نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد دهم، شماره دوم، تابستان ۹۶
۲۹-۴۳
http://ejcp.gau.ac.ir

ارزیابی توانایی رقابت چهار رقم گندم (*Triticum aestivum* L.) با علف‌هرز برموس ژاپنی (*Bromus japonicus* L.) با استفاده از مدل‌های تجربی

*محبوبه بصیری[۱]، سید محسن موسوی‌نیک[۲]، آسیه سیاهمرگویی[۳] و سید کاظم صباغ[۴]

[۱]دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه زابل، [۲]دانشیار گروه زراعت، دانشگاه زابل، [۳]استادیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۴]استادیار بیوتکنولوژی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۲/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۹/۲۲

چکیده

سابقه و هدف: مدل‌های تجربی مختلفی برای بیان رابطه بین افت عملکرد محصول در حضور علف‌های هرز پیشنهاد شده است. این مدل‌ها می‌توانند برای درک مفاهیمی همچون شدت رقابت و آستانه‌های کنترل علف‌های هرز، مورد استفاده قرار گیرند. از این‌رو پژوهش حاضر در راستای ارزیابی رقابت تراکم‌های مختلف علف‌هرز برموس ژاپنی و چهار رقم گندم (هامون، هیرمند، بولانی و کلک افغانی) و پیش‌بینی کاهش عملکرد با استفاده از مدل‌های تجربی و مقایسه کارایی آن‌ها انجام شد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه نیمه) در سال زراعی ۹٤-۱۳۹۳ انجام شد. در این آزمایش ارقام مختلف گندم (هامون، هیرمند، بولانی و کلک افغانی) با تراکم ثابت ٤۰۰ بوته در مترمربع و همزمان با کشت گندم، بذرهای علف‌هرز برموس ژاپنی با تراکم‌های ۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ بوته در مترمربع در فواصل بین ردیف‌های گندم کشت شدند. برای تخمین کاهش عملکرد دانه ارقام گندم در سطوح مختلف تراکم علف‌هرز، از مدل کاهش عملکرد- تراکم، مدل‌های یک و دو پارامتری سطح برگ و وزن خشک نسبی علف‌هرز استفاده گردید. برای تجزیه واریانس داده‌ها و برآورد پارامترهای مدل از نرم‌افزارهای آماری SAS و Sigmaplot و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج مربوط به برازش داده‌ها به مدل کاهش عملکرد- تراکم نشان داد که افت عملکرد بیولوژیک در بین ارقام گندم کمتر از عملکرد دانه بود، این امر نشان‌دهنده حساسیت بیش‌تر عملکرد دانه به رقابت در مقایسه با عملکرد بیولوژیک می‌باشد. ضرایب خسارت نسبی به‌دست آمده در مدل‌های یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی و وزن خشک نسبی علف‌هرز نشان‌دهنده قدرت رقابتی بالاتر علف‌هرز برموس ژاپنی نسبت به ارقام گندم بود. مقایسه مدل‌های مختلف تجربی افت عملکرد نشان داد که مدل‌های سطح برگ نسبی و وزن خشک نسبی علف‌هرز به‌دلیل داشتن کم‌ترین مجذور میانگین مربعات خطا دارای بیش‌ترین کارایی در پیش‌بینی کاهش عملکرد گندم می‌باشند.

*مسئول مکاتبه: Mahboobehbasiri62@gmail.com

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که علف‌هرز بروموس ژاپنی یک رقیب قوی نسبت به ارقام گندم محسوب می‌شود. همچنین افزایش تراکم علف‌هرز سبب کاهش غیرخطی عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در ارقام گندم مورد بررسی گردید. ارقام گندم از نظر حساسیت به تداخل علف‌هرز با هم متفاوت بودند. مقایسه کارآیی مدل‌های مورد بررسی حاکی از برتری مدل‌های سطح برگ نسبی و وزن خشک نسبی علف‌هرز نسبت به مدل کاهش عملکرد- تراکم بود. در نتیجه از این مدل‌ها می‌توان به‌عنوان معیار مناسبی جهت پیش‌بینی کاهش عملکرد گندم در شرایط تداخل با علف-هرز بروموس ژاپنی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: افت عملکرد، سطح برگ نسبی، کارایی مدل، وزن خشک نسبی

