

ارزیابی مدل‌های تجربی رقابت در پیش بینی کاهش عملکرد ارقام گندم (*Triticum aestivum* L.) در تداخل با علف هرز چاودار وحشی (*Secale cereale*)

بیژن سعادتیان^{۱*}، محمد کافی^۲، فاطمه سلیمانی^۳ و گودرز احمدوند^۴

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۹/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۲/۱۶)

چکیده

به منظور ارزیابی مدل‌های تجربی رقابت در پیش بینی کاهش عملکرد گندم، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه نمونه شهرستان درگز انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل چهار رقم گندم (سایسون، الوند، چمران و سپاهان) و تراکم‌های علف هرز چاودار وحشی در پنج سطح ۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ بوته در مترمربع بود. علف هرز چاودار وحشی موجب کاهش عملکرد بیولوژیک و دانه ارقام گندم مورد مطالعه شد. ارقام گندم از نظر کاهش صفات عملکرد بیولوژیک و دانه در تداخل با چاودار وحشی واکنش یکسانی نداشتند. بیشترین و کمترین شیب اولیه کاهش صفات عملکرد بیولوژیک و دانه (پارامتر I) به ترتیب در ارقام چمران (۶/۱۹ و ۱۳/۱۲ درصد) و سپاهان (۱/۲۴ و ۲/۶۲ درصد) به دست آمد. اثر رقابت چاودار وحشی بر عملکرد بیولوژیک ارقام گندم کمتر از عملکرد دانه آنها بود. ضرایب خسارت نسبی به دست آمده در مدل‌های یک و دو پارامتری مبتنی بر سطح برگ و وزن خشک نسبی علف هرز حاکی از قدرت رقابت بالای چاودار وحشی نسبت به ارقام گندم بود. مدل‌های مبتنی بر سطح برگ نسبی و وزن خشک نسبی علف هرز چاودار وحشی نسبت به مدل کاهش عملکرد-تراکم کارایی بالاتری در پیش بینی کاهش عملکرد دانه ارقام گندم داشتند. کمترین مجذور میانگین مربعات خطای رگرسیون بین مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده در مدل‌های دو پارامتری سطح برگ و وزن خشک نسبی علف هرز به دست آمد. با توجه به سهولت تعیین وزن خشک نسبت به سطح برگ، به نظر می‌رسد مدل دو پارامتری وزن خشک نسبی اولیه علف هرز مدل مطلوبی جهت پیش بینی کاهش عملکرد گندم است.

واژه‌های کلیدی: تراکم علف هرز، رگرسیون، سطح برگ نسبی، کارایی مدل، وزن خشک نسبی

مقدمه

(Anderson, 2009; Saadatian *et al.*, 2011). یکی از روش‌های زراعی جهت کاهش مصرف علف‌کش‌ها استفاده از ارقام با توان رقابتی بالا است (Roberts *et al.*, 2001; Paynter and Hills, 2009). به اعتقاد پاولینی و همکاران (Paolini *et al.*, 2006) بررسی خصوصیات ارقام مختلف و تعیین قدرت رقابتی آنها در برابر علف‌های هرز می‌تواند راهگشای توسعه برنامه‌های اصلاحی با تکیه بر خصوصیات مطلوب رقابتی و در نهایت تولید واریته‌های بسیار رقیب است.

امروزه کمی‌سازی روابط رقابتی و استفاده از آنها به منظور مدیریت علف‌های هرز گسترش یافته است و نقش مدل‌های تجربی در توصیف روند تغییرات صفات گیاهی تحت شرایط رقابت و استفاده از پارامترهای تخمینی حاصل از آنها به منظور تعیین بازه اقتصادی مطلوب جهت مدیریت و کنترل علف هرز بسیار حائز اهمیت است (Wilkerson *et al.*, 2002; Saadatian *et al.*, 2012).

برای تعیین میزان کنترل علف‌های هرز، به مدل‌های صحیحی برای پیش‌بینی کاهش عملکرد گیاهان زراعی در اثر تداخل علف‌های هرز نیاز است. چندین مدل تجربی مرتبط با کاهش عملکرد گیاهان زراعی در حضور علف‌های هرز پیشنهاد شده است. در این مدل‌ها از تراکم علف هرز (Cousense, 1985a)، تراکم علف هرز و گیاه زراعی (Cousense, 1985b)، تراکم و زمان نسبی ظهور علف هرز در مقایسه با گیاه زراعی (Cousense *et al.*, 1987) و سطح برگ نسبی علف هرز (Kroppf and Spitters, 1991; Lotz *et al.*, 1996) به عنوان معیار پیش‌بینی کاهش عملکرد گیاه زراعی، استفاده شده است. به طور کلی استفاده از مدل‌های تجربی اشاره شده مبتنی بر معادلات رگرسیونی است. کوزنس (Cousense, 1985a) به منظور پیش‌بینی کاهش عملکرد گیاه زراعی در رقابت با علف‌های هرز، تابع هذلولی راست گوشه را به عنوان بهترین مدل معرفی کرد، اما مطالعات نشان داده است که پارامترهای این مدل تحت تاثیر آب و هوا و خصوصیات خاک در سال‌ها و مکان‌های مختلف تغییر می‌کند (Pester *et al.*, 2000). همچنین نوسانات در مدت زمان سبزشدگی بذرها علف‌های هرزی همچون خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) موجب شد که فاکتور تراکم علف هرز نتواند با دقت مطلوب روند کاهش عملکرد را در گیاهان زراعی توصیف کند

در حال حاضر رقابت بین گندم و علف‌های هرز از مهم‌ترین محدودیت‌های تولید جهانی این گیاه است (Pester *et al.*, 2000; Lemerle *et al.*, 2001; Eslami *et al.*, 2006; White *et al.*, 2006). چاودار وحشی (*Secale montanum*) یک علف هرز مهم گندم زمستانه در سطح جهان به شمار می‌رود و یکی از اولین گونه‌های باریک برگ گزارش شده در محصولات گندم و جو است (Roberts *et al.*, 2001; White *et al.*, 2006). این گیاه به علت دارا بودن تنوع ژنتیکی، قادر است در دامنه وسیعی از شرایط محیطی و جغرافیایی رشد کند (Pester *et al.*, 2000; White *et al.*, 2006). کنترل چاودار به علت دارا بودن خواص رشدی از جمله انعطاف‌پذیری به شرایط مختلف محیطی، مقاومت در برابر خشکی، ظرفیت تولید بالا و نیاز رطوبتی پایین، قدرت جذب بالای آب و مواد غذایی، دارا بودن چرخه زندگی مشابه با گندم و داشتن خواص آلوپاتیک، بسیار مشکل است (Pester *et al.*, 2000).

طی آزمایشات انجام شده، تک بوته‌های علف هرز چاودار وحشی نسبت به تک بوته‌های علف‌های هرز چچم (*Lolium multiflorum* Lam.)، علف پشمکی (*Bromus secalinus* L.)، مادر گندم (*Aegilops cylindrica*) و یولاف وحشی (*Avena fatua*) دارای قدرت رقابتی بالاتر بود (White *et al.*, 2006). همچنین این مطالعات در سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ میلادی نشان داد که تراکم ۵۰ بوته در مترمربع هر یک از علف‌های هرز چاودار وحشی، چچم و علف پشمکی به ترتیب عملکرد گندم را ۹۵، ۶۵ و ۴۰ درصد کاهش داد (White *et al.*, 2006). آزمایشات انجام شده در دو منطقه متفاوت نشان داد که چاودار وحشی در تراکم‌های مشابه، ۱۰ بار رقابت بیشتری از چچم داشت (White *et al.*, 2006).

