نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص. ۱۳۰-۱۱۷

Journal of Plant Protection
Vol. 35, No. 1, Spring 2021, P. 117-130

مقاله پژوهشی

تأثیر پیش‌تیمار بذر آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) با پلاسمای سرد بر عملکرد و اجزای عملکرد آن در رقابت با علف‌های هرز

مژگان خاکیان[۱]– حسن مکاریان[۲*]– مهدی برادران فیروز آبادی[۳]– مهدی مومنی[۴]– حسین میرزایی مقدم[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۱۱

چکیده

پیش تیمار بذر گیاه زراعی با پلاسمای سرد از طریق تسریع جوانه‌زنی بذر می تواند قابلیت رقابت آن را با علف های هرز افزایش دهد. به‌منظور ارزیابی تأثیر پیش‌تیمار بذر با پلاسمای سرد بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان در حضور علف‌های هرز، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل: پیش تیمار بذر در شش سطح، شاهد (بدون پیش‌تیمار)، خیساندن بذر در آب به مدت ۱۰ ساعت، پیش‌تیمار بذور با پلاسمای سرد به مدت ۱۵ و ۳۰ ثانیه، خیساندن بذر در آب مقطر به مدت ۱۰ ساعت + پلاسمای سرد به مدت ۱۵ و ۳۰ ثانیه و روش کنترل علف‌های هرز در سه سطح: عدم وجین، وجین تمام فصل و کاربرد تریفلورالین (۱۲۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) بودند. نتایج نشان داد که اثرمتقابل بین فاکتورهای آزمایشی بر تعداد دانه در طبق، عملکرد بیولوژیک و دانه، شاخص برداشت، عملکرد روغن آفتابگردان و وزن خشک علف‌های‌هرز معنی‌دار ($p \leq$ ۰/۰۱) بود. در حضور علف‌های هرز، روش‌های مختلف پیش‌تیمار بذری سبب افزایش معنی دار در تعداد دانه در طبق و عملکرد بیولوژیک آفتابگردان شد. همچنین، پیش‌تیمار بذر با پلاسمای سرد به مدت ۳۰ ثانیه عملکرد روغن و دانه را به‌ترتیب به میزان ۶۸/۸ و ۵۸/۵ درصد در حضور علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد (عدم پیش تیمار در حضور علف‌های هرز) افزایش داد. براساس نتایج این پژوهش، پیش‌تیمار بذر با پلاسمای سرد می‌تواند صفات رشدی و عملکرد آفتابگردان را از طریق بهبود قابلیت رقابت آن با علف‌های هرز افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: تریفلورالین، خیساندن بذر در آب، کنترل غیرشیمیایی، مدیریت تلفیقی علف‌های هرز

مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از گیاهان مهم در تولید روغن خوراکی در جهان است و روغن آن به علت خصوصیات ویژه از جمله پایداری اکسیداسیونی بالا و وجود اسیدهای چرب با پیوند دوگانه مانند لینولئیک اسید، نقش مهمی از نظر تغذیه دارد (۲۳). آفتابگردان در اوایل فصل رشد توان رقابتی کمی با علف‌های هرز دارد و به میزان قابل توجهی عملکرد آن بوسیله علف‌های هرز کاهش می‌یابد، ازاین‌رو باید در برابر علف‌های هرز به‌طور کامل حمایت شود (۱۱). در همین راستا در پژوهشی گزارش شده است که حضور علف‌های هرز سبب کاهش ۳۱ درصدی عملکرد آفتابگردان شد (۳۳). استفاده از علف‌کش‌ها روش اصلی کنترل علف‌های هرز است، با این وجود استفاده نادرست از این تکنولوژی ممکن است منجر به ایجاد مشکلاتی نظیر پسمان علف‌کش‌ها، آلودگی آب‌های زیرزمینی و مقاوم شدن علف‌های هرز به علف‌کش‌ها شود (۷). به همین خاطر امروزه، جامعه‌ی کشاورزی برای کنترل علف‌های هرز تمایل به استفاده از روش‌های مدیریتی غیرشیمیایی، نظیر روش‌های زراعی کنترل علف‌های هرز پیدا کرده است (۱۲). یکی از روش‌های زراعی برای افزایش رشد و قابلیت رقابت گیاهان زراعی با علف‌های هرز،

۱، ۲ و ۳– به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی و دانشیاران گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود
(*– نویسنده مسئول: Email: h.makarian@yahoo.com)
۴- استادیار گروه فیزیک پلاسمای دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود
۵– استادیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود
DOI: 10.22067/JPP.V35I1.85816

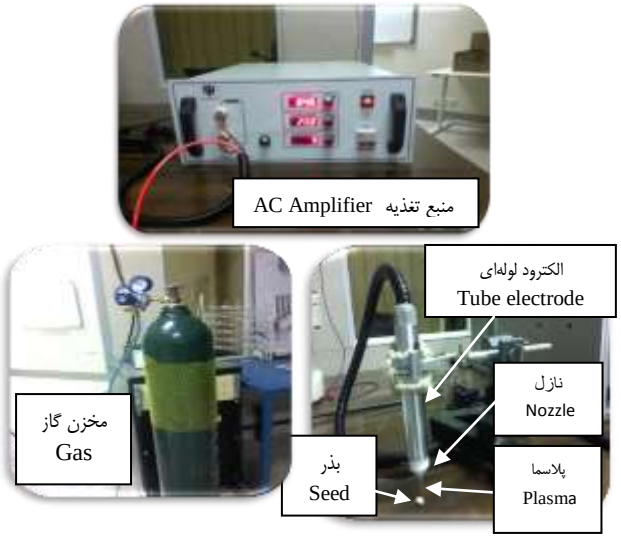
استفاده از پیش تیمار بذور با آب و سایر روش‌های بهبود دهنده بنیه بذر و استقرار آن در مزرعه است (۵). پیش تیمار بذور با آب به مدّت معین، یکی از راهکارهای مناسب برای تقویت بنیه بذر و استقرار بهتر گیاهچه است که قبل از کاشت انجام می‌شود. مزیت این روش در گیاهانی که با بذر تکثیر می‌شوند، افزایش سرعت جوانه‌زنی در شرایط مختلف محیطی است. مزیت دیگر آن حصول یکسان رویش گیاهچه از بذر برای افزایش قدرت گیاهچه و بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه است (۲۷). علت تسریع جوانه‌زنی در بذرهای آماده شده می‌تواند ناشی از افزایش فعّالیّت آنزیم‌های تجزیه‌کننده مثل آلفا آمیلاز، افزایش سطح شارژ انرژی زیستی در قالب افزایش تعداد و درعین‌حال ارتقاء عملکرد میتوکندری‌ها، افزایش سنتز DNA، RNA و ATP باشد (۳). در پژوهشی، پیش تیمار بذور سویا (*Glycine max (L.)* MERR) با آب سبب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه، عملکرد و همچنین درصد پروتئین دانه نسبت به شاهد گردید (۶). استقرار مطلوب گیاهان تحت تأثیر روش‌های پیش تیمار بذری تاکنون به‌طور مؤثر در کاهش خسارت علف‌های هرز به‌کار گرفته شده است. نصیری دهسرخی و همکاران (۲۴) گزارش کردند که پیش تیمار بذور لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis* (L.) Walp) با آب به مدت ۷ ساعت از طریق تسریع فرایندهای جوانه‌زنی و بهبود رشد گیاه زراعی، بطور معنی‌داری قابلیت رقابت آن را با علف‌های هرز افزایش داد.

