نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد هجدهم، شماره ۱(۶۹)، بهار ۱۴۰۳، صفحه ۱۵۰-۱۳۵

مقاله پژوهشی DOI:

اثر ماده افزودنی سولفات آمونیم بر کارایی علف‌کش نیکوسولفورن در ذرت

سجاد قائدی کچویی[1] و مهدی مدن‌دوست[1*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۴/۴ **تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۴/۲۶** **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۱۶**

چکیده

به‌منظور بررسی ارتباط بین دزهای مصرف علف‌کش نیکوسولفورون و ماده افزودنی سولفات آمونیوم بر افزایش کارایی کنترل علف‌های هرز و عملکرد دانه ذرت (*Zea mays* L. Sc.704) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی طی سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ با فرض تصادفی بودن اثر سال در منطقه فسا واقع در جنوب شرق استان فارس ایران به صورت مزرعه‌ای انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل علف‌کش نیکوسولفورون (دزهای صفر، ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ گرم ماده موثره در هکتار) و ماده افزودنی سولفات آمونیم با دزهای صفر، ۲/۵ و ۵ درصد بودند. رابطه بین دزهای علف‌کش و بیوماس علف‌های هرز در هر یک از سه سطح سولفات آمونیوم از مدل ۳ پارامتره لجستیک و برای توصیف رابطه بین بیوماس علف‌های هرز و سطوح دزهای علف‌کش و سولفات آمونیم از مدل چهار پارامتره لورینتزن استفاده شد. نتایج نشان داد که استفاده از علف‌کش نیکوسولفورن منجر به کاهش وزن خشک همه علف‌های هرز شد و با مصرف سولفات آمونیم کاهش وزن خشک علف‌های هرز تشدید شد. دُز مؤثر برای کنترل ۵۰ درصد از علف هرز سلمه‌تره (*Chenopodium album*) کمتر از سایر علف‌های هرز بود. سولفات آمونیم به‌عنوان ماده افزودنی توانست کارایی نیکوسولفورون را برای افزایش شاخص کلروفیل، سرعت فتوسنتز و اجزای عملکرد دانه بهبود دهد. با مصرف کمی بیشتر از ۶۰ گرم نیکوسولفورون به‌صورت مخلوط با سولفات آمونیم ۲/۵ تا ۱۰/۵ درصد افزایش عملکرد دانه حاصل شد و با مصرف ۷۰ گرم نیکوسولولفورون عملکرد بیولوژیک به ۲۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت.

واژگان کلیدی: ذرت، کروز، عملکرد، مدل، مویان.

۱- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فسا، ایران.

(نگارنده مسئول) mehdi.madandoust@iau.ac.ir

مقدمه

نیکوسولفورون با نام تجاری کروز از علف کش‌های مهم خانواده سولفونیل اوره است که در سطح گسترده در مزارع ذرت استفاده شده و طیف علف‌کشی آن عمدتاً شامل تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus*)، سوروف (*Echinochloa crus gali*)، دم‌روباهی (*Cortaderia selloana*)، یولاف وحشی (*Avena fatua*) می‌باشد. نیکوسولفورون به‌صورت انتخابی بسیاری از گونه‌های باریک برگ و پهن برگ علف‌هرز را در ذرت کنترل می‌کند. اما در مناطقی که خاک دارای اسیدیته بالای ۷ است، این علف‌کش در خاک دوام زیادی داشته و به محصولات حساس بعدی در تناوب خسارت می‌زند. از این رو مصرف این علف‌کش در این نواحی دارای محدودیت است (Andr *et al*., 2014). این علف‌کش‌ها از طریق بازدارندگی آنزیم استولاکتات سینتاز و همچنین استوهیدروکسی اسید سینتاز عمل می‌کنند که عامل کلیدی واکنش‌های ساخت در بیوسنتز اسیدهای آمینه زنجیری شاخه‌دار مانند والین، لوسین و ایزولوسین می‌باشند (Zhou *et al*., 2007).

ماده افزودنی، ماده‌ای است که به‌منظور کمک یا بهبود عمل ماده شیمیایی کشاورزی یا خواص فیزیکی آن به مخزن سم‌پاش اضافه می‌شود. این مواد ممکن است همراه علف‌کش فرموله یا بسته‌بندی شوند یا به هنگام سم‌پاشی به مخزن سم‌پاش افزوده شوند (Hofman, 2018). کودهای آمونیومی نظیر سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم و پلی‌فسفات آمونیوم به‌صورت مواد افزودنی فعال کننده و تعدیل کننده مورد استفاده قرار می‌گیرند (Dong *et al*., 2011).

با افزایش نگرانی‌های محیطی سیستم‌های با نهاده کمتر از جمله علف‌کش برای تولیدات محصول توسعه داده شده‌اند و از طرفی تاثیر بیولوژیکی کودهای آمونیومی ممکن است خیلی زیاد باشد (Chandini *et al*., 2019). ژانگ و همکاران (Zhang *et al*., 2013) گزارش داده‌اند که استفاده از این مواد افزودنی سبب افزایش بیش از ۱۰ برابری جذب علف‌کش تیفن سولفورون (از ۴٪ به ۴۵٪) روی علف هرز گاوپنبه (*Abutilon theophrasti*) شد. سلطانی و همکاران (Soltani *et al*., 2011) بیان نمودند موقعی که سولفات آمونیوم به علف‌کش گلیفوسیت افزوده گردد، کارایی آن در ذرت مقاوم به گلیفوسیت افزایش می‌یابد که البته این را نیز اظهار نمودند که این کارایی به موقعیت و شرایط آب و هوایی نیز بستگی دارد. آنها بیان داشتند که وقتی سولفات آمونیوم به علف‌کش گلیفوسیت افزوده گردد کارایی آن در کنترل علف‌های هرز یک‌ساله‌ای چون تاج‌خروس ریشه‌قرمز و یا سلمه‌تره، افزایش نمی‌یابد. افزودن سولفات آمونیوم به گلیفوسیت تنها در غلظت پایین‌تر از غلظت معمولی می‌تواند کنترل بعضی از علف‌های هرز را بهبود بخشد. تراولوس و همکاران (Travlos *et al*., 2017) تاثیر سولفات آمونیوم بر کارایی علف‌کش گلیفوسیت را بررسی نمودند و بیان داشتند که افزایش کارایی علف‌کش با افزایش سورفکتانت بستگی به غلظت محلول علف‌کش دارد.