کاربرد وسیع و مکرر علف‌کش‌ها منجر به ظهور بیوتیپ‌های مقاوم علف‌های هرز شده، که اغلب افزایش هزینه کنترل آن‌ها را در پی داشته است (Eslami *et al.*, 2009; Anderson, 2009). همچنین، آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از کنترل شیمیایی و عدم وجود علف‌کش انتخابی برای بسیاری از علف‌های هرز از جمله چاودار (White *et al.*, 2006)، بر ضرورت توجه به روش‌های جایگزین مصرف علف‌کش‌ها تأکید می‌کند

کارایی تمامی مدل‌ها جهت پیش بینی اثرات کاهش ناشی از رقابت علف هرز چاودار وحشی مورد سنجش قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در سال زراعی ۱۳۸۹-۹۰ در مزرعه نمونه گندم واقع در شهرستان درگز با مختصات عرض جغرافیایی 55° شمالی و طول جغرافیایی 34° شرقی، با ارتفاع ۴۸۰ متر از سطح دریا و متوسط بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر در سال انجام شد. خاک مزرعه تا عمق ۳۰ سانتی‌متری دارای ۰/۱ درصد ماده آلی، pH حدود ۷/۹ و بافت لومی بود.

محل اجرای آزمایش سال قبل، آیش‌گذاری شده و کنترل مکانیکی علف‌های هرز صورت گرفته بود. عملیات آماده‌سازی زمین، شامل شخم و دیسک در مهرماه سال ۱۳۸۹ انجام شد. برای تأمین نیاز غذایی ارقام گندم، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره (به عنوان کود پایه) به صورت خاک مخلوط همراه با عملیات آماده‌سازی به زمین اضافه شد. همچنین در طی مراحل اواخر پنبه‌زنی و اوایل گل‌دهی، مقادیر باقی مانده از کل کود اوره توصیه شده (جدول ۱) برای ارقام، به طور مساوی تقسیم و به صورت سرک مصرف شد.

(Soleymani et al., 2011; Saadatian et al., 2012). مدل دیگری که امروزه جهت محاسبه افت عملکرد گیاه زراعی استفاده می‌شود، مدل ارائه شده توسط کراف و اسپیترز (Kroppf and Spitters, 1991) است. در این مدل کاهش عملکرد گیاه زراعی با استفاده از سطح برگ نسبی اول فصل به جای تراکم و زمان نسبی ظهور علف هرز پیش بینی می‌شود. لوتز و همکاران (Lotz et al., 1996) نیز در مطالعات خود پی بردند که کاهش عملکرد گیاه زراعی بر اساس سطح برگ نسبی علف هرز، نسبت به تراکم آن دقیق‌تر است. استفاده از فاکتور سطح برگ نسبی، صحت مدل‌های پیش بینی کاهش عملکرد را در بسیاری از موارد افزایش داده است (Kroppf and Lotz, 1992; Knezevic et al., 1995; Ngouajio et al., 1999; Saadatian et al., 2012).

در سال‌های اخیر مسائل اقتصادی موجب رویکرد کشاورزان درگز در خراسان رضوی به سمت کشت مداوم گندم شده، که این سیستم تک کشتی، ظهور و توسعه چاودار وحشی در منطقه را به همراه داشته است. پژوهش حاضر به منظور تعیین قدرت رقابتی ارقام گندم قابل کشت منطقه در شرایط تداخل با علف هرز چاودار وحشی انجام شد. علاوه بر مدل‌های متداول مبتنی بر تراکم و سطح برگ نسبی علف هرز، از مدل‌های تغییر شکل یافته یک و دو پارامتری وزن خشک نسبی علف هرز نیز برای پیش بینی کاهش عملکرد دانه گندم استفاده شده و

جدول ۱- مشخصات ارقام گندم مورد بررسی

Table 1. Characteristics of studied wheat varieties

رقم Cultivar	تیپ رشدی Growing type	ارتفاع بوته (سانتی- متر) Height plant (cm)	کود اوره (کیلوگرم در هکتار) Urea (kg.ha ⁻¹)	زمان رسیدن Maturing time	وزن هزاردانه (گرم) 1000-grain weight (g)	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (t.ha ⁻¹)
سایسون Sayson	بهاره Spring	90	175	دیررس Late	42	7.5
الوند Alvand	بینابین Intermediate	115	125	نسبتاً دیررس Relatively late	40	6.4
چمران Chamran	بهاره Spring	95	175	زودرس Early	39	6.2
سپهان Sepahan	بهاره Spring	100	150	زودرس Early	40	7.1

منبع اطلاعات ارایه شده، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی است.

Source of information is from Agriculture and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi Province.

مساحت یک مترمربع صورت گرفت. بوته‌های گندم از علف هرز چاودار وحشی تفکیک شد. سپس تعداد سنبله در واحد سطح چاودار وحشی و گندم شمارش شد. در ادامه، تعداد ۳۰ سنبله گندم از هر کرت به صورت تصادفی جدا و جهت تعیین تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه مورد استفاده قرار گرفت. پس از جداسازی دانه و کاه، با استفاده از ترازوی با دقت یک هزارم عملکرد بیولوژیک و دانه گندم توزین شد.

برای تخمین کاهش عملکرد بیولوژیک و دانه ارقام گندم در سطوح تراکم علف هرز چاودار وحشی، از مدل دو پارامتری کاهش عملکرد-تراکم استفاده شد (Cousens, 1985a) (معادله ۱). در این معادله Y_L درصد کاهش عملکرد بیولوژیک یا دانه گندم، D_s تراکم چاودار وحشی بر حسب بوته در مترمربع، I کاهش عملکرد بیولوژیک یا دانه گندم به ازای تک بوته چاودار وحشی، وقتی که تراکم آن به سمت صفر میل می‌کند و A حداکثر کاهش عملکرد بیولوژیک یا دانه گندم در تراکم‌های بالای علف هرز است.

$$Y_L = \frac{I \cdot D_s}{1 + \frac{I \cdot D_s}{A}} \quad (1)$$

از مدل‌های یک پارامتری کراف و اسپیتزر (Kroppf and Spitters, 1991) (معادله ۲) و دو پارامتری کراف و لوتز (Kroppf and Lotz, 1992) (معادله ۳) نیز برای تعیین رابطه بین کاهش عملکرد دانه گندم با سطح برگ نسبی علف هرز استفاده شد:

$$Y_L = \frac{qLw}{[1 + (q - 1)]Lw} \quad (2)$$

$$Y_L = \frac{qLw}{[1 + (\frac{q}{m} - 1)]Lw} \quad (3)$$

در این روابط، Y_L درصد کاهش عملکرد دانه گندم، q ضریب خسارت نسبی و m حداکثر کاهش عملکرد گندم است. Lw نیز سطح برگ نسبی علف هرز چاودار وحشی (۱۰۰ روز پس از کاشت) است که با استفاده از معادله ۴ محاسبه شد.

$$Lw = \frac{LAI_{weed}}{(LAI_{wheat} + LAI_{weed})} \quad (4)$$

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل چهار رقم گندم با مشخصات ارائه شده در جدول ۱ و تراکم‌های علف هرز چاودار وحشی در پنج سطح ۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ بوته در مترمربع بود. در بیستم آبان ماه سال ۱۳۸۹ بذرهای ارقام گندم با توجه به وزن هزار دانه و قوه نامیه، با تراکم ۴۵۰ بوته در مترمربع به صورت یکنواخت در کرت‌هایی به ابعاد ۴×۲ متر و با فواصل ردیف ۲۰ سانتی‌متری با دست بر روی پشته‌ها کشت شد. با توجه به شرایط محیطی و قوه نامیه بذر علف هرز چاودار وحشی، برای اطمینان از حصول تراکم‌های مورد نظر، تعداد بذر کشت شده چاودار وحشی ۲۰ درصد بیشتر منظور شد (Saadatian et al., 2012). بذور علف هرز نیز همزمان در ردیف‌های گندم کشت شد. دو هفته پس از تکمیل سبز شدن، شمارش بوته‌های چاودار وحشی در کرت‌های آزمایش انجام شد. به غیر از سه کرت که دارای یک الی دو بوته کمتر از تراکم مورد نظر بودند، در سایر کرت‌ها تراکم‌های مورد نظر بدست آمد. از این رو در قسمت برآزش مدل‌ها، تراکم‌های واقعی چاودار وحشی در هر کرت منظور شد.