در سال‌های اخیر از فن‌آوری پلاسمای سرد در تحقیقات کشاورزی استفاده شده است و اثر مثبت آن در جوانه‌زنی بذور به اثبات رسیده است (۳۱). در فرایند تولید پلاسمای سرد، گازها تحت تاثیر میدان الکتریکی یک یا چند الکترون از دست داده و در اثر یونیزاسیون، یون‌ها و گونه‌های فعال هیدروکسیل، اکسیژن، اوزون، پراکسیدهیدروژن و همچنین نور ماورا بنفش بوجود می‌آیند (۲۵). هنگامی که بذر تحت تاثیر این اتم‌ها و رادیکال‌های آزاد ایجاد شده قرار گرفت تغییراتی در پوسته بذر، خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی آن ایجاد می‌گردد (۱۸). در فرایند پلاسما دهی بذر، حمله رادیکال های اکسیژن و بمباران یونی سبب ساییدگی پوسته بذر می شود (۳۰) همچنین خاصیت آبدوستی پوسته بذر زیاد شده و در نهایت جذب آب توسط بذر افزایش می‌یابد (۱۸). اعمال پلاسمای سرد روی بذر می‌تواند برخی از فرایندهای فیزیولوژیکی را نیز در گیاه از قبیل فعّالیت دهیدروژناز، سوپراکسید دیسموتاز، فعّالیت پروکسیداز، رنگدانه‌های فتوسنتزی، کارایی فتوسنتزی و فعّالیت نیترات ریدوکتاز را نیز افزایش دهد (۲۱). اثر مثبت پلاسمای سرد در بهبود خصوصیات جوانه‌زنی بذر گیاهانی از قبیل سلمه‌تره (*Chenopodium album*) (۲۹) و سویا (۱۸) به اثبات رسیده است. لینگ و همکاران (۱۸) همچنین نشان دادند که شاخص درصد جوانه‌زنی بذور سویا تحت تأثیر پلاسمای سرد ۱۶ تا ۶۶ درصد افزایش داشت. همچنین آنها ذکر کردند که جذب آب در بذور تیمار شده ۱۴ درصد افزایش داشت و در نهایت وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه سویا به ترتیب ۲۱/۹ و ۲۷/۵ درصد نسبت به بذور تیمار نشده افزایش نشان داد. سرا و همکاران (۲۸) تایید نمودند که پلاسمای سرد ممکن است اثرات مثبت و منفی بر روی بذر داشته باشد، بطوری‌که مدت زمان پلاسمای سرد روی بذر از این نظر دارای اهمیت زیادی است، به عنوان مثال، آنها مدت زمان ۳ تا ۱۰ دقیقه پلاسمادهی روی بذر گیاه گندم سیاه (*Fagopyrum aesculentum*) را خیلی زیاد و دارای اثر منفی دانستند. حوسین و همکاران (۱۳) با کاربرد تابش گاما روی بذور آفتابگردان گزارش کردند که این تکنیک می‌تواند سبب افزایش جوانه‌زنی، رشد و در نهایت بهبود عملکرد آفتابگردان شود. بنابراین این روش را برای نواحی که شرایط نامناسب برای جوانه‌زنی بذور این گیاه وجود دارد، توصیه کردند. تابش گاما از طریق تاثیر بر اتم‌ها و مولکول‌های درون سلول‌ها بویژه آب سبب تولید رادیکال آزاد شده و این رادیکال‌های آزاد می‌توانند منجر به سنتزپروتئین، پراکسیداسیون لیپیدها و فعالیت آنزیمی در بذر شوند (۱۵). با توجه به نتایج پژوهش‌های انجام شده به‌نظر می‌رسد پیش تیمار بذر با آب و پلاسمای سرد از طریق بهبود استقرار گیاهچه نقش مؤثری در قابلیت رقابت گیاه آفتابگردان با علف‌های هرز داشته باشد. بنابراین این پژوهش به‌منظور ارزیابی تأثیر پیش‌تیمار بذر با پلاسمای سرد در مقایسه با خیساندن بذر در آب، بر رشد و عملکرد آفتابگردان در حضور علف‌های هرز انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود روی گیاه آفتابگردان رقم هایسان ۳۳ در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. موقعیّت مزرعه از نظر جغرافیایی در ۵ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۴۲۰ متر است. فاکتور اول شامل پیش‌تیمار بذر در شش سطح: شاهد (بدون پیش‌تیمار)، خیساندن بذر در آب مقطر به مدت ۱۰ ساعت، پیش‌تیمار بذور با پلاسمای سرد به مدت ۱۵ ثانیه، پیش‌تیمار بذور با پلاسمای سرد به مدت ۳۰ ثانیه، خیساندن بذر در آب مقطر به مدت ۱۰ ساعت + پلاسمای سرد به مدت ۱۵ ثانیه، خیساندن بذر در آب مقطر به مدت ۱۰ ساعت + پلاسمای سرد به مدت ۳۰ ثانیه و فاکتور دوم کنترل علف‌های هرز در سه سطح: تریفلورالین ۲۵۰۰ میلی‌لیتر (۱۲۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار)، شاهد (عدم وجین) و وجین تمام فصل بود. مدت زمان خیساندن بذر در آب بر اساس پیش آزمایش در آزمایشگاه ۱۰ ساعت تعیین گردید. زمین مورد استفاده در سال قبل از آزمایش تحت آیش بود، پس از شخم عمیق در پاییز سال قبل، عملیات آماده‌سازی زمین با مساعد شدن شرایط آب و هوایی و

رسیدن رطوبت به حد ظرفیت زراعی در اوایل خرداد ماه سال ۱۳۹۵ صورت گرفت. در ابتدا زمین مورد نظر توسط گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد. سپس با استفاده از دو دیسک عمود بر هم، اقدام به عمل تسطیح زمین گردید. عملیات کاشت در نیمه دوم خردادماه انجام شد. مزرعه آزمایشی شامل ۵۴ کرت و هر کرت دارای چهار خط کاشت به طول چهار متر بوده و فاصله بین ردیف‌ها در هر کرت ۶۰ سانتی‌متر و فاصله کاشت روی ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بین هر کرت تا کرت بعدی یک ردیف نکاشت در نظر گرفته شد. براساس نتایج آزمایش خاک، بافت خاک مزرعه آزمایشی لومی رسی بود. کنترل علف‌های هرز به وسیله وجین دستی در کرت‌هایی که تیمار وجین داشتند، اعمال گردید. پیش تیمار بذور با پلاسمای سرد در آزمایشگاه پلاسمای دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شد. برای پلاسمادهی بذور از دستگاه جت پلاسمای سرد (Plasma Supply مدل BK 9401، ساخت شرکت پلاسما طب) استفاده شد و گاز مورد استفاده در آن آرگون بود (شکل ۱). پلاسمای سرد، پلاسمای غیرحرارتی است که در فشار اتمسفر با عبور گاز از میان یک میدان الکتریکی تولید می‌شود. بنابراین در تولید پلاسمای سرد بیشتر انرژی الکتریکی صرف اجزای الکترون شده و بدلیل چگالی بسیار کم ذرات، دما در حد دمای اتاق باقی می‌ماند، لذا به این نوع پلاسما پلاسمای سرد اتمسفری گفته می‌شود (۱۴). یکی از انواع روش‌های تولید پلاسمای سرد اتمسفری، تخلیه سد دی الکتریک (Discharge Barrier Dielectric) است. عمل تخلیه بین دو الکترود که حداقل یکی از آنها با لایه دی الکتریک پوشانده شده است، صورت می‌گیرد. این تخلیه با اعمال ولتاژ بالای متناوب بین دو الکترود انجام گرفته و وجود یک لایه دی الکتریک مانع از عبور جریان شدید میان دو الکترود و وقوع جرقه می‌گردد (۲۵). در نهایت، پلاسمای سرد بصورت جریانی از الکترون و پروتون از قسمت نازل مانند دستگاه خارج می‌شود و در ظاهر به مشابه یک شعله کوچک می‌باشد (شکل ۱). سپس، بذور براساس زمان‌های تعریف شده در معرض جریان الکترون و پروتون (شعله پلاسما) قرار می‌گیرند. پلاسمای سرد دارای سه پارامتر فرکانس، توان و ولتاژ می‌باشد. در این آزمایش توان تخلیه سطوح پلاسما۸۰ وات، ولتاژ استفاده شده ۱۰ کیلو ولت، و فرکانس بکار رفته ۵۸ کیلوهرتز بود (شکل ۱).



شکل ۱- دستگاه جت پلاسمای سرد ساخت ایران که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت و شامل سه بخش اصلی الف: منبع تغذیه که با ولتاژ ۱۰ کیلوولت، توان ۸۰ وات و فرکانس ۵۸ کیلوهرتز تنظیم شد. ب: کپسول ذخیره گاز، ج: الکترود لوله‌ای و نازل آن که محل خروج جریان پلاسمای سرد می‌باشد.

Figure 1- Cold plasma jet machine that has been used in this research. It consists of three main parts, power supply set with voltage of 10 kV, power of 80 watt and frequency of 58 kHz, gas storage capsule and tubular electrode and its nozzle which is the outlet of cold plasma current.

