مدل ماتابی الگاس پلاس<sup>۴</sup>) با نازل بادبزی یکنواخت<sup>۵</sup> زرد رنگ (8002) و فشار ۲۰۰ کیلو پاسکال<sup>۶</sup> که برای پاشش ۲۲۰ لیتر محلول در هکتار کالیبره شده بود سمپاشی شدند. سپس میزان

پروتئین D1، یک پروتئین چرخشی هترودایمی در مرکز واکنش فتوسیستم ۲ و در غشاء تایلاکوئیدی می‌باشد که توسط ژن *psbA* کد می‌شود (۱۹). زمانیکه علف کش‌های بازدارنده فتوسنتز در فتوسیستم ۲ با پروتئین D1 پیوند می‌شوند دو پیامد مهم اتفاق می‌افتد: ۱- کمبود NADP احیا شده، که به منظور تثبیت CO<sub>2</sub> مورد نیاز می‌باشد؛ ۲- تشکیل رادیکال‌های آزاد (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>، OH<sup>-</sup>، Chl<sup>3</sup> و غیره) که منجر به فتواکسیداسیون مولکول‌های مهم کلروپلاست مانند کلروفیل‌ها، لیپیدهای غیر اشباع و غیره می‌شوند (۶).

در فتوسیستم ۲ دو پذیرنده الکترون در ارتباط با واکنش فلورسنس وجود دارد: Q<sub>A</sub> (مرکز واکنش پروتئین D2) و Q<sub>B</sub> (مرکز واکنش پروتئین D1). به محض رسیدن تشعشع به نمونه‌های برگی واقع شده در شرایط تاریکی، Q<sub>A</sub> کاهش پیدا کرده و فلورسنس افزایش پیدا می‌کند. علف کش‌های بازدارنده فتوسیستم ۲ هنگام پیوند با Q<sub>B</sub> مانع اکسیداسیون مجدد Q<sub>A</sub> توسط Q<sub>B</sub> شده و به موجب آن مانع جریان الکترون از طریق فتوسیستم ۲ می‌شوند (۱۵). فلورسنس کلروفیل می‌تواند به عنوان یک ابزار غیر مستقیم به منظور اندازه گیری نفوذ و سمیت زدایی علف کش‌های بازدارنده انتقال الکترون در فتوسیستم ۲ استفاده شود (۱۵). تابانیدن نوری با طول موج ۶۵۰ نانومتر بر روی برگ‌های رشد کرده در شرایط بدون استرس و در معرض تاریکی منجر به افزایشی در تابش فلورسنس کلروفیل با سه مرحله مجزا به نام‌های O، I و P می‌شود که در ارتباط با اتفاقات فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ می‌باشد؛ این سه مرحله عبارتند از: ۱- مرحله O-J که مرحله احیای کامل Q<sub>A</sub> می‌باشد که معمولاً در بازه زمانی ۵۰ میکرو ثانیه و ۲ میلی ثانیه اتفاق می‌افتد؛ ۲- مرحله J-I که مرحله انتقال الکترون از Q<sub>A</sub> به Q<sub>B</sub> که معمولاً در بازه زمانی ۲ و ۳۰ میلی ثانیه اتفاق می‌افتد؛ ۳- مرحله I-P که مرحله بازگشت توسط مخزن پلاستوکوئینون اکسید شده که در بازه زمانی ۳۰ و ۵۰۰ میلی ثانیه اتفاق می‌افتد (۲). با توجه به محل تاثیر<sup>۱</sup> علف کش‌های تریازین که متوقف کردن انتقال الکترون از Q<sub>A</sub> به Q<sub>B</sub> می‌باشد؛ می‌توان نتیجه گرفت که مرحله J-I می‌تواند به عنوان شاخص نحوه عمل علف کش‌های این خانواده باشد (۲ و ۳).

شناخت منحنی‌های فلورسنس مانند منحنی کاتسکی<sup>۲</sup> و پارامترهایی مانند F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub> (حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم ۲)، F<sub>vj</sub> (تغییرات نسبی فلورسنس در مرحله J) و Area (مساحت بین منحنی کاتسکی و F<sub>m</sub>) ابزارهای سودمندی به منظور کمی کردن اثرات علف کش می‌باشند (۵ و ۱۲). سودمندی رهیافت اندازه گیری فلورسنس کلروفیل به دلیل سازگاری و امکان استفاده از یک وسیله قابل حمل با قابلیت جمع آوری سریع داده‌ها و نرم افزار پیشرفته قادر به آنالیز

3- Germinator (Grow Chamber, 375 L, Iran)

4- MATABI elegance plus (Foroughe Dasht Co.)

5- Even flat – fan nozzle

6- Kilopascal (KPa)

1- Site of action

2- Kautsky

تحت تاثیر علف کش مذکور قرار گرفتند و اغلب بیوتیپ ها توانایی بازیابی را دارا بودند. بطور کلی، سطوح فلورسنس در برگهای گیاهان مقاوم به علت فقدان بازدارندگی فتوسیستم ۲ پایین می باشد، در حالیکه بیوتیپهای حساس به شدت فلورسنس دارند که نشان دهنده بازدارندگی فتوسیستم ۲ بوسیله علف کش می باشد (۱۴).

