

اثر زمان کاربرد بر کارایی دز علف کش در کنترل علف‌های هرز ذرت (*Zea mays*)

بهناز پورمراد کلیدار^۱، حسن علیزاده^{۲*}، مصطفی اویسی^۳

۱- دانشجوی دکتری رشته علوم علف‌های هرز دانشگاه تهران، ۲ و ۳- به ترتیب استاد و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۸/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۱)

چکیده

به منظور ارزیابی کارایی مقادیر مختلف مخلوط علف‌کش نیکوسولفورون و بروموکسینیل+ام‌سی‌پی‌ای در زمان‌های مختلف کاربرد در کنترل علف‌های هرز ذرت (*Zea mays*) در سال ۱۳۹۶ در منطقه کرج، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) با سه تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی شامل چهار زمان کاربرد (مراحل رشدی مختلف ذرت: دو تا سه، سه تا چهار، چهار تا شش و شش تا هشت برگه) و کرت‌های فرعی شامل دزهای ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد دز توصیه شده مخلوط علف‌کش بودند. ارتباط بین دز علف‌کش و وزن خشک علف‌های هرز در زمان‌های مختلف کاربرد، با استفاده از مدل دز-پاسخ توصیف شد. برآورد پارامترها نشان داد که پارامتر ED₅₀ (دز علف‌کش مورد نیاز برای کاهش ۵۰ درصد وزن خشک علف‌های هرز)، تحت تأثیر زمان کاربرد مخلوط علف‌کش قرار گرفت و با به تأخیر انداختن آن، میزان آن از شش به ۵۴ درصد دز توصیه شده افزایش یافت. به طور کلی، برآوردهای به دست آمده از برازش مدل دز-پاسخ به گونه‌های علف‌هرز غالب مزرعه نشان داد که علف‌هرز سلمه‌تره در مقایسه با دو گونه تاج‌ریزی و تاج‌خروس خوابیده، نسبت به مخلوط علف‌کش نیکوسولفورون و بروموکسینیل+ام‌سی‌پی‌ای حساس‌تر بود. برای بررسی ارتباط بین عملکرد و با وزن خشک ذرت با دز علف‌کش‌ها در زمان‌های مختلف کاربرد، از مدل خطی استفاده شد. نرخ افزایش عملکرد و وزن خشک کل ذرت، به ازای هر درصد افزایش در میزان علف‌کش‌های مصرفی (پارامتر b₁)، با تأخیر در کاربرد آن‌ها، کاهش یافت. به عنوان مثال در مورد عملکرد علوفه ذرت، از ۰/۴۵ در زمان کاربرد دو تا سه برگه ذرت، به ۰/۱۵ در زمان شش تا هشت برگه رسید. در مجموع، با به تأخیر انداختن زمان کاربرد مخلوط علف‌کش تا مرحله شش تا هشت برگه ذرت، کارایی آن‌ها در کنترل علف‌های هرز کاهش یافت و برای رسیدن به عملکرد مطلوب، به مقادیر بیشتری از علف‌کش نیاز بود.

واژه‌های کلیدی: بروموکسینیل+ام‌سی‌پی‌ای، دز-پاسخ، عملکرد دانه، نیکوسولفورون، وزن خشک.

Effect of herbicide application time on dose efficacy for weed control in maize (*Zea mays*)

Behnaz Pourmorad Kaleibar^{*1}, Hassan Alizadeh² and Mostafa Oveisi³

1. Ph.D. student of Weed Science, University of Tehran, 2,3. Professor and Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Tehran.

(Received: Oct. 24, 2018- Accepted: April 21, 2019)

ABSTRACT

A split-plot experiment was conducted during 2016 with 3 replications to determine the optimum time and dose of tank mixture of Nicosulfuron and Bromoxynil+MCPA for weed control in maize (*Zea mays*) in Karaj. Main plots were four application times (different maize growth stages: 2-3, 3-4, 4-6, and 6-8 leaves) and subplots were five doses of herbicide mixture (0, 25, 50, 75, and 100 % of the recommended dose). Doses of herbicides and weed biomass relations were described with the standard dose-response model at each application time. Parameter estimates suggested that delaying in herbicides application increased ED₅₀ parameter (herbicide dose required for 50 percent reduction in weed biomass) from 6 to 54. In general, parameter estimates showed that *Chenopodium album* was more sensitive to herbicide mixture compared to *Solanum nigrum* and *Amaranthus blitoides*. Relationship between the doses of herbicide mixture and maize yield and total dry matter were described with a linear model. Delaying in herbicides application decreased the effect of each percent of the recommended dose of herbicide mixture on increasing maize yield and total dry matter (parameter b₁). For example, in the case of maize forage yield, it was 0.45 at first application time and reached 0.15 at the last application time. In general delaying herbicide mixture application time to 6-8 leaf stage of maize reduced herbicide efficacy for weed control and there was a need for higher doses to achieve an acceptable yield.

Keywords: Biomass, bromoxynil+MCPA, dose-response, grain yield, nicosulfuron.

* Corresponding author E-mail: malizade@ut.ac.ir

مقدمه

تحقیقات نشان داده‌اند که با بزرگ‌تر شدن علف‌های-هرز، از حساسیت آن‌ها به علف‌کش‌ها کاسته می‌شود و برای کنترل علف‌های‌هرز در مراحل انتهایی رشد، به دز بیشتری از علف‌کش نیاز است (Dalley *et al.*, 2004; Hager *et al.*, 2003; Sarani *et al.*, 2016).

توانایی گیاهان زراعی در رقابت با علف‌های‌هرز با یکدیگر متفاوت است. ذرت (*Zea mays L.*) از جمله گیاهان زراعی است که از توانایی رقابتی بالایی با علف‌های‌هرز برخوردار است اما ممکن است بسته به شدت آلودگی و ترکیب گونه‌ای علف‌های‌هرز موجود، عملکرد این محصول، تحت تاثیر رقابت کاهش یابد (Najafi & Tollenaar, 2005; Teasdale, 1995).

استفاده از علف‌کش‌ها، رایج‌ترین روش کنترل علف‌های‌هرز در ذرت است. نیکوسولفورون، علف‌کشی پس‌رویشی است که به منظور کنترل علف‌های‌هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ در مزارع ذرت استفاده می‌شود. این علف‌کش دومنظوره، اگرچه کنترل مناسبی بر گیاهچه‌ها و ریزوم‌های قیاق و بسیاری از علف‌های‌هرز یک‌ساله باریک‌برگ دارد اما در کنترل برخی از گونه‌های پهن‌برگ مانند گاوپنبه (*Abutilon theophrasti Medicus*) و توق (*Xanthium L.*) ضعیف عمل می‌کند (Lueschen *et al.*, 1992).