ترفلان (تریفلورالین ۴۸٪ EC) تهیه شده از شرکت پرتونار به مقدار ۱۲۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار قبل از کشت بذور با سم‌پاش ماتابی شارژی ساخت اسپانیا با نازل بادبزنی شماره ۸۰۰۲ و حجم محلول ۲۸۰ لیتر در هکتار و فشار ۲/۸ بار در کرت‌های مربوطه (در هنگام بعد از ظهر) به کار برده شد و بلافاصله تا عمق ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر با خاک مخلوط گردید. برای تعیین تعداد دانه در طبق و وزن صد دانه از هر کرت پنج بوته به‌صورت تصادفی به‌عنوان نمونه در آخر فصل (۱۲ مهرماه سال ۱۳۹۵) برداشت شد و پس از شمارش

و جداسازی دانه‌ها از طبق، آن‌ها را در سایه قرار داده که سایه خشک شوند و سپس توزین شدند. برای تعیین عملکرد دانه و بیولوژیک، بوته‌های آفتابگردان از سطح دو متر مربع با در نظر داشتن اثر حاشیه‌ای برداشت شدند و دانه‌ها برای تعیین عملکرد دانه پس از سایه خشک شدن توزین شدند. همچنین، وزن خشک قسمت‌های مختلف بوته‌های برداشت شده پس از قرار دادن در اون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری و ثبت شد. عملکرد دانه بر مبنای رطوبت ۱۴ درصد دانه محاسبه شد. جهت تعیین زیست‌توده خشک علف‌های هرز نیز با در نظر داشتن اثر حاشیه‌ای در هر کرت، کوادرات یک متر مربعی در سه نقطه بصورت تصادفی در هر کرت قرار داده شد و در هر کوادرات علف‌های هرز از سطح خاک درو شد و در پاکت‌های مقوایی قرار گرفت و به آزمایشگاه منتقل گردید و سپس به مدت ۴۸ ساعت در اون با دمای ۷۰ درجه خشک و با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ توزین گردید. پس از تبدیل داده‌ها، آنالیز آماری و تحلیل آنها توسط نرم‌افزار MSTAT-C (نسخه ۱/۴۲) و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد و از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد برای مقایسه میانگین‌ها استفاده گردید.

نتایج و بحث

وزن خشک کل علف‌های هرز

نتایج نشان داد که علف‌هرز غالب مزرعه آزمایشی سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.) بود، به‌طوری‌که در تیمارهای عدم وجین تراکم این علف هرز به بیش از ۵۰۰ بوته در متر مربع می‌رسید. سایر گونه‌های علف هرز از قبیل تاج‌خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.)، سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)، فرفیون (*Euphorbi* sp.)، شلمی (*Rapistrum rugosum* L.)، کنف‌وحشی (*Hibiscus trionum* L.) و پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis* L.) نیز در مزرعه با تراکم اندک وجود داشتند. طبق جدول تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات ساده و اثرات متقابل تیمارهای آزمایش در سطح احتمال یک درصد بر وزن خشک زیست توده علف‌های هرز معنی‌دار شد (جدول ۱). همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، بیشترین وزن خشک علف‌های هرز مربوط به شاهد (عدم پیش تیمار در شرایط عدم وجین) بود. نتایج نشان داد که روش‌های پیش تیمار بذری به‌خصوص پلاسمای سرد به مدت ۱۵ و ۳۰ ثانیه توانست زیست توده علف‌های هرز را نسبت به تیمار آلوده به علف‌هرز به‌طور معنی‌داری کاهش دهد.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی آفتابگردان تحت تاثیر تیمارهای آزمایش

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for investigated traits of sunflower as affected by experiment treatments

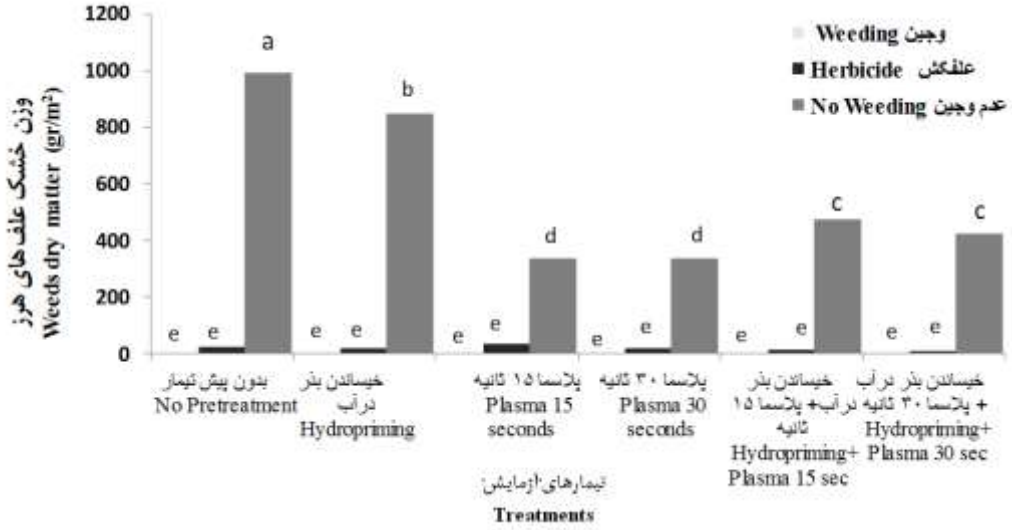
منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی Df	تعداد دانه در طبق Seed number per head	وزن ۱۰۰ دانه 100 seed Weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد روغن Oil yield	وزن ماده خشک کل Total weed dry weight
بلوک (Block)	2	20260.36 ^{ns}	0.863 ^{ns}	6723.961 ^{ns}	84754.556 ^{ns}	32.167 ^{ns}	56632.611 ^{ns}	4871.05 ^{ns}
کنترل (Control)	2	139287.50 **	28.959**	61254412.033 **	5016116.133 **	128.248 *	1132078.019 **	1927800.16**
پیش تیمار (Pretreatment)	5	15835.07 ^{ns}	2.739 ^{ns}	3282412.486 *	821307.047 ^{ns}	376.254 **	107178.925 ^{ns}	78848.16**
پیش تیمار × کنترل (Pretreatment × Control)	10	46751.74 **	4.864 ^{ns}	6502641.010 **	1415563.094 **	146.211 **	399936.215 **	78848.16**
خطا Error	34	12069.79	4.081	1303952.498	378489.490	30.899	64116.284	1840.64
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		13.60	14.08	15. 23	17.23	11.04	11.45	22.71

** و * به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ^{ns} عدم وجود تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد.

** and * significant at 1% and 5% respectively and ^{ns} non-significant different.

البته استفاده از تلفیق خیساندن بذر در آب و پلاسما نیز تأثیر هم افزایی در کاهش زیست توده علف‌های هرز نسبت به شاهد نشان داد. کاربرد تریفلورالین در شرایط مختلف نیز همانند تیمار وجین توانست سبب کاهش معنی‌دار زیست‌توده علف‌های هرز نسبت به تیمار عدم وجین شود. تریفلورالین پر مصرف‌ترین علف‌کش خانواده دی‌نیترو آنیلین‌ها می‌باشد که اکثر علف‌های هرز باریک‌برگ و نیز تعداد زیادی

از علف‌های هرز پهن‌برگ را کنترل می‌کند، مکانیسم عمل این علف‌کش، مهار تقسیم سلولی و طویل شدن سلول‌ها در ناحیه مریستمی ریشه می‌باشد (۳۲). در پژوهشی دیگر کمترین تراکم و وزن خشک علف‌های هرز مربوط به تیمارهای تریفلورالین در دز توصیه شده، خیساندن بذر در آب + علف‌کش کاهش یافته و اولتراسونیک+علف‌کش کاهش یافته بود، که نشان دهنده تأثیر مثبت پیش‌تیمار بذر در ترکیب با علف‌کش و وجین برای کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز است (۲۴). تسریع در جوانه‌زنی بذور و رشد اولیه گیاهچه در اثر کاربرد پلاسما (۲۱) و خیساندن بذر در آب (۲۴) علت افزایش زیست توده گیاهان زراعی و قابلیت رقابت آنها و در نهایت کاهش زیست‌توده علف‌های هرز می‌باشد. پژوهشگران گزارش کردند که استفاده از تکنیک خیساندن بذر در آب در کنار سایر روش‌های کنترل علف‌های هرز مانند علفکش کاهش یافته و وجین می‌تواند به‌عنوان یک روش مؤثر ضمن افزایش کارایی کنترل علف‌های هرز، از کاهش عملکرد محصول جلوگیری کرده و از طرفی اثرات زیان‌بار زیست محیطی علف‌کش‌ها را کاهش دهد (۱).