مقدمه

گندم (*Treaticum aestivum*) به‌عنوان اساسی‌ترین محصول در بسیاری از کشورها از جمله ایران، عامل بسیار مهمی برای پایداری سیاسی و اقتصادی و همچنین عاملی مهم در بهبود درآمد بیشتر کشاورزان است (۳٤). برای حرکت در جهت تأمین گندم موردنیاز کشور باید به افزایش توان تولید و حفظ حداکثر توان موجود توجه داشت. مدیریت علف‌های هرز یکی از روش‌های مؤثر برای حفظ توان تولید است (۲۳). برآوردهای جدید نشان می‌دهند که در سطح جهان به‌دلیل استفاده از ارقام با قدرت رقابتی کمتر و مصرف بیشتر کودها و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، علف‌های هرز به‌طور متوسط باعث ۱۳/۱ درصد کاهش عملکرد گندم می‌شوند (۱۰).

بروموس ژاپنی (*Bromus japonicus* L.) یک علف هرز یکساله زمستانه است. این گیاه بومی اروپا و آسیا است و معمولاً در حاشیه جاده‌ها، زمین‌های مرطوب، تالاب‌ها و زمین‌های زراعی از قبیل مزارع گندم یافت می‌شود (۱۵). این گیاه در برخی از مناطق ایران از جمله استان سیستان و بلوچستان یکی از علف‌های هرز مهم مزارع گندم تبدیل شده است. طبق تحقیقات ادیم (۲۰۰۹) بروموس ژاپنی مهم‌ترین گونه باریک‌برگ غالب در مزارع گندم سیستان محسوب می‌شود (۱).

تراکم علف هرز یکی از عوامل اصلی رقابت محسوب می‌شود. بر اساس گزارش سارانی و همکاران (۲۰۱۱) عملکرد دانه رقم هیرمند در تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع علف هرز بروموس، ۱۸ درصد کاهش یافت (۳۵). یکی از راه‌های مبارزه با علف‌های هرز جهت کاهش افت عملکرد گیاه زراعی، استفاده از علف‌کش‌هاست. کاربرد وسیع و مکرّر این سموم منجر به ظهور بیوتیپ‌های مقاوم به علف‌های هرز گردیده است و در اغلب موارد افزایش هزینه کنترل را در تولیدات زراعی به دنبال داشته است (۹). همچنین آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از کنترل شیمیایی ضرورت توجه به روش‌های جایگزین را بیش از پیش آشکار ساخته است (۸). یکی از روش‌های زراعی جهت کاهش استفاده از علف‌کش‌ها استفاده از ارقام با توان رقابتی بالاست (٤). نتایج تحقیقات سایر محققین نیز نشان‌دهنده افت کمتر عملکرد گیاهان زراعی با قدرت رقابت‌پذیری بالا در تداخل با علف‌های هرز می‌باشد (۳، ۳۳، ۳۲). ارقام گندمی که قدرت پنجه‌زنی و ارتفاع بیشتر و نیز کانوپی متراکم‌تری دارند، از قدرت رقابتی بیشتری در مقابل علف‌هرز بروموس برخوردار می‌باشند (۱۱).