در تحلیل تغییرات منحنی کاتسکی ناشی از تیمار علف کش می توان اظهار داشت که فلورسنس پس از حدود ۱ میکرو ثانیه از زمان تابش تا سطح اولیه ( $F_0$ ) افزایش می یابد که این سطح نشان دهنده گسیل فلورسنس می باشد در زمانی که پذیرنده های الکترون فتوسیستم ۲ کاملاً اکسید شده اند (۱۴). افزایش در فلورسنس از  $F_0$  تا  $F_m$  (ماکزیمم یا پیک) به علت کاهش  $Q_B$  و مخزن بزرگی از پلاستوکوئینون می باشد (۱۴). در گیاهان تیمار نشده، سطح فلورسنس در بازه زمانی ۵ تا ۱۰ ثانیه پس از پاشش به  $F_m$  افزایش می یابد و پس از رسیدن به مرحله حالت ثبات  $F_t$  (فلورسانس نهایی) کاهش می یابد (۱۴). در گیاهان تیمار نشده یا گیاهان قادر به متابولیسم علف کش های بازدارنده فتوسیستم ۲، یک سطح مهم از برگشت فلورسنس (اکسیداسیون پذیرنده های الکترون فتوسیستم ۲) چند ثانیه پس از  $F_m$  شروع می شود (۱۴). گیاهانی که قادر به متابولیسم علف کش های بازدارنده فتوسیستم ۲ نمی باشند، پس از رسیدن به مرحله  $F_m$  یک کاهش جزئی در فلورسنسشان خواهند داشت (۱۴). کاهش فلورسنس نسبی پس از مرحله P ( $10^6$  میکرو ثانیه) نشان می دهد که حداقل تعدادی از مراکز واکنش فتوسیستم ۲ پس از تیمار با علف کش سالم باقی مانده اند (شکل ۱).

به منظور توضیح تغییرات فرم منحنی کاتسکی، پارامترهای  $F_v/F_m$  و  $Area$  در مقادیر مختلف متری بیوزین، در شکل های ۲، ۳ و ۴ آورده شده است. همان طور که ملاحظه می شود پارامتر  $F_v/F_m$  بیوتیپ حساس در نه ۴ ساعت پس از پاشش متری بیوزین به شدت تحت تاثیر قرار گرفت و مقدار آن با اعمال غلظت ۱۰۰۰ گرم ماده موثره در هکتار به ۰/۵ رسید (شکل ۲)؛ در حالیکه این پارامتر در مورد بیوتیپهای مقاوم، تحت تاثیر قرار نگرفت (شکل ۳). پارامترهای  $F_v/F_m$  و  $Area$ ، حساسیت بیشتری به تیمار علف کش مذکور نشان دادند؛ بطوریکه مقادیر این دو پارامتر در بیوتیپ حساس ۴ ساعت پس از پاشش علف کش به ترتیب در غلظت های ۱۰۰ و ۳۰۰ به صفر رسید. پاسخ بیوتیپ حساس در مورد پارامتر  $F_v/F_m$  از غلظت ۱۰۰ گرم ماده موثره در هکتار با شاهد اختلاف معنی دار نشان داد و در غلظت ۱۰۰۰ گرم ماده موثره در هکتار بیشترین اختلاف میان شاهد و گیاهان تیمار مشاهده شد. در حالیکه نقطه آغاز واکنش کاهشی پارامترهای  $Area$  و  $F_v/F_m$  در بیوتیپ حساس به ترتیب ۱۰۰ و ۳۰ گرم ماده موثره در هکتار بود. در بیوتیپهای مقاوم دامنه اختلاف میان پاسخ ها در مورد دو پارامتر مذکور به مراتب بیشتر از  $F_v/F_m$  بود. بطوریکه در مورد اغلب بیوتیپ ها (به جز بیوتیپ های  $R_4$  و  $R_6$  در مورد پارامتر  $Area$ )

بازدارندگی فتوستتر توسط علف کش مذکور در بیوتیپ های مقاوم و حساس، ۴ ساعت پس از اعمال غلظت های مختلف علف کش مذکور با اندازه گیری فلورسنس کلروفیل برگ بوسیله دستگاه فلورومتر<sup>۱</sup> که برای تاباندن نوری با طول موج ۶۵۰ نانومتر و شدت ۳۰۰۰ میکرومول فوتون در متر مربع در ثانیه به مدت ۱۰ ثانیه کالیبره شده بود، برآورد شد (۲ و ۵). لازم به ذکر است که قبل از اندازه گیری با دستگاه مذکور، با بستن کلیپس هایی بر روی یک سوم انتهایی آخرین برگ تکامل یافته یک بوته در هر گلدان، شرایط سازگاری به تاریکی به مدت ۳۰ دقیقه برای برگ ها ایجاد شد. پارامترهای مشتق شده از منحنی کاتسکی که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند عبارت بودند از:

$$(F_m - F_0) / F_m = F_v / F_m \quad (1)$$

$$(F_m - F_j) / F_m = F_{vj} \quad (2)$$

$$Area \quad (3)$$

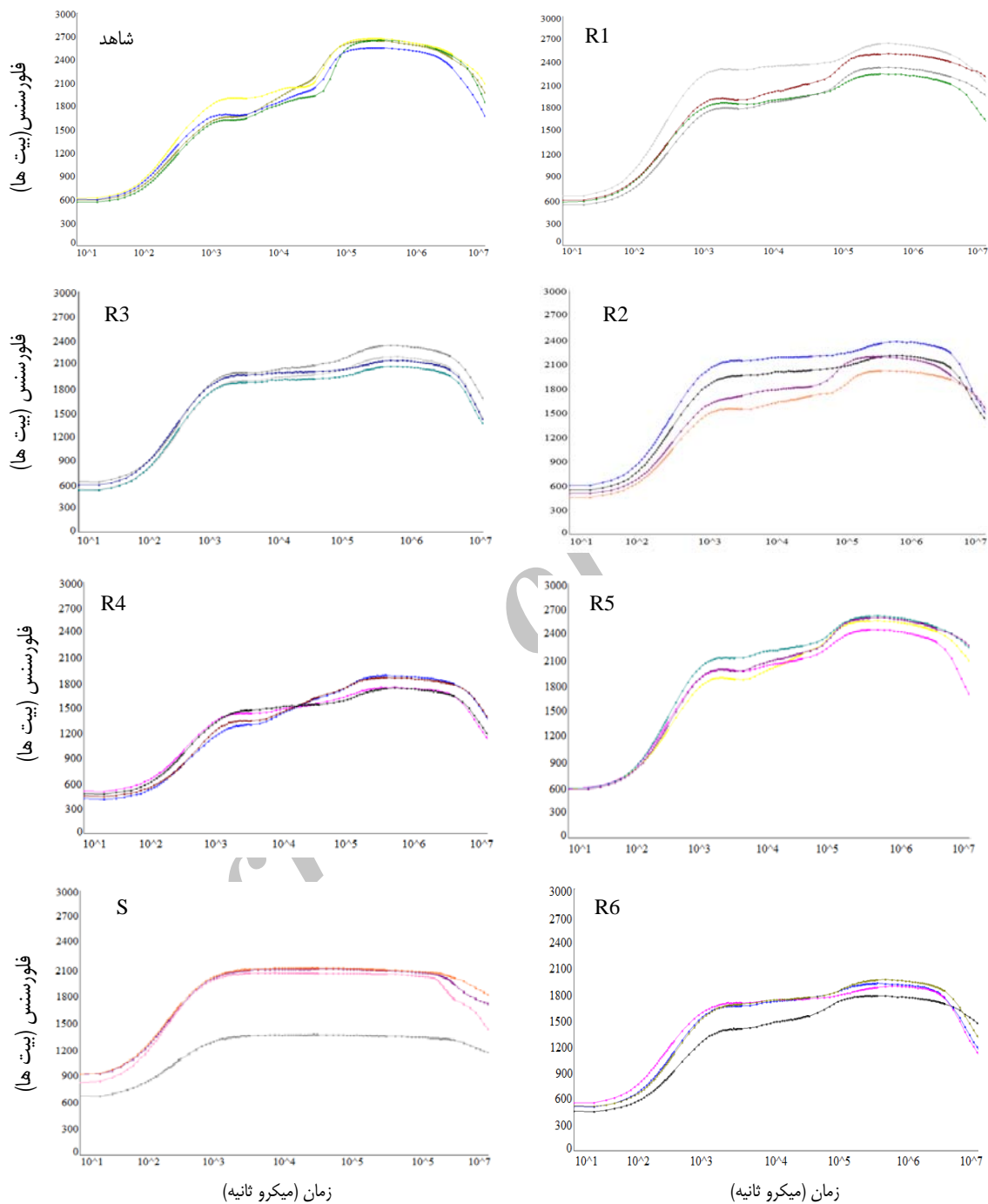
$F_m$ : فلورسنس حداکثر  $F_0$ : فلورسنس پایه  $F_j$ : فلورسنس در مرحله J  $Area$ : مساحت بین منحنی کاتسکی و  $F_m$  به منظور تجزیه و تحلیل داده ها و ترسیم شکل ها از نرم افزارهای SAS 9.1 (SAS, ۲۰۰۳) و PEA Plus استفاده شد.