شکل ۲- اثر متقابل تیمارهای آزمایش بر وزن خشک کل علف‌های هرز

حروف مشترک روی ستون‌ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Figure 2- Interaction effect of experimental treatments on weeds dry matters

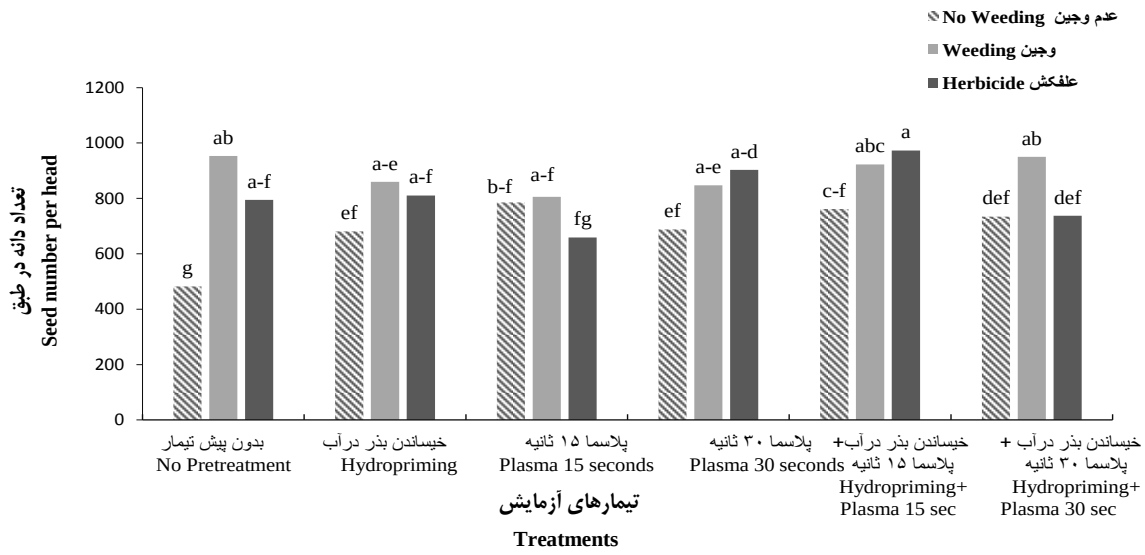
Similar letter(s) on columns represent not significantly different at the 5 % probability level (LSD) test.

تعداد دانه در طبق

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده تیمارهای کنترل در سطح یک درصد بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان معنی‌دار بود، اما اثرات ساده پلاسما بر این صفت معنی‌دار نبود. اثر متقابل تیمارهای روش کنترل× پلاسما نیز در سطح احتمال یک درصد بر تعداد دانه در طبق معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد که در شرایط عدم وجین علف‌های هرز، همه روش‌های پیش‌تیمار بذری باعث افزایش معنی‌دار تعداد دانه در طبق گردید (شکل ۳). اما در شرایط وجین و کاربرد علف‌کش اکثر روش‌های پیش تیمار تاثیر معنی‌داری نسبت به شاهد عدم پیش تیمار بر تعداد دانه در طبق نداشتند. نتایج نشان داد که، تعداد دانه در طبق از ۴۸۲/۳ عدد در تیمار شاهد عدم وجین و عدم پیش تیمار به ۹۷۳ عدد تحت تاثیر خیساندن بذر در اب +پلاسما ۱۵ ثانیه در شرایط کاربرد علف‌کش افزایش یافت (شکل ۳). دلیل اصلی کاهش تعداد دانه در طبق در تیمارهای تداخل علف‌هرز در مقایسه با تیمارهای کنترل، استقرار طولانی‌تر و تثبیت بیشتر علف‌های هرز در مزرعه و در نتیجه تشدید رقابت با آفتابگردان بر سر منابع رشد به ویژه در دوران پر شدن دانه گزارش شده است (۴). در راستای نتایج این پژوهش مبنی بر افزایش تعداد دانه در طبق تحت تأثیر خیساندن بذر در آب، گزارش شده است که خیساندن بذر در اب بدلیل راحتی کار و کم هزینه بودن آن روشی بسیار مفید برای افزایش عملکرد محصول می‌باشد (۲۰). طی پژوهشی که به منظور مطالعه تأثیر پلاسمای سرد بر بذر گیاه آرابیدوپسیس[1] از ابتدای رشد تا برداشت آن صورت گرفت،

1- *Arabidopsis thaliana* L.

گزارش شد که پرتودهی پلاسما به مدت سه دقیقه روی بذور خشک، تمام مراحل رشدی گیاه را سرعت بخشید و مشاهده شد کـه پلاسـما در مقایسه با شاهد، منجر به افزایش ۳۹ درصدی تعداد دانه شده است (۱۶). بنابراین می توان گفت که تاثیر مثبت پلاسما و پیش تیمار بذور با آب و کاربرد ترکیبی آنها توانسته است بـا بهبـود رشـد آفتـابگردان سبب افزایش تعداد دانه در طبق گردد.



شکل ۳- اثر متقابل تیمارهای آزمایش بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان

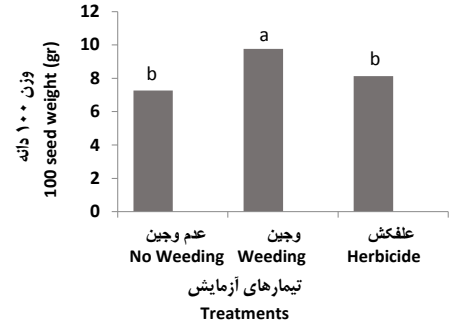
حروف مشترک روی ستون‌ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Figure 3- Interaction effects of experimental treatments on the seed number per head of sunflower

Similar letter(s) on columns represent not significantly different at the 5 % probability level (LSD) test.

وزن صد دانه

همان‌طور که نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد (جـدول ۱)، اثر ساده تیمارهای کنترل در سطح یک درصد بـر وزن صـد دانـه معنی‌دار شد، اما اثرات ساده پلاسما و اثر متقابل تیمارهای آزمایش بر این صفت معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشـان داد کـه وزن صد دانه در تیمار وجین نسبت به عدم وجین افزایش یافت، به‌طـوری که بیشترین وزن صد دانه آفتابگردان در تیمار وجین ۹/۷۶ گـرم بـود (شکل ۴). پژوهشگران کاهش وزن صد دانه ذرت را به دلیل کـاهش دوام سطح برگ در اثر تنش رقابت علف‌های هرز روی ذرت در مرحله پر شدن دانه‌ها گزارش کرده‌اند (۱۹). همچنین، در پـژوهش دیگـری علت کاهش وزن صد دانه ذرت در اثر رقابت با علف‌هرز تاج خـروس، کاهش توان فتوسنتزی و کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانـه‌هـای ذرت ذکر شده است (۶). در همین راستا گزارش شده‌است که کنتـرل علف‌های هـرز از طریـق کـاهش رقابـت و افـزایش عناصر غذایی قابـل دسـترس، ظرفیـت منبـع را بـرای تـولیـد آسـمیلات‌هـا افـزایش داده و باعـث افـزایش وزن دانه می‌شـود (۸).



شکل ٤- اثر تیمارهای کنترل علف هرز بر وزن صد دانه آفتابگردان

حروف مشترک روی ستون‌ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

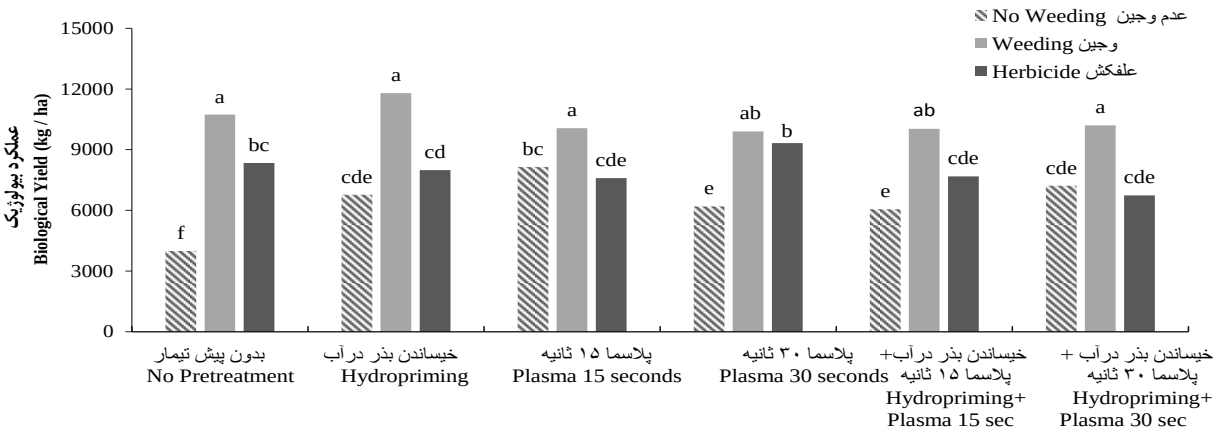
Figure 4- Effect of weed control treatments on 100- seed weight