با توجه به پیشرفت تکنولوژی در زمینه نرم‌افزارهای موجود و استفاده از معادلات ریاضی نگرش جدیدی در علم علف‌های هرز بوجود آمده است که می‌تواند گام مؤثری در پیش‌بینی عملکرد و همچنین درصد کاهش علف‌های هرز با توجه به تیمارهای اجرا شده در مزرعه ارایه نماید

(Jones *et al*., 2017). مدل‌هایی که در علف‌های هرز بیان شده‌اند در ابتدا توسط هولست و همکاران (Holst *et al*., 2007)، کایور و همکاران (Kaur *et al*., 2021) و پارک و همکاران (Park *et al*., 2003) و در دهه اخیر میلادی توسط باکر و همکاران (Baker *et al*., 2018) نسبت به متغیرهای کشاورزی از جمله کود، علف‌کش، تراکم محصول، تراکم علف‌هرز و نزولات جوی توسعه یافته‌اند.

ارتباط ریاضی بین مواد افزودنی و علف‌کش می‌تواند در رقابت محصول علف‌هرز به‌عنوان ابزاری جهت پیش‌بینی عملکرد محصول و کمک جهت تصمیم‌گیری برای کاربرد اپتیمم علف‌کش و ماده افزودنی باشد (Andrew and Storkey, 2017) همچنین می‌تواند به‌عنوان یک پیش‌بینی قابل قبول از عملکرد محصول و بیوماس علف‌های هرز و برای تخمین دز مورد نیاز علف‌کش جهت محدود کردن کاهش عملکرد و بیوماس علف‌هرز به کار برده شود و به‌عنوان یک چارچوب برای کامل کردن مدیریت علف‌کش و ماده افزودنی ارایه گردد (Gaba *et al*., 2016). سولفات آمونیوم هم بر محصول و هم بر علف‌های هرز تأثیر دارد، در حالی که علف‌کش تنها بر علف‌های هرز تأثیر دارد و زمانی می‌توان از دُزهای کمتر استفاده کرد که تصمیم‌گیری کنترل علف‌های هرز بر اساس کاربرد ماده افزودنی مانند سولفات آمونیوم و علف‌کشی مانند نیکوسولفورون در نظر گرفته شود (Mc Giffen *et al*., 2014).

بر اساس گزارش‌ها هدف از این تحقیق، بررسی ارتباط بین مقادیر مصرف علف‌کش نیکوسولفورون و ماده افزودنی سولفات آمونیوم در کنترل علف‌های هرز در ذرت به‌منظور کاهش میزان مصرف و همچنین کارآیی بیشتر علف‌کش بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در مزرعه‌ای واقع در منطقه فسا در جنوب شرق استان فارس انجام شد. مشخصات جغرافیایی فسا N ′56 °28 و E′38 °53 و ارتفاع ۱۳۵۶ متر از سطح دریا می‌باشد. خاک محل آزمایش دارای ۲۸/۶ درصد شن، ۳۱/۴ درصد رس و ۴۰ درصد سیلت و مقدار pH خاک معادل ۷/۵ بود. وضعیت آب و هوایی نیز در سال‌های آزمایش تعیین شد (جدول ۱). در پاییز، عملیات اولیه شخم انجام گرفت. سپس در بهار بعد از مساعد شدن شرایط آب و هوایی عملیات ثانویه شامل دیسک، لولر و عملیات کوددهی انجام گردید. کود فسفر ۷۰ کیلوگرم و کود پتاس ۵۰ کیلوگرم قبل از کاشت مورد استفاده قرار گرفت. کاشت ذرت با دست و به‌صورت کپه‌ای انجام گرفت. فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۸/۵ سانتی‌متر انتخاب شد. رقم ذرت سینگل‌کراس ۷۰۴ که از گروه هیبریدهای دیررس می‌باشد مورد استفاده قرار گرفت. علف‌های هرز به‌صورت فلور طبیعی مورد استفاده قرار گرفتند و آلودگی مزرعه به‌صورت طبیعی بود. در مزرعه گونه‌های بسیاری وجود داشت که غالب آنها سه علف‌هرز سلمه‌تره (*Chenopodium album*)، توق (*Xanthium strumarium*) و قیاق (*Sorghum halepense*) بودند.

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با فرض تصادفی بودن اثر سال در سه تکرار و با دو فاکتور علف‌کش نیکوسولفورون (با دزهای صفر، ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ گرم ماده موثره در هکتار) و ماده افزودنی سولفات

آمونیم (با دزهای صفر، ۲/۵ و ۵ درصد) انجام شد. نیکوسولفورون در مرحله ۶ تا ۸ برگی ذرت مورد استفاده قرار گرفت. سولفات آمونیم همراه با مصرف نیکوسولفورورن در مخزن سم‌پاش ریخته شد. برای عملیات سم‌پاشی از سم‌پاش دستی پشتی لانس‌دار مدل ماتابی استفاده گردید. نازل مورد استفاده بادبزنی یکنواخت به شماره ۸۰۰۲ و فشار مورد استفاده ۲/۴ و حجم محلول مصرفی برابر ۲۵۰ لیتر در هکتار بود. قبل از کاربرد علف‌کش کوادراتی به ابعاد ۰/۷۵ در ۰/۷۵ سانتی‌متر در هر کرت به‌عنوان معیاری از آلودگی کرت در نظر گرفته شد و علف‌های هرز این کوآدرات به تفکیک گونه و تراکم قبل از کاربرد علف‌کش شمارش و بعد از ۴۵ روز پس از اعمال تیمار علف‌کش، علف‌های هرز کوآدرات برداشت و به تفکیک گونه به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۲ درجه سلیسیوس در آون نگه داشته و سپس وزن گردیدند.

۴۵ روز پس از سم‌پاشی به‌طور تصادفی ده بوته ذرت (اختصاصاً برای برگ‌های بالایی آن) انتخاب و بین ساعات ۱۰ صبح تا ۱ بعدازظهر با استفاده از دستگاه‌های مشخص شده خصوصیات فیزیولوژیک اندازه‌گیری شدند. برای تعیین محتوای کلروفیل از دستگاه کلروفیل‌متر مدل Minolta SPAD 502 استفاده شد (Dong *et al*., 2019). سرعت فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه فتوسنتزمتر ایرگا مدل LI-COR 6400, Lincoln, NE, USA از طریق اندازه‌گیری تبادلات گازی به‌دست آمد (Guanjun *et al*., 2021).

برداشت نهایی ذرت در مرحله رسیدن فیزیولوژیک انجام گردید. در این مرحله از هر کرت آزمایشی با رعایت اثر حاشیه‌ای سه متر مربع برداشت و ده بوته ذرت به‌طور تصادفی از آن انتخاب و اجزای عملکرد دانه تعیین گردید. کلیه بوته‌های برداشت شده به مدت یک هفته در هوای آزاد خشک و برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و بیولوژیک توزین گردید.