در طول فصل رشد به جز علف هرز چاودار وحشی، سایر گونه‌های هرز به صورت مستمر با دست وجین شدند. آبیاری به صورت نشتی در پنج مرحله از رشد گندم (خاک آب، ساقاب، خوشاب، گل آب، داناب) انجام شد. به منظور مبارزه با آفت سن از سم دسیس (دلتامترین) به میزان ۰/۳ لیتر در هکتار استفاده شد.

جهت اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک نسبی علف هرز، ۱۰۰ روز بعد از کاشت (یکم اسفند ماه) با کوادراتی به مساحت ۰/۱۲۵ مترمربع (۲۰×۵/۶۲ سانتی-متر) به صورت تخریبی از نیمه بالایی کرت‌های آزمایشی نمونه‌برداری صورت گرفت و سطح برگ گندم و چاودار وحشی ابتدا بر روی کاغذ شطرنجی قرار داده شد و پس از عکس برداری از آنها، توسط نرم افزار JM (ver 1.2) microVision اندازه‌گیری شد. سپس بوته‌های تفکیک شده گندم و چاودار در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و با ترازوی دارای دقت یک هزارم توزین شدند.

در پنجم تیرماه سال ۱۳۹۰، برداشت نهایی از نیمه پایینی هر کرت با رعایت اثر حاشیه و با کوادراتی به

مقایسه آنها از ضریب تبیین تصحیح شده (R^2_{Adj}) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شد (Ngouajio *et al.*, 1999; Soleymani *et al.*, 2011; Saadatian *et al.*, 2012).

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک: عملکرد بیولوژیک ارقام گندم الوند، چمران، سپاهان و سایسون در شرایط عدم تداخل با علف هرز چاودار وحشی به ترتیب ۱۴۱۶، ۱۳۵۰، ۱۲۶۶ و ۱۰۱۶ گرم در مترمربع بود (جدول ۲). اما افزایش تراکم علف هرز چاودار وحشی موجب کاهش عملکرد بیولوژیک ارقام گندم نسبت به شرایط کشت خالص شد (شکل ۱-ا). در بین ارقام مورد بررسی، عملکرد بیولوژیک رقم چمران در تداخل با تراکم‌های مختلف چاودار وحشی کاهش بیشتری نشان داد (شکل ۱-ب)، به طوری که به ازاء ورود اولین بوته علف هرز (پارامتر I)، عملکرد بیولوژیک این رقم ۶/۱۹ درصد افت داشت که در مقایسه با ارقام سایسون، الوند و سپاهان به ترتیب ۴/۱، ۴/۸۳ و ۴/۹۵ درصد بالاتر بود (جدول ۲). در تراکم‌های به کار برده شده علف هرز چاودار وحشی، رقم سپاهان کمترین افت عملکرد بیولوژیک را نسبت به دیگر ارقام دارا بود (شکل ۱-ب). به طوری که در تراکم ۸۰ بوته در مترمربع چاودار وحشی، عملکرد بیولوژیک رقم یاد شده ۸۴۰ گرم در مترمربع بود. اما عملکرد بیولوژیک ارقام سایسون، الوند و چمران در بالاترین تراکم چاودار وحشی (۸۰ بوته در مترمربع) به ترتیب به ۴۳۸، ۷۴۶ و ۵۱۰ گرم در مترمربع رسید. مقادیر به دست آمده برای حداکثر افت تخمینی (پارامتر A) عملکرد بیولوژیک ارقام گندم در بالاترین تراکم‌های ممکنه چاودار وحشی حاکی از آثار کاهشی شدید علف هرز بر صفت مزبور بود و در این بین، رقم سپاهان کمترین مقدار پارامتر A را نسبت به دیگر ارقام دارا بود (جدول ۲).

مطالعات نگواجیو و همکاران (Ngouajio *et al.*, 2001) نشان داد که وزن خشک تولیدی ارقام مختلف ذرت (*Zea mays*) در اثر رقابت با گاوپنبه (*Abutilon theophrasti*) کاهش یافت. اما در ارقام رقیب نسبت به ارقام ضعیف‌تر، تداخل علف هرز گاوپنبه تاثیر منفی

ضریب خسارت نسبی (q) بیانگر توانایی نسبی رقابت علف‌هرز در برابر گیاه زراعی است (Lotz *et al.*, 1996). منحنی‌های محدب مرتبط با مقادیر بزرگتر از یک ضریب خسارت نسبی ($q > 1$)، قدرت رقابت بالاتر علف هرز و در نتیجه کاهش بیشتر عملکرد گیاه زراعی و منحنی‌های مقعر مرتبط با مقادیر کمتر از یک ($q < 1$)، برتری گیاه زراعی را نشان می‌دهد. در صورتی که ضریب خسارت نسبی برابر یک است ($q = 1$)، مبین توان رقابتی یکسان گیاه زراعی و علف هرز است و نمودار کاهش عملکرد به خط مستقیم نزدیک می‌شود (Kroppf and Spitters, 1991). ضریب q به عنوان ارزشی از ضریب I (که تنها بیان کننده اثرات تراکم، بر عملکرد است) توسط سطح برگ نسبی گونه‌ها برای منظور نمودن اثر فاصله زمانی بین سبز شدن گیاه زراعی و علف هرز در نظر گرفته می‌شود (Soleymani *et al.*, 2011; Saadatian *et al.*, 2012).

از مدل‌های تغییر شکل یافته یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی (معادلات ۵ و ۶) نیز برای برآورد کاهش عملکرد دانه گندم براساس وزن خشک نسبی علف هرز چاودار وحشی استفاده شد (Lutman *et al.*, 2000; Saadatian *et al.*, 2012):

$$YL = \frac{qDw}{[1 + (q - 1)]Dw} \quad (5)$$

$$YL = \frac{qDw}{[1 + (\frac{q}{m} - 1)]Dw} \quad (6)$$

پارامترهای q و m مشابه معادله‌های ۲ و ۳ و Dw نیز وزن خشک نسبی علف هرز (۱۰۰ روز پس از کاشت) است که توسط معادله ۷ به دست آمد (Saadatian *et al.*, 2012).

$$Dw = \frac{DM_{weed}}{(DM_{wheat} + DM_{weed})} \quad (7)$$

برای برآورد پارامترهای مدل‌ها از نرم افزار آماری SAS و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد. به منظور ارزیابی مدل‌های کاهش عملکرد-تراکم، سطح برگ و وزن خشک نسبی علف هرز در شبیه سازی افت عملکرد دانه گندم، رگرسیون خطی بین مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده برآزش داده شد و برای

جدول ۲- پارامترهای حاصل از برازش مدل دو پارامتری کاهش عملکرد-تراکم به داده‌های عملکرد بیولوژیک و دانه ارقام گندم در تداخل با تراکم‌های مختلف علف هرز چاودار وحشی

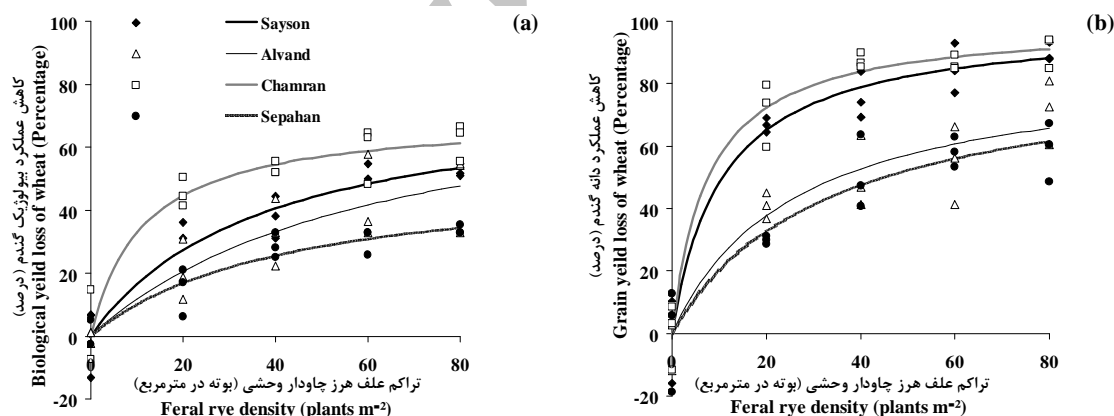
Table 2. Parameters from fitting two-parameter model of density -yield loss to biological and grain yield data of wheat cultivars in interference with different densities of feral rye