Similar letter(s) on columns represent not significantly different at the 5 % probability level (LSD) test.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کنترل در سطح یـک

درصد و اثر ساده تیمار پلاسما در سطح پنج درصد صفت عملکرد بیولوژیک را تحت تأثیر قرار داد. همچنین، اثرات متقابل تیمارهای کنترل × پلاسما نیز بر عملکرد بیولوژیک در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها نشان داد که عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد (وجین) ۶۲/۷۶ درصد کاهش یافت. پیش تیمار بذر آفتابگردان با پیش تیمار بذور با آب و نیز پلاسما و کاربرد ترکیبی آنها عملکرد بیولوژیک آفتابگردان را در شرایط حضور علف‌های هرز بطور معنی‌داری نسبت به شاهد بدون پیش تیمار در حضور علف‌های هرز افزایش داد. همچنین، کاربرد پلاسما به مدت ۱۵ ثانیه روی بذور پرایم نشده توانست ۵۴/۹ درصد عملکرد بیولوژیک را در شرایط عدم وجین نسبت به شاهد بدون پیش تیمار و بدون وجین افزایش دهد (شکل ۵). اما همانطور که مشاهده می شود در شرایط وجین روش‌های پیش‌تیمار بذری نتوانست تاثیری بر صفت عملکرد بیولوژیک آفتابگردان ایجاد کند.



شکل ۵- اثر متقابل تیمارهای آزمایش بر عملکرد بیولوژیک آفتابگردان

حروف مشترک روی ستون‌ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Figure 5- Interaction effect of experimental treatments on biological yield of sunflower

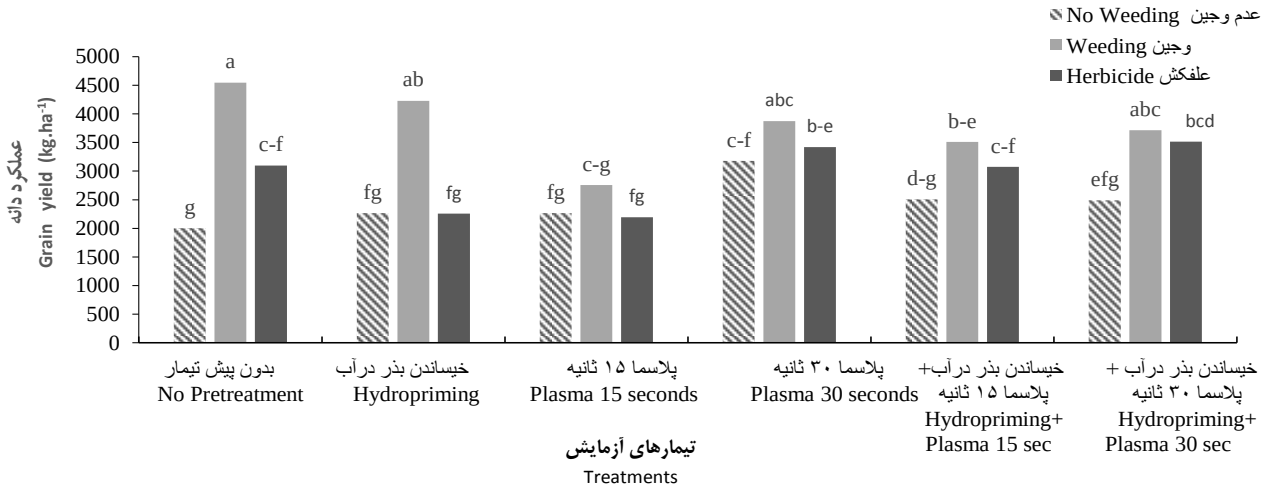
Similar letter(s) on columns represent not significantly different at the 5 % probability level (LSD) test.

کنترل مؤثر علف‌های هرز از طریق افزایش قابلیت رقابت گیاه زراعی می‌تواند دلیل افزایش عملکرد بیولوژیک در تیمارهای وجین باشد. در همین راستا گزارش شده است که کنترل مطلوب علف‌های هرز می‌تواند تولید محصول لوبیا را بهبود بخشد (۱۰). همچنین گزارش شده است که خیساندن بذر در آب سبب افزایش عملکرد بیولوژیک ذرت گردید (۲). در ارتباط با تأثیر پلاسما نیز گزارش شده است که پلاسمای سرد می‌تواند تمام مراحل رشدی گیاه آرابیدوپسیس را تسریع بخشد. بدین ترتیب پلاسمای سرد روی بذور می‌تواند یک روش امیدوار کننده برای کاهش دوره‌ی برداشت و بهبود عملکرد بیولوژیک باشد (۱۶). در شرایط خیساندن بذر در آب و یا پلاسما جوانه زنی سریعتر امکان بهره‌برداری مناسب‌تر از نهاده‌های محیطی مثل آب، نور و... برای گیاه را فراهم می‌کند. همین‌طور در اثر این شرایط، روابط رقابتی آفتابگردان و علف هرز به سود گیاه زراعی تغییر می‌یابد. برآیند این موارد در نهایت می‌تواند منجر به افزایش مدّت و سطح فتوسنتز کننده در این گیاه زراعی شده که متعاقب این امر میزان تثبیت دی اکسیدکربن و طبعاً آسمیلات تولیدی و ذخیره هیدروکربن‌های غیر ساختاری در قسمت‌های مختلف گیاه افزایش یافته و در نتیجه بیوماس تولیدی بیشتر می‌شود. براساس نتایج آزمایش، پیش‌تیمار بذر آفتابگردان با پلاسمای سرد یا خیساندن بذر در آب و کاشت آن در خاک دارای تریفلورالین باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک آفتابگردان شد. در نتایج مشابهی نصیری و همکاران (۲۴) گزارش کردند که کاشت بذور پرایم شده یا پیش تیمارشده با امواج اولتراسونیک در خاک حاوی تریفلورالین تأثیر منفی بر رشد و عملکرد لوبیا چشم بلبلی ایجاد نمود. افزایش سرعت جذب علف‌کش در بذور پرایم شده دلیل احتمالی کاهش رشد و عملکرد گیاه در چنین شرایطی ذکر شده است. در شرایط وجین تاثیر پیش‌تیمار بذر بر تعداد دانه در طبق (شکل ۳) و عملکرد بیولوژیک و حتی عملکرد دانه آفتابگردان (شکل ۶) معنی‌دار نبود. در این رابطه به نظر می‌رسد اگر چه روش‌های پیش تیمار بذری ممکن است روی سرعت و درصد جوانه‌زنی تاثیر داشته‌است اما در مراحل بعدی رشد بدلیل برخورداری

بوته‌ها از منابع کافی تفاوت‌ها از بین رفته است و منجر به یکنواختی تعداد دانه در طبق، زیست توده و عملکرد آفتابگردان در تیمارهای مختلف شده است. در این خصوص ده احمدی و همکاران (۹) در مطالعه تاثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه نخود بیان کردند که اگرچه اثر تنش خشکی در مراحل اولیه رشد گیاه تا ۵۱ روز پس از سبزشدن بر تولید ماده خشک شدید و اثرگذار بود، اما از این زمان به بعد تا ۸۱ روز پس ازسبزشدن، سرعت تجمع ماده خشک به گونه‌ای افزایش یافت که ماده خشک نهایی در تیمارهای تنش دیده با تیمار شاهد مشابه بود.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده کنترل در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. همچنین، اثر متقابل تیمارهای کنترل علف‌های هرز× پلاسما نیز بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). براساس نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل، بیشترین عملکرد دانه متعلق به شاهد بدون پیش‌تیمار در شرایط وجین (۴۵۴۳ کیلوگرم در هکتار) بود که البته با تیمارهای پیش‌تیمار بذر با آب در شرایط وجین، و پلاسمای سرد به مدت ۱۵ و ۳۰ ثانیه در شرایط وجین و خیساندن بذر در آب + پلاسما به مدت ۳۰ ثانیه در شرایط وجین در یک گروه آماری قرار داشت. همچنین نتایج نشان داد که پیش‌تیمار بذور پرایم شده با پلاسما سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در شرایط وجین (۳۷۱۴ کیلوگرم در هکتار) و علف‌کش (۳۵۱۵ کیلوگرم در هکتار) نسبت به شرایط عدم وجین در همین تیمارها گردید. تیمار کاربرد پلاسما به مدت ۳۰ ثانیه روی بذور پرایم نشده در شرایط عدم وجین، عملکرد را نسبت به شاهد بدون پیش‌تیمار در شرایط عدم وجین ۵۸/۵ درصد افزایش داد، از طرفی تیمار عدم وجین تمام فصل سبب کاهش عملکرد دانه آفتابگردان به میزان ۵۵/۸۶ درصد نسبت به تیمار وجین تمام فصل در شرایط بدون پیش‌تیمار گردید (شکل ۶). در همین راستا لطیفی و همکاران (۱۷) کاهش ۱۸ تا ۳۳ درصدی عملکرد آفتابگردان را تحت تأثیر علف‌های هرز گزارش کرده اند. پژوهش‌ها ثابت کرده است که در گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) محتوای برخی از متابولیت‌ها پس از تیمار با پلاسمای سرد تغییر می‌یابد این تغییرات از این فرضیه پشتیبانی می‌کند که رادیکال‌های پلاسما به دانه‌ها نفوذ کرده و بر متابولیسم بذر مؤثر واقع شده است (۲۸). همچنین، اثر پلاسما بر بذر گیاه آرابیدوپسیس از ابتدای رشد تا برداشت آن بررسی شد، نتایج نشان داد که پرتودهی پلاسما به مدت سه دقیقه روی بذور خشک، تمام مراحل رشدی گیاه را سرعت بخشید و پلاسما در مقایسه با شاهد، منجر به کوتاه‌تر شدن ۱۱ درصدی دوره‌ی رشد و افزایش ۵۶ درصدی عملکرد دانه و همچنین افزایش ۱۲درصدی وزن هر دانه گردید (۱۶).