برای به‌دست آوردن برازش بین دزهای علف‌کش و بیوماس علف‌های هرز در هر یک از سه سطح سولفات آمونیوم از مدل ۳ پارامتره لجستیک استفاده شد (معادله ۱) (Kim *et al*. 2006).

معادله ۱: $W=W_{min}/[1+(Dose/ED_{50})^B]$

در این معادله W: بیوماس علف‌هرز، W_{min}: حد پایین بیوماس علف‌هرز، Dose: دز مصرف علف کش، ED_{50}: دُز مورد نیاز برای رسیدن به ۵۰ درصد بیوماس علف هرز و B: شیب خط بودند.

برای توصیف رابطه بین بیوماس علف‌های هرز و سطوح دُزهای علف‌کش و سولفات آمونیم از مدل چهار پارامتره لورینتزن استفاده شد (معادله ۲).

معادله ۲:

$$W = W_{min}/\{[1+((Dose-ED_{50})/B)^2]*[1+((AMS-AMS_0)/W_{max})^2]\}$$

در این معادله: AMS: درصد سولفات آمونیم، AMS_0: درصد سولفات آمونیم برای رسیدن به حد پایین بیوماس علف‌هرز و W_{max}: حد بالای بیوماس علف‌هرز بود.

تجزیه و تحلیل داده‌ها به صورت مرکب با فرض ثابت بودن اثرات علف‌کش و ماده افزودنی و تصادفی بودن اثر سال با استفاده از امید ریاضی با استفاده از نرم‌افزار SAS (9.1) انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام و جهت برازش مدل به داده‌های مربوطه به عملکرد دانه و بیولوژیک

بیوماس علف‌های هرز از نرم‌افزار Sigmaplot (14) استفاده گردید.

نتایج و بحث

وضعیت آب و هوایی در سال‌های انجام آزمایش (جدول ۱) نشان داد که دمای محیط در زمان مصرف علف‌کش طی دو سال آزمایش از ۳۰ تا ۳۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی از ۶۸ تا ۷۳ درصد متغیر بود. میانگین درجه حرارت هوا طی ۲۸ روز بعد از مصرف علف‌کش از ۲۷/۱ تا ۲۹/۴ درجه سلسیوس متفاوت بود. گزارش محققان نشان می‌دهد که جذب فعال علف‌کش به اثربخشی آن در فرایندهای فیزیولوژیک علف‌های هرز بستگی دارد و در این رابطه دمای مناسب هوا از ۱۰ تا ۲۵ درجه سلسیوس با رطوبت مطلوب بر کارایی اکثر علف‌کش مؤثر خواهد بود (Godar *et al*., 2015). دمای بالا، فعالیت علف‌کش را افزایش می‌دهد (Matzenbacher *et al*., 2014). ولی دماهای خیلی زیاد در اثر بخشی علف‌کش نتیجه معکوس دارد که به‌دلیل پژمردگی و نهایتاً بسته شدن روزنه‌ها خواهد بود. همچنین، دمای بالا منجر به خشکیدگی سریع قطرات علف‌کش نیز می شود (Ramsey *et al*., 2005). با این وجود درجه حرارت و رطوبت به تنهایی و بدون مشخص بودن نوع علف‌هرز بر کارایی علف‌کش تأثیرگذار نخواهد بود. به‌عنوان مثال، مصرف علف‌کش مزوتریون رشد علف‌های هرز *Amaranthus rudis* Sauer و *Digitaria sanguinalis* L. Scop را در دمای ۱۸ درجه سلسیوس به‌طور مؤثری نسبت به علف‌های هرز *Abutilon theophrasti* L. و *X. strumarium* L. در دمای ۳۲ درجه سلسیوس کاهش می‌دهد. در سه گونه علف‌هرز *C. album*، *S. halepense* و *X. strumarium* با استفاده از منحنی‌های واکنش دز استاندارد علف‌کش نیکوسولفورن، پارامترهای W_0، B، ED_{50} به‌دست آمد که همگی تحت تأثیر مصرف سولفات آمونیم قرار گرفت. بیوماس همه علف‌های هرز در شرایط بدون مصرف علف‌کش با مصرف سولفات آمونیوم افزایش یافته است. در گونه‌های *S. halepense* و *X. strumarium* میزان شیب خط منحنی پاسخ دز علف‌کش با مصرف نیتروژن کاهش یافت ولی در گونه *C. album* تغییری مشاهده نشد (جدول ۲).

مصرف سولفات آمونیوم باعث افزایش کارایی علف‌کش شد. دُز مؤثر مورد نیاز برای رسیدن به ۵۰ درصد بیوماس علف‌های هرز *C. album*, *S. halepense* و *X. strumarium* بدون مصرف سولفات آمونیم به‌ترتیب ۷۱/۲۱، ۷۳/۰۸ و ۸۸/۷۲ گرم ماده مؤثره در هکتار و با مصرف سولفات آمونیم (۵٪) به‌ترتیب ۳۹/۴۷، ۴۲/۳۹ و ۴۲/۲۰ گرم ماده مؤثره در هکتار به تعداد دانه در ردیف به‌دست آمد.

رابطه بین دزهای علف کش نیکوسولفورون و ماده افزودنی سولفات آمونیم بر وزن خشک علف‌های هرز بر اساس مدل چهار پارامتره لورینتزن (معادله ۲) مشخص شد. نتایج نشان داد که استفاده از علف‌کش نیکوسولفورن منجر به کاهش وزن خشک همه علف‌های هرز شد (شکل ۱). بیشترین تاثیر مصرف نیکوسولفورون در علف‌هرز *S. halepense* مشاهده شد. وزن خشک این علف‌هرز با مصرف نیکوسولفورون از ۹/۲۹ گرم در متر مربع به ۱/۹۷ گرم در متر مربع کاهش یافته است. وزن خشک *X. strumarium* با مصرف نیکوسولفورن از ۴/۲۵ به ۰/۵ گرم و وزن خشک *C. album* از ۵/۰۱ به ۰/۷ گرم در مترمربع کاهش یافت. کمترین وزن خشک علف‌های هرز با مصرف ۹۰ گرم ماده مؤثر در هکتار به‌دست آمد.