تاکنون مدل‌های تجربی مختلفی برای بیان رابطه بین افت عملکرد محصول در حضور علف‌های هرز پیشنهاد شده است (۳۷، ۲۱). این مدل‌ها می‌توانند برای درک مفاهیمی همچون شدت رقابت و آستانه‌های کنترل علف‌های هرز، مورد استفاده قرار گیرند (۳۰). در این مدل‌ها از تراکم علف‌هرز (۵)، تراکم علف‌هرز و گیاه زراعی (٦)، تراکم و زمان نسبی ظهور علف‌هرز در مقابسه با گیاه زراعی (۷)، سطح‌برگ نسبی علف‌هرز (۱۳، ١٦) و وزن خشک نسبی علف‌هرز (۱۷)، به‌عنوان معیار پیش‌بینی کاهش عملکرد گیاه زراعی استفاده شده است. به‌طور کلی استفاده از مدل‌های تجربی مورد استفاده مبتنی بر معادلات رگرسیونی است (۳۰). کوزنس (۱۹۸۵- الف) با ارزیابی تعداد زیادی از مدل‌های رایج مورد استفاده در پیش‌گویی کاهش عملکرد محصولات زراعی در رقابت با علف‌های هرز، توابع غیرخطی به‌خصوص تابع هذلولی راست گوشه را بهترین مدل برای برآورد کاهش عملکرد معرفی کرد، ولی در مدل دو پارامتری خود کاهش عملکرد گیاه زراعی را تابعی از تراکم علف‌هرز دانست (۵). در مدل دو پارامتری کوزنس (۱۹۸۵- الف) پارامترها تحت‌تأثیر عواملی نظیر تراکم گیاه زراعی، زمان نسبی سبز شدن علف‌هرز و گیاه زراعی و نوع خاک تغییر می‌یابند (۵). همچنین این مدل به‌دلیل داشتن حد مجانب در سطوح بالای تراکم علف‌هرز، در برخی موارد با انتقاداتی نیز مواجه بوده است (۲۵).

مدل دیگری که امروزه جهت محاسبه افت عملکرد کاربرد وسیعی دارد مدل ارائه شده توسط کراف و اسپیترز (۱۹۹۱) می‌باشد (۱۳). این مدل بر اساس مدل هذلولی افت عملکرد- تراکم علف‌هرز و با استفاده از روابط ریاضی به‌دست می‌آید. در این مدل افت عملکرد گیاه زراعی به سطح برگ نسبی علف‌هرز نسبت داده می‌شود. لوتز و همکاران (۱۹۹٦) نیز در مطالعات خود پی بردند که کاهش عملکرد گیاه زراعی بر اساس سطح برگ نسبی علف‌هرز، نسبت به تراکم آن دقیق‌تر است (١٦). امروزه این مدل‌ها کمک شایانی به یافتن سطح آستانه اقتصادی علف‌هرز در مزارع می‌نماید. بر این اساس، ماسینگا و همکاران (۲۰۰۱) در بررسی تداخل تراکم‌های مختلف علف‌هرز تاج خروس (*Amaranthus palmeri*) با ذرت (*Zea mayz*) با استفاده از مدل تراکم- افت عملکرد گزارش کردند که بوته‌های تاج خروسی که همزمان با ذرت سبز می‌شوند می‌توانند در تراکم‌های ۰/۵ تا ۸ بوته در واحد سطح عملکرد دانه ذرت را بین ۱۱ تا ۹۱ درصد کاهش دهند. بدین ترتیب نتایج ایشان نشان داد که تاج خروس، رقیب بسیار قوی برای ذرت حتی در تراکم‌های بسیار کم محسوب می‌شود (۱۹).

از این‌رو پژوهش حاضر در راستای ارزیابی رقابت تراکم‌های مختلف علف‌هرز بروموس ژاپنی و چهار رقم گندم (هامون، هیرمند، بولانی و کلک افغانی) و پیش‌بینی کاهش عملکرد با استفاده از مدل‌های تجربی و مقایسه کارایی آن‌ها انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹٤-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه نیمه) با طول جغرافیایی ٦۱ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ٤۸۷ متر از سطح دریا انجام شد. متوسط بارندگی سالیانه منطقه ٦۳ میلی‌متر، متوسط حداقل و حداکثر دمای سالیانه آن به‌ترتیب ۱ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد و بر اساس تقسیم‌بندی آمبرژه دارای آب و هوای گرم و خشک است. جهت شناسایی وضعیت خاک محل آزمایش نمونه مرکب از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری

تهیه و کلیه خواص فیزیکی و شیمیایی خاک در آزمایشگاه تجزیه خاک دانشگاه زابل تعیین گردید (جدول ۱). بر اساس نتایج به‌دست آمده بافت خاک از نوع شنی لومی بود. در ضمن زمین موردنظر در سال قبل زیر کشت گندم بوده است. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عامل اول چهار رقم گندم شامل کلک افغانی، بولانی، هامون و هیرمند (جدول ۲) و عامل دوم تراکم علف‌هرز بروموس ژاپنی در شش سطح صفر، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. تراکم گندم ثابت و طبق عرف متداول منطقه ٤٠٠ بوته در مترمربع بر اساس وزن هزار دانه برای هر رقم در نظر گرفته شد (۳۵).

