نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 31، شماره 4، زمستان 1396، ص. 638-628

Journal of Plant Protection
Vol. 31, No. 4, Winter 2018, P. 628-638

کمی‌سازی تأثیر دزهای علف‌کش و تراکم خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) بر تولید زیست‌توده گندم و علف‌هرز

حشمت‌الله زرین‌جوب[1]- محمدحسین قرینه[2*]- جاوید قرخلو[3]- الهام الهی‌فرد[4]

تاریخ دریافت: 1395/09/29
تاریخ پذیرش: 1396/06/28

چکیده

تأثیر دزهای علف‌کش بر رقابت گندم با علف‌هرز خردل وحشی به منظور توسعه یک مدل ترکیبی برای برآورد دز بهینه علف‌کش برای مهار تراکم معینی از علف‌هرز مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی 95-94 بصورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان انجام شد. دو رقم گندم چمران و ورناک به عنوان فاکتور اصلی در نظر گرفته شدند. دز علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل+ مفن‌پایر دی‌اتیل" در پنج سطح شامل 0/2، 0/4، 0/6، 0/8 و 1 برابر دز توصیه شده (1/5 لیتر در هکتار) و تراکم علف‌هرز خردل وحشی شامل 0، 12، 24 و 36 بوته در متر مربع بصورت فاکتوریل در داخل کرت‌های اصلی اجرا شدند. ترکیبی از مدل هذلولی راست گوشه و منحنی دز-پاسخ استاندارد بخوبی تأثیر دز علف‌کش و رقابت علف‌هرز خردل وحشی بر تولید زیست‌توده گندم را توصیف کرد. زیست‌توده خردل وحشی در تراکم 36 بوته در متر مربع با مصرف نیمی از دز توصیه شده علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل" در رقم گندم ورناک معادل 82/74 گرم در متر مربع و در رقم گندم چمران معادل 39/91 گرم در متر مربع پیش‌بینی شد. همچنین، تولید زیست‌توده گندم با مصرف تنها نیمی از دز توصیه شده از علف‌کش در بیشترین تراکم مورد ارزیابی خردل وحشی برای رقم ورناک معادل 569/31 گرم در متر مربع و برای رقم چمران معادل 720/49 گرم در متر مربع پیش‌بینی شد.

واژه‌های کلیدی: دز-پاسخ، رقابت، مدل‌سازی، یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل

مقدمه

رقابت علف‌های هرز با گیاهان زراعی چالشی عمده برای تولید محصولات کشاورزی در سرتاسر دنیا است. علی‌رغم کنترل شدید علف‌های هرز، در حدود 10 درصد از کاهش تولیدات کشاورزی جهان در اکثر نظام‌های کشاورزی را می‌توان به اثر رقابت علف‌های هرز نسبت داد (16). بسته به قدرت رقابت گیاه زراعی، افت عملکرد محصول بدون کنترل علف‌های هرز بین 10 تا 100 درصد گزارش شده است (5). از این‌رو، مدیریت علف‌های هرز یکی از عناصر کلیدی برای بهبود عملکرد محصولات زراعی در اکثر نظام‌های زراعی می‌باشد.

استفاده و کاربرد علف‌کش‌ها یکی از عوامل مهمی است که در دهه های گذشته امکان ایجاد کشاورزی فشرده را فراهم ساخته است. در حال حاضر، کنترل علف های هرز در مزارع گندم بطور عمده به کاربرد علف‌کش‌ها وابسته است، چرا که در زراعت گندم عملیات وجین معمول نیست و روش‌های مکانیکی مبارزه با علف‌های هرز نیز کارایی چندانی ندارند (19). با این وجود، بدلیل خسارت‌های زیست‌محیطی (14)، مسائل سلامتی انسان (16) و تکامل مقاومت به علف‌کش در علف‌های هرز (7) و به تبع آن افزایش هزینه‌های تولید می‌بایست مصرف علف‌کش‌ها در بخش کشاورزی محدود شود. روش‌های مدیریت زراعی مانند انتخاب نوع رقم از راه‌کارهایی است که می‌تواند در جهت بهبود توان رقابتی گندم با علف‌های هرز و از این‌رو کاهش مصرف سموم شیمیایی مورد استفاده قرار گیرد. ارقام مختلف یک گونه زراعی از لحاظ قابلیت رقابت با علف‌های هرز دارای تفاوت قابل ملاحظه ای هستند (8). معرفی ارقام مختلف گندم در طی سالیان اخیر که در شرایط مطلوب عملکرد پتانسیل بالاتری در واحد سطح دارند، سبب افزایش میزان تولید در واحد سطح شده است. اما

1- دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
2 و 4- اعضای هیات علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
(*- نویسنده مسئول: Email: hossain_gharineh@yahoo.com)
3- عضو هیات علمی گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
DOI: 10.22067/jpp.v31i4.60501

آن دسته از خصوصیات واریته های جدید که سبب افزایش عملکرد شده است، توانایی رقابتی گندم با علف های هرز را کاهش داده است (13). با توجه به اینکه ارقام مختلفی از گندم در حال حاضر در کشور کشت می شوند، شناسایی ارقام دارای توانایی بالای رقابت می تواند کشاورزان را در انتخاب رقم مناسب یاری نماید.

دز توصیه شده برای کاربرد علف‌کش‌ها به گونه‌ای تنظیم می‌شود که تضمین کننده کنترل علف های هرز در شرایط مختلف باشد، اما در بسیاری از موارد امکان کاهش دز علف‌کش و کنترل مطلوب علف های هرز با دزهای کاهش یافته آن وجود دارد (8، 11 و 18). با این وجود، کاربرد علف کش به مقدار کمتر از دز توصیه شده ممکن است منجر به کنترل ناکارآمد علف های هرز شود و بنابراین رقابت بین گیاه زراعی و علف های هرز تداوم یابد و در نهایت به کاهش عملکرد محصول منتج شود. بنابراین، لازم است که تأثیر دزهای کاهش یافته کاربرد علف کش بر رقابت بین گیاه زراعی و علف‌های هرز کمی‌سازی شود و بدین ترتیب امکان کاربرد دزهای کاهش‌یافته علف‌کش به دقت مورد بررسی قرار گیرد.

خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) از مهم‌ترین علف‌های هرز مشکل‌ساز در مزارع گندم استان خوزستان است. بروز مقاومت و عدم کارایی پهن برگ‌کش‌هایی مانند تری‌بنورون متیل (6) و نیز توسعه مقاومت به علف‌کش‌های بازدارنده ACCase در علف‌های هرز باریک‌برگ (4) باعث شده که در بسیاری از مناطق کشور مصرف علف‌کش‌های دو منظوره بویژه علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل" (با نام تجاری آتلانتیس اُ. دی) توصیه گردد. از اینرو، این مطالعه با هدف کمی‌سازی تأثیر دزهای کاهش یافته این علف‌کش بر تولید زیست‌توده ارقام گندم در رقابت با تراکم‌های مختلف علف‌هرز خردل وحشی انجام شد.