شکل ٦- اثر متقابل تیمارهای آزمایش بر عملکرد دانه آفتابگردان

حروف مشترک روی ستون‌ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Figure 6- Interaction effect of experimental treatments on seed yield of sunflower

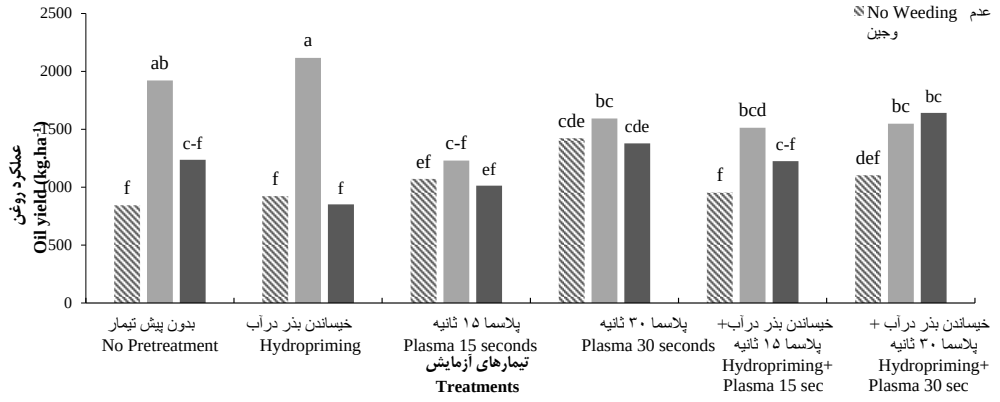
Similar letter(s) on columns represent not significantly different at the 5 % probability level (LSD) test.

در خصوص تأثیر خیساندن بذر در آب روی گیاهان نیز گزارش شده است که پیش‌تیمار بذور ذرت با آب از طریق افزایش فعالیت

آنزیم‌های مؤثر در متابولیسم ساکارز نظیر ساکارز سینتتاز، اینورتازها و ساکارز فسفات سینتاز باعث افزایش وزن هزار دانه و عملکرد می‌شود (۲۲). به‌طور کلی، تداوم رقابت علف‌های هرز با آفتابگردان در تمام دوره رشد گیاه منجر به کاهش عملکرد در تیمار عدم‌وجین علف‌های هرز گردید، در حالی که علاوه بر وجین، پیش تیمار بذور با آب و پلاسمای سرد با افزایش سرعت جوانه‌زنی و استقرار اولیه سریعتر دانه‌رست‌ها سبب کاهش اثرات رقابتی علف‌های هرز بر روی گیاه آفتابگردان شده و در نتیجه عملکرد افزایش پیدا کرد. مشابه نتایج بدست آمده در عملکرد بیولوژیک، تریفلورالین در اکثر تیمارها سبب کاهش رشد و عملکرد دانه گردید، اما در تیمارهایی که خیساندن بذر در آب یا پلاسما بکار رفته بود میزان کاهش عملکرد دانه بیشتر بود. به نظر می‌رسد اثرات سوء علف‌کش خاک مصرف تریفلورالین روی گیاه زراعی در شرایط پیش تیمار بذر تشدید می‌شود.

عملکرد روغن

نتایج نشان داد که تأثیر تیمارهای کنترل در سطح احتمال یک درصد بر صفت عملکرد روغن دانه معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل کنترل علف‌های هرز × پلاسما در سطح احتمال یک درصد بر صفت مذکور مؤثر واقع شد (جدول ۱). همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود خیساندن بذر در آب در شرایط وجین بیشترین عملکرد روغن (۲۱۱۷ کیلوگرم در هکتار) را به همراه داشت که البته با شاهد (بدون پیش‌تیمار) در شرایط وجین تفاوت آماری نداشت. همچنین در شرایط عدم پیش‌تیمار با پلاسما (تیمارهای شاهد و خیساندن بذر در آب) عملکرد روغن در شرایط وجود علف‌هرز به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار وجین کاهش نشان داد. با کاربرد پلاسما روی بذور خیساندن بذر در آب به مدت ۱۵ و۳۰ ثانیه، عملکرد روغن در شرایط وجین به‌طور معنی‌داری از تیمار عدم وجین بیشتر بود. در شرایط عدم وجین تیمار کاربرد پلاسما به مدت ۳۰ ثانیه روی بذور پرایم نشده، عملکرد روغن را نسبت به شاهد بدون پیش‌تیمار در شرایط عدم وجین ۶۸/۸ درصد افزایش داد، همچنین عدم وجین تمام فصل سبب کاهش عملکرد روغن آفتابگردان به میزان ۵۶/۱۱ درصد نسبت به تیمار وجین تمام فصل در شاهد (بدون پیش‌تیمار) گردید (شکل ۷).



شکل ۷- اثر متقابل تیمارهای آزمایش بر عملکرد روغن آفتابگردان

حروف مشترک روی ستون‌ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

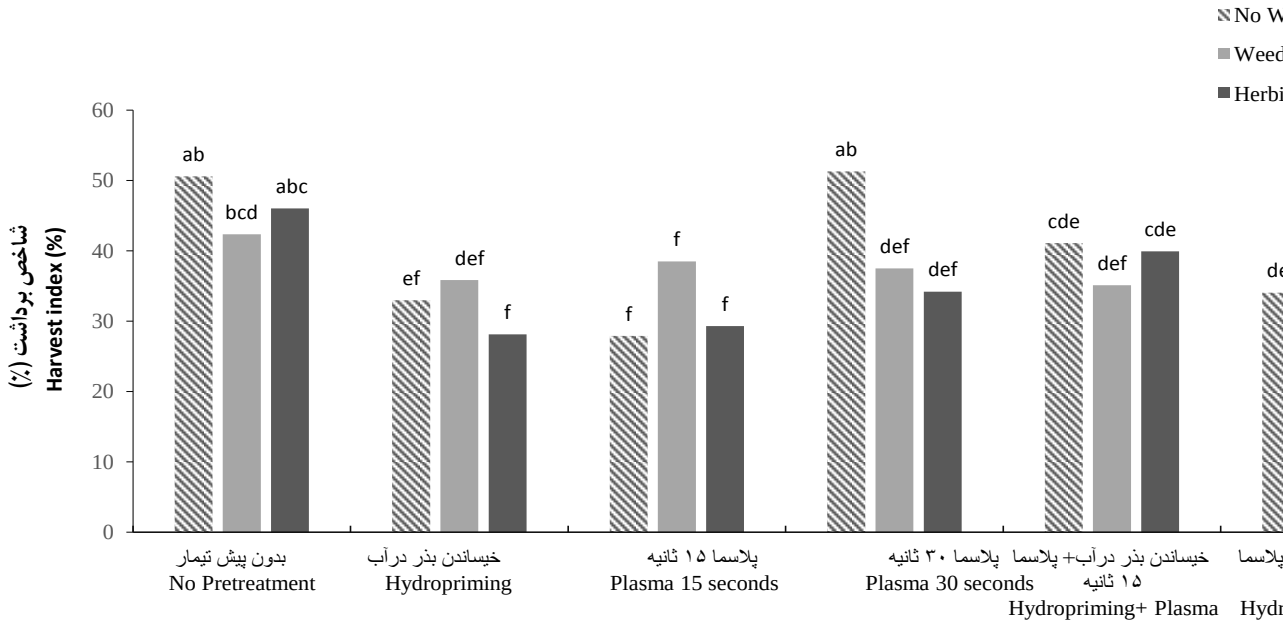
Figure 7- Interaction effect of experimental treatments on sunflower oil yield

Similar letter(s) on columns represent not significantly different at the 5 % probability level (LSD) test.