حتی بدون مصرف سولفات آمونیم، نقش نیکوسولفورن در کاهش وزن خشک علف‌های مشهود است ولی با مصرف سولفات آمونیم کاهش وزن خشک علف‌های هرز تشدید شد که می‌تواند به‌دلیل ماهیت مویان سولفات آمونیم باشد، به‌ویژه وقتی حداقل ۷۰ گرم نیکوسولفورن مصرف شده باشد. با مصرف حداکثر ۵۰ نیکوسولفورن استفاده از سولفات آمونیم در کارایی علف‌کش تأثیری نداشت. البته همین سولفات آمونیم اگر به تنهایی بدون نیکوسولفورن مصرف شود نه تنها منجر به کاهش وزن خشک علف‌های هرز نمی‌شود بلکه به شکل کود منجر به تقویت علف‌های هرز می‌گردد. بیشترین کارایی سولفات آمونیم بر اثر علف‌کش نیکوسولفورن در*S. halepense* مشاهده شد. به طوری‌که مصرف ۵ درصد سولفات آمونیم با ۷۰ گرم نیکوسولفورون ۱/۶۱ گرم و ۹۰ گرم نیکوسولفورون ۱/۳۰ گرم در متر مربع وزن خشک *S. halepense* کاهش یافت (شکل ۱).

برای کاربردی شدن مدل‌های پیش‌بینی بیوماس علف‌های هرز، باید تأثیر علف‌کش نیز در این مدل ها لحاظ شود (Dahmardeh *et al*., 2021). اما حضور علف‌کش‌ها در مدل باعث پیچیدگی کار می‌شود به‌خصوص اگر مدل چند گونه‌ای باشد. گاردارین و همکاران (Gardarin *et al*., 2012) اثر متقابل گونه‌ها را حذف کردند تا کمی کار ساده‌تر شود. قبلاً هم محققان دیگر برای سهولت کار در رقابت چند گونه‌ای از این پارامتر چشم‌پوشی کرده بودند اما همگی به این نکته اشاره کردند که این به معنی آن نیست که اثر متقابل واقعاً وجود نداشته باشد (Abrams *et al*., 2008).

تجزیه واریانس مرکب داده‌های ذرت نشان داد که اثر سال به استثنای عملکرد بیولوژیک در سایر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نشد. برهمکنش سال با علف‌کش نیکوسولفورون و سولفات آمونیم بر شاخص کلروفیل، سرعت فتوسنتز، تعداد دانه در ردیف، عملکرد بیولوژیک و دانه معنی‌داری شد، به‌طوری‌که در سرعت فتوسنتز در سطح احتمال ۰/۰۵ و در سایر صفات مذکور در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار بود. برهمکنش علف‌کش نیکوسولفورون و سولفات آمونیم به استثنای سرعت فتوسنتز در سایر صفات اندازه‌گیری شده آزمایش معنی‌دار نشد. در رابطه با سرعت فتوسنتز این تأثیر در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار بود (جدول ۳).

در رابطه با شاخص کلروفیل ذرت نتایج نشان داد که بیشترین شاخص کلروفیل به‌دست آمده از مصرف نیکوسولفورون و سولفات آمونیم در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ معادل ۱۷/۵۴ و ۱۷/۹۶ افزایش نسبت به شاخص کلروفیل حاصل از عدم مصرف نیکوسولفورون و سولفات آمونیم ایجاد شد (جدول ۴).

با مطالعه سرعت فتوسنتز میانگین سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ مشخص شد که در تیمار ۹۰ گرم مصرف نیکوسولفورون همراه با سولفات آمونیم ۵ درصد بیشترین سرعت فتوسنتز ذرت به‌دست آمد که افزایشی معادل ۸۷ درصد نسبت به شاهد (عدم مصرف) نشان داد. تفاوت بیشترین و کمترین این تیمارها ۵/۴۶ میکرومول CO_2 بر مترمربع در ثانیه بود که در مقایسه با اثر نیکوسولفورون و سولفات‌آمونیم بر شاخص کلروفیل به مراتب کمتر از سرعت فتوسنتز تأثیر گذار بوده است (جدول ۴). در واقع علف‌کش و ماده افزودنی به‌صورت مستقیم بر شاخص کلروفیل تأثیر داشته ولی سرعت فتوسنتز به‌طور

غیرمستقیم و به‌واسطه شاخص کلروفیل تحت تأثیر قرار گرفته است.

مصرف نیکوسولفورون بر شاخص کلروفیل تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۱ داشته است ولی با مصرف ۳۰ تا ۵۰ گرم از این علف‌کش در شاخص کلروفیل تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد البته با مصرف سولفات آمونیم تفاوت ایجاد شد. مصرف سولفات آمونیم در سایر مقادیر نیکوسولفورون بر کارایی علف‌کش مؤثر بوده است. در ضمن مصرف سولفات آمونیم به تنهایی بدون مخلوط شدن با علف‌کش به‌عنوان یک کود تأثیری بر شاخص کلروفیل نداشت که این می‌تواند ناشی مقدار کافی نیتروژن خاک باشد. در سرعت فتوسنتز ذرت، مصرف نیکوسولفورون به‌خصوص اگر مخلوط با سولفات آمونیم بوده باشد تأثیر می‌گذاشت ولی تاثیر بین دُزهای کم با دُزهای زیاد نیکوسولفورون در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی‌دار بوده است. در هر یک از دُزهای نیکوسولفورون تفاوت معنی‌داری بین درصدهای مصرف سولفات آمونیم مشاهده نشد ولی سولفات آمونیم بر دُزهای مختلف نیکوسولفورن بر سرعت فتوسنتز ذرت به‌طور معنی‌داری کارآمد بود (جدول ۴).

در بین اجزای عملکرد دانه، تعداد دانه در ردیف بیشترین تأثیر مصرف نیکوسولفورون و سولفات آمونیم را در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ در تعداد دانه در ردیف مشاهده شد (جدول ۵). در بیشترین تعداد دانه در ردیف بلال، مصرف نیکوسولفورون و سولفات آمونیم در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ معادل ۱۴/۵۰ و ۱۳/۰۴ دانه بیشتر از عدم مصرف نیکوسولفورون و سولفات آمونیم در بلال دانه ایجاد کرد.

میانگین وزن هزار دانه ذرت در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ نشان داد که بیشترین مقدار وزن هزار دانه ذرت که با مصرف ۹۰ گرم نیکوسولفورون و سولفات آمونیم ۵٪ به‌دست آمد افزایشی معادل ۴۶ گرم به وزن هزار دانه حاصل از عدم مصرف نیکوسولفورون و سولفات آمونیم ایجاد کرد. (جدول ۵). مصرف علف‌کش نیکوسولفورن و ماده افزودنی سولفات آمونیم هر یک به تنهایی و اثر متقابل آنها بر تعداد تعداد دانه در ردیف بلال و وزن هزار دانه ذرت تاثیر معنی‌دار داشت (جدول ۳). اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های تعداد دانه در بلال و همچنین وزن هزار دانه که از تیمارهای علف‌کشی و ماده افزودنی به‌دست آمده نشان از کارایی تیمارها بر کنترل علف‌های هرز داشته است (جدول ۵).