مواد و روش‌ها

اجراء آزمایش

این پژوهش در سال زراعی 95-94 در مزرعه پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان انجام شد. آزمایش بصورت کرت های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با 4 تکرار اجرا گردید. دو رقم گندم شامل چمران و ورینا‌ک به عنوان فاکتور اصلی در نظر گرفته شدند. دز علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل" (با نام تجاری آتلانتیس اُ. دی؛ Bayer CropScince - Germany) در پنج سطح شامل 0/2، 0/4، 0/6، 0/8 و 1 برابر دز توصیه شده (1/5 لیتر در هکتار) و تراکم علف‌هرز خردل وحشی شامل 0، 12، 24 و 36 بوته در متر مربع بصورت فاکتوریل در داخل کرت‌های اصلی اجرا شدند.

بعد از انجام شخم و دیسک مزرعه، کودهای نیتروژن (به مقدار 250 کیلوگرم در هکتار از اوره بصورت پایه و سرک در مراحل پنجه‌زنی و قبل از گلدهی)، فسفات و پتاسیم مورد نیاز (150 کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و 150 کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم بصورت پیش کاشت) بر حسب نتایج تجزیه مواد غذایی خاک مصرف شد (جدول 1). دیسک دوم بعد از کودپاشی انجام شد. سپس، گندم (رقم چمران و ورینا‌ک) با تراکم 350 بوته در متر مربع در تاریخ 15 آذر در کرت‌های فرعی روی 12 خط کاشت با فاصله ردیف 17 سانتی‌متر به طول 3 متر کشت شد. بین کرت‌های فرعی 75 سانتی‌متر و بین دو کرت اصلی 100 سانتی‌متر فاصله در نظر گرفته شد. همچنین، جهت اطمینان از سبز شدن علف‌هرز خردل وحشی، بذر این گیاه در فاصله بین خطوط کاشت گندم بصورت سطحی روی زمین پخش و با خاک مخلوط شد. برای رفع خواب بذر این گونه از روش غوطه‌وری به مدت 24 ساعت در محلول 2000 قسمت در میلیون جیبرلیک اسید استفاده شد (6). سم‌پاشی توسط دستگاه سمپاش پشتی شارژی مدل Matabi با نازل پلی جت در فشار ثابت 2 اتمسفر در اواسط مرحله پنجه‌زنی گندم انجام شد و 4 هفته پس از اعمال سم‌پاشی نمونه‌برداری تخریبی از هر کرت با استفاده از یک کادر 50 در 100 سانتی‌متر مربعی صورت گرفت. نمونه‌های گیاهی پس از خشک شدن در دمای 80 درجه سانتی‌گراد توزین شدند.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil at study location

شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	پتاسیم P (mg Kg^{-1})	فسفر P (mg Kg^{-1})	نیتروژن N (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})
12	40	48	158	5.80	0.07	7.32	1.67

تجزیه داده‌ها

برای توضیح رابطه بین زیست‌توده علف‌هرز (W) و دز علف‌کش بطور گسترده از منحنی دز-پاسخ استاندارد (15) استفاده می‌شود:

$$W = \frac{W_0}{1+\left(\frac{Dose}{gLD_{50}}\right)^B} \quad (1)$$

که در این رابطه W_0، زیست‌توده علف‌هرز در تیمار بدون کاربرد

علف‌کش؛ LD_{50}، لگاریتم دز مورد نیاز برای 50 درصد کاهش زیست‌توده علف‌هرز و B، میزان پاسخ یا شیب منحنی را نشان می‌دهند. پارامترهای این رابطه بویژه W_0 بسته به تاریخ ارزیابی، شرایط محیطی رشد و تراکم علف‌های هرز متغیر خواهند بود. با این حال، در یک شرایط محیطی معین W_0 بطور عمده تحت تأثیر تراکم اولیه علف‌های هرز (x_0) قرار خواهد گرفت. بنابراین، چنانچه تراکم علف‌هرز (j) متفاوت باشد، مدل کلی‌تر بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$W = \frac{W_{0j}}{1+\left(\frac{Dose}{e^{LD_{50j}}}\right)^{B_j}} \quad (2)$$

که W_{0j}، LD_{50j} و B_j پارامترهای jامین تراکم علف‌هرز هستند. تغییر تراکم خردل وحشی تاثیر قابل توجهی بر پارامترهای LD_{50} و B نداشت و تنها منجر به تغییر پارامتر W_0 شد (نتایج را ببینید). بنابراین، رابطه (2) به شکل ساده‌تری (رابطه 3) تعریف شد:

$$W = \frac{W_{0j}}{1+\left(\frac{Dose}{e^{LD_{50}}}\right)^{B}} \quad (3)$$

گزارش شده است که در یک تراکم ثابت از گیاه زراعی، زیست‌توده علف‌هرز با افزایش تراکم به شکل هذلولی مانندی افزایش می‌یابد (17). چنانچه فرض شود که زیست‌توده علف‌هرز در تیمار بدون علف‌کش با تراکم اولیه علف‌هرز رابطه‌ی هذلولی مانند به شرح زیر داشته باشد،

$$W_0 = \frac{Cx_0}{1+Ax_0} \quad (4)$$

که در آن پارامتر C، زیست‌توده تک‌بوته علف‌هرز بدون رقابت بین گونه‌ای و A، معیاری از رقابت درون گونه‌ای علف‌هرز هستند. آنگاه، مدل ترکیبی از روابط (3) و (4) می‌تواند برای کمی‌سازی پاسخ زیست‌توده خردل‌وحشی به علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل" در تراکم‌های مختلف علف‌هرز مورد استفاده قرار گرفت:

$$W = \frac{Cx_0}{\left(1+\left(\frac{Dose}{e^{LD_{50}}}\right)^{B}\right)(1+Ax_0)} \quad (4)$$

هذلولی راست گوشه (رابطه 6) بطور معمول برای توصیف رابطه بین زیست‌توده گیاه زراعی (Y) و تراکم اولیه علف‌هرز (x_0) در یک تراکم ثابت از گیاه زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد (3):

$$Y = \frac{Y_0}{1+\beta x_0} \quad (5)$$

که Y_0، زیست‌توده گیاه زراعی در شرایط عاری از علف‌هرز و β، قابلیت رقابتی علف‌هرز هستند (تراکم علف‌هرز $\frac{1}{\beta}$ زیست‌توده گیاه زراعی را 50 درصد کاهش خواهد داد).