## نتایج و بحث

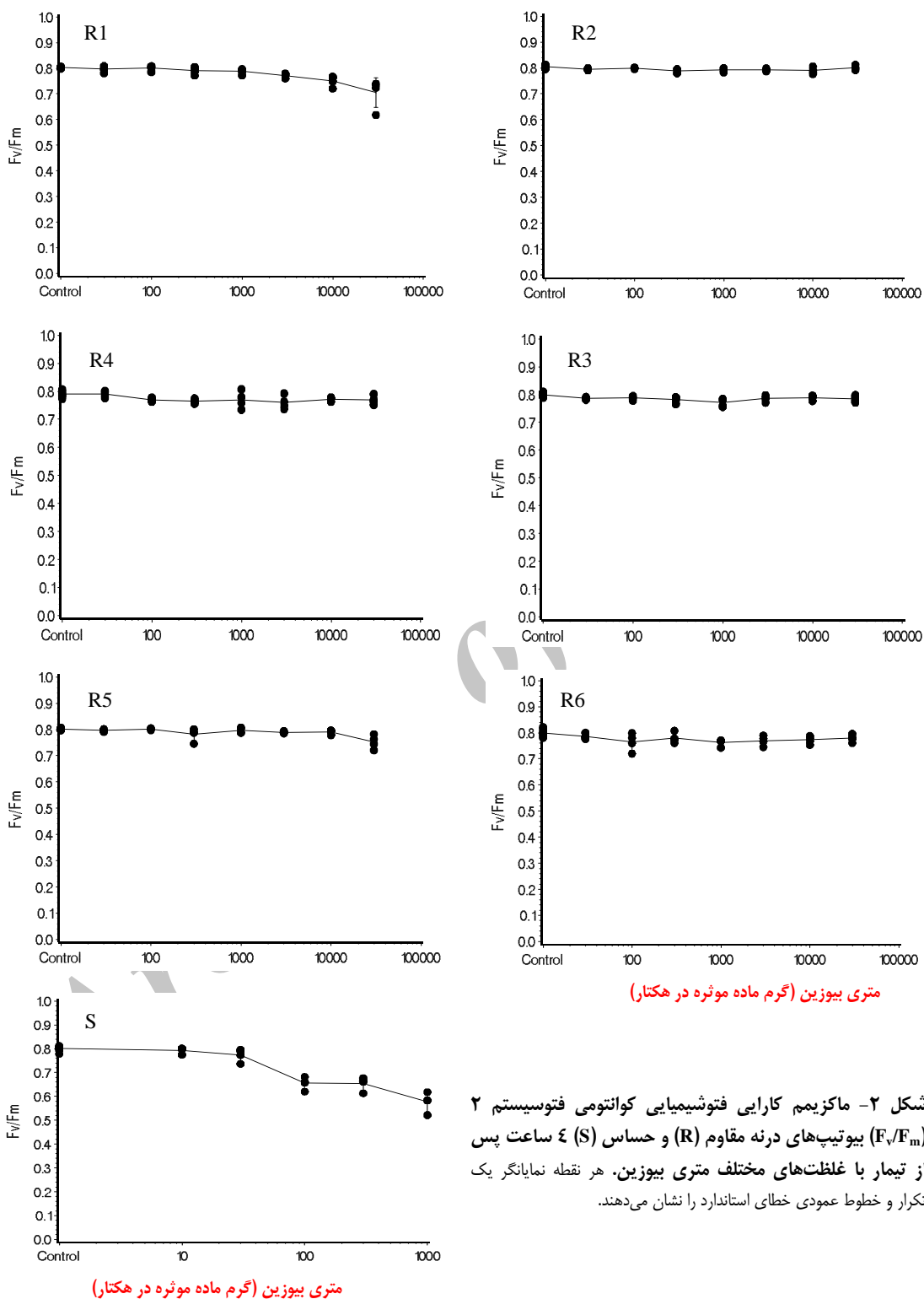
همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود منحنی کاتسکی بیوتیپ حساس، ۴ ساعت پس از پاشش علف کش متری بیوزین (۱۰۰۰ گرم ماده موثره در هکتار (معادل تقریبی غلظت توصیه شده)) به شدت تحت تاثیر قرار گرفت و میزان فلورسنس کاهش یافت. همچنین شکل و فرم منحنی مذکور از مرحله J به بعد (I-P و J-I) کاملاً تغییر شکل داده و خطی شد. در حالیکه این مراحل در شاهد به خوبی قابل رویت است و شکل استاندارد منحنی کاتسکی به تفکیک تمام مراحل که در یک گیاه سالم وجود دارد، در آن دیده می شود. این منحنی در بیوتیپهای مقاوم  $R_1$ ،  $R_2$  و  $R_3$  تا حدودی، در  $R_4$  و  $R_5$  بدون تغییر و در  $R_6$  بیشتر تحت تاثیر قرار گرفت. در تحقیقات انجام شده توسط کریستنسن و همکاران (۵) بر روی خردل سفید (*Sinapis alba* L.) شکل منحنی کاتسکی بر اثر کاربرد سه علف کش بنتازون، فلوروکلریدون و گلایفوسیت در بازه های زمانی ۴، ۴ و ۲۴ ساعت پس از کاربرد، تغییر کرد که این تغییر در مورد بنتازون بیشتر بود. در مورد بیوتیپهای مقاوم مورد آزمایش، تغییرات بسیار کمتر از بیوتیپ حساس بود، بطوریکه می توان اظهار داشت بیوتیپ ها به میزان اندکی

1- Fluorometer (Handy PEA; Hansatech Instruments, King's Lynn, Norfolk, UK)