عباس دخت و همکاران (۱) گزارش کردند که تیمار خیساندن بذر در آب سبب افزایش عملکرد روغن آفتابگردان تا ۱۶۱۴ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار شاهد شد. طی پژوهشی مشاهده شد که در بذور خیس شده به مدت ۱۰ دقیقه و پرتودهی پلاسما جوانه‌زنی بذر سویا نسبت به بذور خشک سریع‌تر و با قدرت بیشتری اتفاق افتاده است (۲۸). از نتایج چنین استنباط می‌شود که حضور علف‌های هرز از طریق جذب منابع مورد نیاز گیاه مانند، آب، نور و عناصر غذایی سبب کاهش رشد و عملکرد آفتابگردان می‌شود. همچنین افزایش سرعت جوانه‌زنی و رشد اولیه دانه‌رست‌ها در روش خیساندن بذر در آب و پلاسما نیز توانسته است گیاه آفتابگردان را از نظر رشدی در وضعیت مطلوب‌تری قرار داده و قابلیت رقابت آن را با علف‌های هرز افزایش دهد و در نهایت منجر به عملکرد بالاتر روغن در آفتابگردان شود.

شاخص برداشت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس، معنی‌دار بودن اثرات ساده تیمار پلاسما بر شاخص برداشت را در سطح یک درصد نشان داد، اما اثرات ساده کنترل بر صفت مذکور معنی‌دار نشد، همچنین اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش حاکی از آن بود که پلاسمای سرد به مدت ۳۰ ثانیه روی بذور که در آب خیساندن شده بود در شرایط علف‌کش بهترین تیمار برای افزایش شاخص برداشت بوده است، اما از نظر آماری با شاهد (بدون پیش‌تیمار) در حضور علف هرز، کاربرد علف‌کش در شرایط بدون پیش‌تیمار، پلاسمای سرد به مدت ۳۰ ثانیه در شرایط عدم وجین در یک گروه آماری قرار داشت (شکل ۸). تأثیر خیساندن بذر در آب بر افزایش شاخص برداشت گیاه لوبیا توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (۲۶). شاخص برداشت پایین در بعضی تیمارها به کمبود مواد فتوسنتزی قابل انتقال به دانه که همان مقصد اقتصادی است نسبت داده می‌شود (۱۹).



شکل ۸- اثر متقابل تیمارهای آزمایش بر شاخص برداشت آفتابگردان

حروف مشترک روی ستون‌ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Figure 8- Interaction effect of experimental treatments on sunflower harvest index

Similar letter(s) on columns represent not significantly different at the 5 % probability level (LSD) test.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این پژوهش، روش‌های پیش‌تیمار بذری مانند خیساندن بذر در آب و پلاسمای سرد در شرایط وجین تاثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان نداشت، اما در شرایط عدم وجین روش‌های پیش‌تیمار بذری به تنهایی و در ترکیب با یکدیگر سبب افزایش معنی‌دار صفات تعداد دانه در طبق و عملکرد بیولوژیک آفتابگردان گردید. همچنین، پیش‌تیمار بذر با پلاسمای سرد به مدت ۳۰ ثانیه توانست در شرایط حضور علف‌های هرز، ضمن افزایش صفات عملکرد بیولوژیک، دانه و روغن آفتابگردان، زیست‌توده خشک علف‌های هرز را به‌طور معنی‌داری کاهش دهد. با توجه به نتایج این پژوهش استفاده از پلاسمای سرد به مدت ۳۰ ثانیه روی بذور آفتابگردان قبل از کاشت می تواند جایگزین فرایند خیساندن بذر در آب گردد. با توجه به اینکه پلاسمادهی در این پژوهش با دستگاه تولید پلاسمای با ظرفیت کاری اندک و در سطح آزمایشگاه انجام شد، بنابراین جهت کاربرد تجاری این روش ضروری است که محققین دستگاهای تولید پلاسمای سرد با قابلیت پلاسمادهی مقدار بذر زیاد طراحی نمایند. بطورکلی، پیش‌تیمار بذر آفتابگردان با پلاسمای سرد در شرایط تعیین شده در آزمایشات می‌تواند بعنوان روشی سازگار و بی خطر برای محیط زیست، از طریق بهبود شرایط جوانه‌زنی و افزایش سرعت بهره‌مندی گیاه از منابع موجود باعث افزایش رشد گیاه زراعی و قابلیت رقابت آن نسبت به علف‌های هرز شده و ضمن جلوگیری از کاهش شدید عملکرد، مصرف علف‌کش‌ها را نیز کاهش دهد.

منابع

1. Abbasdokht H., Afshari H., Owji E., and Taheri S. 2016. The effect of seed priming and different levels of nitrogen application on quantitative and qualitative yield of sunflower progress cultivar. Crop Physiology Journal 8(29): 105-120. (In Persian with English abstract)
2. Abbasdokht H., Makarian H., Ahmadi Sharaf H., Gholami A., and Rahimi M. 2012. The study of integrated weed management (IWM), emphasizing the effect of seed priming on yield and yield components of maize (*Zea mayz* L.). Weed Research Journal 2(4): 63-76. (In Persian with English abstract)
3. Afzal I., Ahmad N., Basra S.M.A., Ahmad R., and Iqbal A. 2002. Effect of different seed vigor enhancement techniques on hybrid maize (*Zea mays* L.). Pakistan Journal of Agriculture Science 39: 109-112.
4. Asghari J., Vahedi A., and Khoshghaul H.R. 2011. Critical period of weed control in sunflower (*Helianthus annus* L.) in west of Guilan province. Journal of Plant Protection 25(2): 116-126. (In Persian with English abstract)
5. Basra S.M.A., Ashraf M., Iqbal N., Khaliq A., and Ahmad R. 2004. Physiological and biochemical aspects of pre-sowing heat stress on cottonseed. Seed Science and Technology 32: 765-774.
6. Bayat S., and Sepehry A. 2012. Paclobutrazol and salicylic acid application ameliorates the negative effect of water stress on growth and yield of maize plants. Journal of Research in Agricultural Science 8(2): 127-139. (In Persian with English abstract)
7. Caamal-Maldonado J.A., Jimenez-Osornio J.J., Torres-Barragan., and Anaya A.L. 2001. The use of allelopathic legume cover and mulch species for weed control in cropping systems. Journal of Agronomy 93: 27-36.
8. Duma I. 2006. Effect of seed priming with PEG and K_3PO_4 on germination and seedling growth in Lettuce. Pakistan Journal of Biological Science 9(5): 923-928.
9. Deh Ahmadi A., Parsa S.R., Nezami M., and Ganjeali A. 2011. The effects of drought stress at different phenological stages on growth indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in greenhouse conditions. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 69-84. (In Persian with English abstract)
10. Ebrahimi F., Majnoun Hossieni N., and Hossirni M B. 2012. The effect of extracts of medicinal plants weed control (*Amaranthus retroflexus* L.) and (*Chenopodium album* L.) in beans. Iranian Journal of Field Crop Science 4: 757-765. (In Persian with English abstract)
11. Elezovica I., Dattab A., Vrbnicaninc S., Glamoclijac S., Simicd M., Malidzae G., and Knezevic. S. Z. 2012. Yield and yield components of imidazolinone-resistant sunflower (*Helianthus annuus* L.) are influenced by pre-emergence herbicide and time of post-emergence weed removal. Field Crops Research 128: 137-146.
12. Hiltbrunner J., Jeanneret P., Liedgens M., Stamp P., and Streit B. 2007. Response of weed communities to legume living mulches in winter wheat. Journal of Agronomy and Crop Science 193: 93-102.
13. Hussain F., Iqbal M., Shah S.Z., Qamar M.A., Bokhari T.H., Abbas M., and Younus M. 2017. Sunflower germination and growth behavior under various gamma radiation absorbed doses. Acta Ecologica Sinica 37: 48–52.
14. Jayasena D.D., Kim H.J., Yong H.I., Park S., Kim K., Choe W., and Jo C. 2015. Flexible thin-layer dielectric barrier discharge plasma treatment of pork butt and beef loin: Effects on pathogen inactivation and meat-quality attributes. Food Microbiology 46: 51-57.
15. Kafi M. 2013. Biochemical response of two wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) to gamma radiation. Pakistan Journal of Botany 45: 473-477.
16. Koga K., Thapanut S., Amano T., Seo H., Itagaki N., Hayashi N., and Shiratani, M. 2016. Simple method of improving harvest by nonthermal air plasma irradiation of seeds of *Arabidopsis thaliana* (L.). Applied Physics Express 9: 016201.
17. Latify S., Yousefi A., and Jamshidi K. 2015. Effect of living mulch application on yield and yield components of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars and weed control. Agricultural Science and Sustainable Production 25(2): 33-45. (In Persian with English abstract)
18. Ling L., Jiafeng J., Jiangang L., Minchong S., Xin H., Hanliang S., and Yuanhua, D. 2014. Effects of cold plasma treatment on seed germination and seedling growth of soybean. Scientific Reports 4: 5859.
19. Makarian H. 2002. Planting date and population density influence on competitiveness of corn (*Zea mayz* L.) with redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). MSc Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
20. Manarifard M., and Sepehri A. 2015. Effect of seed priming and foliar application of zinc on yield and yield components of two wheat cultivars. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 22(4.1): 151-165. (In Persian with English abstract)
21. Mildažienė V., Aleknavičiūtė1 V., Žūkienė1 R., Paužaitė1 G., Naučienė1 Z., Filatova I., Lyushkevich V., Haimi P., Tamošiūnė I., and Baniulis D. 2019. Treatment of common sunflower (*Helianthus annus* L.) seeds with radio-frequency electromagnetic field and cold plasma induces changes in seed phytohormone balance, seedling development and leaf protein expression. Scientific Reports 9: 6437.