یکی از راهکارهای افزایش طیف تاثیر علف‌کش نیکوسولفورون در کنترل علف‌های‌هرز پهن‌برگ، اختلاط آن با سایر پهن‌برگ‌کش‌ها می‌باشد (Dobbels & Kapusta, 1993; Baghestani, *et al.*, 2013). در اختلاط علف‌کش‌ها این پیش‌فرض وجود دارد که هر یک از آن‌ها به طور مستقل عمل می‌کنند و بین آن‌ها

کارایی علف‌کش‌ها تحت تاثیر عواملی مانند فلور و مرحله رشدی علف‌های‌هرز، شرایط محیطی، توانایی رقابتی گیاه زراعی، تکنولوژی کاربرد، فرمولاسیون علف‌کش و ترکیب علف‌کش با سایر علف‌کش‌ها یا آفت‌کش‌ها قرار می‌گیرد (Kudsk, 2008, Jensen & Kudsk, 1988; Stougaard *et al.*, 1997). با توجه به این‌که دزهای توصیه شده علف‌کش‌ها، اغلب جهت اطمینان از کنترل علف‌های‌هرز در طیف وسیعی از شرایط محیطی، تراکم، ترکیب گونه‌ای و مراحل رشدی علف‌های‌هرز می‌باشند، بنابراین در بسیاری از موارد می‌شود با انتخاب بهینه شرایط کاربرد علف‌کش آن را در مقادیر کمتر از دز توصیه شده استفاده نمود، بدون آنکه از کارایی علف‌کش کاسته شود (Kudsk, 2008). نتایج آزمایش ژانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2013) نشان داد که کاهش مقدار علف‌کش به کمتر از دز توصیه شده، بستگی به فلور و ترکیب گونه‌ای علف‌های‌هرز مزرعه دارد. آن‌ها گزارش کردند که به منظور کنترل مطلوب علف‌های‌هرز با دزهای کاهش یافته علف‌کش نیکوسولفورون، به ۳۳ درصد دز توصیه شده برای کنترل علف‌های‌هرز پهن‌برگ و ۶۷ درصد دز توصیه شده برای کنترل علف‌های‌هرز باریک‌برگ نیاز بود.

یکی از موثرترین اقدامات برای کاهش مصرف علف‌کش‌ها در راستای اهداف مدیریت تلفیقی علف‌های‌هرز، توجه به زمان کاربرد علف‌کش است به طوری که برای رسیدن به سطح قابل قبول کنترل علف‌های‌هرز، زمان کاربرد باید به نحوی انتخاب شود که همزمان با رویش حداکثری گیاهچه‌های علف‌هرز و مراحل رشدی حساس آن‌ها به علف‌کش‌ها باشد (Gower *et al.*, 2002). بسیاری از

با هدف بررسی تاثیر زمان کاربرد بر کارایی دز مصرفی مخلوط دو علف‌کش نیکوسولفورون و بروماید ام‌ای در کنترل علف‌های هرز و عملکرد ذرت انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۶، در مزرعه آموزشی-پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، واقع در کرج (طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی، با ارتفاع ۱۳۶۱ متر از سطح دریا)، به صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد.

کرت‌های اصلی، چهار زمان مختلف کاربرد مخلوط دو علف‌کش نیکوسولفورون (فرمولاسیون 4% SC با دز توصیه شده دو لیتر در هکتار) و بروموکسینیل+ام‌سی‌پی‌ای (بروماید ام‌ای، فرمولاسیون 40% EC با دز توصیه شده ۱/۵ لیتر در هکتار)، شامل بازه مراحل فنولوژیک دو تا سه، سه تا چهار، چهار تا شش و شش تا هشت برگی ذرت و کرت‌های فرعی، پنج دز مختلف شامل دزهای ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد دز توصیه شده مخلوط دو علف‌کش نیکوسولفورون و بروموکسینیل+ام‌سی‌پی‌ای بودند. در هر تکرار، یک کرت به عنوان شاهد بدون علف‌هرز در نظر گرفته شد و تمام علف‌های هرز آن وجین شدند.

بافت خاک منطقه لومی-رسی و دارای اسیدیته ۷/۱ بود. عملیات آماده‌سازی زمین شامل یک شخم عمیق در پاییز و دیسک و کولتیواتور در بهار بود. هیبرید ذرت مورد استفاده، سینگل کراس ۷۰۴ بود که در اوایل تیرماه، به صورت دستی و با تراکم ۷۴ هزار بوته در هکتار کشت شد. ابعاد هر کرت فرعی، ۴/۵ در ۴/۵ متر بود و هر کرت شامل پنج ردیف ذرت

برهمکنشی وجود ندارد؛ اگرچه مطالعات نشان داده‌اند که ممکن است قبل و یا بعد از ورود علف‌کش‌ها به داخل گیاه، بین آنها اثرات افزایشی^۱، هم‌افزایی^۲ و یا هم‌کاهی^۳ وجود داشته باشد (Hatzios & Penner, 1985; Olson & Nalewaja 1981).

علف‌کش بروماید ام‌ای ترکیبی از دو علف-کش بروموکسینیل و ام‌سی‌پی‌ای است که نحوه عمل متفاوتی نسبت به نیکوسولفورون دارد و در کنترل طیف وسیعی از علف‌های هرز پهن‌برگ موفق عمل می‌کند. به نظر می‌رسد که اختلاط این دو علف‌کش با یکدیگر، نه تنها در افزایش طیف علف‌کشی آنها مؤثر باشد (Bahari et al., 2011; Dobbels & Kapusta, 1993; Mamnoei & Baghestani, 2014) بلکه حتی ممکن است دز مورد نیاز برای رسیدن به سطح مطلوب کنترل را نسبت به دز توصیه شده برای هر یک از آنها به تنهایی، کاهش دهد. گزارش شده است که اختلاط علف‌کش‌ها با مکانیسم عمل متفاوت، یکی از راهکارهای کاهش مقدار مصرف علف‌کش‌ها، بدون کاهش کارایی آنها در کنترل علف‌های هرز است (Jhala et al., 2013). به علاوه، اختلاط علف‌کش‌هایی با نحوه عمل متفاوت می‌تواند در کاهش خطر بروز مقاومت علف‌های هرز نسبت به علف‌کش‌ها نیز مؤثر باشد.

با توجه به مطالب بیان شده، به نظر می‌رسد که اختلاط علف‌کش‌های نیکوسولفورون و بروماید ام‌ای و انتخاب زمان مناسب کاربرد، می‌تواند طیف وسیعی از علف‌های هرز ذرت را حتی با دزهای کمتر از دز توصیه شده به شیوه مؤثرتری کنترل کند و از کاهش عملکرد ذرت در اثر رقابت با علف‌های هرز جلوگیری نماید. بنابراین، این تحقیق،

^۱ Additive

^۲ Synergism

^۳ Antagonism

رسیدگی ذرت، نمونه‌برداری از سه ردیف میانی هر کرت و از سطحی معادل دو متر مربع انجام شد.

تجزیه‌های آماری و برازش مدل‌ها

به منظور بررسی چگونگی توزیع علف‌های‌هرز در مزرعه و همچنین اثر تیمارهای آزمایش بر صفات مورد مطالعه، آزمون تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار **R-Studio** و دسته‌بندی میانگین‌ها با استفاده از آزمون **Protected LSD** و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای نشان دادن اثرات متقابل معنی‌دار، از روش رگرسیون خطی و غیرخطی با نرم افزار **SigmaPlot** نسخه ۱۴ استفاده شد.