در مجموع، با افزایش دز علف‌کش زیست‌توده گیاه زراعی افزایش خواهد یافت زیرا علف‌کش منجر به کاهش زیست‌توده علف‌هرز و در نتیجه کاهش قابلیت رقابتی علف‌هرز می‌شود. رابطه بین پارامتر β و دز علف‌کش ناشناخته بوده و از اینرو بایستی بطور جداگانه برای هر دز علف‌کش پارامتریابی شود. این احتمال نیز وجود دارد که علف‌کش گیاه زراعی را تحت تاثیر قرار دهد، بنابراین عملکرد گیاه زراعی در شرایط عاری از علف‌هرز (Y_0) بایستی بطور جداگانه برای هر دز علف‌کش پارامتریابی شود. منحنی پاسخ کلی برای iامین دز علف‌کش هست:

$$Y = \frac{Y_{0i}}{1+\beta_i x_0} \quad (6)$$

با استفاده از رابطه (7) برای پیش‌بینی زیست‌توده گیاه زراعی تعداد زیادی پارامتر (دو پارامتر برای هر دز علف‌کش) مورد نیاز است. با این حال، چنانچه رشد گیاه زراعی تحت تأثیر دزهای علف‌کش قرار نگیرد، این رابطه را می‌توان بشکل ساده‌تری (رابطه 8) بیان کرد:

$$Y = \frac{Y_0}{1+\beta_i x_0} \quad (7)$$

در این رابطه تنها قابلیت رقابتی علف‌هرز (β_i) با دز علف‌کش تغییر می‌کند. تغییرات این پارامتر در پاسخ به تغییر دز علف‌کش را می‌توان با استفاده از منحنی دز-پاسخ استاندارد کمی‌سازی کرد. بطوری‌که،

$$\beta_i = \frac{\beta_0}{1+\left(\frac{Dose_i}{e^{LD_{50}}}\right)^{B}} \quad (8)$$

که در این رابطه β_0، قابلیت رقابتی علف‌هرز در تیمار بدون علف‌کش؛ LD_{50}، لگاریتم دز مورد نیاز برای 50 درصد کاهش قابلیت رقابتی علف‌هرز و B، میزان پاسخ یا شیب منحنی را نشان می‌دهند. با جایگزاری این رابطه در رابطه (8) مدل نهایی برای توصیف پاسخ زیست‌توده گیاه زراعی به دزهای علف‌کش و تراکم علف‌هرز بدست خواهد آمد:

$$Y = \frac{Y_0}{1+\left(\frac{\beta_0 x_0}{1+\left(\frac{Dose_i}{e^{LD_{50}}}\right)^{B}}\right)} \quad (9)$$

همه روابط رگرسیونی با استفاده از رویه NLIN در نرم‌افزار SAS برازش یافتند.

نتایج و بحث

زیست‌توده علف‌هرز خردل وحشی با افزایش دز علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل" کاهش یافت (شکل 1). برای توصیف این پاسخ، منحنی دز-پاسخ استاندارد (رابطه 2) برای هر رقم گندم بطور جداگانه به زیست‌توده علف‌هرز خردل وحشی در هر تراکم برازش داده شد (شکل 1). تجزیه واریانس رگرسیون نشان داد که برای هر دو رقم گندم و تراکم‌های مختلف علف‌هرز برازش منحنی دز-پاسخ استاندارد به زیست‌توده خردل وحشی از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول 2).

پارامترهای B (شیب منحنی دز-پاسخ) و LD_{50} در هیچ یک از دو رقم گندم چمران و ورناک تحت تأثیر تراکم علف‌هرز خردل وحشی قرار نگرفت. پارامتر B در رقم گندم ورناک برای تراکم‌های مختلف علف‌هرز خردل وحشی بین 6/47 تا 7/70 و در رقم چمران بین 9/08 تا 9/35 متغیر بود. همچنین، دز مورد نیاز از علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل" برای 50 درصد کاهش زیست‌توده علف‌هرز خردل وحشی در تراکم‌های مختلف برای رقم ورناک بطور متوسط در حدود 0/48 از دز توصیه شده و برای رقم چمران در حدود 0/45 از دز توصیه شده بدست آمد (شکل 1؛ جدول 2). برآورد پارامتر W_0 (زیست‌توده علف‌هرز بدون کاربرد علف‌کش) برای تراکم‌های مختلف علف‌هرز خردل وحشی و بین دو رقم گندم بطور معنی‌داری متفاوت بود. زیست‌توده خردل وحشی در تیمار بدون کاربرد علف‌کش در تراکم‌های مختلف علف‌هرز خردل وحشی برای رقم ورناک بین 70/08 تا 185/10 گرم در متر مربع و برای رقم چمران بین 64/38 تا 169/10 گرم در متر مربع متغیر بود (جدول 2).

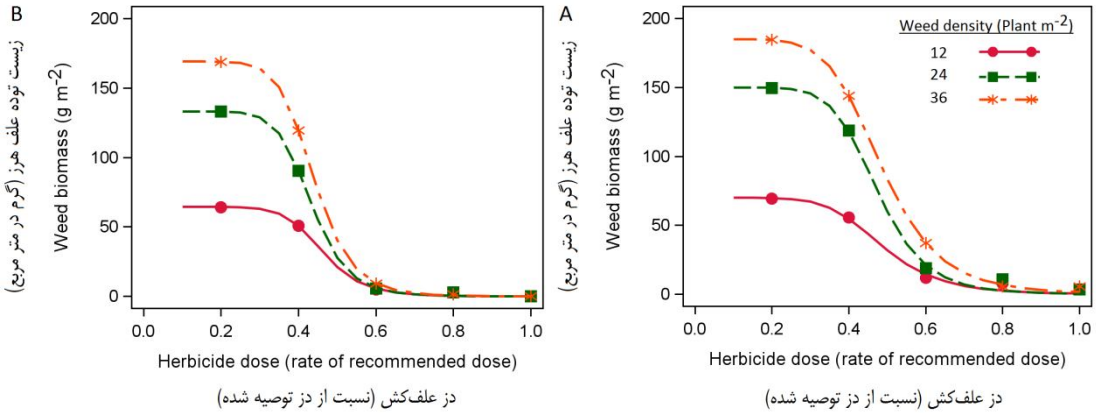
جدول 2- برآورد پارامترهای منحنی دز-پاسخ استاندارد برای تراکم‌های مختلف خردل وحشی در پاسخ به دزهای کاهش یافته علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل" در شرایط رقابت با دو رقم گندم

Table 2- Estimated standard dose-response curve parameters for different density of *Sinapis arvensis* in response to reduced doses of "iodosulfuron-methyl sodium + mesosulfuron methyl + mefenpyr-diethyl" herbicide in competition with two wheat cultivars