صفت Trait	رقم Cultivar	Y_{wf} (g m ⁻²)	I±SE	A±SE	R ² _{Adj}	RMS
عملکرد بیولوژیک گندم Biological yield of wheat	سایسون Sayson	1016.667	2.09±0.563	78.62±14.912	0.89	47.2
	الوند Alvand	1416.662	1.36±0.507	84.98±34.147	0.78	83.6
	چمران Chamran	1350.001	6.19±2.231	69.87±6.595	0.92	47.8
	سپاهان Sepahan	1266.667	1.24±0.342	52.82±11.243	0.88	21.3
عملکرد دانه گندم Grain yield of wheat	سایسون Sayson	472.467	9.40±2.579	99.76±6.822	0.95	53.9
	الوند Alvand	697.147	3.34±1.174	86.99±15.840	0.85	101.2
	چمران Chamran	630.387	13.12±3.759	99.68±5.366	0.96	42.4
	سپاهان Sepahan	506.547	2.62±0.863	87.11±18.109	0.85	88.1

Y_{wf} , I, SE, A, R² و RMS به ترتیب عملکرد گندم در کشت خالص، شیب اولیه مدل دو پارامتری کاهش عملکرد، خطای استاندارد، حداکثر

افت تخمینی صفت مورد نظر، ضریب تبیین تصحیح شده و باقیمانده میانگین مربعات مدل است.

Y_{wf} , I, SE, A, R² and RMS are weed free yield of wheat, initial slope of two-parameter yield loss-density model, standard error, maximum estimated yield loss of studied trait, adjusted coefficient of determination and residual mean square of the model, respectively.



شکل ۱- روند کاهش عملکرد بیولوژیک (a) و عملکرد دانه (b) ارقام گندم در شرایط تداخل با تراکم‌های مختلف علف هرز چاودار وحشی با استفاده از مدل دو پارامتری کاهش عملکرد-تراکم.

Figure 1. Trend of biological (a) and grain yield (b) loss of wheat cultivars in interference with different densities of feral rye by use of two-parameter density-yield loss model.

نظر صفت عملکرد بیولوژیک با یکدیگر اختلاف داشته و ارقام دارای قدرت رقابتی بالا نسبت به سایر ارقام از عملکرد بیولوژیک بیشتری برخوردار بودند. همچنین، آنها

کمتری بر وزن خشک گیاه داشت. صفاهانی و همکاران (Safahani *et al.*, 2007) نیز دریافتند که ارقام کلزا (*Brassica napus*) در شرایط تداخل با خردل وحشی، از

Young, 2004; Anderson, 2009; Saadatian *et al.*, 2011). که با نتایج بدست آمده در این بررسی مطابقت داشت. پینتر (Paynter, 2010) در مطالعات خود عنوان داشت که افت کمتر عملکرد ارقام جو در شرایط تداخل با علف هرز چچم نشان دهنده برتری رقابتی ارقام مزبور است. همچنین نتایج کلی بررسی‌های دو ساله در پنج منطقه مختلف نشان داد که ارقام جو دارای قدرت رقابتی بالاتر، در هر دو شرایط کشت خالص و تداخل با علف هرز چچم دارای عملکرد بالاتری نسبت به دیگر ارقام مورد بررسی بودند (Paynter and Hills, 2009). صفاهانی و همکاران (Safahani *et al.*, 2007) گزارش کردند که در شرایط تداخل با ۳۰ بوته خردل وحشی در متر مربع، عملکرد دانه ارقام رقیب کلزا ۵۲ درصد کاهش یافت، اما در ارقام غیررقیب این میزان بین ۶۴ تا ۹۵ درصد بود. نتایج بررسی‌های سعادتیان و همکاران (Saadatian *et al.*, 2011) نیز حاکی از حساسیت بیشتر عملکرد رقم غیر رقیب گندم نسبت به رقم رقیب در تداخل با هر دو گونه علف هرز چاودار و خردل وحشی بود. با توجه به یافته‌های سایر تحقیقات انجام شده به نظر می‌رسد که رقم سپاهان به دلیل افت کمتر عملکرد دانه در شرایط رقابت با علف هرز، برترین رقم از این نظر در مقایسه با سایر ارقام بوده و در مرتبه‌های بعدی به ترتیب ارقام الوند، سایسون و چمران قرار داشته‌اند.

مقایسه پارامترهای به دست آمده برای صفات عملکرد بیولوژیک و دانه ارقام گندم نشان داد که تولید ماده خشک کل در مقایسه با عملکرد اقتصادی گندم کمتر تحت تاثیر اثرات تداخلی علف هرز چاودار وحشی قرار گرفت (جدول ۲، شکل ۱). نتایج بررسی رقابت بین دو رقم گندم با گونه‌های هرز چاودار و خردل وحشی نیز حاکی از تاثیر بیشتر رقابت علف هرز بر صفت عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک آن بود (Saadatian *et al.*, 2012). صفاهانی و همکاران (Safahani *et al.*, 2007) علت این امر را حساسیت بیشتر رشد زایشی گیاهان به تنش‌ها در مقایسه با رشد رویشی و کوتاه بودن طول دوره تشکیل دهنده عملکرد دانه نسبت به دوره تشکیل دهنده عملکرد بیولوژیک دانستند.

مدل‌های یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی علف هرز: با افزایش سطح برگ نسبی اولیه علف هرز چاودار

عنوان داشتند که بالا بودن این صفت در شرایط رقابت می‌تواند سبب کاهش بیوماس و تولید بذر علف هرز شود. سعادتیان و همکاران (Saadatian *et al.*, 2011) ضمن بررسی تداخل دو گونه هرز خردل وحشی و چاودار در دو رقم گندم با استفاده از مدل کاهش عملکرد-تراکم دریافتند که رقم غیر رقیب سایسون نسبت به رقم الوند در شرایط رقابت با هر دو گونه علف هرز افت عملکرد بیولوژیک بیشتری نشان داد. نتایج تحقیقات دیگر نیز حاکی از تاثیرپذیری کمتر عملکرد بیولوژیک ارقام رقیب گیاهان زراعی در شرایط تداخل با علف‌های هرز است (Roberts *et al.*, 2001; Yenish and Young, 2004; Mennan and Zandstra, 2005; Paynter and Hills, 2009). از این رو چنین به نظر می‌رسد که در صفت عملکرد بیولوژیک، رقم چمران کمترین توان رقابتی را در تداخل با علف هرز چاودار وحشی داشته است و در مقابل رقم سپاهان نسبت به دیگر ارقام از قدرت رقابتی بالاتری برخوردار بوده است.