مدل دز-پاسخ (Streibig, 1980). معادله (۱) به داده‌های وزن خشک گونه‌های غالب علف‌های‌هرز، کل علف‌های‌هرز (W) و دز علف‌کش‌ها (D) در زمان‌های مختلف کاربرد، برازش داده شد و به این ترتیب، پاسخ علف‌های‌هرز نسبت به تیمارهای آزمایش ارزیابی شد:

$$W = \frac{W_0}{1 + \left(\frac{D}{ED_{50}}\right)^b} \quad \text{معادله (۱)}$$

که در این معادله، W_0 : حد بالای منحنی و نشان دهنده وزن خشک علف‌های‌هرز در شرایط عدم کاربرد علف‌کش، ED_{50} : دز علف‌کش مورد نیاز برای کاهش ۵۰ درصد وزن خشک علف‌های‌هرز و b : شیب منحنی در قسمت خطی می‌باشد.

جهت بررسی ارتباط بین دز علف‌کش‌ها (D) و عملکرد و یا وزن خشک کل ذرت (Y) در زمان‌های مختلف کاربرد، بعد از برازش مدل‌های مختلف مشخص شد که بهترین نتیجه از مدل خطی به دست می‌آید:

$$Y = b_0 + b_1 \times D \quad \text{معادله (۲)}$$

که در این معادله، b_0 : عرض از مبدا و نشان دهنده مقدار عملکرد و یا وزن خشک ذرت در شرایط

بود. در مرحله هفت تا هشت برگی ذرت، از کود اوره به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. آبیاری به شکل قطره‌ای و در صورت نیاز انجام گرفت. در این تحقیق، اثر تیمارها بر فلور طبیعی علف‌های‌هرز مزرعه بررسی شد. به منظور بررسی یکنواختی توزیع علف‌های‌هرز در سطح مزرعه، قبل از کاربرد علف‌کش، تراکم و ترکیب گونه‌ای علف‌های‌هرز درون هر کرت ارزیابی شد. برای این منظور، کودراتی با ابعاد ۵۰ در ۵۰ سانتی‌متر، به طور تصادفی در داخل هر کرت قرار داده شد و علف‌های‌هرز داخل کودرات، به تفکیک گونه شمارش شدند. برای سم‌پاشی، از سم‌پاش پستی لانس‌دار مدل ماتابی (MATABI) مجهز به نازل بادبزی تخت^۱ ۸۰۰۴ استفاده شد. فشار سم‌پاش، ۲۱۰ کیلوپاسکال و حجم پاشش، ۲۵۰ لیتر در هکتار بود. چهار هفته بعد از کاربرد مخلوط علف-کش، اندام‌های هوایی علف‌های‌هرز هر کرت، از درون دو کودرات به ابعاد ۵۰ در ۵۰ سانتی‌متر که به صورت تصادفی در داخل کرت‌ها قرار می‌گرفتند، از سطح خاک برداشت شدند و بعد از قرار دادن در داخل پاکت‌های کاغذی، به آزمایشگاه منتقل شدند. علف‌های‌هرز داخل هر پاکت به تفکیک گونه شمارش شدند و سپس برای تعیین وزن خشک، به مدت ۴۸ ساعت در داخل آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. لازم به ذکر است که از میانگین داده‌های دو کودرات درون هر کرت، برای تجزیه و بررسی داده‌ها استفاده شد. از آنجا که شرایط آب و هوایی این امکان را فراهم آورد که محصول در آبان ماه و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک برداشت شود، علاوه بر عملکرد علوفه، عملکرد دانه و وزن خشک کل ذرت نیز تعیین شد. برای تعیین عملکرد علوفه و دانه ذرت به ترتیب در مراحل خمیری و

^۱ Even flat fan nozzle

مزرعه شامل تاج‌ریزی سیاه (*Solanum nigrum* L.)، تاج‌خروس خوابیده (*Amaranthus blitoides* S. Watson) و سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) در کرت‌های بدون کاربرد علف‌کش، در مرحله بسته شدن کانویی ذرت، در جدول ۱ نشان داده شده است.

عدم کاربرد علف‌کش و b_1 : شیب منحنی و بیانگر نرخ افزایش عملکرد و یا وزن خشک ذرت به ازای هر درصد افزایش در میزان علف‌کش‌های مصرفی است.

نتایج و بحث

وزن خشک علف‌های هرز

میانگین تراکم کل و گونه‌های علف‌هرز غالب

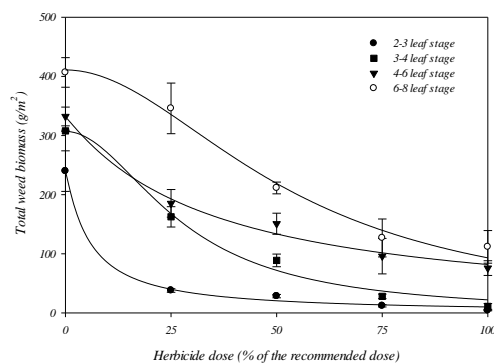
جدول ۱- تراکم کل و گونه‌های غالب علف‌های هرز مزرعه ذرت در کرت‌های بدون کاربرد علف‌کش در مرحله بسته شدن کانویی ذرت. اعداد داخل پرانتز نشان دهنده خطای استاندارد هستند.

Table 1. Total and dominant weed species density in plots without herbicide application in the maize field at canopy closure of maize. The numbers in the parenthesis are the standard errors.

Weed species	Density of plants (m ²)
<i>Solanum nigrum</i> L.	128 (23.86)
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	21 ((2.80)
<i>Amaranthus blitoides</i> S. Watson	30 (5.06)
<i>Chenopodium album</i> L.	27 (9.01)
Other weed species	29 (7.20)
Total weeds	235 (7.77)

کش قرار نگرفت اما پارامترهای W_0 و ED_{50} تحت تاثیر زمان کاربرد مخلوط علف‌کش قرار گرفتند و با به تعویق انداختن زمان کاربرد، افزایش یافتند (جدول ۲، شکل‌های ۱ و ۲) به طوری که در مورد وزن خشک کل علف‌های هرز، پارامتر W_0 برای مراحل دو تا سه، سه تا چهار، چهار تا شش و شش تا هشت برگی ذرت، به ترتیب ۲۳۹، ۳۰۶، ۳۳۱ و ۴۱۱ گرم در متر مربع بود. مقدار پارامتر ED_{50} نیز با گذشت زمان افزایش یافت و برای همان زمان‌های کاربرد، به ترتیب شش، ۲۸، ۳۵ و ۵۴ درصد دز توصیه شده مخلوط علف‌کش بود (شکل ۱، جدول ۲).

مقایسه نتایج به دست آمده از نمونه‌برداری قبل از کاربرد علف‌کش نشان داد که تراکم گونه‌های غالب درون کرت‌های آزمایشی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند و در نتیجه توزیع علف‌های هرز در مزرعه، به صورت یکنواخت بود (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). با برآزش مدل دز-پاسخ به اثرات متقابل معنی‌دار وزن خشک علف‌های هرز و دز علف‌کش‌ها، پارامترهای W_0 ، ED_{50} و b در هر زمان کاربرد برآورد شدند. بر اساس این مدل، پارامتر b ، هم در مورد وزن خشک کل علف‌های هرز و هم در مورد تک گونه‌های غالب علف‌های هرز، تحت تاثیر زمان کاربرد مخلوط علف-



شکل ۱- رابطه بین وزن خشک کل علف‌های هرز و دزهای مخلوط علف‌کش در زمان‌های مختلف کاربرد در چهار هفته پس از تیمار با علف‌کش. پارامترها در جدول ۲ نشان داده شده‌اند.