رقم Cultivar	تراکم علف‌هرز (بوته در متر مربع) Weed density (Plant m^{-2})	پارامترهای مدل Model parameters*			Pr > F
		W_0 (g m^{-2})	LD_{50} (Rate of recommended dose)	B	
Verinac	12	70.08±4.92	0.49±0.03	6.47±1.44	0.0083
	24	150.00±6.49	0.47±0.02	7.70±1.11	0.0033
	36	185.10±3.04	0.49±0.01	6.50±0.34	0.0005
Chamran	12	64.38±1.84	0.46±0.01	9.08±1.02	0.0015
	24	133.20±1.63	0.43±0.00	9.35±0.70	0.0003
	36	169.10±0.61	0.44±0.00	9.13±0.17	0.0001

*W_0= زیست‌توده علف‌هرز در تیمار بدون کاربرد علف‌کش؛ LD_{50}= دز مورد نیاز برای 50 درصد کاهش زیست‌توده علف‌هرز؛ B= شیب منحنی

* W_0= Weed biomass at no-herbicide treatment; LD_{50}= Dose required to reduce weed biomass by 50%; B=Steepness of the curve



شکل 1- برازش منحنی دز-پاسخ استاندارد به زیست‌توده علف‌هرز خردل وحشی در تراکم‌های مختلف در پاسخ به دزهای کاهش یافته علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل" در شرایط رقابت با دو رقم گندم ورناک (A) و چمران (B)

Figure 1- Fitted standard dose-response curve to biomass of *Sinapis arvensis* at different density in response to reduced doses of "iodosulfuron-methyl sodium + mesosulfuron methyl + mefenpyr-diethyl" herbicide in competition with two wheat cultivars of Verinac (A) and Chamran (B)

برای توصیف رابطه بین پارامتر W_0 و تراکم علف‌هرز خردل وحشی از رابطه (4) استفاده شد (شکل 2؛ جدول 3). برآورد پارامتر C (زیست‌توده تک‌بوته علف‌هرز در تیمار بدون کاربرد علف‌کش) برای رقم گندم ورناک معادل 7/41 گرم در بوته و برای رقم گندم چمران

معادل 6/57 گرم در بوته بدست آمد. هرچند که اختلاف مقدار زیست‌توده تک‌بوته خردل وحشی در تیمار بدون کاربرد علف‌کش بین دو رقم گندم از نظر آماری معنی‌دار نبود، اما این پارامتر برای رقم ورناک اندکی بیشتر از رقم چمران برآورد شد. بیشتر بودن برآورد پارامتر C برای یک رقم به معنای کمتر بودن توان رقابتی آن رقم از گیاه زراعی با علف‌های هرز است (8). همچنین، تفاوت معنی‌داری از نظر برآورد پارامتر A (شاخص تأثیر رقابت درون گونه‌ای) برای دو رقم گندم ورناک (0/0114) و چمران (0/0105) مشاهده نشد (جدول 3).

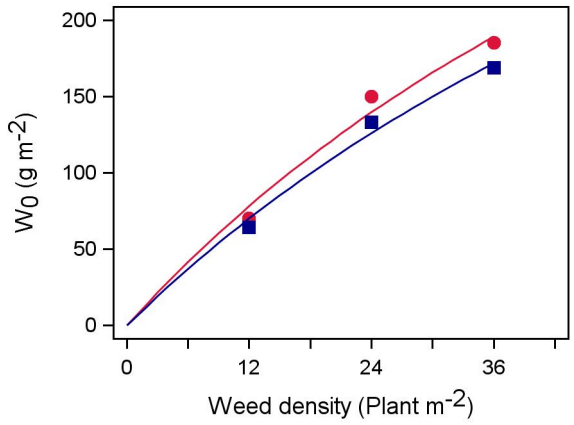
جدول 3- برآورد پارامترهای مدل برازش یافته (رابطه 4) به تغییرات زیست‌توده خردل وحشی در تیمار بدون کاربرد علف‌کش (W_0) در برابر تراکم علف‌هرز برای دو رقم گندم

Table 3- Parameter estimates for fitted model (equation 4) to *Sinapis arvensis* biomass changes at no-herbicide treatment versus weed density for two wheat cultivars

رقم Cultivar	پارامترهای مدل Model parameters*		Pr > F
	C (g Plant^{-1})	$A\times10^3$	
Verinac	7.41±1.35	11.40±0.81	0.0031
Chamran	6.57±0.91	10.50±0.61	0.0325

* C= زیست‌توده تک‌بوته علف‌هرز در تیمار بدون علف‌کش؛ A= معیاری از اثر رقابت درون گونه‌ای

*C=Individual weed biomass at no-herbicide treatment; A=A measure of intracompetition effect