عملکرد دانه: در شرایط کشت خالص، عملکرد دانه ارقام گندم الوند، چمران، سپاهان و سایسون به ترتیب ۶۹۷، ۶۳۰، ۵۰۶ و ۴۷۲ گرم در مترمربع بود (جدول ۲). با افزایش تراکم علف هرز چاودار وحشی، عملکرد دانه ارقام گندم نیز تحت تاثیر رقابت نقصان یافت (شکل ۱-b) و دو رقم سپاهان و چمران به ترتیب کمترین و بیشترین مقادیر شیب اولیه کاهش عملکرد دانه (پارامتر I) را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). در بالاترین سطح تراکم چاودار وحشی (۸۰ بوته در مترمربع)، عملکرد دانه ارقام الوند، چمران، سپاهان و سایسون به ترتیب به ۲۰۰، ۵۸، ۲۰۹ و ۴۸ گرم در مترمربع رسید. بیشترین افت تخمینی ناشی از تراکم‌های بالای علف هرز چاودار وحشی (پارامتر A) برای ارقام سایسون و چمران بیش از ۹۹ درصد به دست آمد که حاکی از اثرات منفی شدیدتر این علف هرز در دو رقم مزبور نسبت به الوند و سپاهان است (جدول ۲). میزان تغییرات صفات عملکرد بیولوژیک و دانه رقم الوند در تیمارهای تراکمی چاودار وحشی بسیار نزدیک به رقم سپاهان بود (شکل ۱) و از نظر پارامتر I در صفات مزبور اختلاف کمی بین این دو رقم مشاهده شد (جدول ۲).

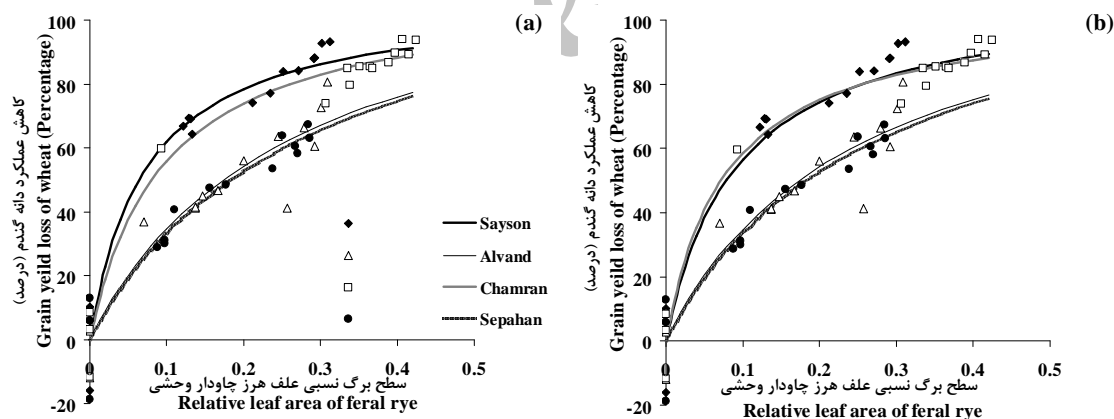
گزارشات محققان نشان دهنده رابطه غیر خطی بین افزایش تعداد بوته علف هرز و کاهش عملکرد دانه گیاه زراعی است (Roberts *et al.*, 2001; Yenish and

جدول ۳- نتایج حاصل از برازش مدل‌های یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی چاودار وحشی به کاهش عملکرد دانه ارقام گندم
Table 3. Results of fitting one and two-parameter models of relative leaf area of feral rye to wheat varieties grain yield loss

مدل سطح برگ نسبی Relative leaf area model	رقم Cultivar	$q \pm SE$	$m \pm SE$	R^2_{Adj}	RMS
یک پارامتری One-parameter	سایسون Sayson	14.47 ± 1.595	-	0.96	0.004035
	الوند Alvand	4.74 ± 0.503	-	0.90	0.007371
	چمران Chamran	11.30 ± 1.385	-	0.98	0.003081
	سپاهان Sepahan	4.43 ± 0.377	-	0.92	0.004801
دو پارامتری Two-parameter	سایسون Sayson	11.67 ± 2.519	1.00 ± 0.077	0.97	0.004038
	الوند Alvand	4.86 ± 1.410	0.98 ± 0.193	0.89	0.007933
	چمران Chamran	13.28 ± 3.784	0.97 ± 0.043	0.98	0.003224
	سپاهان Sepahan	4.55 ± 0.99	0.98 ± 0.164	0.92	0.005056

q , SE , m , R^2 و RMS به ترتیب ضریب خسارت نسبی علف هرز، خطای استاندارد، حداکثر خسارت علف هرز، ضریب تبیین تصحیح شده و باقیمانده میانگین مربعات مدل است.

q , SE , m , R^2 and RMS are Relative damage coefficient, standard error, maximum damage of weed, adjusted coefficient of determination and residual mean square of the model, respectively.



شکل ۲- روند کاهش عملکرد دانه ارقام گندم در تداخل با چاودار وحشی توسط مدل‌های یک پارامتری (a) و دو پارامتری (b) سطح برگ نسبی علف هرز.

Figure 2. Trend of grain yield loss of wheat cultivars in interference with feral rye by use of one-parameter (a) and two-parameter (b) models of relative weed leaf area.

گندم بود (جدول ۳، شکل ۲). رقم سپاهان کمترین مقادیر ضریب خسارت نسبی مدل‌های یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی را به خود اختصاص داد. در هر دو مدل یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی، اختلاف بسیار کمی بین ضرایب خسارت نسبی ارقام الوند و سپاهان وجود

وحشی، عملکرد دانه ارقام گندم در هر دو مدل یک (شکل ۲- a) و دو پارامتری (شکل ۲- b) کاهش نشان داد. ضرایب خسارت نسبی و منحنی‌های محدب به دست آمده برای مدل‌های یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی، حاکی از قدرت رقابتی بسیار زیاد چاودار وحشی نسبت به ارقام

مقادیر این ضریب در مدل یک پارامتری وزن خشک نسبی نسبت به مدل یک پارامتری سطح برگ نسبی برای ارقام سایسون، الوند، چمران و سپاهان به ترتیب $۱۰/۴$ ، $۱۵/۴$ ، $۳/۸$ و $۱۵/۳$ درصد کمتر برآورد شد (جدول ۳ و ۴). ضریب خسارت مدل یک پارامتری وزن خشک نسبی، در رقم سایسون بیشتر از رقم چمران برآورد شد (جدول ۴). در حالی که پارامتر I (شیب اولیه کاهش عملکرد دانه) در رقم چمران بالاتر از رقم سایسون به دست آمده بود (جدول ۲). این نتایج مشابه یافته‌های حاصل از بررسی مدل‌های یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی است (جدول ۳). ضریب خسارت نسبی به دست آمده از مدل دو پارامتری وزن خشک نسبی علف هرز با پارامتر I حاصل از مدل دو پارامتری کاهش عملکرد-تراکم در همه ارقام گندم متناسب بود. به طوری که بیشترین و کمترین مقادیر q و پارامتر I در ارقام چمران و سپاهان به دست آمد (جدول ۲ و ۴)، که با نتایج مدل دو پارامتری سطح برگ نسبی علف هرز نیز مطابقت داشت (جدول ۲، ۳ و ۴). یافته‌های سعادتیان و همکاران (Saadatian et al., 2012) حاکی از توصیف مطلوب مدل‌های یک و دو پارامتری وزن خشک نسبی علف‌های هرز چاودار و خردل وحشی بود. همچنین ضریب خسارت نسبی معادله‌های یک و دو پارامتری این مدل برای علف هرز چاودار وحشی، در رقم غیر رقیب سایسون نسبت به الوند به ترتیب $۲۰/۷$ و $۱۶/۸$ درصد بیشتر بود و در رقابت با خردل وحشی این اختلاف به ترتیب به $۲۱/۳$ و $۱۸/۸$ درصد رسید.

ارزیابی کارایی مدل‌های ارائه شده: بررسی شیب رگرسیون خطی بین مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده حاکی از آن بود که در اکثر موارد، مقادیر تخمینی مدل‌های یک و دو پارامتری وزن خشک نسبی علف هرز کمی بیشتر از مقادیر مشاهده شده برآورد شد. از این رو، شیب‌های به دست آمده کمی بیشتر از یک بود (جدول ۵). به جز در رقم سایسون در سایر ارقام شیب رگرسیونی برای مدل سطح برگ نسبی یک پارامتری کمتر از یک به دست آمد. به عبارت دیگر، این مدل پیش‌بینی کمتری از مقادیر حقیقی خسارت علف هرز چاودار وحشی را نشان داد (جدول ۵). عرض از مبدأ تخمینی برای مدل‌ها معنی‌دار نشد و از نظر آماری معتبر نبود (جدول ۵).