بذور ارقام مختلف گندم از بخش اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان تهیه شد. عملیات آماده‌سازی شامل شخم، دیسک و تسطیح زمین در پائیز همان سال زراعی انجام شد و پس از آن نقشه آزمایشی تهیه گردید. کود توصیه شده به میزان ۱۰۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل، ٤٠٠ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار قبل از کاشت مصرف شد. هم‌چنین، کود اوره به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله پنجه‌دهی و ۵۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله گرده‌افشانی به‌صورت سرک مورد استفاده قرار گرفت. بذور گندم پس از ضدعفونی با قارچ‌کش ویتاواکس به نسبت ۲ در هزار به‌صورت دستی و با فواصل ردیف ۲۰ سانتی‌متر در عمق ۵-۳ سانتی‌متر در ۱۰ آذرماه ۱۳۹۳ کشت شدند.

جدول ۱- خصوصیات خاک محل آزمایش (عمق ۳۰ سانتی‌متری).

Table 1. Soil characteristics of experimental site (30 cm depth).

مشخصه characteristic	
اسیدیته گل اشباع PH	7.44
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	2.66
کربن آلی (درصد) Organic Carbon (%)	0.87
ازت کل (درصد) Total N (%)	0.05
فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم در کیلوگرم) Available phosphorous (mg/kg)	9.45
پتاسیم قابل دسترس (میلی‌گرم در کیلوگرم) Available potassium (mg/kg)	14.6
رس (درصد) Clay (%)	13
سیلت (درصد) Silt (%)	29.24
شن (درصد) Sand (%)	57.76
بافت خاک Soil texture	شنی لومی

جدول ۲- مشخصات ارقام گندم استفاده شده در آزمایش.

Table 2. characteristics of the cultivars used in study.

رقم Cultivar	مقاومت به ورس Resistance of lodging	تیپ type	وزن هزار دانه (گرم) 1000 Grain Weight (g)	میزان بذر (کیلوگرم در هکتار) Seeding rate ($Kg\ ha^{-1}$)	سال معرفی Introducion year
بولانی	حساس	بهاره	52	150	-
کلک‌افغانی	نیمه‌حساس	بهاره	35-43	150	-
هیرمند	مقاوم	بهاره	37	180-200	1371
هامون	مقاوم	بهاره	40	180-200	1371

اندازه هر کرت ۱/۵×۳ متر و متشکل از ٦ ردیف ۲۰ سانتی‌متری بود. قبل از کشت تست جوانه‌زنی بر روی بذور علف‌هرز بروموس انجام شد. نتایج نشان داد که بذور بیش از ۹۵ درصد جوانه‌زنی داشتند. هم‌زمان با کاشت گندم، بذرهای بروموس نیز در مقادیر موردنظر در بین ردیف‌های گندم به‌صورت یکنواخت در هر کرت پخش گردیدند. پس از اطمینان از درصد سبز مطلوب برای گندم و بروموس عملیات تنک در مرحله سه برگی گندم برای هر دو گونه گندم و بروموس انجام شد. در طول فصل رشد علف‌های هرز موجود در مزرعه به جز بروموس، به‌طور مستمر وجین شدند. این آزمایش در شرایط عدم محدودیت آب، عناصر غذایی و کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز انجام شد. در طول فصل رشد به‌منظور حفظ رطوبت خاک، مطابق با عرف منطقه آبیاری به‌صورت غرقابی صورت گرفت. در پایان، برداشت نهایی از نیمه پایینی هر کرت با رعایت اثر حاشیه و با کوادراتی به مساحت یک مترمربع انجام شد. سپس بوته‌های گندم از علف‌هرز بروموس تفکیک و عملکرد زیست‌توده و اقتصادی گندم اندازه‌گیری شد.

برای تخمین کاهش عملکرد بیولوژیک و دانه ارقام گندم در سطوح مختلف تراکم علف‌هرز، از مدل دو پارامتری کاهش عملکرد- تراکم کوزنس (۱۹۸۵ الف) استفاده گردید (۵) (رابطه ۱).