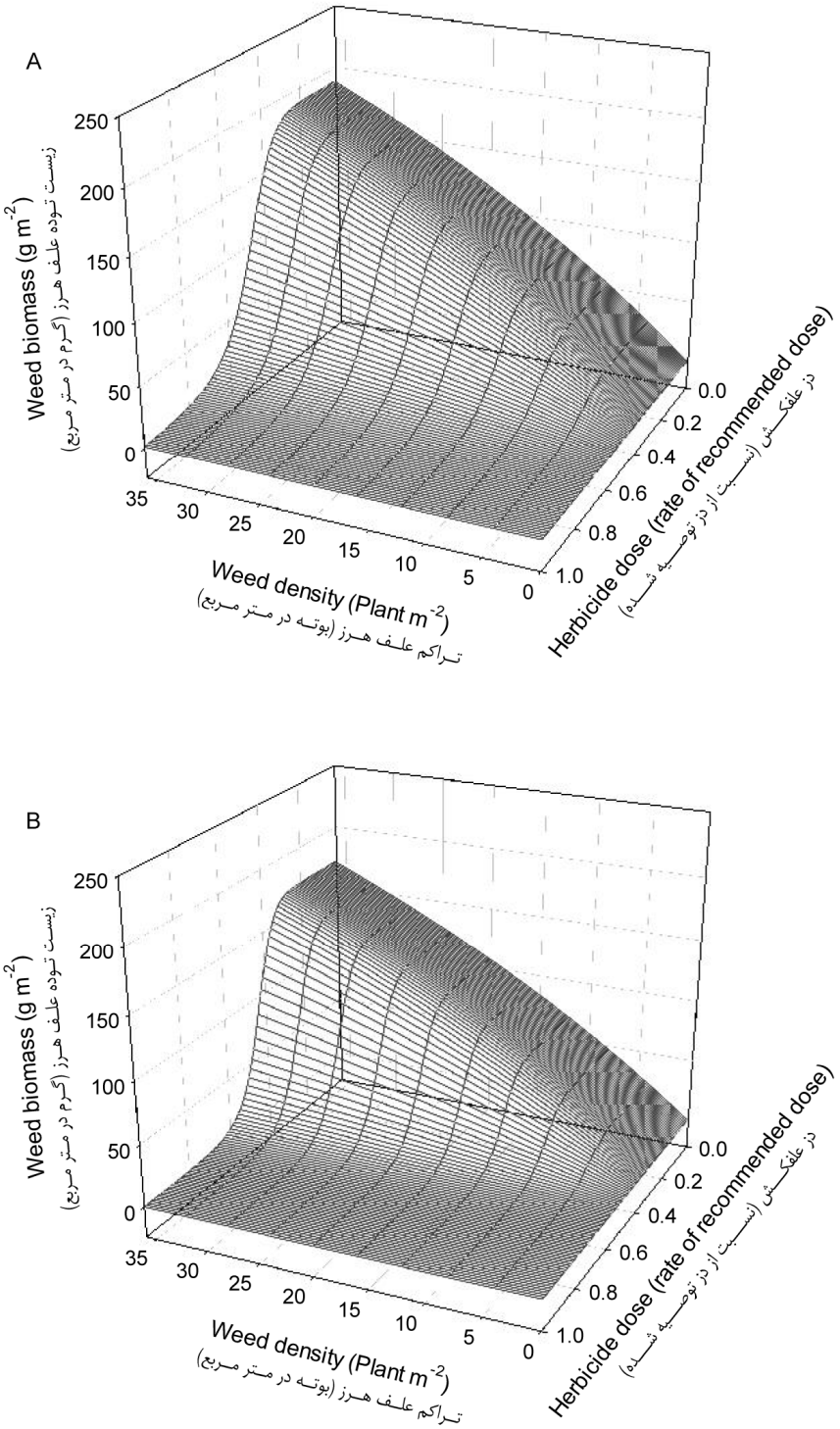


تراکم علف هرز (بوته در متر مربع)

شکل 2- رابطه بین تراکم علف‌هرز خردل وحشی و زیست‌توده آن در تیمار بدون کاربرد علف‌کش (W_0) در رقابت با دو رقم گندم ورناک (دایره پر) و چمران (مربع پر)

Figure 2- The relationship between *Sinapis arvensis* density and its biomass at no-herbicide treatment in competition with two wheat cultivars of Verinac (circlefilled) and Chamran (squarefilled)

با استفاده از پارامترهای برآورد شده در جداول (3) و (4) و مدل ترکیبی (رابطه 5) پاسخ زیست‌توده خردل‌وحشی به علف‌کش " متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل" در تراکم‌های مختلف علف‌هرز بطور جداگانه برای هر دو رقم گندم پیش‌بینی شد (شکل 3). پیش‌بینی‌ها نشان داد که علف‌هرز خردل وحشی در رقم گندم ورناک رشد بهتری نسبت به رقم چمران داشت. برای مثال، مدل پیش‌بینی کرد که زیست‌توده خردل وحشی در تراکم 36 بوته در متر مربع بدون مصرف علف‌کش در رقم گندم ورناک معادل 189/19 گرم در متر مربع و در رقم گندم چمران معادل 171/76 گرم در متر مربع خواهد بود. زیست‌توده خردل وحشی در همان تراکم با مصرف نیمی از دز توصیه شده از علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل" در رقم گندم ورناک معادل 82/74 گرم در متر مربع و در رقم گندم چمران معادل 39/91 گرم در متر مربع پیش‌بینی شد (شکل 3).



شکل 3- پیش‌بینی زیست‌توده علف‌هرز خردل وحشی تحت تاثیر تراکم خردل وحشی و دزهای علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل" در رقابت با دو رقم گندم ورینک (A) و چمران (B)

Figure 3- Predicted biomass of *Sinapis arvensis* affected by *S. arvensis* density and doses of "iodosulfuron-methyl sodium + mesosulfuron methyl + mefenpyr-diethyl" herbicide in competition with two wheat cultivars.of Verinac (A) and Chamran (B)

عملکرد گیاه زراعی در شرایط عاری از علف‌هرز (Y_0) و قابلیت رقابتی خردل وحشی (β) در هر دز از علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل" با برازش مدل هذلولی راست گوشه (رابطه 7) به زیست‌توده هر رقم گندم برآورد شد (جدول 4؛ شکل 4). در هر دو رقم گندم هیچ اختلاف معنی‌داری از نظر برآورد پارامتر Y_0 میان دزهای مختلف مصرف علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل" مشاهده نشد. عملکرد گندم در شرایط عاری از علف‌هرز برای رقم ورناک بطور متوسط در حدود 669/42 گرم در متر مربع و برای رقم چمران بطور متوسط در حدود 761/96 گرم در متر مربع بدست آمد (جدول 4).

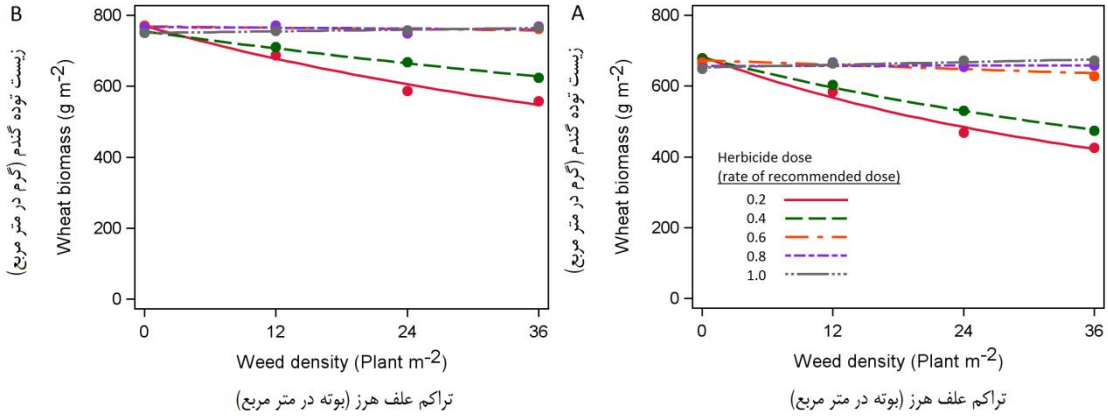
جدول 4- پارامترهای مدل هذلولی راست گوشه برازش یافته به زیست‌توده دو رقم گندم در برابر تراکم علف‌هرز خردل وحشی در هر سطح از دزهای علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل"

Table 4- Estimated parameters of fitted rectangular hyperbola model to biomass of two wheat cultivars versus *Sinapis arvensis* density in each level of "iodosulfuron-methyl sodium + mesosulfuron methyl + mefenpyr-diethyl" herbicide doses

رقم Cultivar	دز علف‌کش (نسبت از دز توصیه‌شده) Herbicide dose (rate of recommended dose)	پارامترهای مدل Model parameters*		Pr > F
		Y_0 (g m^{-2})	β	
Verinac	0.2	684.00±15.32	0.0172±0.0018	0.0005
	0.4	681.00±11.40	0.0119±0.0005	0.0001
	0.6	673.10±8.19	0.0016±0.0006	0.0001
	0.8	656.30±6.34	-0.0001±0.0004	0.0001
	1.0	652.70±5.93	-0.0009±0.0003	0.0001
Chamran	0.2	769.80±15.22	0.0113±0.0013	0.0003
	0.4	754.30±4.34	0.0056±0.0003	0.0001
	0.6	768.70±3.74	0.0004±0.0002	0.0001
	0.8	766.90±10.17	0.0002±0.0001	0.0001
	1.0	750.10±1.79	-0.0005±0.0001	0.0001

* Y_0= زیست‌توده گندم در شرایط عاری از علف‌هرز و β= قابلیت رقابتی علف‌هرز خردل وحشی.