نمودارهای ترازی عملکرد دانه (شکل ۲) نشان داد که بدون مصرف سولفات آمونیم برای رسیدن به عملکرد ۸۶۰۰ کیلوگرم دانه در هکتار در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ نیاز به مصرف حدود ۶۰ گرم نیکوسولفورون بود که با مصرف ۵ درصدی سولفات آمونیم برای رسیدن به همین عملکرد مقدار مصرف علف‌کش به کمتر از یک سوم کاهش یافت ولی با مصرف کمی بیشتر از ۶۰ گرم نیکوسولفورون به شرطی که سولفات آمونیم ۲/۵ درصد مصرف شده باشد تا ۱۰/۵ درصد افزایش عملکرد دانه در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ حاصل شد.

وجه اشتراک تیمارهای مطلوب این آزمایش از نظر افزایش عملکرد دانه و درصد تغییرات عملکرد دانه کاربرد تیمار ۶۰ گرم در هکتار نیکوسولفورون بود. با توجه به این‌که کاربرد تیمار ۶۰ گرم در هکتار نیکوسولفورون به‌خوبی توانست وزن خشک علف‌های هرز موجود در آزمایش را

کاهش دهـد، این امر موجب شـد رقابت بین علف‌های هرز و ذرت بر سر منابع مشترک عناصر غذایی و آب به نفع ذرت تمام شود و در نتیجه تجمع مواد فتوسنتزی در ذرت افزایش یابد که این امر موجب افزایش عملکرد دانه ذرت گردید. این نتایج با بررسی دونگ و همکاران (Dong *et al*., 2019) که بیان نمودند بیشترین عملکرد دانه از کرت‌هایی به دست آمد که بهترین کنترل علف‌هرز را داشتند، مطابقت دارد.

در رابطه با عملکرد بیولوژیک ذرت نمودار ترازی وضعیت تقریباً مشابهی با عملکرد دانه را نشان داد به‌طوری‌که بدون مصرف علف‌کش در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ عملکرد بیولوژیک بین ۲۰۵۰۰ تا ۲۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود ولی با مصرف ۷۰ گرم نیکوسولولفورون همراه با سولفات آمونیم ۲/۵ درصد عملکرد به ۲۴۰۰۰ الی ۲۴۵۰۰ کیلوگرم افزایش یافت.

بر اساس گزارش خان و همکاران (Khan *et al*., 2016) مشخص شد که مصرف نیکوسولفورون همراه با مواد افزودنی تاثیر نسبتاً ثابتی بر افزایش عملکرد دانه دارد. در این تحقیق اثر دُز علف‌کش به تنهایی بر عملکرد ذرت متفاوت بود ولی سولفات آمونیم تأثیر کاملاً مثبتی بر عملکرد دانه ذرت داشت.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این تحقیق، کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون در اختلاط با ماده افزودنی سولفات آمونیم باعث کارایی آنها در کنترل علف‌های هرز سلمه تره، توق و قیاق شد، به‌طوری‌که تیمار ۹۰ گرم بیشتر از سایر تیمارها باعث کاهش وزن خشک علف‌های هرز شد. البته نقش سولفات آمونیم در کاهش دُز مصرفی نیکوسولفورون حایز اهمیت است که هم از لحاظ اقتصادی و هم از نظر زیست محیطی مهم است. این ماده افزودنی موجب کنترل مناسب علف‌های هرز با طیف وسیع‌تر و کاهش دُز مصرفی هر یک از دُزهای علف‌کش خواهد شد. بدون مصرف سولفات آمونیم برای رسیدن به عملکرد ۸۶۰۰ کیلوگرم دانه در هکتار نیاز به مصرف حدود ۶۰ گرم نیکوسولفورون بود که با مصرف ۵ درصدی سولفات آمونیم برای رسیدن به همین عملکرد مقدار مصرف علف‌کش به کمتر از یک سوم کاهش یافته است.

جدول ۱- وضعیت آب و هوایی در سال‌های آزمایش

Table 1- Climatic traits in experimental years

سال Year	دمای هوا در زمان اعمال تیمار Air temperature at treatment (°C)	رطوبت هوا در زمان اعمال تیمار Air humidity at treatment (%)	میانگین دمای هوا تا ۲۸ روز بعد از اعمال تیمار Mean air temperature to 28 days after treatment (°C)	میانگین رطوبت هوا تا ۲۸ روز بعد از اعمال تیمار Mean air humidity to 28 days after treatment (%)
2019	32	68	29.4	74.5
2020	30	73	27.1	79.8

جدول ۲- پارامترهای منحنی‌های برازش شده واکنش سه گونه علف‌هرز (*Chenopodium album, Sorghum halepense and Xanthium strumarium*) به دزهای نیکوسولفورون در سطوح مختلف سولفات آمونیم

Table 2- The predicted curves parameters from the response of three weed species to Nicosulfuron doses (*Chenopodium album*, *Sorghum halepense* and *Xanthium strumarium*) at different levels of Ammonium Sulfate

گونه‌های علف‌هرز Weed species	Parameter	سولفات آمونیم AMS (w^{-v})		
		0	2.5	5
Chenopodium album	W_0	4.30 (0.58)	5.01 (0.30)	5.02 (0.06)
	B	3.50 (2.10)	2.61 (0.57)	2.27 (0.09)
	ED_{50}	71.21 (10.93)	61.31 (5.05)	39.47 (0.79)
Sorghum halepense	W_0	8.09 (0.23)	9.19 (0.08)	9.29 (0.11)
	B	2.18 (0.27)	1.74 (0.06)	1.79 (0.08)
	ED_{50}	73.08 (3.28)	60.54 (0.98)	42.39 (0.98)
Xanthium strumarium	W_0	3.09 (0.13)	4.07 (0.50)	4.25 (0.25)
	B	7.87 (2.73)	1.92 (1.00)	2.17 (0.41)
	ED_{50}	88.72 (3.03)	71.86 (15.24)	42.20 (4.11)

برآورد پارامترها از معادله (۱) انجام شد (میانگین ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰). اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد هستند.

Parameters in Eqn (1) were estimated (average 2019& 2020). The numbers in parenthesis are standard errors.