رابطه ۱) $$YL = \frac{I.D_S}{1+\frac{I.D_S}{A}}$$

در این فرمول YL: درصد کاهش عملکرد بیولوژیک یا دانه گندم، Ds: تراکم علف‌هرز بر حسب بوته در مترمربع، I: کاهش عملکرد گندم به ازای تک بوته علف‌هرز، هنگامی که تراکم آن به سمت صف میل می‌کند و A: حداکثر کاهش عملکرد گندم در تراکم‌های بالای علف‌هرز بود.

از مدل یک پارامتری کراف و اسپیترز (۱۹۹۱) (رابطه ۲) و دو پارامتری کراف و لوتز (۱۹۹۲) (رابطه ۳) نیز برای تعیین رابطه بین کاهش عملکرد گندم با سطح برگ نسبی علف‌هرز استفاده شد (۱۳، ۱٤):

رابطه ۲) $$YL = \frac{qL_w}{[1+(q-1)]L_w}$$

رابطه ۳) $$YL = \frac{qL_w}{\left[1+\left(\frac{q}{m}-1\right)\right]L_w}$$

در این معادله‌ها، YL درصد کاهش عملکرد دانه گندم، q شاخص خسارت نسبی و m حداکثر کاهش عملکرد گندم می‌باشد. Lw نیز سطح برگ نسبی علف‌هرز (٦۰ روز پس از کاشت در مرحله پنجه‌دهی گندم) است که از رابطه ٤ محاسبه شد.

ضریب خسارت نسبی (q)، بیانگر توانایی رقابت علف‌هرز در برابر گیاه زراعی است (۱٦). این ضریب به‌عنوان ارزشی از ضریب I (که تنها بیان‌کننده اثر تراکم بر عملکرد است) توسط سطح برگ نسبی گونه‌ها برای منظور نمودن اثر فاصله زمانی بین سبز شدن گیاه زراعی و علف‌هرز در نظر گرفته می‌شود (۳٦، ۳۱).

رابطه ٤) $$L_w = \frac{LAI_{weed}}{(LAI_{wheat}+LAI_{weed})}$$

از مدل‌های تغییر شکل یافته یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی نیز برای برآورد کاهش عملکرد گندم با استفاده از وزن خشک نسبی علف‌هرز استفاده شد (۱۷):

رابطه ۵) $$YL = \frac{qD_w}{[1+(q-1)]D_w}$$

رابطه ٦) $$YL = \frac{qD_w}{\left[1+\left(\frac{q}{m}-1\right)\right]D_w}$$

پارامترهای q و m مشابه معادله‌های ۲ و ۳ و Dw نیز وزن خشک نسبی علف‌هرز (٦۰ روز پس از کاشت) است.

رابطه ۷) $$D_w = \frac{DM_{weed}}{(DM_{wheat}+DM_{weed})}$$

جهت اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک نسبی علف‌هرز، ٦۰ روز پس از کاشت با کوادراتی به مساحت ۰/۰٤ مترمربع (۲۰×۲۰ سانتی‌متر) به‌صورت تخریبی از کرت‌های آزمایش نمونه‌برداری انجام شد و سطح برگ هر دو گونه گیاهی با دستگاه سطح

برگ‌سنج اندازه‌گیری شد. سپس بوته‌های جدا شده در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤٨ ساعت خشک و توزین شدند.