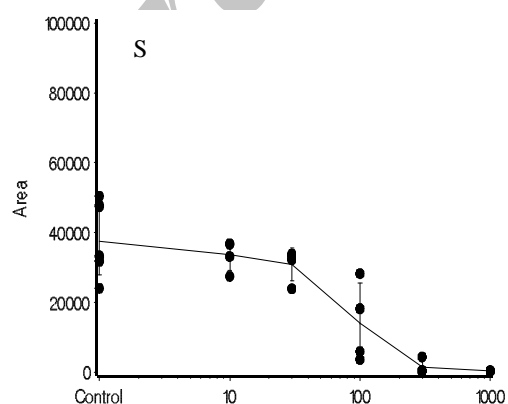
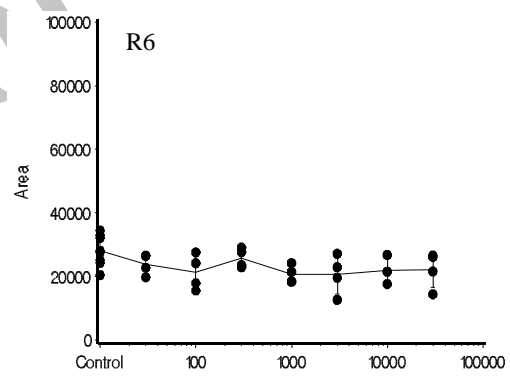
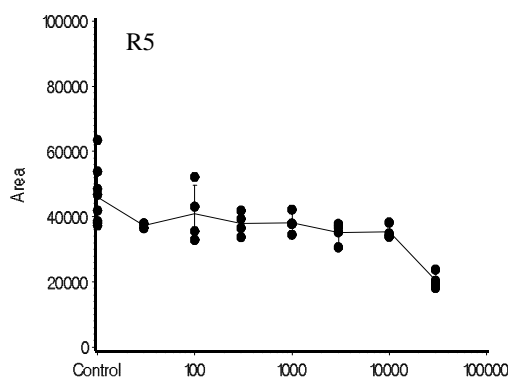
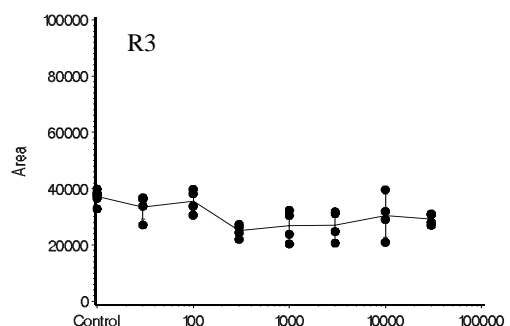
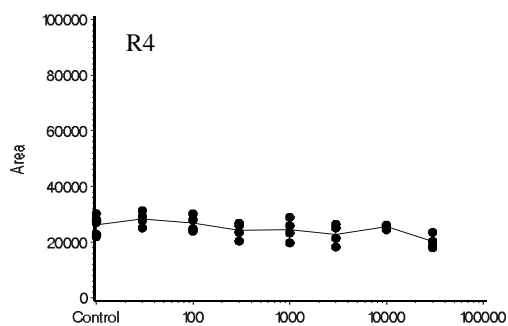
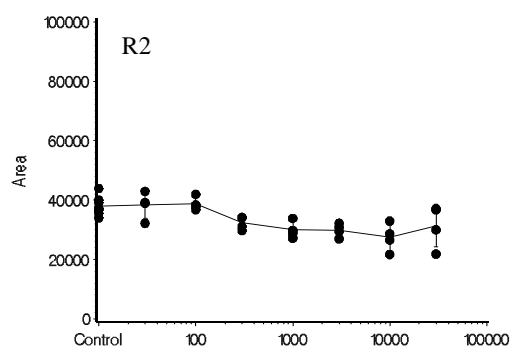
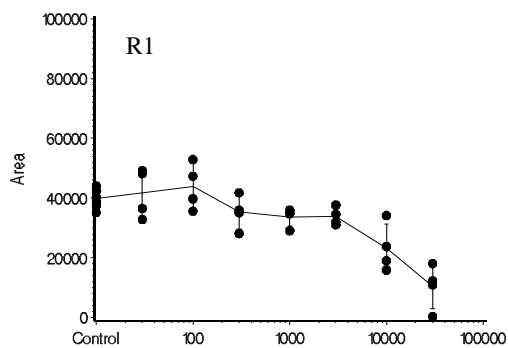
اختلاف معنی دار در پاسخ ها نسبت به شاهد از غلظت ۳۰۰ گرم ماده موثره در هکتار شروع شد (شکل های ۳ و ۴).



شکل ۱- تاثیر علف کش متری بیوزین (۱۰۰۰ گرم ماده موثره در هکتار) بر شکل منحنی کاتسکی در بیوتیپ های مقاوم (R) و حساس (S) در نه چهار ساعت پس از پاشش (هر منحنی نشان دهنده یک تکرار است).