مقایسه مجذور میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین تصحیح شده (جدول ۵) نشان داد که مدل‌های سطح برگ

داشت که با نتایج به دست آمده از مدل کاهش عملکرد تراکم منطبق بود (جدول ۲ و ۳). ضریب خسارت نسبی مدل یک پارامتری در رقم سایسون نسبت به رقم چمران بیشتر بود (جدول ۲) همچنین خط رگرسیونی کاهش عملکرد رقم سایسون بالاتر از چمران قرار گرفت (شکل ۳-a). در حالی که در مدل دو پارامتری سطح برگ نسبی، عکس حالت یاد شده وجود داشت (جدول ۳ و شکل ۳-b) و از این نظر، نتایج مدل دو پارامتری سطح برگ نسبی علف هرز با یافته‌های مدل دو پارامتری کاهش عملکرد-تراکم مشابه بود (جدول ۲ و ۳). به نظر می‌رسد وجود یک حد مجانب افقی در مدل دو پارامتری سطح برگ نسبی سبب پیش‌بینی بهتر و ارائه ضرایب خسارت متناسب با نتایج به دست آمده برای شیب اولیه کاهش عملکرد دانه (پارامتر I) از مدل کاهش عملکرد-تراکم در ارقام گندم مورد بررسی شده است.

بررسی مقادیر ضریب خسارت نسبی مدل‌های یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی گونه‌های علف هرز چاودار و خردل وحشی در شرایط تداخل با ارقام گندم توسط سعادتیان و همکاران (Saadatian et al., 2012) نیز حاکی از برتری رقابتی گونه‌های هرز بود و پارامتر یاد شده در رقم رقیب گندم کمتر از رقم غیر رقیب به دست آمد. همچنین یافته‌های ایشان مبین ارتباط مستقیم بین شیب اولیه کاهش مدل دو پارامتری مبتنی بر تراکم با پارامتر q مدل سطح برگ نسبی بود که با نتایج به دست آمده در این تحقیق مطابقت داشت. در آزمایشی دیگر نیز مدل‌های یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی نسبت به مدل دو پارامتری مبتنی بر تراکم در پیش‌بینی کاهش عملکرد کلزا در سطوح کاربرد کود نیتروژن دارای ضریب تبیین بالا و میانگین مربعات باقیمانده پایین بودند و مدل دو پارامتری سطح برگ نسبی بیشترین کارایی را داشت (Soleymani et al., 2011).

مدل‌های یک و دو پارامتری وزن خشک نسبی علف

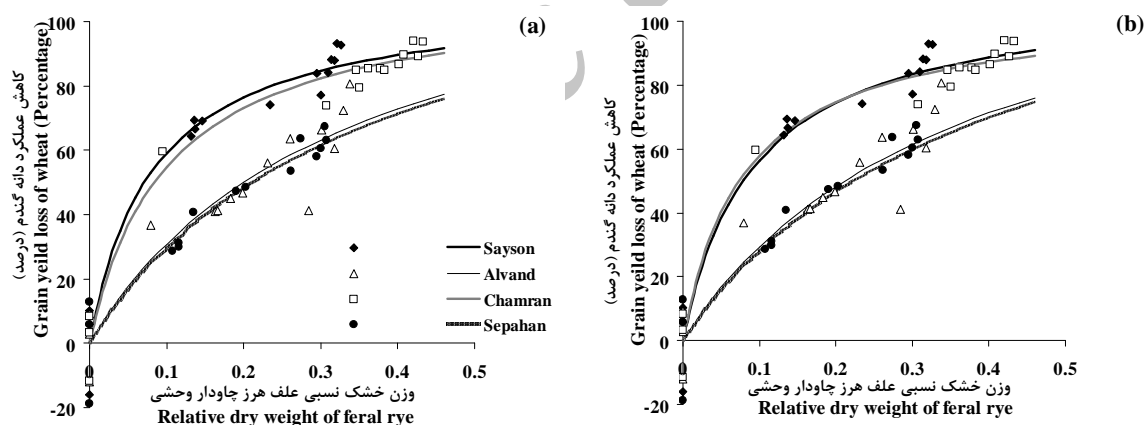
هرز: کاربرد وزن خشک نسبی علف هرز به جای سطح برگ نسبی آن نیز به خوبی اثرات منفی رقابت چاودار وحشی بر عملکرد دانه ارقام گندم را نشان داد (شکل ۳، جدول ۴). هرچند روند تغییرات ضریب خسارت نسبی به دست آمده برای مدل یک پارامتری وزن خشک نسبی علف هرز در بین ارقام گندم مورد مطالعه مشابه نتایج حاصل از مدل یک پارامتری سطح برگ نسبی بود، اما

جدول ۴- نتایج حاصل از برازش مدل‌های یک و دو پارامتری وزن خشک نسبی چاودار وحشی به کاهش عملکرد دانه ارقام گندم
Table 4. Results of fitting one and two-parameter models of relative dry weight of feral rye to wheat cultivars grain yield loss

مدل وزن خشک نسبی Relative dry weight model	رقم Cultivar	$^1q \pm SE$	$^3m \pm SE$	$^4R^2_{Adj}$	5RMS
یک پارامتری One-parameter	سایسون Sayson	12.97±1.491	-	0.96	0.00431
	الوند Alvand	4.01±0.433	-	0.89	0.007703
	چمران Chamran	10.87±1.331	-	0.98	0.00307
	سپاهان Sepahan	3.75±0.316	-	0.92	0.004692
دو پارامتری Two-parameter	سایسون Sayson	11.70±2.813	1.00±0.071	0.96	0.004568
	الوند Alvand	3.73±1.117	1.00±0.257	0.88	0.008263
	چمران Chamran	12.99±3.669	0.97±0.041	0.98	0.003189
	سپاهان Sepahan	3.49 ±0.758	1.00±0.218	0.92	0.005003

q , m , SE , R^2 و RMS به ترتیب ضریب خسارت نسبی علف هرز، خطای استاندارد، حداکثر خسارت علف هرز، ضریب تبیین تصحیح شده و باقیمانده میانگین مربعات مدل است.

q , SE , m , R^2 and RMS are relative damage coefficient, standard error, maximum damage of weed, adjusted coefficient of determination and residual mean square of the model, respectively.



شکل ۳- روند کاهش عملکرد دانه ارقام گندم در تداخل با چاودار وحشی توسط مدل‌های یک پارامتری (a) و دو پارامتری (b) وزن خشک نسبی علف هرز.

Figure 3. Trend of grain yield loss of wheat cultivars in interference with feral rye by use of one-parameter (a) and two-parameter (b) models of relative weed dry weight.

خسارت نسبی آنها نیز متناسب با پارامتر I مدل مبتنی بر تراکم بود (جدول‌های ۲، ۳ و ۴) و از اینرو بهترین مدل‌های برازش یافته بر داده‌ها بودند.