*Y_0= Weed-free wheat yield; β= Competitivity of *Sinapis aarvensis*.



شکل 4- برازش مدل هذلولی راست گوشه به زیست‌توده دو رقم گندم ورناک (A) و چمران (B) در برابر تراکم علف‌هرز خردل وحشی در هر سطح از دز علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل"

Figure 4- Fitted the rectangular hyperbola model to biomass of two Verinac (A) and Chamran (B) wheat cultivars versus *Sinapis arvensis* density in each level of "iodosulfuron-methyl sodium + mesosulfuron methyl + mefenpyr-diethyl" herbicide doses

قابلیت رقابتی علف‌هرز خردل وحشی در هر دو رقم گندم چمران و ورینـاک بطـور واضـحی در پاسـخ بـه افـزایش دز علـف‌کـش "یدوسـولفورون متیـل سـدیم + مزوسـولفورون متیـل + مفـن‌پـایر دی‌اتیل" کاهش نشـان داد (جـدول 4). بـرای توصـیف ایـن رابطـه، پارامتر β در هر دو رقم گنـدم چمـران در برابـر دز هـای علـف‌کـش "یدوسـولفورون متیـل سـدیم + مزوسـولفورون متیـل + مفـن‌پـایر دی‌اتیل" ترسیم شد (شکل 5). پراکنش نقاط در این نمودار نشان داد که پاسخ قابلیـت رقـابتی علـف‌هـرز خـردل وحشـی بـه علـف‌کـش "یدوسـولفورون متیـل سـدیم + مزوسـولفورون متیـل + مفـن‌پـایر دی‌اتیل" را می‌توان بخوبی با منحنی دز-پاسخ استاندارد توضـیح داد (جدول 5؛ شکل 5). مقایسه پارامترهای خروجی از این بـرازش نشـان داد که پـارامتر β_0 (قابلیـت رقـابتی خـردل وحشـی در تیمـار بـدون علف‌کش) در رقم گندم ورینـاک (0/0172) بطور معنی‌داری بزرگتـر از مقدار برآورد شده برای این پارامتر در رقم گندم چمران (0/0113) بود.

این مؤلفه از قابلیت رقابتی علف‌هرز نشان‌دهنده قابلیت رقـابتی گیـاه زراعی نیز می‌باشد (8). از این‌رو می‌توان نتیجه گرفت که رقـم گنـدم چمران توان رقابتی بیشتری برای حفظ زیسـت‌تـوده گیـاه زراعـی در برابر تأثیر منفی رقابت علف‌هـرز داشـت. همچنـین، دز مـورد نیـاز از علف‌کش"یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل" برای 50 درصد کاهش قابلیت رقابتی خردل وحشی در رقم گندم ورینـاک معادل 0/44 از دز توصیه شده و در رقم چمـران معـادل 0/40 از دز توصیه شده برآورد شـد. لازم بـه ذکـر اسـت کـه تفـاوت کارکرد علف‌کش میان ارقام گیاه زراعی با قابلیت رقابت آن ارقام نیـز در ارتباط است (8 و 9). بنـابراین، مقـادیر کمتـر LD_{50} نشـان‌دهنـده قابلیت رقابت بهتر آن رقم از گیاه زراعی بـا علـف‌هـرز اسـت. شـیب منحنی پاسخ به دز علف‌کش در رقم گنـدم ورینـاک 7/77 و در رقـم چمران 8/00 برآورد شد که از نظر آماری متفاوت از هم نبودند (جدول 5).

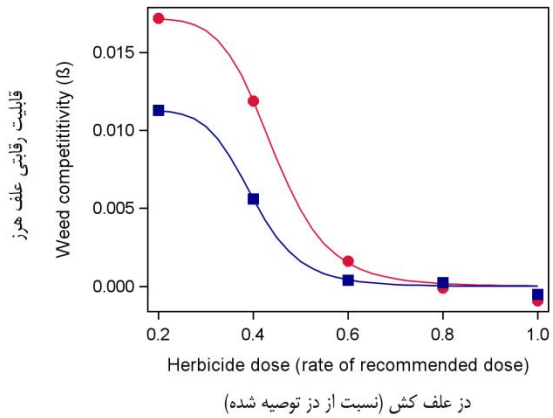
جدول 5- پارامترهای مدل دز-پاسخ استاندارد برازش یافته به قابلیت رقابتی علف‌هرز خردل وحشی (β) در دو رقم گندم در برابر دزهای علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل"

Table 5- Estimated parameters for standard dose-response curve fitted to *Sinapis arvensis* competitivity in two wheat cultivars versus doses of "iodosulfuron-methyl sodium + mesosulfuron methyl + mefenpyr-diethyl" herbicide.

رقم Cultivar	پارامترهای مدل Model parameter*			Pr > F
	β_0	LD_{50} (rate of recommended dose)	B	
Verinac	0.0172±0.0007	0.44±0.01	7.77±1.36	0.0034
Chamran	0.0113±0.0004	0.40±0.01	8.00±2.38	0.0029