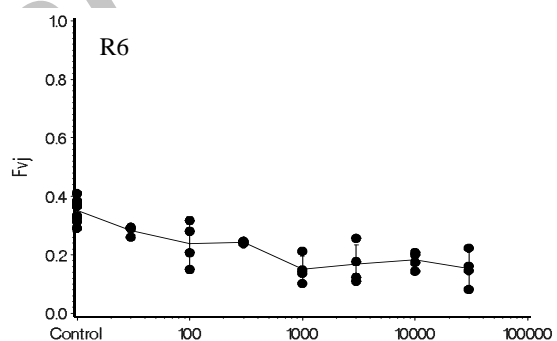
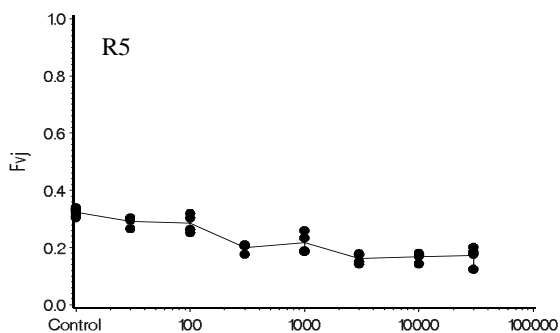
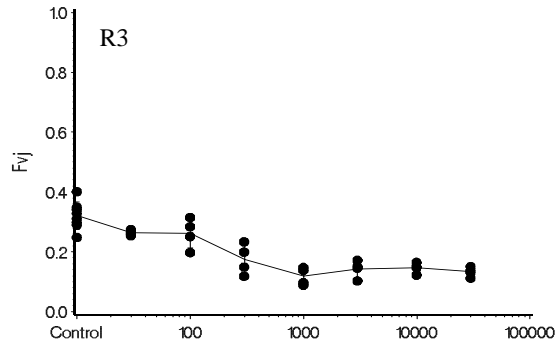
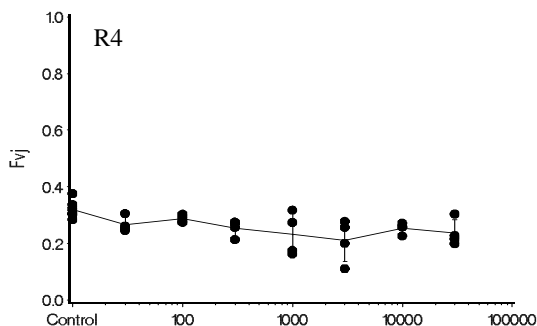
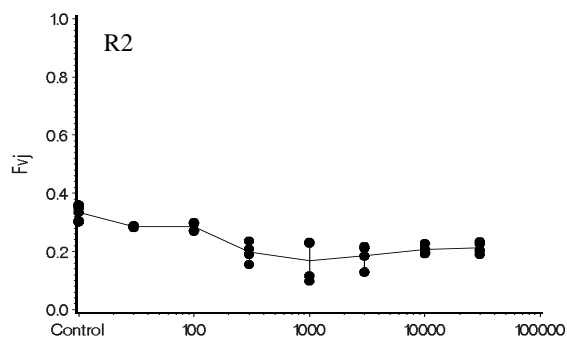
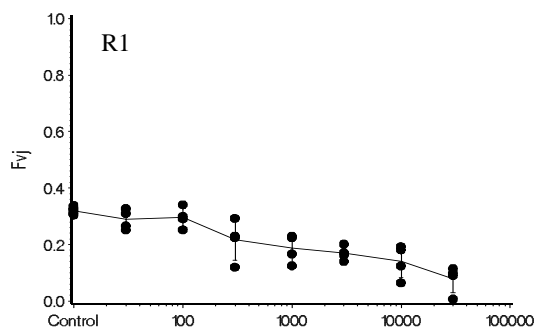
شکل ۲- ماکزیمم کارایی فتوشیمیایی کوانتومی فتوسیستم ۲ ( $F_v/F_m$ ) بیوتیپ‌های درنه مقاوم (R) و حساس (S) ۴ ساعت پس از تیمار با غلظت‌های مختلف متری بیوزین. هر نقطه نمایانگر یک تکرار و خطوط عمودی خطای استاندارد را نشان می‌دهند.



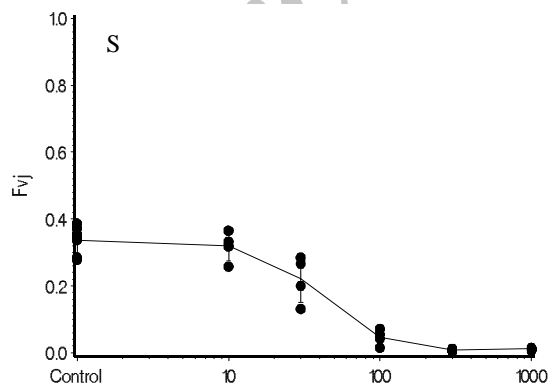
متری بیوزین (گرم ماده موثره درهکتار)

متری بیوزین (گرم ماده موثره درهکتار)

شکل ۳- مساحت بین منحنی کاتسکی و  $F_m$  (Area) بیوتیپ‌های درنه مقاوم (R) و حساس (S) ۴ ساعت پس از تیمار با غلظت‌های مختلف متری بیوزین. هر نقطه نمایانگر یک تکرار و خطوط عمودی خطای استاندارد را نشان می‌دهند.



متری بیوزین (گرم ماده موثره درهکتار)



متری بیوزین (گرم ماده موثره درهکتار)

شکل ۴- تغییرات نسبی در مرحله J ( $F_{vj}$ ) بیوتیپ‌های درنه مقاوم (R) و حساس (S) ۴ ساعت پس از تیمار با غلظت‌های مختلف متری بیوزین. هر نقطه نمایانگر یک تکرار و خطوط عمودی خطای استاندارد را نشان می‌دهند.