Figure 1. Relationship between the total weed biomass and doses of herbicide mixture applied at different timings at four weeks after treatment. The parameters are shown in table 2.

جدول ۲- پارامترهای برآورد شده رابطه بین وزن خشک علف‌های هرز (کل و تک گونه‌های غالب) و دزهای مخلوط علف‌کش در زمان‌های مختلف کاربرد در چهار هفته پس از کاربرد (معادله ۱ برازش داده شده است).

Table 2. Parameter estimates for fitting equation 1 to weed biomass (total and dominant weed species) treated with herbicide mixture at different application timings, four weeks after treatment.

Weed species	Herbicides application time (according to maize growth stage)	Parameter estimates				R ² _{adj}	RMS E
		W ₀	ED ₅₀	b			
Total weeds	2-3 leaves	239.87 (7.2) ^c	6 (3.68) ^c	1.09 (0.37)	0.99	7.25	
	3-4 leaves	306.14 (16.1) ^b	28 (3.00) ^b	1.9 (0.35)	0.98	16.11	
	4-6 leaves	331.76 (14.7) ^b	35 (5.07) ^b	1.04 (0.19)	0.97	14.71	
	6-8 leaves	411.01 (18.52) ^a	54 (4.39) ^a	1.96 (0.29)	0.97	18.91	
<i>Solanum nigrum</i> L.	2-3 leaves	49.13 (0.04) ^d	13 (0.21) ^c	2.97 (0.07)	0.99	0.04	
	3-4 leaves	63.65 (4.02) ^c	18 (5.18) ^c	1.29 (0.40)	0.97	0.02	
	4-6 leaves	77.26 (1.19) ^b	36 (0.89) ^b	2.61 (0.11)	0.99	1.20	
	6-8 leaves	89.40 (5.70) ^a	63.07 (6.75) ^a	2.15 (0.51)	0.95	5.99	
<i>Chenopodium album</i> L.	2-3 leaves	10.22 (0.22) ^d	10.50 (3.19) ^a	1.97 (0.60)	0.99	0.22	
	3-4 leaves	29.66 (0.27) ^c	11 (1.31) ^b	2.06 (0.26)	0.99	0.27	
	4-6 leaves	38.29 (3.29) ^b	17 (6.52) ^a	1.57 (0.74)	0.95	3.29	
	6-8 leaves	48.80 (4.57) ^a	17 (7.57) ^a	1.36 (0.67)	0.94	4.57	
<i>Amaranthus blitoides</i> L.	2-3 leaves	14.40 (0.04) ^c	2 (2.06) ^c	1.65 (0.65)	0.99	0.04	
	3-4 leaves	24.71 (0.35) ^b	36 (0.71) ^b	4.35 (0.20)	0.99	0.35	
	4-6 leaves	26.71 (2.74) ^b	61 (8.68) ^a	3.18 (1.31)	0.90	3.22	
	6-8 leaves	68.32 (4.70) ^a	63 (4.51) ^a	6.11 (1.86)	0.94	6.53	

W₀ وزن خشک علف‌های هرز بدون کاربرد علف‌کش‌ها (گرم در متر مربع)، ED₅₀ دز مخلوط علف‌کش مورد نیاز برای کاهش ۵۰ درصد وزن خشک علف‌های هرز (درصد دز توصیه شده مخلوط علف‌کش)، b شیب منحنی (اثر هر درصد از دز توصیه شده علف‌کش بر کاهش وزن خشک علف‌های هرز). اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد می‌باشند. حروف مختلف در هر ستون جداگانه مربوط به کل علف‌های هرز و تک گونه‌ها، نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.

تعداد داده‌های استفاده شده در برازش مدل دز-پاسخ برای هر زمان کاربرد ۱۵ n است.

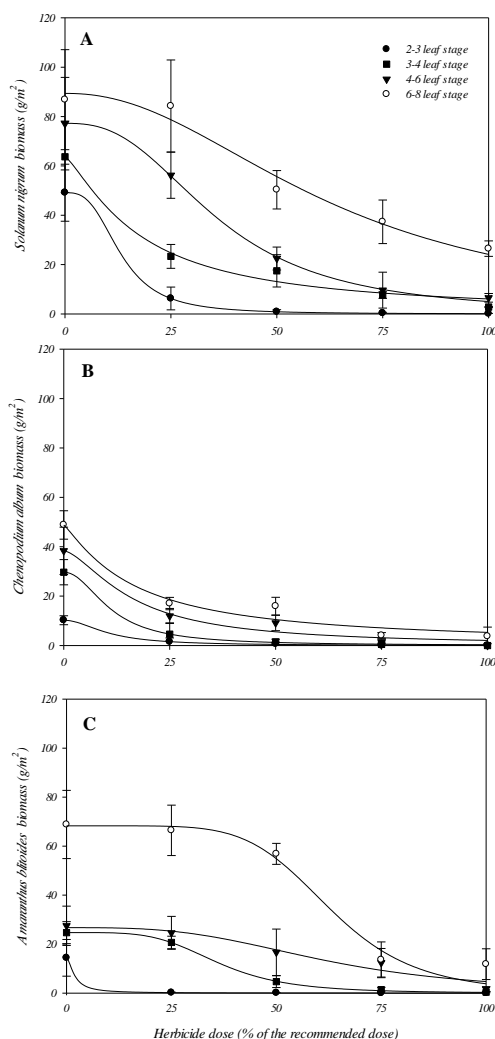
W₀, weed biomass without herbicide application (g/m²); ED₅₀, required dose to decrease W₀ by 50% (% of the recommended dose); b, slope of the curve at linear part (Effect of each percent of recommended dose on weed biomass reduction). Different letters within a column for total weed and each species indicate significant differences at the 5% probability level. The standard error of parameters is shown in parenthesis.

The number of data in the dose-response model in each application timing: (n)=15.

تاخیر در کاربرد علف‌کش، کنترل تاج‌خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.) به دلیل کاهش حساسیت آن به علف‌کش، از ۷۹ درصد به ۶۶ درصد کاهش یافت. اختلاف بین گیاهان بزرگ‌تر و گیاهچه‌های علف‌هرز در حساسیت به علف‌کش‌ها می‌تواند به خاطر تفاوت در کوتیکول آن‌ها باشد. بر اساس شرایط محیطی و سن گیاه، کوتیکول گیاهان مختلف از نظر ضخامت، ترکیبات شیمیایی و ساختار، با یکدیگر تفاوت دارند که این خصوصیات، نفوذ علف-کش به داخل کوتیکول را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Riemens et al., 2008). نتایج آزمایش ویوگس و همکاران (Viougeas et al., 1995) نشان داد که با افزایش سن علف‌هرز عشقه (*Hedera helix* L.)، به علت افزایش حجم و ضخامت کوتیکول و همچنین

این نتایج نشان دهنده آن است که با به تاخیر انداختن زمان کاربرد، دز علف‌کش مورد نیاز برای کاهش ۵۰ درصد وزن خشک علف‌های هرز افزایش یافته است. نتایج آزمایش ریمنز و همکاران (Riemens, et al., 2008) نیز نشان داد که پارامتر ED₅₀ هنگامی که علف‌کش چهار هفته بعد از رویش علف‌های هرز به کار برده شد، به طور معنی‌داری بیشتر از زمانی بود که علف‌کش دو هفته بعد از رویش علف‌های هرز به کار برده شده بود. علت این موضوع می‌تواند بزرگ‌تر شدن و در نتیجه حساسیت کمتر علف‌های هرز به علف‌کش‌ها در مراحل انتهایی رشد، در مقایسه با مراحل ابتدایی باشد (Hager et al., 2003; Riemens, et al., 2008). لوکس و همکاران (Loux et al., 2011) گزارش دادند که با

افزایش مقدار موم موجود در کوتیکول، نفوذ علف‌کش گلابفوسیت به داخل این علف‌هرز کمتر شد و در نتیجه تاثیر پذیری آن از علف‌کش کاهش یافت.