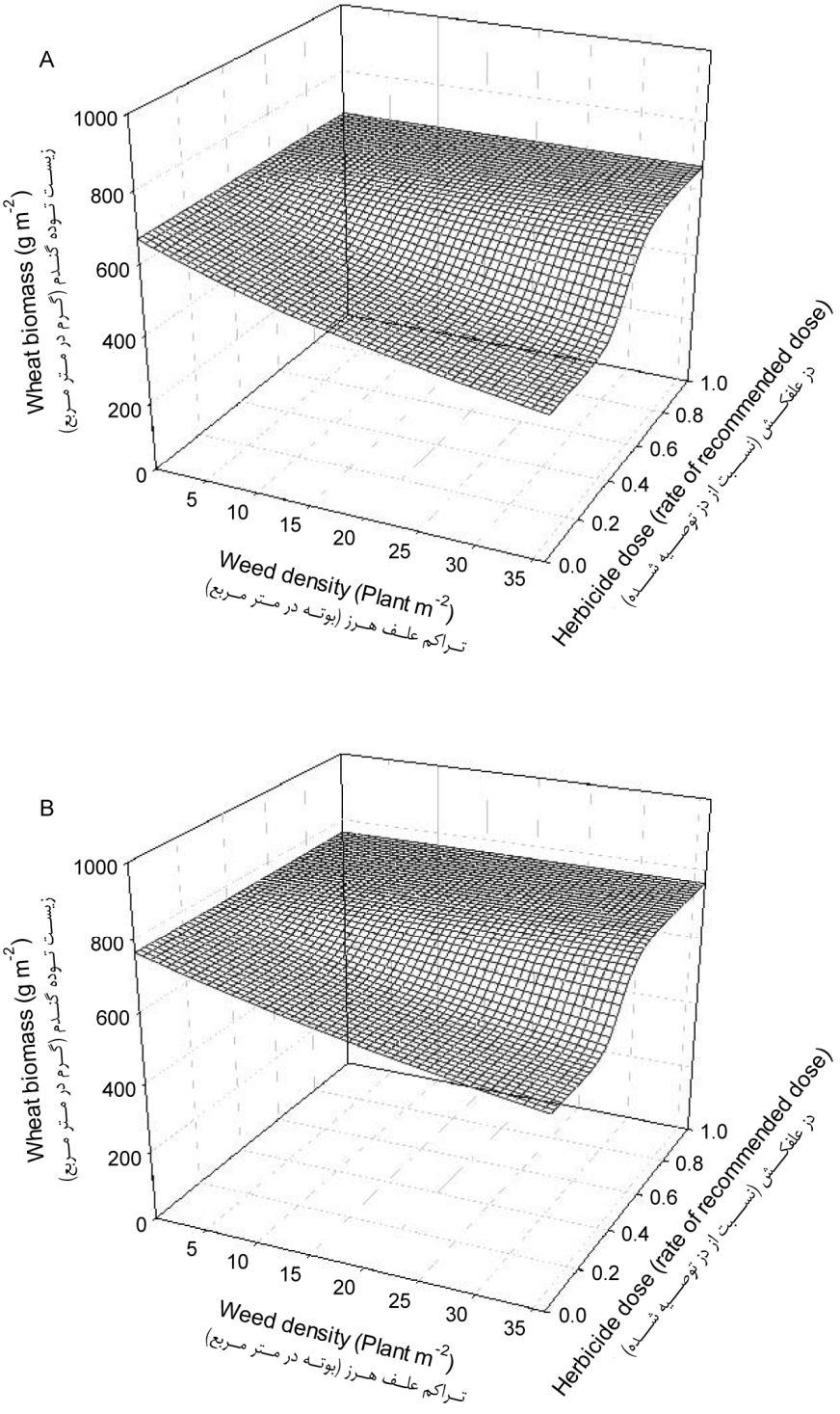
* β_0= قابلیت رقابتی خردل وحشی در تیمار بدون علف‌کش؛ LD_{50}= لگاریتم دز مورد نیاز برای 50 درصد کاهش قابلیت رقابتی خردل وحشی و B= شیب منحنی

* β_0= *S.* arvensis competitivity at no-herbicide treatment; LD_{50}= Dose required to reduce *S. arvensis* competitivity by 50%; B=Steepness of the curve



شکل 5- رابطه بین قابلیت رقابتی علف‌هرز خردل وحشی (β) در دو رقم گندم ورینـاک (دایره پر) و چمران (مربع پر) و دز علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون + مفن‌پایر دی‌اتیل"

Figure 5- The relationship between *Sinapis arvensis* weed competitivity (β) in wheat cultivars of Verinac (circlefilled) and Chmran (squarefilled) and dose of "iodosulfuron-methyl sodium + mesosulfuron methyl + mefenpyr-diethyl" herbicide



شکل 6- پیش‌بینی زیست‌توده دو رقم گندم ورناک (A) و چمران (B) تحت تاثیر تراکم خردل وحشی و دزهای علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل"

Figure 6- Predicted biomass with two wheat cultivars.of Verinac (A) and Chamran (B) as affected by *Sinapis arvensis* density and doses of "iodosulfuron-methyl sodium + mesosulfuron methyl + mefenpyr-diethyl" herbicide

با استفاده از مدل نهایی (رابطه 10) و پارامترهای برآورد شده در جداول (4) و (5) مقدار زیست‌توده هر دو رقم گندم در رقابت با دزهای علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل" و تراکم علف‌هرزخردل وحشی پیش‌بینی شد (شکل 6). عملکرد زیست‌توده گندم در شرایط عدم مصرف علف‌کش در تراکم‌های 0، 12، 24 و 36 بوته خردل وحشی در متر مربع برای رقم ورناک به‌ترتیب معادل 669/42، 554/89، 473/83 و 413/43 گرم در متر مربع و برای رقم چمران بترتیب معادل 761/96، 670/98، 599/40 و 541/63 گرم در متر مربع پیش‌بینی شد. درحالی‌که، تولید زیست‌توده گندم با مصرف تنها نیمی از دز توصیه شده از علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل" در تراکم‌های 12، 24 و 36 بوته خردل وحشی در متر مربع برای رقم ورناک بترتیب معادل 632/36، 599/18 و 569/31 گرم در متر مربع و برای رقم چمران بترتیب معادل 747/62، 733/80 و 720/49 گرم در متر مربع پیش‌بینی شد.

بهینه‌سازی مصرف علف‌کش با حفظ مزایای آن از مهم‌ترین موضوعات مورد توجه محققین علوم علف‌های هرز است. مطالعه ترکیبی رقابت گیاه زراعی و علف‌هرز با دزهای کاهش یافته علف‌کش نسبت به بررسی جداگانه این عوامل رویکرد مناسب‌تری جهت بهینه‌سازی مصرف علف‌کش‌ها فراهم می‌آورد. در این رابطه، مطالعات بسیار نزدیکی به این تحقیق توسط پژوهشگرانی مانند برین و همکاران (1)، کیم و همکاران (8، 9)، یوسفی و همکاران (18) و مون و همکارن (11) انجام شده است. برین و همکاران (1) برهمکنش بین دز علف‌کش و رقابت گیاه زراعی با علف‌هرز را بر مبنای زیست‌توده علف‌هرز پیش‌بینی کردند. درحالیکه، کیم و همکاران (8) عملکرد گیاه زراعی و تولید زیست‌توده و بذر علف‌هرز در واکنش به دزهای کاهش یافته علف‌کش را بر اساس تراکم اولیه علف‌هرز مدل‌سازی کردند که نسبت به کمی‌سازی بر مبنای زیست‌توده علف‌هرز آسان‌تر و کاربردی‌تر بنظر می‌رسد.