برای تجزیه واریانس داده‌ها و برآورد پارامترهای مدل از نرم‌افزارهای آماری SAS و Sigmaplot و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. به‌منظور ارزیابی مدل‌های کاهش عملکرد- تراکم، سطح برگ و وزن خشک نسبی علف‌هرز در شبیه‌سازی افت عملکرد، رگرسیون خطی بین عملکرد مشاهده شده و شبیه‌سازی شده برازش داده شد و برای مقایسه آن‌ها از ضریب تبیین تصحیح شده (R^2_{Adj}) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)[1] (۳۳،۲۱، ۳۲) و ضرایب رگرسیون ساده خطی (a و b) (۲) استفاده شد. ضرایب a و b به‌ترتیب نشان‌دهنده میزان انحراف خط رگرسیون از مبدأ مختصات و میزان اریب خط رگرسیون از خط ۱:۱ است. مقدار عددی ضرایب a و b توسط نرم‌افزار SAS تعیین شد. معنی‌داری ضریب a توسط نرم‌افزار SAS و معنی‌داری ضریب b با تعیین حدود اطمینان بررسی شد. معنی‌داری ضریب a به‌این معنا است که عرض از مبدأ خط رگرسیون از عرض از مبدأ خط ۱:۱ اریبی دارد. معنی‌داری ضریب b به‌این معنا است که شیب خط رگرسیون از شیب خط ۱:۱ فاصله دارد و خط رگرسیون نسبت به خط ۱:۱ دارای اریب است. هر چه پراکنش نقاط در اطراف خط یک به یک کمتر باشد نشانه کارایی بالاتر مدل است (۲).

نتایج و بحث

مدل دو پارامتری کاهش عملکرد- تراکم: نتایج بررسی انجام شده نشان داد که ارقام گندم مورد مطالعه در این تحقیق از نظر تولید عملکرد بیولوژیک با هم متفاوت بودند (جدول ۳) به‌طوری که میانگین عملکرد بیولوژیک ارقام هامون، هیرمند، بولانی و کلک افغانی در شرایط کشت خالص به‌ترتیب ۱۲۳۰۳/۷۵، ۱۰٤٤٥، ۱۲۷۷۰ و ۱۲۲٦٥/٥ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). اما افزایش تراکم علف‌هرز بروموس ژاپنی باعث کاهش عملکرد بیولوژیک در بین ارقام گندم نسبت به شرایط عدم تداخل علف‌هرز گردید (شکل ۱-a). نتایج نشان داد علکس‌العمل ارقام نسبت به افزایش تراکم علف‌هرز یکسان نبود، به‌طوری که عملکرد بیولوژیک رقم هیرمند به‌ازای ورود اولین بوته علف‌هرز ۰/۳۰۲ درصد (پارامتر I) افت نشان داد که نسبت به ارقام دیگر بیشترین مقدار بود. همچنین مقادیر به‌دست آمده به‌ازای حداکثر افت تخمینی (پارامتر A) عملکرد بیولوژیک ارقام گندم در بالاترین تراکم‌های ممکنه بروموس ژاپنی نشان‌دهنده تأثیر منفی تداخل علف‌هرز بر عملکرد بیولوژیک و آثار کاهشی آن بر صفت عملکرد بیولوژیک بود. مقدار این پارامتر در بین ارقام مورد بررسی متفاوت بود. ارقام کلک افغانی و هیرمند به‌ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین میزان پارامتر A را نشان دادند. این مطلب نشان‌دهنده حساسیت بیش‌تر رقم هیرمند در اثر تداخل با علف‌هرز بروموس و در نتیجه کاهش بیش‌تر عملکرد بیولوژیک آن در تراکم‌های بالاتر بروموس ژاپنی می‌باشد.

سعادتیان و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی تداخل علف‌هرز چاودار وحشی بر چهار رقم گندم با استفاده از مدل کاهش عملکرد- تراکم دریافتند که رقم سپاهان کم‌ترین افت عملکرد بیولوژیک را نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه دارا می‌باشد (۳۲). صفاهانی لنگرودی و همکاران (۲۰۰۸) نیز با بررسی ارزیابی توانایی تحمل ارقام مختلف کلزا در شرایط تداخل با علف‌هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) دریافتند که بین ارقام مورد بررسی از نظر صفت عملکرد بیولوژیک تفاوت وجود داشت (۳۳). در این بررسی رقم زرفام نسبت به سایر ارقام دارای کم‌ترین ضریب افت عملکرد و بالاترین قدرت رقابت بین

1- Root mean square error

گونه‌ای بود. نتایج این بررسی نشان داد که رقم کلک افغانی در جریان رقابت کم‌ترین افت نسبی عملکرد را نسبت به سایر ارقام داشت (جدول ۳). از این‌رو به‌نظر می‌رسد این رقم نسبت به سایر ارقام از قدرت رقابتی بالاتری برخوردار بوده است. نتایج تحقیقات سایر محققین نیز بیانگر افت کمتر ارقام رقیب گیاهان زراعی مختلف در شرایط رقابت با علف‌های هرز می‌باشد (۲٤، ۲۹، ۲۰، ۲٦، ۳۰).