شکل ۲- رابطه بین وزن خشک تاج‌ریزی (A)، سلمه‌تره (B) و تاج‌خروس خوابیده (C) با دزهای مخلوط علف‌کش در زمان‌های مختلف کاربرد در چهار هفته پس از تیمار با علف‌کش. پارامترها در جدول ۲ نشان داده شده‌اند.

Figure 2. Relationship between *Solanum nigrum* (A), *Chenopodium album* (B) and *Amaranthus blitoides* (C) biomass and doses of herbicide mixture applied at different timings at four weeks after treatment. The parameters are shown in table 2.

با ۱۳، ۱۰/۵ و دو درصد دز توصیه شده مخلوط علف‌کش بود که بین دو گونه تاج‌ریزی و سلمه‌تره، اختلاف معنی داری وجود نداشت. با به تاخیر انداختن زمان کاربرد تا مرحله سه تا چهار برگی ذرت، مقدار این پارامتر برای علف‌های هرز تاج‌ریزی، سلمه‌تره و تاج‌خروس خوابیده به ترتیب به ۱۱، ۱۳ و ۳۶ درصد دز توصیه شده مخلوط علف‌کش افزایش یافت که در این زمان کاربرد نیز بین دو گونه

نتایج نشان داد که گونه‌های مختلف علف‌هرز، واکنش‌های دز-پاسخ متفاوتی به مخلوط علف‌کش نشان دادند و این پاسخ‌های متفاوت، منجر به برآورد پارامترهای W_0 و ED_{50} متفاوتی شد که به لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۲). با مصرف علف‌کش‌ها در مرحله دو تا سه برگی ذرت، مقدار پارامتر ED_{50} برای علف‌های هرز تاج‌ریزی، سلمه‌تره و تاج‌خروس خوابیده، به ترتیب برابر

2006) نیز نشان داد که دو بی‌تی‌راخ (*Galium aparine L.*) و بابونه گاوی (*Matricaria perforata L.*)، پاسخ‌های متفاوتی به مخلوط علف‌کش مت-سولفورون‌متیل و فلوروکسی‌پیر نشان دادند به طوری که دز مورد نیاز برای کاهش ۵۰ درصد توانایی رقابتی علف‌هرز، در بی‌تی‌راخ بیشتر بود. داده‌های آزمایش نشان داد که کارایی علف‌کش‌ها در کاهش وزن خشک علف‌های‌هرز، هنگام استفاده از مقادیر کاهش یافته، بیشتر تحت تأثیر زمان کاربرد قرار گرفت. برای مثال، وزن خشک کل علف‌های‌هرز هنگام کاربرد ۲۵ درصد دز توصیه شده مخلوط علف‌کش در مرحله کاربرد چهار تا شش برگگی ذرت، ۱۸۵ گرم در متر مربع بود اما با به تاخیر انداختن کاربرد تا مرحله شش تا هشت برگگی ذرت، به ۳۴۵ گرم در متر مربع رسید. در مقابل، وزن خشک کل علف‌های‌هرز، هنگام کاربرد دز توصیه شده علف‌کش‌ها، در زمان کاربرد چهار تا شش برگگی ذرت، ۷۶ گرم در متر مربع و در زمان کاربرد شش تا هشت برگگی ذرت ۱۱۰ گرم در متر مربع بود که اختلاف آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۱).

به طور کلی، مخلوط دو علف‌کش نیکوسولفورون و بروموکسینیل+ام‌سی‌پی‌ای، تأثیر بسیار محسوسی بر کنترل علف‌های‌هرز داشت. این مسأله می‌تواند به این دلیل باشد که در حالت اختلاط این دو علف‌کش با یکدیگر، مقدار کل علف‌کش به کار رفته در واحد سطح، نسبت به کاربرد هر یک از آن‌ها به تنهایی به مراتب بیشتر بوده است. به علاوه گزارش شده است که اختلاط دو علف‌کش بروموکسینیل+ام‌سی‌پی‌ای و نیکوسولفورون در مزارع ذرت، موجب افزایش طیف علف‌کشی آن‌ها و کنترل مناسب علف‌های‌هرز غالب مزرعه، شامل پهن‌برگ و باریک‌برگ شده است (Bahari et al., 2011; Dobbels & Kapusta, 1993). دابلز و کاپوستا (Dobbels & Kapusta, 1993).

تاج‌ریزی و سلمه‌تره اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در زمان کاربرد چهار تا شش برگگی ذرت، پارامتر ED_{50} برای تاج‌ریزی ۳۶، سلمه‌تره ۱۷ و تاج‌خروس خوابیده ۶۱ درصد دز توصیه شده مخلوط علف‌کش بود که اختلاف بین آن‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار بود. هنگام کاربرد علف‌کش در زمان شش تا هشت برگگی ذرت، این پارامتر برای دو گونه تاج‌ریزی و تاج‌خروس خوابیده، ۶۳ درصد دز توصیه شده و برای علف‌هرز سلمه‌تره، ۱۷ درصد دز توصیه شده مخلوط علف‌کش بود (جدول ۲، شکل ۲). نتایج به دست آمده از برآزش مدل دز-پاسخ به گونه‌های علف‌هرز غالب مزرعه نشان داد که سلمه‌تره در مقایسه با دو گونه تاج‌ریزی و تاج‌خروس خوابیده، نسبت به مخلوط علف‌کش نیکوسولفورون و بروموکسینیل+ام‌سی‌پی‌ای حساس‌تر بود. مقایسه مقادیر پارامتر ED_{50} گونه‌های غالب در زمان‌های مختلف کاربرد علف‌کش نشان داد که حساسیت سلمه‌تره به مخلوط علف‌کش، تحت تأثیر زمان کاربرد قرار نگرفت اما در مورد دو گونه تاج‌ریزی و تاج‌خروس خوابیده، با به تاخیر انداختن زمان کاربرد علف‌کش، از حساسیت آن‌ها کاسته شد (جدول ۲). با توجه به تفاوت‌هایی که بین گونه‌های مختلف علف‌های‌هرز از نظر توانایی رقابتی، خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی وجود دارد، پاسخ گونه‌های مختلف به افزایش و یا کاهش دز علف‌کش‌ها متفاوت است (Riemens et al., 2008)؛ برای مثال، ریمنز و همکاران (Riemens et al., 2008) گزارش کردند که رسیدن به نتیجه مطلوب در کنترل علف‌های‌هرز، کاملاً بستگی به ترکیب گونه‌ای آن‌ها در مزرعه دارد و علف‌کش گلوپوسینت آمونیوم، علف‌های‌هرز دولپه را بیشتر از علف‌های‌هرز باریک‌برگ کنترل کرد.