در مطالعات نزویک و همکاران (Knezevic *et al.*, 1995) نیز مدل دو پارامتری سطح برگ نسبی، تخمین دقیق‌تری از کاهش عملکرد در گیاه ذرت در رقابت

نسبی و وزن خشک نسبی که برآیندی از بیوماس، زمان نسبی سبز شدن و توان رقابتی اولیه علف هرز هستند، بر مدل کاهش عملکرد-تراکم برتری داشتند. به طور کلی علاوه بر آنکه مدل‌های سطح برگ نسبی و وزن خشک نسبی دو پارامتری نسبت به مدل‌های یک پارامتری، مجذور میانگین مربعات خطای کمتری داشتند، ضرایب

جدول ۵- نتایج تجزیه رگرسیون خطی مقادیر مشاهده شده کاهش عملکرد دانه ارقام گندم در مقابل مقادیر شبیه سازی شده آن برای مدل‌های ارائه شده

Table 5. Analysis results of linear regression of observed values of wheat cultivars yield loss against its simulated values for offered models

رقم گندم Wheat cultivar	مدل Model	شیب Slope	عرض از مبدأ Intercept	RMSE	R ² _{Adj}
سایسون Sayson	Density تراکم	0.999**	-0.072 ^{ns}	53.862	0.95
	سطح برگ نسبی یک پارامتری 1-parameter model of relative leaf area	1.015**	-0.577 ^{ns}	43.026	0.96
	سطح برگ نسبی دو پارامتری 2-parameter model of relative leaf area	1.057**	-0.109 ^{ns}	40.561	0.97
	وزن خشک نسبی یک پارامتری 1-parameter model of relative dry weight	1.008**	-0.284 ^{ns}	46.293	0.96
	وزن خشک نسبی دو پارامتری 2-parameter model of relative dry weight	1.026**	-0.033 ^{ns}	45.714	0.96
	الوند Alvand	Density تراکم	0.933**	0.386 ^{ns}	101.183
سطح برگ نسبی یک پارامتری 1-parameter model of relative leaf area		0.982**	0.985 ^{ns}	79.108	0.88
سطح برگ نسبی دو پارامتری 2-parameter model of relative leaf area		0.986**	0.816 ^{ns}	79.150	0.88
وزن خشک نسبی یک پارامتری 1-parameter model of relative dry weight		0.991**	0.663 ^{ns}	82.816	0.88
وزن خشک نسبی دو پارامتری 2-parameter model of relative dry weight		1.017**	0.896 ^{ns}	82.470	0.88
چمران Chamran		Density تراکم	1.000**	-0.028 ^{ns}	42.406
	سطح برگ نسبی یک پارامتری 1-parameter model of relative leaf area	0.989**	0.525 ^{ns}	32.977	0.97
	سطح برگ نسبی دو پارامتری 2-parameter model of relative leaf area	0.999**	0.113 ^{ns}	32.232	0.98
	وزن خشک نسبی یک پارامتری 1-parameter model of relative dry weight	0.988**	0.577 ^{ns}	32.804	0.97
	وزن خشک نسبی دو پارامتری 2-parameter model of relative dry weight	0.997**	0.119 ^{ns}	31.889	0.98
	سپاهان Sepahan	Density تراکم	1.007**	-0.378 ^{ns}	88.011
سطح برگ نسبی یک پارامتری 1-parameter model of relative leaf area		0.996**	0.128 ^{ns}	50.614	0.92
سطح برگ نسبی دو پارامتری 2-parameter model of relative leaf area		1.000**	-0.077 ^{ns}	50.554	0.92
وزن خشک نسبی یک پارامتری 1-parameter model of relative dry weight		1.015**	-0.631 ^{ns}	50.389	0.92
وزن خشک نسبی دو پارامتری 2-parameter model of relative dry weight		1.044**	0.355 ^{ns}	50.106	0.92

RMSE و R² به ترتیب مجذور میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین تصحیح شده است.

RMSE and R² are root mean square error and adjusted coefficient of determination.

همکاران (Conley et al., 2003) نیز از مدل بسط داده شده سطح برگ نسبی اولیه برای تخمین رقابت دو گونه علف هرز دم روباهی (*Setaria faberi*) و سلمه تره (*Chenopodium album*) با گیاه سویا (*Glycine max* L.) استفاده کردند و نشان دادند که مدل سطح برگ نسبی در مقابل مدل کاهش عملکرد-تراکم از کارآیی

با تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) ارایه داد. نتایج بررسی ویتا و کوینتانایلا (Vitta and Quintanilla, 1996) نشان داد که مجموع مربعات باقیمانده مدل کاهش عملکرد-تراکم علف هرز خردل سفید (*Sinapis alba*) در تداخل با گندم، ۷۵ درصد بیشتر از مجموع مربعات باقیمانده مدل سطح برگ نسبی بود. کانلی و

خطا و بیشترین ضرایب تبیین را دارا بودند که با نتایج این بررسی مطابقت داشت.

به طور کلی، نتایج این تحقیق حاکی از اثرات منفی علف هرز چاودار وحشی بر عملکرد بیولوژیک و دانه ارقام گندم مورد مطالعه بود و بین ارقام از نظر حساسیت به تداخل علف هرز تفاوت وجود داشت. با توجه به پارامترهای I و q، دو رقم سپاهان و الوند نسبت به ارقام چمران و سایسون برای کشت در مزارع آلوده به علف هرز چاودار وحشی در منطقه درگز مناسب‌تر بودند. به نظر می‌رسد که ارتفاع بالاتر و توزیع عمودی مناسب‌تر کانوپی برای جذب نور در ارقام رقیب عامل مهمی در افزایش توان رقابتی با چاودار وحشی است (Saadatian et al., 2012). مدل‌های مبتنی بر سطح برگ نسبی و وزن خشک نسبی علف هرز چاودار وحشی نسبت به تراکم آن کارایی بالاتری در برآورد اثرات منفی علف هرز بر عملکرد دانه گندم داشتند. همچنین رگرسیون خطی بین مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده در مدل‌های دو پارامتری سطح برگ و وزن خشک نسبی علف هرز دارای کمترین مجذور میانگین مربعات خطا بود. با توجه به نتایج این پژوهش و سهولت اندازه‌گیری وزن خشک نسبت به سطح برگ، می‌توان از مدل دو پارامتری وزن خشک نسبی اولیه علف هرز به عنوان یک مدل مطلوب جهت پیش بینی کاهش عملکرد گندم در تداخل با چاودار وحشی استفاده کرد.

بیشتری برخوردار بود. صحت بیشتر تخمین کاهش عملکرد به وسیله سطح برگ نسبی توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Ngouajio et al., 1999; Ngouajio et al., 2001; Soleymani et al., 2011; Saadatian et al., 2012). علی‌رغم توانایی بالای مدل مبتنی بر سطح برگ نسبی علف هرز، باید خاطر نشان کرد که کاربرد این مدل به علت وجود ابزارهای مختلف برای اندازه‌گیری سطح برگ و عدم دسترسی آسان به ملزومات اندازه‌گیری در شرایط مزرعه با مشکلاتی روبروست (Knezevic et al., 1995; Lotz et al., 1996; Ngouajio et al., 2001; Soleymani et al., 2011; Saadatian et al., 2012). لوتمن و همکاران (Lutman et al., 2000) در بررسی رقابت علف هرز گندم (*Stellaria media*) با کلزا از مدل‌های کاهش عملکرد-تراکم، وزن خشک نسبی اولیه یک و دو پارامتری استفاده کردند و نتایج آنان حاکی از پیش‌گویی مطلوب مدل‌های یک و دو پارامتری وزن خشک نسبی علف هرز بود. همچنین سعادتیان و همکاران (Saadatian et al., 2012) کارایی مدل‌های کاهش عملکرد-تراکم، سطح برگ نسبی و وزن خشک نسبی یک و دو پارامتری را در شرایط تداخل دو گونه چاودار و خردل وحشی با دو رقم گندم مورد بررسی قرار دادند و یافته‌های آنان حاکی از برتری مدل‌های مبتنی بر سطح برگ نسبی و وزن خشک نسبی علف هرز نسبت به مدل کاهش عملکرد-تراکم بود. همچنین مدل‌های دو پارامتری سطح برگ و وزن خشک نسبی علف هرز کمترین مقادیر مجذور میانگین مربعات

References

- Anderson, R. L. 2009. Impact of preceding crop and cultural practices on rye growth in winter wheat. *Weed Technology* 23: 564-568.
- Conley, S. P., Stoltenberg, D. E., Boerboom, C. M. and Binning, L. K. 2003. Predicting soybean yield loss in giant foxtail (*Setaria faberi*) and common lambsquarters (*Chenopodium album*) communities. *Weed Science* 51: 402-407.
- Cousense, R. 1985a. A simple model relating yield loss to weed density. *Annual Apply Biology* 107: 239-252.
- Cousense, R. 1985b. An empirical model relating crop yield to weed and crop density and a statistical comparison with other models. *Journal of Agricultural Science* 105: 513-521.
- Cousense, R., Brain, P., O'Donovan, I. and O'Sullivan, P. A. 1987. The use of biologically realistic equations to describe the effects of weed density and relative time of emergence on crop yield. *Weed Science* 35: 720-725.
- Eslami, S. V., Gill, G. S., Bellotti, B. and McDonald, G. 2006. Wild radish (*Raphanus raphanistrum*) interference in wheat. *Weed Science* 54: 749-756.
- Knezevic, S. Z., Weise, S. F. and Swanton, C. J. 1995. Comparison of empirical models depicting density of *Amaranthus retroflexus* L. and relative leaf area as predictors of yield loss in maize (*Zea mays* L.). *Weed Research* 35: 207-214.