22. Mohammadi G., Koohi Mohammad Abadi Y., Ghobadi M., and Najaphy A. 2015. Grain yield and weed control in corn influenced by seed priming and plant density. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 25(1): 13-28. (In Persian with English abstract)
23. Moschner C.R., and Biskupek-Korell B. 2006. Estimating the content of free fatty acids in high-oleic sunflower seeds by near- infrared spectroscopy. European Journal Lipid Science and Technology 108: 606-613.
24. Nasiri Dehsorkhi A., Makarian H., Gholipoor M., and Abbasdokht H. 2017. Investigate effect of ultrasonic waves and seed priming on emergence and growth of cowpea (*Vigna sinensis*) under soil application of trifluralin. Journal of Plant Protection 31(1): 40-51. (In Persian with English abstract)
25. Olatunde O.O., Benjakul S., and Vongkamjan K. 2019. Dielectric barrier discharge cold atmospheric plasma: Bacterial inactivation mechanism. Journal of Food Safety e12705.
26. Pak Mehr A., Rastgoo M., Shekari F., Saba J., Vazayefi M., and Zangani E. 2011. Effect of Salicylic acid priming on yield and yield components of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under water deficit at reproductive stage. Iranian Journal of Pulses Research 2(1): 53-64. (In Persian with English abstract)
27. Santini B.A., Rojas-Aréchiga M., and García Morales E. 2017. Priming effect on seed germination: Is it always positive for cacti species? Journal of Arid Environments 147: 155-158.
28. Sera B., Spatenka P., Sery M., Vrchotova N., and Hruskova I. 2010. Influence of plasma treatment on wheat and oat germination and early growth. IEEE Transactions on Plasma Science 38: 2963–2968.
29. Sera B., Stranak V., Sery M., Tichy M., and Spatenka P. 2008. Germination of *Chenopodium album* in response to microwave plasma treatment, Plasma Science Technolory 4: 506-511.
30. Stoffels E., Sakiyama Y., and Graves D.B. 2008. Cold atmospheric plasma: charged species and their interactions with cells and tissues. IEEE Transactions on Plasma Science 36: 1441–1451.
31. Thirumdas R. 2018. Exploitation of cold plasma technology for enhancement of seed germination. Journal of Agricultural Research and Technology 13(2): 1-5.
32. Zand E., Bena Kashani F., Baghestani M.A., Maknali A., Minbashi M., and Soufizadeh S. 2007. Investigating the distribution of resistant wild oat (*Avena ludoviciana*) populations to clodinafop-propargil herbicide in south western Iran. Environmental Science 3: 85-92. (In Persian with English abstract)
33. Yousefi A., and Anjil Eli M. 2013. Weed management in sunflower using cover crops. Agricultural Science and Sustainable Production 9: 69-77. (In Persian with English abstract)

Journal of Plant Protection
Vol. 35, No. 1, Spring 2021, P. 117-130

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص. ۱۳۰-۱۱۷

Effect of Pretreatment of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seed with Cold Plasma on its Yield and Yield Components in Competition with Weeds

M. Khakian[1]– H. Makarian[2]*– M. Baradaran Firouz Abadi[3]– M. Momeni[4]– H. Mirzaei Moghadam[5]

Received: 29-04-2020
Accepted: 01-08-2020

Introduction: Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is a major worldwide oilseed crop that develops slowly during the initial weeks after planting. Weed competition with sunflower during the first four weeks after crop emergence can reduce sunflower yield significantly. Promoting seed germination is the most direct way to improve sunflower growth and competition with weeds. Per-treatment of seed by cold plasma through accelerating seed germination can increase competitive ability of plant with weeds. Cold plasma treatment significantly increased wheat growth and yields. Thus, increasing plant growth can improve competitive ability of it with weeds. The aim of this study was to investigate the effect of cold plasma treatment on growth and yield of sunflower in competition with weeds.

Materials and Methods: This experiment was carried out as factorial based on randomized complete block design with three replications at Shahrood University of Technology (latitude of 36° 25 'N and longitude of 54° 57' E with an elevation of 1345 m) in 2016. Experimental factors were including cold plasma at six levels: control, hydro-priming of seeds for 10 hours, pretreatment of seeds with cold plasma radiation for 15 and 30 seconds, hydro-priming of seeds for 10 hours + cold plasma radiation for 15 and 30 seconds and weed control at three levels: control (no weeding), weeding all season and application of trifluralin (1200 g. a.i. ha^{-1}). Dielectric barrier discharge plasma jet was operated in ambient air under sterile conditions in the laboratory of Faculty of Physics, Shahrood University of Technology. After seed priming in distilled water for 10 hours, sunflower seeds were taken in petri plates and treated with the plasma for determined times. Seeds were planted in the field immediately after cold plasma treatment. Seed number per head, 100 seeds weight, harvest index, biological, grain and oil yield of sunflower and weed dry weight were recorded. Statistical analyses of data were performed with statistical software MSTATC. Significant differences between means refer to the probability level of 0.05 by LSD test.

Results and Discussion: The results showed that seed number per head, biological and grain yield, harvest index, oil yield and weed dry weight significantly affected by interaction effects of treatments. Results showed that biological, oil and seed yield of sunflower decreased by 62.76, 56.11 and 55.86% in weed-infest than weed-free treatments respectively. Seed number per head and biological yield of sunflower significantly increased by using different pretreatments methods than control in the weed-infest conditions. Also, pretreatment of seeds with cold plasma for 30 seconds increased oil and seed yield of sunflower by 68.8 and 58.5 percent respectively in the weed infest treatment than control. The plasma treatment of soybean seeds up to 2 min showed positive effects on their germination rate and seedling growth. Cold plasma has essential roles in a broad spectrum of developmental and physiological processes in plants, including reducing the bacterial bearing rate of seeds, changing seed coat structures, increasing the permeability of seed coats, and stimulating seed germination and seedling growth. In addition, plasma treatment also could improve the physiological metabolism of the plant, such as de-hydrogenase activity, superoxide dismutase and peroxidase activities, photosynthetic pigments, photosynthetic efficiency and nitrate reductase activity. It seems that hydro-priming technique and cold plasma irradiation with improving seed germination and seedling early growth can led to more and faster germination and better competition of sunflower plants with weeds.

Conclusion: Based on our results, pre-treatment of seeds by cold plasma and hydro-priming in addition to

1, 2 and 3- M.Sc. Student and Associate Professors Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: h.makarian@yahoo.com)
4- Assistant Professor, Faculty of Physics, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
5- Assistant Professor, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
DOI: 10.22067/JPP.V35I1.85816

reducing weed biomass, could significantly improve the growth characteristics and yield of sunflower through increasing crop competitive ability with weeds.

Keywords: Hydropriming, Integrated weeds management, Non-chemical control, Trifluralin