نتایج آزمایش کیم و همکاران (Kim et al.,)

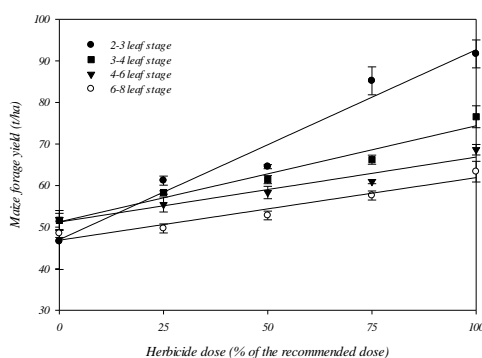
خشک کل ذرت (شکل ۵، جدول ۵) در مقادیر مختلف علف‌کش‌ها، پارامترهای b_0 و b_1 در هر زمان کاربرد برآورد شدند. پارامتر b_0 ، تقریباً برای زمان‌های مختلف کاربرد ثابت بود اما پارامتر b_1 در زمان‌های مختلف متفاوت بود و با به تعویق افتادن کاربرد علف‌کش‌ها، به خصوص در مورد عملکرد علوفه و وزن خشک کل ذرت، روند کاهشی داشت.

1993) گزارش کردند که هنگام ترکیب دو علف‌کش نیکوسولفورون و بروموکسینیل+ام‌سی‌پی‌ای در مقادیر کمتر از ۵۰ درصد دز توصیه شده، علف‌های هرز سلمه‌تره و تاج‌خروس به طور کامل از بین رفتند و ۱۰۰ درصد کنترل شدند.

عملکرد و وزن خشک ذرت

با برازش مدل خطی به عملکرد علوفه (شکل ۳،

جدول ۳)، عملکرد دانه (شکل ۴، جدول ۴) و وزن



شکل ۳- رابطه بین عملکرد علوفه ذرت و دزهای مخلوط علف‌کش در زمان‌های مختلف کاربرد. پارامترها در جدول ۳ نشان داده شده‌اند.

Figure 3. Relationship between the maize forage yield and doses of herbicide mixture applied at different timings. The parameters are shown in table 3.

جدول ۳- پارامترهای برآورد شده رابطه بین عملکرد علوفه ذرت و دزهای مخلوط علف‌کش در زمان‌های مختلف کاربرد (معادله ۲ برازش داده شده است).

Table 3. Parameter estimates for fitting equation 2 to the maize forage yield treated with herbicide mixture at different application timings.

Herbicides application time (according to maize growth stage)	Parameter estimates			
	b_0	b_1	R^2_{adj}	RMSE
2-3 leaves	46.99 (3.23)	0.45 (0.05) ^a	0.94	4.17
3-4 leaves	51.26 (1.67)	0.23 (0.02) ^b	0.94	2.15
4-6 leaves	51.21 (1.27)	0.15 (0.02) ^c	0.93	1.64
6-8 leaves	46.84 (1.29)	0.15 (0.02) ^c	0.92	1.67

b_0 عرض از مبدا (عملکرد علوفه ذرت بدون کاربرد علف‌کش، تن در هکتار) و b_1 شیب منحنی (اثر هر درصد از دز توصیه شده مخلوط علف‌کش بر افزایش عملکرد علوفه ذرت). اعداد داخل پرانتز، خطای استاندارد می‌باشند. حروف مختلف در یک ستون، نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.

b_0 , intercept parameters (maize forage yield without herbicides application, t/ha) and b_1 , slope of the curve (Effect of each percent of recommended dose on increasing maize forage yield). The standard error of parameters is shown in parenthesis. Different letters in the same column indicate significant differences at the 5% probability level.

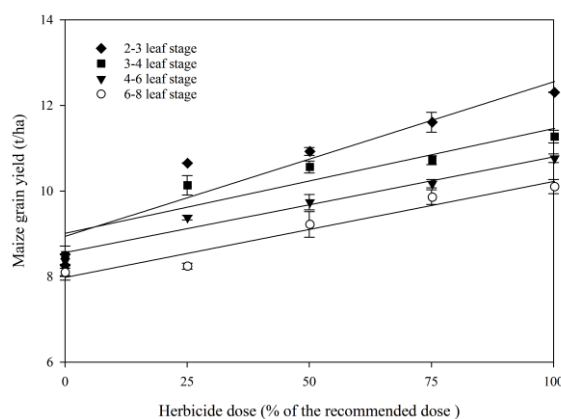
تا سه برگگی ذرت به دست آمد (شکل ۳). از آن‌جا که اکثر گیاهان زراعی و از جمله ذرت، در مراحل اولیه رشد خود نسبت به رقابت با علف‌های هرز از

طبق نتایج حاصل از برازش مدل خطی، حداکثر

عملکرد علوفه ذرت، ۸۸ تن در هکتار بود که هنگام کاربرد دز توصیه شده مخلوط علف‌کش در مرحله دو

ذرت توانست تأثیر بسیار محسوس بر افزایش عملکرد علوفه ذرت، در مقایسه با سایر زمان‌های کاربرد علف‌کش داشته باشد.

حساسیت بیشتری برخوردار هستند و حضور علف‌های هرز در مرحله گیاهچه‌ای محصول موجب کاهش کیفیت و افت عملکرد می‌شود (Evans et al., 2003)، کنترل علف‌های هرز در مرحله دو تا سه برگی



شکل ۴- رابطه بین عملکرد دانه ذرت و دزهای مخلوط علف‌کش در زمان‌های مختلف کاربرد. پارامترها در جدول ۴ نشان داده شده‌اند.

Figure 4. relationship between the maize grain yield and doses of herbicide mixture applied at different timings. The parameters are shown in table 4.

جدول ۴- پارامترهای برآورد شده رابطه بین عملکرد دانه ذرت و دزهای مخلوط علف‌کش در زمان‌های مختلف کاربرد (معادله ۲ برازش داده شده است).

Table 4. Parameter estimates for fitting equation 2 to the maize grain yield treated with herbicide mixture at different application timings.

Herbicides application time (according to maize growth stage)	Parameter estimates			RMSE
	b ₀	b ₁	R ² _{adj}	
2-3 leaves	8.92(0.25)	0.03 (0.00) ^a	0.83	0.57
3-4 leaves	9.01(0.20)	0.02 (0.00) ^b	0.80	0.45
4-6 leaves	8.56 (0.10)	0.02 (0.00) ^b	0.92	0.22
6-8 leaves	7.98 (0.14)	0.02 (0.00) ^b	0.87	0.33

b₀ عرض از مبدا (عملکرد دانه ذرت بدون کاربرد علف‌کش، تن در هکتار) و b₁ شیب منحنی (اثر هر درصد از دز توصیه شده مخلوط علف‌کش بر افزایش عملکرد دانه ذرت)، اعداد داخل پرانتز، خطای استاندارد می‌باشند. حروف مختلف در یک ستون، نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.

b₀, intercept parameters (maize grain yield without herbicides application, t/ha) and b₁, slope of the curve (Effect of each percent of recommended dose on increasing maize grain yield). The standard error of parameters is shown in parenthesis. Different letters in the same column indicate significant differences at the 5% probability level.