بنابراین مقدار پارامتر Area که نشان دهنده مقدار مساحت بالای منحنی کاتسکی می‌باشد، کاهش می‌یابد. کورس و همکاران (۱۳) در

از آنجا که مقدار فلورسنس پایه ( $F_0$  یا مرحله O) بر اثر اعمال علف کش افزایش و در نتیجه فلورسنس حداکثر ( $F_m$ ) کاهش می‌یابد،

محقق را قادر می‌سازد حتی چند روز پس از کاربرد علف کش روند پاسخ گیاهان حساس و مقاوم را پایش کند. نتایج این پژوهش نشان داد که با بهینه سازی پارامترهای فلورسنس کلروفیل می‌توان بروز مقاومت علف هرز درنه در مزارع نیشکر را بدون نیاز به انجام آزمایش‌های غلظت - پاسخ در گلخانه و تنها با اعمال غلظتی معادل غلظت توصیه شده تشخیص و تایید کرد. نتایج نشان داد که پارامترهای متفاوت اندازه گیری شده در بیوتیپ‌های مقاوم و حساس اختلاف زیادی با یکدیگر داشت؛ اما پارامتر حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم ۲ ( $F_v/F_m$ ) مناسب‌ترین و راحت‌ترین پارامتر در حین اندازه گیری و کار با دستگاه فلورومتر بود که محقق را قادر به تشخیص سریع میان بیوتیپ حساس و مقاوم چند ساعت پس از تیمار با علف کش ساخت. از آنجا که مقدار این پارامتر در برگ سالم قرار گرفته در شرایط تاریکی  $0.78-0.83$  می‌باشد؛ بنابراین با مقایسه آن با مقادیر به دست آمده از برگ‌های تیمار شده (تحت تنش) در همان شرایط می‌توان درک کلی از وضعیت گیاه در مزرعه و یا گلخانه به دست آورد.

نتایج بدست آمده موید بروز مقاومت به بازدارنده‌های فتوسیستم ۲ در مزارع نیشکر استان خوزستان می‌باشد. بطوریکه بازدارندگی از فتوستتر بیوتیپ‌های مقاوم فقط در مقادیر بالای مصرف علف کش مشاهده شد. از آنجا که در بسیاری از موارد بروز مقاومت به علف کش‌های بازدارنده فتوسیستم ۲، تغییر در پروتئین D1 مبنای ژنتیکی مقاومت می‌باشد.

### سپاسگزاری

لازم است که از کارکنان محترم بخش تحقیقات گیاهپزشکی اداره تحقیقات شرکت کشت و صنعت کارون شوشتر بویژه آقایان مهندس سیروس خیراندیش و مهندس عبدالرضا صیاد منصور که در تهیه مواد گیاهی و سموم مورد نیاز آزمایش نهایت همکاری را داشتند تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از خانم دکتر اورسجی و جناب آقای دکتر عباس پور به خاطر راهنمایی‌های ارزشمندشان در طی انجام این پژوهش کمال تشکر و قدردانی را داریم.

تحقیقی به منظور بررسی میزان حساسیت واریته‌های گندم به علف کش کلروتولورون اظهار داشتند که مساحت بالای منحنی فلورسنس کلروفیل و نسبت  $F_v/F_m$  پارامترهای مناسبی به منظور تشخیص تفاوت پاسخ به علف کش در میان ارقام گندم زمستانه بود. عباس پور و استریبیگ (۲) نیز از کاهش غیر قابل بازگشت پارامترهای  $F_v/F_m$  و  $F_{vj}$  در علف هرز تاجریزی سیاه (*Solanum nigrum* L.) تیمار شده توسط علف کش دسمدیفام در مقایسه با چغندر قند گزارش کردند. در بیوتیپ‌های مقاوم، غلظت‌های زیاد علف کش قادر به اعمال کاهش در پارامترهای مذکور بودند (شکل ۳ و ۴).

بیشترین تاثیر بازدارنده‌های فتوسیستم ۲ در ساعات نخست پس از پاشش می‌باشد. بطوریکه علائم ظاهری مربوط به تاثیر علف کش مانند کلروز و نکروزه شدن نوک برگ‌ها در گیاهان حساس، ۴۸ ساعت پس از پاشش مشهود بود (مشاهدات نگارنده). بنابراین، می‌توان اظهار داشت از آنجا که کارایی علف کش متری بیوزین، توسط خصوصیات فلورسنس کلروفیل، ۴۴ ساعت زودتر از علائم ظاهری گیاه حساس تشخیص داده می‌شود؛ اندازه گیری پارامترهای مذکور به عنوان راه کار عملی، جهت تشخیص زود هنگام اثر علف کش متری بیوزین پیشنهاد می‌شود. سایر محققین نیز با بررسی پارامترهای مذکور بر روی علف‌های هرزی مانند خردل سفید (۵)، تاج ریزی سیاه (۲ و ۱۶) و یولاف (*Avena ludoviciana* Durieu.) و خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) (۱) توانستند اطلاعات مفیدی را قبل از بروز علائم مربوط به تاثیر علف کش‌های به کار برده شده بدست آورند.