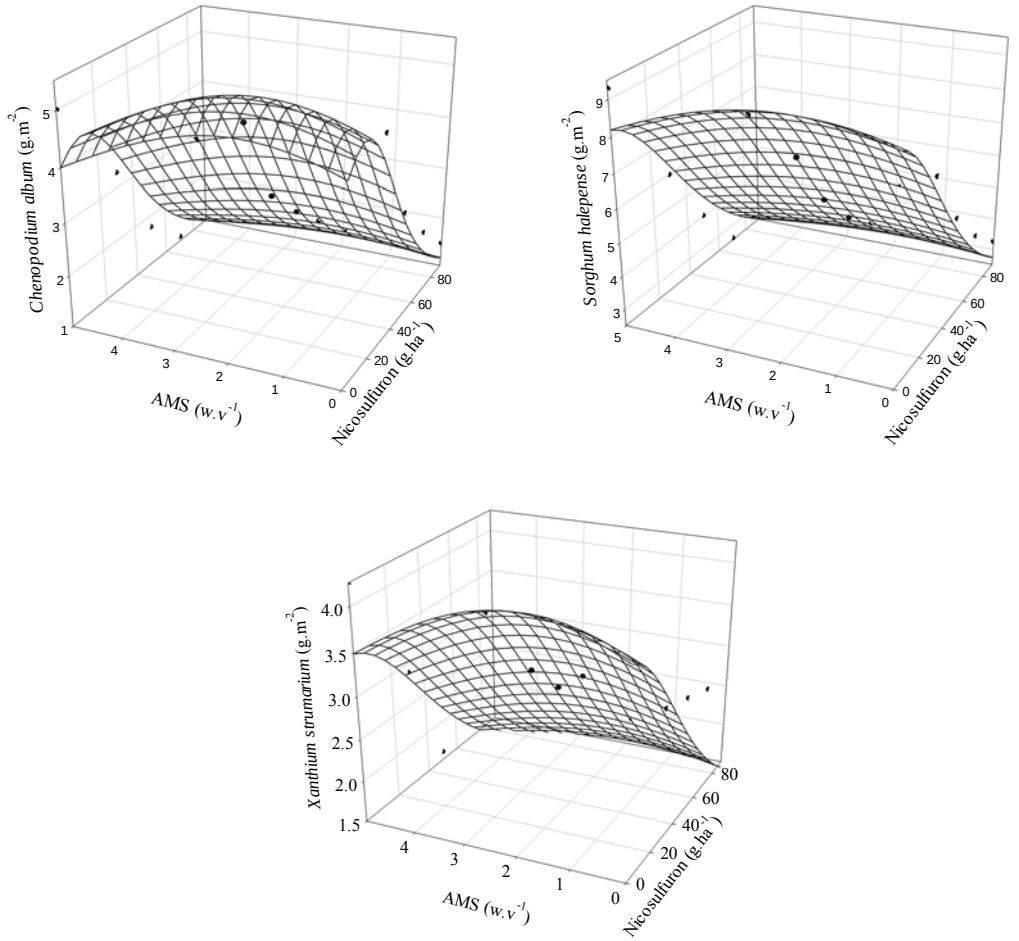
جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات مطالعه شده ذرت

Table 3- The combined analysis of variance for studied traits of maize

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	شاخص کلروفیل Chlorophyll Index	سرعت فتوسنتز Photosynthesis Rate	تعداد ردیف دانه در بلال Kernel rows per ear	تعداد دانه در ردیف Kernels per row	وزن هزار دانه 1000 Kernel weight	عملکرد Yield	
							دانه Grain	ماده خشک Biological
سال Year	1	903.35^{ns}	151.03^{ns}	196.03^{ns}	32.47^{ns}	3668.72^{ns}	2316812.78^{ns}	98606328.51**
تکرار / سال R / Year	4	580.25	108.73	83.53	7.27	2507.27	1229311.28	4143816.21
Nicosulfuron	4	172.48^{ns}	44.85*	55.20^{ns}	62.07^{ns}	226.18^{ns}	2709748.18^{ns}	5016974.09^{ns}
Year ×Nicosulfuron	4	132.23**	4.60**	14.95^{ns}	21.82**	185.93*	2709707.93**	5016933.84**
AMS	2	220.31^{ns}	58.54^{ns}	65.44^{ns}	100.63^{ns}	435.98^{ns}	495236.09^{ns}	1797612.72^{ns}
Year × AMS	2	168.35**	6.58**	13.48^{ns}	48.67**	384.02**	495185.13**	1797560.76**
Nicosulfuron× AMS	8	45.49^{ns}	25.02**	36.51^{ns}	38.70^{ns}	126.59^{ns}	223386.37^{ns}	966150.26^{ns}
Year ×Nicosulfuron× AMS	8	22.25**	1.78*	13.27^{ns}	15.46**	103.35^{ns}	223363.13**	966127.02**
Error	56	2.90	0.73	11.98	2.02	72.62	12705.83	184780.56
C.V. (%)		3.88	9.38	26.69	2.32	3.53	10.27	10.94

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

ns, *, **: not significant, significant at the 0.05 and 0.01 probably levels, respectively.



شکل ۱- وزن خشک برزش شده علف‌های هرز تحت تأثیر دزهای نیکوسولفورون و مقادیر سولفات آمونیم (AMS) (معادله ۲) (میانگین ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰)

Figure 1- Predicted biomass of *Chenopodium album*, *Sorghum halepense* and *Xanthium strumarium* as affected by Nicosulfuron doses and AMS amounts (Eqn 2) (average 2019& 2020)

جدول ۴- اثر نیکوسولفورون و سولفات آمونیم بر شاخص‌های فیزیولوژیک ذرت

Table 4- Effect of Nicosulfuron and Ammonium Sulfate (AMS) on corn physiological indices

Nicosulfuron ($g.ha^{-1}$)	سولفات آمونیم AMS (w^{-v})	شاخص کلروفیل Chlorophyll Index		سرعت فتوسنتز Photosynthesis Rate ($\mu molCO_2.M^{-2}.S^{-1}$)
		2019	2020	میانگین Average 2019& 2020
Control	0	35.37m	36.32m	6.29g
	5.2	37.16lm	37.89klm	7.51fg
	5	38.12j-m	38.14j-m	8.10ef
30	0	39.87i-l	39.90i-l	8.24ef
	5.2	40.9h-k	40.70h-k	8.66def
	5	41.38g-j	41.93ghi	8.87c-f
50	0	40.69h-k	40.33h-l	8.46ef
	5.2	41.17h-k	41.40g-j	8.83def
	5	42.75f-i	42.10f-i	9.07c-f
70	0	43.62fgh	44.49efg	9.17cde
	5.2	53.13ab	55.95a	11.24ab
	5	48.51d	55.48a	10.19bcd
90	0	47.01de	45.08ef	9.52cde
	5.2	52.91ab	48.42cd	10.43abc
	5	51.34bc	54.28ab	11.75a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Averages with at least one common letter in each column has not significant differ (Duncan 5%).