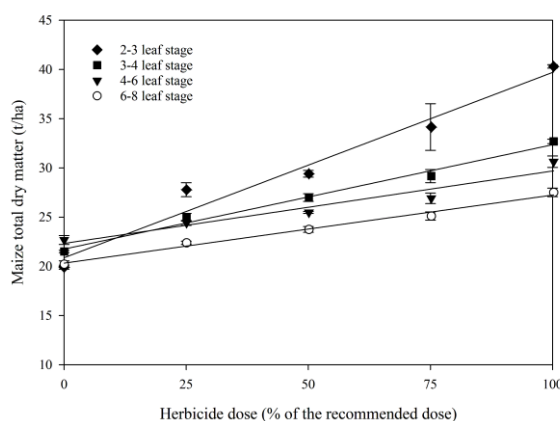
کش‌ها را کاهش دهد. کاربرد ۲۵ درصد دز توصیه شده مخلوط علف‌کش در مرحله سه تا چهار برگی ذرت، عملکردی برابر با کاربرد ۷۵ درصد دز توصیه شده در مرحله چهار تا شش برگی و دز توصیه شده در مرحله شش تا هشت برگی ذرت تولید کرد که نسبت به شاهد وجین، ۱۶ درصد افت عملکرد داشتند (شکل ۴). بیشترین عملکرد دانه ذرت (۱۳ تن در

کاربرد علف‌کش‌ها اثر محسوس بر عملکرد دانه ذرت داشت و در صورت عدم کاربرد، مقدار عملکرد به طور میانگین ۸/۵ تن در هکتار بود که این مقدار در مقایسه با شاهد وجین، ۳۵ درصد کمتر بود (شکل ۴). بررسی تأثیر علف‌کش‌ها بر جلوگیری از افت عملکرد دانه ذرت نیز نشان داد که تاخیر در کاربرد علف‌کش‌ها می‌تواند کارایی مقادیر کاهش یافته علف-

علف کش در مرحله دو تا سه برگی ذرت مشاهده شد (شکل ۵). کاهش وزن خشک کل ذرت در اثر رقابت با علف های هرز، به علت کاهش سرعت رشد و در نتیجه کمتر شدن جذب نور توسط کانوپی گیاه زراعی، در آزمایش های زیادی گزارش شده است (Ghanizadeh *et al.*, 2014; Sheibany *et al.*, 2009). کروودو و همکاران (Cerrudo *et al.*, 2012) گزارش کردند که در سه سال متوالی انجام آزمایش، با به تعویق انداختن زمان کاربرد علف کش از مرحله ۱۰ برگی به مرحله ۱۲ برگی ذرت، به ترتیب وزن خشک ذرت، ۴۸، ۷۸ و ۳۲ درصد و عملکرد دانه ذرت ۱۶، ۳۳ و ۶/۶ درصد کاهش یافت.

هکتار) با کاربرد دز توصیه شده مخلوط علف کش در مرحله دو تا سه برگی ذرت به دست آمد (شکل ۴).

نرخ افزایش وزن خشک کل ذرت به ازای هر درصد افزایش در میزان علف کش های مصرفی (پارامتر b_1) برای زمان های کاربرد دو تا سه، سه تا چهار، چهار تا شش و شش تا هشت برگی ذرت به ترتیب ۰/۱۸، ۰/۱۰، ۰/۰۷ و ۰/۰۶ بود (جدول ۵). این مسأله نشان دهنده کنترل نامطلوب علف های هرز و در نتیجه کاهش عملکرد و وزن خشک کل ذرت در این شرایط بود. همانند عملکرد علوفه و عملکرد دانه ذرت نیز بیشترین وزن خشک ذرت (۴۰ تن در هکتار) در شرایط کاربرد دز توصیه شده مخلوط



شکل ۵- رابطه بین وزن خشک کل ذرت و دزهای مخلوط علف کش در زمان های مختلف کاربرد. پارامترها در جدول ۵ نشان داده شده اند.

Figure 5. Relationship between the maize total dry matter and doses of herbicide mixture applied at different timings. The parameters are shown in table 5.

جدول ۵- پارامترهای برآورد شده رابطه بین وزن خشک کل ذرت و دزهای مخلوط علف کش در زمان های مختلف کاربرد (معادله ۲ برآزشی داده شده است).

Table 5. Parameter estimates for fitting equation 2 to the maize total dry matter treated with herbicide mixture at different application timings.

Herbicides application time (according to maize growth stage)	Parameter estimates			
	b_0	b_1	R^2_{adj}	RMSE
2-3 leaves	20.92 (1.01)	0.18 (0.01) ^a	0.90	2.23
3-4 leaves	21.75 (0.33)	0.10 (0.00) ^b	0.96	0.74
4-6 leaves	22.33 (0.40)	0.07 (0.00) ^c	0.90	0.91
6-8 leaves	20.32 (0.24)	0.06 (0.00) ^d	0.95	0.55

b_0 عرض از مبدا (وزن خشک کل ذرت بدون کاربرد علف کش، تن در هکتار) و b_1 شیب منحنی (اثر هر درصد از دز توصیه شده مخلوط علف کش بر افزایش وزن خشک کل ذرت). اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد می باشند. حروف مختلف در یک ستون، نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد می باشند.

b_0 , intercept parameters (maize total dry matter without herbicides application, t/ha) and b_1 , slope of the curve (Effect of each percent of recommended dose on increasing maize total dry matter). The standard error of parameters is shown in parenthesis. Different letters in the same column indicate significant differences at the 5% probability level.

اختلاط دو علف‌کش نیکوسولفورون و بروموکسینیل+ام‌سی‌پی‌ای کارایی بسیار بالایی در کنترل علف‌های هرز داشت. کاربرد مخلوط این دو علف‌کش در مراحل ابتدائی رشد، به دلیل حساسیت بیشتر گیاهچه‌های علف‌های هرز به علف‌کش‌ها، اثر بازدارندگی بیشتری بر تراکم و وزن خشک علف‌های هرز داشت. در چنین شرایطی، به دلیل جلوگیری از تداخل ابتدای فصل علف‌های هرز با ذرت، اثر رقابتی ناشی از آن‌ها بر محصول، به حداقل رسید و کاربرد مقادیری از علف‌کش، حتی پائین‌تر از دز توصیه شده نیز توانست نتایج بسیار مثبتی در افزایش عملکرد محصول به دنبال داشته باشد. اما با به تاخیر انداختن زمان کاربرد علف‌کش تا مرحله شش تا هشت برگی ذرت، کارایی آن‌ها در کنترل علف‌های هرز کاهش یافت و برای رسیدن به عملکرد مطلوب، به مقادیر بیشتری از علف‌کش نیاز بود.