### نتیجه گیری

درک مبنای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مقاومت به علف کش به منظور مدیریت علف‌های هرز مقاوم ضروری می‌باشد. در این راستا، فلورسنس کلروفیل به عنوان ابزاری بسیار حساس و قادر به تشخیص تاثیر زود هنگام علف کش تنها چند ساعت پس از کاربرد، بویژه برای علف کش‌های بازدارنده فتوسیستم ۲، می‌تواند بسیار سودمند باشد. از آنجا که ارزیابی فلورسنس کلروفیل وابسته به سن گیاه نمی‌باشد،

### منابع

- ۱- اورسجی ز، راشد محصل م.ح، نظامی ا، عباس پور م. و نصیری محلاتی م. ۱۳۹۱. بررسی منحنی کاتسکی و پارامترهای فلورسانس کلروفیل تحت تاثیر دو علف کش کلودینافوپ و 2,4-D + دایکمبا. نشریه حفاظت گیاهان (زیر چاپ).
- 2- Abbaspoor M. and Streibig J. C. 2007. Monitoring the efficacy and metabolism of phenylcarbamates in sugar beet and black nightshade by chlorophyll fluorescence parameters. Pest Management Science, 63(6): 576-585.
- 3- Baker N. R. and Rosenqvist E. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. Journal of. Experimental Botany, 55(403): 1607-1621.



- 4- Chauhan B. S. and Johnson D. E. 2009. Seed germination ecology of junglerice (*Echinochloa colona*): a major weed of rice. *Weed Science*, 57(3): 235-240.
- 5- 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.
- 6- Devine M. D. and Shukla A. 2000. Altered target sites as a mechanism of herbicide resistance. *Crop Protection*, 19(8): 881-889.
- 7- Eleftherohorinos I. G., Vasilakoglou I. B. and Dhima K. V. 2000. Metribuzin resistance in *Amaranthus retroflexus* and *Chenopodium album* in Greece. *Weed Science*, 48(1): 69-74.
- 8- Fischer A. J., Granados E., and Trujillo D. 1993. Propanil resistance in populations of junglerice (*Echinochloa colona*) in Colombian rice fields. *Weed Science*, 41(2): 201-206.
- 9- Heap I. M. 2012. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Available at <http://www.Weedsociety.com> (visited 20 September 2012).
- 10- Hoagland R. E., Norsworthy J. K., Carey F. and Talbert R. E. 2004. Metabolically based resistance to the herbicide propanil in *Echinochloa* species. *Weed Science*, 52(3): 475-486.
- 11- Joseph O. O., Hobbs S. L. A. and Jana S. 1990. Diclofop resistance in wild oat (*Avena fatua*). *Weed Science*, 38(6): 475-479.
- 12- Klem K., Spundova M., Hrabalova H., Naus J., Vanova M., Masojidek J. and Tomek P. 2002. Comparison of chlorophyll fluorescence and whole-plant bioassays of isoproturon. *Weed Research*, 42(5): 335-341.
- 13- 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. *Annual Applied Biology*, 143(1): 53-56.
- 14- Norsworthy J. K., Talbert R. E., and Hoagland R. E. 1998. Chlorophyll fluorescence for rapid detection of propanil-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Weed Science*, 46(2): 163-169.
- 15- Norsworthy J. K., Talbert R. E. and Hoagland R. E. 1999. Chlorophyll fluorescence evaluation of agrochemical interactions with propanil on propanil-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Weed Science*, 47(1): 13-19.
- 16- Riethmuller-Haage I., Bastiaans L., 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 Science*, 54(6): 974-982.
- 17- Ross M. A. and Lembi C. A. 1999. Herbicide resistance. p. 144-145. In A. R. Merrill and A. L. Carole (ed.) *Applied Weed Science*. New Jersey, U.S.A.
- 18- Ryan G. F. 1970. Resistance of common groundsel to simazine and atrazine. *Weed Science*, 18(5): 614-616.
- 19- [SAS] Statistical Analysis Systems. 2003. The SAS System for Windows. Release 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- 20- Sundby C., Chow W. S. and Anderson J. M. 1993. Effects on photosystem II function, photoinhibition, and plant performance of the spontaneous mutation of serine-264 in the photosystem II reaction center D1 protein in triazine-resistant *Brassica napus* L.. *Plant Physiology*, 103(1): 105-113.
- 21- Tharayil – Santhakumar N. 2003. Mechanism of Herbicide Resistance on Weeds. Plant and Soil Science University of Massachusetts Amherst, MA. Available at [http://www.weedresearch.com/paper/Mechanism %20 of %20 Herbicide %20 resistance.PDF](http://www.weedresearch.com/paper/Mechanism%20of%20Herbicide%20resistance.PDF). (visited 22 September 2012).
- 22- Tian X. and Darmency H. 2006. Rapid bidirectional allele-specific PCR identification for triazine resistance in higher plants. *Pest Management Science*, 62(6): 531-536.
- 23- Valverde B.E. 2007. Status and management of grass-weed herbicide resistance in Latin America. *Weed Technology*, 21(2): 310-323.
- 24- Yaacoby T., Schonfeld M. and Rubin B. 1986. Characteristics of Atrazine biotypes of three grass weeds. *Weed Science*, 34(2): 181-184.