- Kroppf, M. J. and Spitters, C. J. T. 1991.** A simple model of crop loss by weed competition from early observation of relative leaf area of weeds. **Weed Research** 31: 97-105.
- Kroppf, M. J. and Lotz, L. A. P. 1992.** System approach to quantify crop-weed interactions and their application to weed management. **Agricultural Systems** 40: 256-282.
- Lemerle, D., Gill, G. S., Murphy, C. E., Walker, S. R., Cousense, R. D., Mokhtari, S., Peltzer, S. J., Coleman, R. and Luckett, D. J. 2001.** Genetic improvement and agronomy for enhanced wheat competitiveness with weed. **Australian Journal of Agricultural Research** 52: 527-548.
- Lotz, L. A. P., Christensen, S. and Cloutier, D. 1996.** Prediction of the competitive effects of weeds on crop yields based on the relative leaf area of weeds. **Weed Research** 36: 93-101.
- Lutman, P. J. W., Bowerman, P., Palmer, G. M. and Whytock, G. P. 2000.** Prediction of competition between oilseed rape and *Stellaria media*. **Weed Research** 40: 255-269.
- Mennan, H. and Zandstra, B. H. 2005.** Effect of wheat (*Triticum aestivum*) cultivars and seeding rate on yield loss from *Galium aparine* (cleavers). **Journal of Crop Protection** 24: 1061-1067.
- Ngouajio, M., Lemieux, C. and Leroux, G. D. 1999.** Prediction of corn (*Zea mays*) yield loss from early observations of the relative leaf area and the relative leaf cover of weeds. **Weed Science** 47: 297-304.
- Ngouajio, M., Milton, E., McGiffen, J., Mansfield, S. and Ogbuchiekwe, E. 2001.** Comparison of methods to estimate weed populations and their performance in yield loss description models. **Weed Science** 49: 385-394.
- Paolini, R., Faustini, F., Saccardo, F. and Crino, P. 2006.** Competitive interactions between chick-pea genotypes and weeds. **Weed Research** 46: 335-344.
- Paynter, B. H. and Hills, A. L. 2009.** Barley and rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) competition is influenced by crop cultivar and density. **Weed Technology** 23: 40-48.
- Paynter B. H. 2010.** Wide row spacing and rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) competition can decrease barley yield. **Weed Technology** 24: 310-318.
- Pester, T. A., Westra, P., Anderson, R. L., Lyon, D. J., Miller, S. D., Stahlman, P. W., Northam, F. E. and Wicks, G. A. 2000.** *Secale cereale* interference and economic thresholds in winter *Triticum aestivum*. **Weed Science** 48: 720-727.
- Roberts, J., Peeper, T. F. and Solie, J. B. 2001.** Wheat (*Triticum aestivum*) row spacing, seeding rate and cultivar affect interference from rye (*Secale cereale*). **Weed Technology** 15: 19-25.
- Saadatian, B., Ahmadvand, G. and Soleymani, F. 2011.** Study of canopy structure and growth characters role of two wheat cultivars in competition, on economic threshold and yield of rye and wild mustard. **Iranian Journal of Field Crops Research** 9 (3): 494-504. (In Persian).
- Saadatian, B., Ahmadvand, G. and Soleymani, F. 2012.** Evaluation of empirical models of feral rye and wild mustard to predict yield loss of two winter wheat cultivars. **Electronic Journal of Crop Production** 4 (4): 157-175. (In Persian).
- Safahani, A., Kamkar, B., Zand, E., Bagherani, N. and Bagheri, M. 2007.** Reaction of grain yield and its components of canola (*Brassica napus* L.) cultivars in competition with wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) in Gorgan. **Iranian Journal of Crop Sciences** 9 (4): 356-370. (In Persian).
- Soleymani, F., Ahmadvand, G. and Saadatian, B. 2011.** Investigation the effect of nitrogen on competitive ability of canola (*Brassica napus*) against wild mustard (*Sinapis arvensis*) using empirical models. **Journal of Plant Protection** 25 (2): 158-167. (In Persian).
- Vitta, J. I. and Quintanilla, C. F. 1996.** Canopy measurements as predictors of weed-crop competition. **Weed Science**. 44: 511-516.
- White, A. D., Lyon, D. J., Mallory-Smith, C., Medlin, C. R. and Yenish, J. P. 2006.** Feral rye (*Secale cereale*) in agricultural production systems. **Weed Technology** 20: 815-823.
- Wilkerson, G. G., Wiles, L. J. and Bennett, A. C. 2002.** Weed management decision models: Pitfalls, perceptions, and possibilities of the economic threshold approach. **Weed Science** 50: 411-424.
- Yenish, J. P. and Young, F. L. 2004.** Winter wheat competition against jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica*) as influenced by wheat plant height, seeding rate and seed size. **Weed Science** 52: 996-1001.

Evaluating empirical models to predict yield loss of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in interference with feral rye (*Secale cereale*)

Bijan Saadatian^{1*}, Mohamad Kafi², Fatemeh Soleymani³ and Goudarz Ahmadvand⁴

1 and 2. Ph. D. Student and Prof., respectively, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, 3 and 4. Ph. D. Student and Assoc. Prof., respectively, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan

(Received: December 15, 2012- Accepted: May 6, 2013)

Abstract

To evaluate the empirical models of competition in predicting yield loss of winter wheat, a factorial trial based on a randomized complete block design with three replications was carried out. Experimental factors were four wheat cultivars (Sayson, Alvand, Chamran and Sepahan) and feral rye densities at five levels (0, 20, 40, 60 and 80 plants m⁻²) at exemplary form of Dargaz, in 2010-2011 crop year. Feral rye caused a biological and grain yield reduction of studied wheat cultivars. Wheat cultivars did not have similar reaction for yield loss of biological and grain in interference with feral rye. Maximum and minimum of initial slop of biological and grain yield loss (*I* parameter) obtained in Chamran (6.19 and 13.12 percent) and Sepahan (1.24 and 2.62 percent) cultivars, respectively. Competition effect on biological yield of wheat cultivars was less than grain yield. Obtained relative damage coefficients (*q* parameter) of one and two-parameter models based on relative leaf area and relative dry matter were indicative of high competitive ability of feral rye than wheat cultivars. Models based on relative leaf area and relative dry matter of feral rye had more efficiency in predict of wheat grain yield loss in compared with yield loss-density model. Minimum regression root mean square error of observed and predicted quantities resulted of two-parameter models based on leaf area and relative dry matter of weed. Regarding to simplicity of dry matter measuring than leaf area, the two-parameter model of weed relative dry matter introduced a favorite model for predicting of wheat yield loss.

Keywords: Model efficiency, Regression, Relative dry matter, Relative leaf area, Weed density

*Corresponding author: b.saadatian@gmail.com