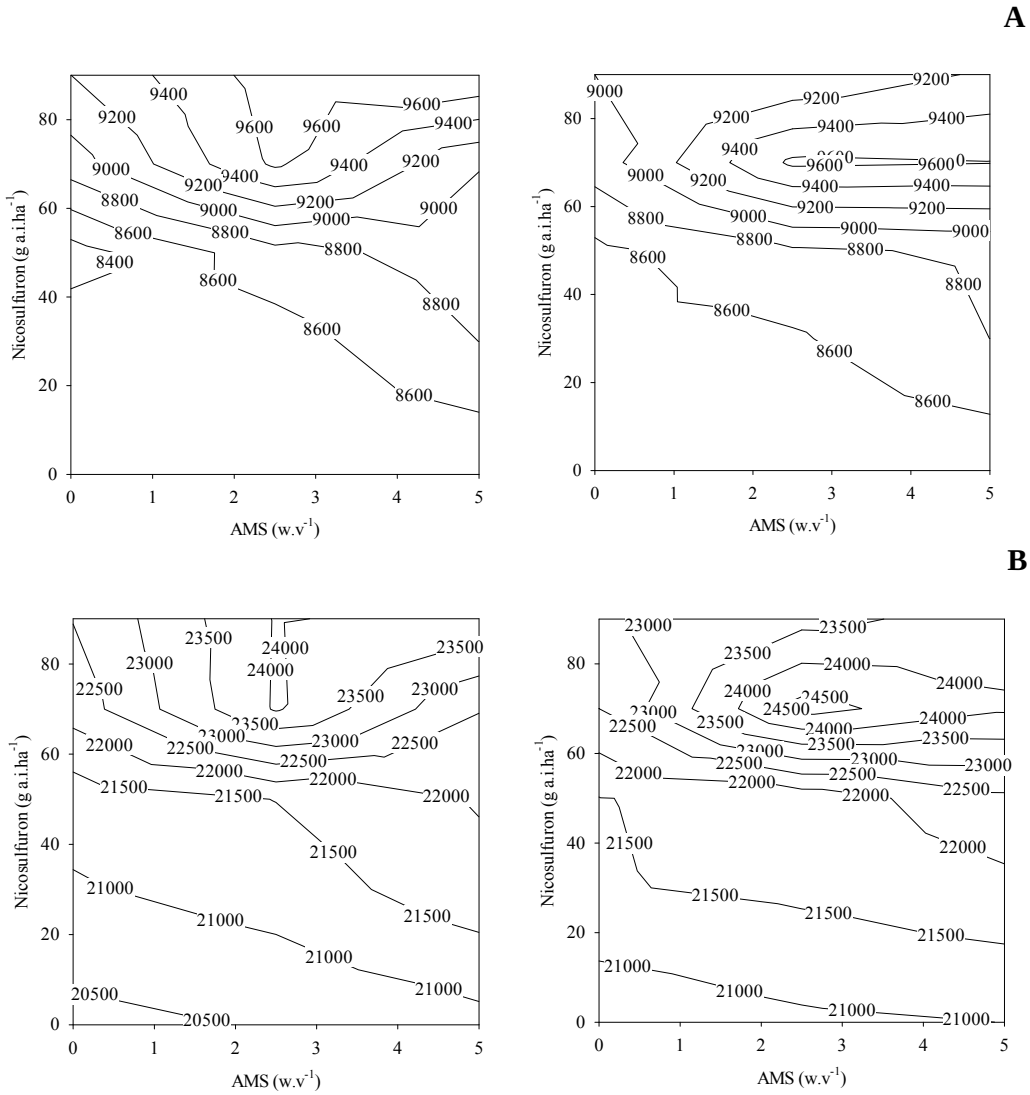
جدول ۵- اثر نیکوسولفورون و سولفات آمونیم بر تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه ذرت

Table 5- Effect of Nicosulfuron and Ammonium Sulfate (AMS) on yield components of corn kernels

Nicosulfuron ($g.ha^{-1}$)	سولفات آمونیم AMS (w^{-v})	تعداد دانه در ردیف Kernels per row		وزن هزار دانه 1000 kernel weight (g)
		2019	2020	میانگین Average 2019 & 2020
Control	0	33.10j	34.53j	210.90f
	25	37.90i	34.73j	234.10e
	50	35.10j	38.23hi	234.77e
30	0	39.80ghi	40.03ghi	235.15de
	25	40.70fgh	40.53f-i	238.18de
	50	42.30d-g	42.33d-g	240.02cde
50	0	40.50f-i	40.33f-i	237.30de
	25	41.90efg	41.77efg	238.77de
	50	42.43d-g	42.83def	240.75b-e
70	0	42.80def	42.97def	241.25a-e
	25	47.60a	47.57a	256.37ab
	50	46.50abc	43.93cde	252.30a-d
90	0	43.93cde	44.33b-e	245.90a-e
	25	44.23b-e	44.83bcd	255.65abc
	50	44.40b-e	46.63ab	256.90a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

Averages with at least one common letter in each column has not significant differ (Duncan 5%).



شکل ۲- رابطه بین دزهای علف‌کش و مقادیر سولفات آمونیم بر اساس خطوط تراز روی عملکرد دانه (A) و عملکرد بیولوژیک (B) ذرت (۲۰۱۹ و ۲۰۲۰)

Figure 2- The relationship between Nicosulfuron doses and AMS amounts based on countor lines on grain (A) and biological (B) yield of Maize (2019 & 2020)