کاربرد زودهنگام علف‌کش‌ها به دلیل کنترل مطلوب گیاهچه‌های علف‌هرز و جلوگیری از تداخل ابتدای فصل آن‌ها با گیاه زراعی، افت عملکرد ناشی از رقابت در محصول را کاهش می‌دهد (Johnson et al., 2002; Loux et al., 2011). نتایج آزمایش تاپیا و همکاران (Tapia et al., 1997) نشان داد که در صورت کنترل علف‌هرز دم‌روپاهی کشیده (Setaria faberi L.) در مراحل ابتدایی رشد (پنج تا ۱۰ سانتی‌متری)، این علف‌هرز هیچ اثر سوئی بر عملکرد ذرت نداشت اما به تاخیر انداختن کاربرد علف‌کش تا مرحله رشدی ۱۵ تا ۲۵ سانتی‌متری علف‌هرز، عملکرد ذرت را به طور معنی‌داری کاهش داد.

نتیجه‌گیری

در مجموع، نتایج این تحقیق نشان داد که در شرایط منطقه آزمایشی در کرج و با توجه به اینکه گونه‌های غالب مزرعه یک‌ساله پهن‌برگ بودند،

منابع

- Baghestani, M.A., Zand, E., Lotfi Mavi, F., Mamnoie, E. and Sharifi Zive, S. 2013. Study of the possibility of tank mix application of Nicosulfuron+Rimsulfuron (Ultima) with Bromoxynil+MCPA (Bromicide MA) for weed control in corn. Iranian J. Crop Sci. 15: 166-180. (In Persian).
- Bahari, L., Baghestani, M.A., Zand, E. and Mirhadi, M.J. 2011. Investigating the possibility of mixing Nicosulfuron (Cruz®) and MCPA + Bromoxynil (Bromicide M.A) to improve weed management in cornfields. J. Weed Ecol. 2: 57-69. (in Persian).
- Cerrudo, D., Page, E.R., Tollenaar, M., Stewart, G. and Swanton, C.J. 2012. Mechanisms of yield loss in maize caused by weed competition. Weed Sci. 60: 225-232.
- Dalley, C.D., Kells, J.J. and Renner, K.A. 2004. Effect of glyphosate application timing and row spacing on corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*) yields. Weed Technol. 18: 165-176.
- Dobbels, A.F. and Kapusta, G. 1993. Post-emergence weed control in corn with nicosulfuron combinations. Weed Technol. 7: 844-850.
- Evans, S.P., Knezevic, S.Z., Lindquist, J.L., Shapiro, C.A. and Blankenship, E.E. 2003. Nitrogen application influences the critical period for weed control in corn. Weed Sci. 51:408-417.
- Ghanizadeh, H., Lorzadeh, S.H. and Aryannia, N. 2014. Effect of weed interference on *Zea mays*: Growth analysis. Weed Biol. Manag. 14: 133-137.
- Gower, S.A., Loux, M.M., Cardina, J. and Harrison, S.K. 2002. Effect of planting date, residual herbicide, and post-

- emergence application timing on weed control and grain yield in glyphosate-tolerant Corn (*Zea mays*). Weed Technol. 16: 488-494.
- Hager, A.G., Wax, L.M., Bollero, G.A. and Stoller, E.W. 2003. Influence of diphenylether herbicide application rate and timing on common waterhemp (*Amaranthus rudis*) control in soybean (*Glycine max*). Weed Technol. 17: 14-20.
- Hatzios, K.K. and Penner, D. 1985. Interactions of herbicides with other agrochemicals in higher plants. Rev. Weed Sci. 1: 1-63.
- Jensen, P.K. and Kudsk, P. 1988. Prediction of herbicide activity. Weed Res. 28: 473-478.
- Jhala, A.J., Ramirez, A.H.M. and Singh, M. 2013. Tank mixing saflufenacil, glufosinate, and indaziflam improved burndown and residual weed control. Weed Technol. 27: 422-429.
- Johnson, B.C., Young, B.G. and Matthews, J. 2002. Effect of post emergence application rate and timing of Mesotrione on Corn (*Zea mays*) response and weed control. Weed Technol. 16: 414-420.
- Kim, D.S., Marshall, E.J.P., Caseley, J.C. and Brain, P. 2006. Modelling interactions between herbicide dose and multiple weed species interference in crop-weed competition. Weed Res. 46:175-184.
- Kudsk, P. 2008. Optimizing herbicide dose: a straightforward approach to reduce the risk of side effects of herbicides. Environmentalist. 28: 49-55.
- Loux, M.M., Dobbels, A.F., Johnson, W.G. and Young, B.G. 2011. Effect of residual herbicide and post-emergence application timing on weed control and yield in glyphosate-resistant Corn. Weed Technol. 25: 19-24.
- Lueschen, W.E., Hoverstad, T.R. and Gonsolus, J.L. 1992. Wild proso millet control in corn in 1992. Weed Sci. 49:122-123
- Mamnoei, E. and Baghestani, M.A. 2014. Evaluating effect of mixing Nicosulfuron (cruz) and Bromoxynil + MCPA herbicide (Bromicide MA) to weeds control in Corn fields of Jiroft. J. Plant Prot. 28: 211-219. (In Persian).
- Najafi, H. and Tollenaar, T. 2005. Response of corn at different leaf stages to shading by redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). Iranian J. Weed Sci. 1: 127-140.
- Olson, W.A. and Nalewaja, J.D. 1981. Antagonistic effects of MCPA on wild oat (*Avena fatua*) control with diclofop. Weed Sci. 29: 566-571.
- Riemens, M.M., Duec, T. and Kempenaar, C. 2008. Predicting sub-lethal effects of herbicides on terrestrial non-crop plant species in the field from greenhouse data. Environ. Pollut. 155: 141-149.
- Sarani, M., Oveisi, M., Rahimian Mashhadi, H. and Alizadeh, H. 2016. Modelling interactive effects of herbicide application timing and dose for the control of *Bromus japonicus* in wheat in an arid environment. Weed Res. 56: 50-58.
- Sheibany, K., Baghestani, M.A. and Atri, A. 2009. Competitive effects of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) on growth indices and yield of corn. Weed Biol. Manag. 9: 152-159.
- Stougaard, R.N., Maxwell, B.D. and Harris, J.D. 1997. Influence of Application Timing on the Efficacy of Reduced Rate Postemergence Herbicides for Wild Oat (*Avena fatua*) Control in Spring Barley (*Hordeum vulgare*). Weed Technol. 11:283-289.
- Streibig, J.C. 1980. Models for curve-fitting herbicide dose response data. Acta Agriculturae Scandinavica. 30: 59-64.
- Tapia, L.S., Bauman, T.T., Harvey, R.G., Kells, J.J., Kapusta, G., Loux, M.M., Lueschen, W.E., Owen, M.D., Hageman, L.H. and Strachan, S.D. 1997. Postemergence herbicide application timing effects on annual grass control and corn (*Zea mays*) grain yield. Weed Sci. 45:138-143.
- Teasdale, J.R. 1995. Influence of narrow row/high population corn (*Zea mays*) on weed control and light transmittance. Weed Technol. 9: 113-118.
- Viougeas, M.A., Rohr, R. and Chamel, A. 1995. Structural changes and permeability of ivy (*Hedera helix* L.) leaf cuticles in relation to leaf development and after selective chemical treatments. New Phytol. 130: 337-348.
- Zhang, J., Zheng, L., Jäck, O., Yan, D., Zhang, Z. and Gerhards, R. 2013. Efficacy of four post-emergence herbicides applied at reduced doses on weeds in summer corn (*Zea mays* L.) fields in North China Plain. Crop Prot. 52: 26-32.