بهبود قابلیت رقابت گیاه زراعی با علف‌هرز ممکن است به کاهش مصرف علف‌کش کمک نماید. افزایش توان رقابتی گیاه زراعی با انتخاب رقم مناسب (2 و 8) و یا افزایش تراکم گیاه زراعی (10) در بسیاری از مطالعات نشان داده شده است. همچنین، افزایش کارکرد علف‌کش به عنوان پیامدی از بهبود توان رقابتی گیاه زراعی در چندین مطالعه گزارش شده است (8 و 12). نتایج این پژوهش نشان داد که قابلیت رقابتی خردل وحشی در تیمار بدون علف‌کش (پارامتر β_0) در رقم گندم چمران کمتر از رقم گندم ورناک بود که حاکی از توان رقابتی بهتر رقم چمران با علف‌هرز مذکور است. از این‌رو، در رقم گندم ورناک دز بیشتری از علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل" برای 50 درصد کاهش قابلیت رقابتی خردل وحشی لازم بود. کیم و همکاران (8) نیز نشان دادند که ارقام زراعی دارای توان رقابتی بالا برای دستیابی به پتانسیل عملکرد دانه نسبت به ارقام دارای توان رقابتی کم وابستگی کمتری به علف‌کش‌ها داشتند. افزایش قابلیت رقابتی گیاه زراعی از طریق افزایش تراکم گیاه زراعی نیز ممکن است از طریق کاهش توان رقابتی علف‌هرز به کارکرد بهتر علف‌کش منتج شود (1).

در مجموع، در هر دو رقم گندم چمران و ورناک افزایش تراکم علف‌هرز خردل وحشی در شرایط مصرف سطوح بالاتر علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل" تأثیر منفی بر تولید زیست‌توده گیاه زراعی نداشت. در هر دو رقم دز بسیار کمتری از مقدار توصیه شده برای کاهش توان رقابتی علف‌هرز و از اینرو کاهش تأثیر منفی رقابت بر رشد گیاه زراعی لازم بود. برای مثال بر اساس پیش‌بینی مدل، تولید زیست‌توده رقم گندم ورناک در شرایط رقابت با تراکم‌های 12، 24 و 36 بوته خردل وحشی در متر مربع به‌ترتیب با مصرف دزهای بیشتری از 0/56، 0/62 و 0/66 از دز توصیه شده علف‌کش بیش از 650 گرم در متر مربع بدست آمد. درحالی‌که، در هر دو رقم بیشترین کاهش زیست‌توده گندم در شرایط رقابت با تراکم‌های بالاتر علف‌هرز خردل وحشی و سطوح خیلی کم مصرف علف‌کش مشاهده شد. در پاییز شرایط آب و هوایی خوزستان برای رشد گندم از کاشت تا مرحله شروع پر شدن دانه و در برخی سال‌ها تا مرحله گلدهی مناسب و مطابق با نیازهای رشدی ارقام بهاره است (13). از این‌رو، کارکرد خوب دزهای کاهش یافته علف‌کش "یدوسولفورون متیل سدیم + مزوسولفورون متیل + مفن‌پایر دی‌اتیل" ممکن تا حدودی به رشد بهتر گیاه زراعی در این شرایط آب و هوایی مرتبط باشد، درحالی‌که حتی مصرف دزهای کاهش یافته علف‌کش منجر به بازداری رشد علف‌هرز می‌شود. همچنین، رقم گندم چمران هم در شرایط عاری از علف‌هرز و هم در رقابت با خردل وحشی تولید زیست‌توده بالاتری داشت.

منابع

1- Brain P., Wilson B.J., Wright K.J., Seavers G.P., and Caseley J.C. 1999. Modelling the effect of crop and weed on herbicide efficacy in wheat. Weed Research, 39: 21-35.

2- Christensen S. 1994. Crop: weed competition and herbicide performance in cereal species and varieties. Weed

Research, 34: 29–36.
3- Cousens R. 1985. A simple model relating yield loss to weed density. Annals of Applied Biology, 107: 239-252.
4- Derakhshan A., and Gherekhloo J. 2012. Investigating cross-resistance of resistant-*Phalaris minor* to ACCase herbicides. Weed Research Journal, 4: 15-25.
5- Derakhshan A., Gherekhloo J., and Bagherani N. 2015. Effect of row spacing and herbicide application on the growth indices, yield and yield components of rice in direct seeding. Electronic Journal of Plant Production, 8: 31-49.
6- Derakhshan A., Najari Kalantari N., Gherekhloo J., and Kamkar B. 2015. Resistance of Wild mustard (*Sinapis arvensis*) and Turnipweed (*Rapistrum rugosum*) to Tribenuron-methyl Herbicide in Aq Qala. Journal of plant protection, 2: 199-205.
7- Heap I.M. 2016. International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Available at: http://www.weedscience.org/summary/MOASummary.asp.
8- Kim D.S., Brain P., Marshall E.J.P., and Caseley J.C. 2002. Modelling herbicide dose and weed density effects on crop: weed competition. Weed Research, 42: 1-13.
9- 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 Research, 46: 175–184.
10- Lemerle D., Verbeek B., Cousens R.D., and Coombes N.E. 1996. The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds. Weed Research, 36: 505-513.
11- Moon B.C., Kim J.W., Cho S.H., Park J.E., Song J.S., and Kim D.S. 2014. Modelling the effects of herbicide dose and weed density on rice-weed competition. Weed Research, 54: 484–491.
12- Richards M.C., and Whytock G.P. 1993. Varietal competitiveness with weeds. Aspects of Applied Biology 34, Physiology of varieties, 345-354.
13- Siadat S.A., Modhej A., and Esfahani M. Cereals. Jihad-e- Daneshgahi Press. Mashhad.
14- Stoate C., Boatman N.D., Borralho R.J., arvalho C.R., de Snoo G.R., and Eden P. 2001. Ecological impacts of arable intensification in Europe. Journal of Environmental Management, 63: 337–365.
15- Streibig J.C. 1980. Models for curve fitting herbicide dose response data. Acta Agriculturae Scandinavica, 30: 59-64.
16- Waggoner J.K., Henneberger P.K., Kullman G.J., Umbach D.M., Kamel F., Beane Freeman L.E., Alavanja M.C., Sandler D.P., and Hoppin J.A. 2012. International Archives of Occupational and Environmental Health, http://dx.doi.org/10.1007/s00420-012-0752-x
17- Wilson B.J., Wright K.J., Brain P., Clements M., and Stephens E. 1995. Predicting the competitive effects of weed and crop density on weed biomass, weed seed production and crop yield in wheat. Weed Research, 35: 265-278.
18- Yousefi A.R., Gonzalez-Andujar J.L., Alizadeh H., Baghestani M.A., RAhimian Mashhadi H., and Karimmojeni H. 2012. Interactions between reduced rate of imazethapyr and multiple weed species–soyabean interference in a semi-arid environment. Weed Research, 52: 242–251.
19- Zand E., Baghestani M.A., Bitarafan M., and Shimi P. 2007. A guideline for herbicide in Iran. Jihad-e- Daneshgahi Press. Mashhad.