References منابع مورد استفاده

- Abrams, P.A., C. Rueffler, and R. Dinnage. 2008. Competition-similarity relationships and the nonlinearity of competitive effects in consumer resource systems. *The American Naturalist.* 172(4): 463-474.
- Andr, J., V. Hejnák, M. Jursík, and V. Fendrychová. 2014. Effects of application terms of three soil active herbicides on herbicide efficacy and reproductive ability for weeds in maize. *Plant Soil Environment*. 60(10): 452-458.
- Andrew, I.K.S., and J. Storkey. 2017. Using simulation models to investigate the cumulative effects of sowing rate, sowing date and cultivar choice on weed competition. *Crop Protection*. 95: 109-115.
- Baker, C., I.C. Madakadze, C.M. Swanepoel, and Z. Mavunganidze. 2018. Weed species composition and density under conservation agriculture with varying fertiliser rate. *South African Journal of Plant and Soil.* 35(5): 329-336.
- Chandini, R.K., R. Kumar, and O. Prakash. 2019. The impact of chemical fertilizers on our environment and ecosystem. Research Trends in Environmental Sciences, Edition: 2nd, Chapter. 5: 9-86.
- Dahmardeh, A., A. Shahriari, M. Pahlavan Rad, A. Shabani, and M. Ghorbani. 2021. Modeling wheat yield using some soil properties at the field scale (Case study: Sistan dam research farm, university of Zabol. *Agricultural Engineering.* 44(1): 81-95. (In Persian).
- Dong, H., Z. Yao, X. Zheng, and B. Mei. 2011. Effect of ammonium-based, non-sulfate fertilizers on CH4 emissions from a paddy field with a typical Chinese water management regime. *Atmospheric Environ.* 45(5): 1095-1101.
- Dong, T., J. Shang, J.M. Chen, J. Liu, B. Qian, B. Ma, M.J. Morrison, C. Zhang, Y. Liu, Y. Shi, H. Pan, and G., Zhou. 2019. Assessment of portable chlorophyll meters for measuring crop leaf chlorophyll concentration. *Remote Sensing*. 11: 1-20.
- Gaba, S., E. Gabriel, J. Chadœuf, F. Bonneu, and V. Bretagnolle. 2016. Herbicides do not ensure for higher wheat yield, but eliminate rare plant species. *Science Reports*. 6: 30112.
- Gardarin, A., C. Dürr, and N. Colbach. 2012. Modeling the dynamics and emergence of a multispecies weed seed bank with species traits. *Ecology Modelling.* 240: 123-138.
- Godar, A.S., V.K. Varanasi, S. Nakka, P.V. Prasad, C.R. Thompson, and J. Mithila. 2015. Physiological and molecular mechanisms of differential sensitivity of palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) to mesotrione at varying growth temperatures. *PloS One.* 10(5): e0126731.
- Guanjun, H., Y. Yang, L. Zhu, S. Peng, and Y. Li. 2021. Temperature responses of photosynthesis and stomatal conductance in rice and wheat plants. *Agricultural and Forest Meteorology.* 300: 108322.
- Hofman, V. 2018. Spray equipment and calibration. North Dakota State University. https://www.ag.ndsu.edu/publications/crops/spray-equipment-and-calibration. March. 2018.
- Holst, N., I.A. Rasmussen, and L. Bastiaans. 2007. Field weed population dynamics: A review of model approaches and applications. *Weed Research.* 47(1): 1-14.

- Johnson, B.C., and B.G. Young. 2002. Influence of temperature and relative humidity on the foliar activity of Mesotrione. *Weed Science.* 50(2): 157-161.
- Jones, J.W., J.M. Antle, B. Basso, and T.R. Wheeler. 2017. Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products: State of agricultural systems science. *Agricultural System*. 155: 269-288.
- Kaur, S., L.M. Schwartz-Lazaro, R. Werle, and S. Cordeau. 2021. Integrated weed management for reduced weed infestations in sustainable cropping systems. *Frontiers in Agronomy.* 5: 1301564.
- Khan, I.A., G. Hassan, N. Malik, R. Khan, H. Khan, and S.A. Khan. 2016. Effect of herbicides on yield and yield components of hybrid maize (*Zea mays*). *Planta Daninha.* 34(4): 729-736.
- Kim, D.S., E.J.P. Marshall, J.C. Caseley, and P. Brain. 2006. Modelling interactions between herbicide and nitrogen fertilizer in terms of weed response. *Weed Research*. 46: 480-491.
- Matzenbacher, F.O., R.A. Vidal, J.R. Merotto, and M.M. Trezzi. 2014. Environmental and physiological factors that affect the efficacy of herbicides that inhibit the enzyme protoporphyrinogen oxidase: a literature review. *Planta Daninha.* 32(2): 457-463.
- Mc Giffen, M., A. Shrestha, and S.A. Fennimore. 2014. Chemical control methods. California Weed Science Society (Pub). 89-133.
- Park, S.E., L.R. Benjamin, and A.R. Watkinson. 2003. The theory and application of plant competition models: an agronomic perspective. *Annual Botany*. 92(6): 741-748.
- Ramsey, R.J.L., G.R. Stephenson, and J.C. Hall. 2005. A review of the effect of humidity, humectants, and surfactant composition on the absorption and efficacy of highly water soluble herbicide. *Journal of Pesticide Biochemistry and Physiology.* 82(2): 162-175.
- Soltani, N., R.E. Nurse, D. Robinson, and P.H. Sikkema. 2011. Effect of ammonium sulfate and water hardness on glyphosate and glufosinate activity in corn. *Canadian Journal of Plant Science.* 91(6): 1053-1059.
- Travlos, I., N. Cheimona, and D. Bilalis. 2017.Glyphosate efficacy of different salt formulations and adjuvant additives on various weeds. *Agron*omy. 7(3): 60- 69.
- Zhang, J., O. Jaeck, A. Menegat, Z. Zhang, R. Gerhards, and H. Ni. 2013. The mechanism of methylated seed oil on enhancing biological efficacy of Topramezone on weeds. *PLoS One.* 8(9): 74280.
- Zhou, Q., W. Liu, Y. Zhang, and K.K. Liu. 2007. Action mechanisms of Acetolactate synthase- inhibiting herbicides. *Journal of Pesticide Biochemistry and Physiology.* 89(2): 89-96.

Research Article DOI:

Effect of Ammonium Sulfate Additive on the Efficacy of Nicosulfuron Herbicide in Corn

Sajjad Ghaedi Kajouei[1] and Mehdi Madandoust[1]*

Received: June 2021 , Revised: 17 July 2022, Accepted: 7 September 2022

Abstract

In order to investigate the relationship between the effect of the applied doses of the herbicide of Nicosulfuron and the additive of Ammonium Sulfate on weed control and grain yield of corn (*Zea mays* L. Sc.704), an experiment was conducted on a farm in Fasa region, Fars, Iran in 2019 and 2020as factorial in randomized complete block design. Assuming the effect of the year is random. The experimental factors included herbicide (Nicosulfuron) (As doses of 0, 30, 50, 70, 90g the active ingredient in hectare) and the additive of Ammonium Sulfate (as 0, 2.5 and 5%). In order to describe the relationship between doses of herbicide and biomass of the weeds in each of the three levels of Ammonium Sulfate, the Logistic 3 parameters model was used and to describe the relationship between the biomass of the weeds and the levels of herbicide doses and Ammonium Sulfate, the Lorentzian 4 parameters model was used. The results showed that the use of Nicosulfuron reduced the dry weight of all weeds and with the use of Ammonium Sulfate, the dry weight loss of weeds was intensified. The effective dose for controlling half of the *Chenopodium album* was lower than for other weeds. Ammonium Sulfate, as an additive, was able to improve the performance of Nicosulfuron to increase the chlorophyll index, photosynthesis rate and grain yield components. Consumption of slightly more than 60g Nicosulfuron as a mixture with Ammonium Sulfate increased the yield by 2.5 to 10.5%, and by consuming 70g Nicosulfuron, the biological yield increased to 24500kg.ha^{-1}.

Key words: Adjuvants, Cruz, Maize, Model, Yield.

1- Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran.
**Corresponding Authors: mehdi.madandoust@iau.ac.ir*