عملکرد دانه ارقام گندم در شرایط عدم تداخل با علف‌هرز بروموس ژاپنی با هم متفاوت بود. در بین ارقام بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه در کشت خالص به‌ترتیب متعلق به رقم کلک افغانی (٤۹۲۷/۵۰ کیلوگرم در هکتار) و رقم هیرمند (۳٤۳۰ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۳). با افزایش تراکم علف‌هرز بروموس ژاپنی عملکرد دانه ارقام گندم تحت تأثیر رقابت کاهش یافت (شکل ۱- b). در بین ارقام مورد بررسی رقم کلک افغانی و هیرمند به‌ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین شیب اولیه افت عملکرد (پارامتر I) را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). به‌طور معمول هرچه تراکم علف‌هرز بیش‌تر باشد درصد افت عملکرد نیز متناسب با آن افزایش می‌یابد و این روند تا جایی تداوم می‌یابد که تراکم علف‌هرز به سطحی می‌رسد که دیگر سبب کاهش معنی‌دار تولید گیاه زراعی نخواهد شد (۲۸)، که این مطلب با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت (شکل ۱- b).

در این بررسی کمترین ضریب A (حداکثر افت تخمینی عملکرد) به رقم بولانی (۷۸/۷٦ درصد) تعلق داشت که نشان داد رقم بولانی در جریان رقابت کم‌ترین افت نسبی عملکرد را نسبت به سایر ارقام دارا بوده است (جدول ۳). بیش‌ترین افت تخمینی ناشی از تراکم‌های بالای بروموس ژاپنی برای ارقام هامون (۹۸/۳۷ درصد) و هیرمند (۹۹ درصد) به‌دست آمد. این امر نشان‌دهنده تأثیر منفی بیش‌تر علف‌هرز در این ارقام نسبت به دو رقم دیگر بود (جدول ۳). نتایج صفاهانی و همکاران (۲۰۰۸) نیز نشان دادند کاهش عملکرد در رقم رقیب زرفام بین ۳۰ تا ٦۲ درصد و در رقم غیر رقیب آپشن ۵۰۰ بین ۵۵ تا ۹٤ درصد متغیر بود (۳۳). سعادتیان و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان دادند با افزایش تراکم علف‌هرز چاودار وحشی، عملکرد دانه ارقام گندم تحت تأثیر رقابت کاهش یافت، در این بررسی عملکرد ارقام غیر رقیب گندم نسبت به ارقام رقیب در شرایط تداخل با علف‌هرز چاودار وحشی بیش‌تر بود (۳۲). پینتر (۲۰۱۰) نیز نشان داد که افت کمتر عملکرد ارقام جو در شرایط تداخل با علف‌هرز چچم نشان‌دهنده برتری رقابتی ارقام مزبور بود (۲۷). نتایج حاصل از مدل دو پارامتری کاهش عملکرد- تراکم برای صفات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ارقام گندم نشان داد که تأثیرپذیری عملکرد دانه از رقابت بیش‌تر از عملکرد بیولوژیک بود. این امر نشان از حساسیت بالاتر عملکرد دانه در شرایط رقابت با علف‌هرز می‌باشد. نتایج بررسی رقابت بین چهار رقم گندم در شرایط تداخل با علف‌هرز چاودار وحشی نیز نشان از تأثیر بیش‌تر رقابت بر عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک دارد (۳۲). صفاهانی و همکاران (۲۰۰۸) علت این امر را حساسیت بالاتر عملکرد دانه به تنش‌های محیطی و نیز کوتاه بودن طول این دوره عنوان کردند (۳۳).

جدول ۳- پارامترهای I و A حاصل از برازش مدل دو پارامتری کاهش عملکرد- تراکم به داده‌های عملکرد بیولوژیک و دانه ارقام گندم در تداخل با تراکم‌های مختلف علف‌هرز بروموس ژاپنی.

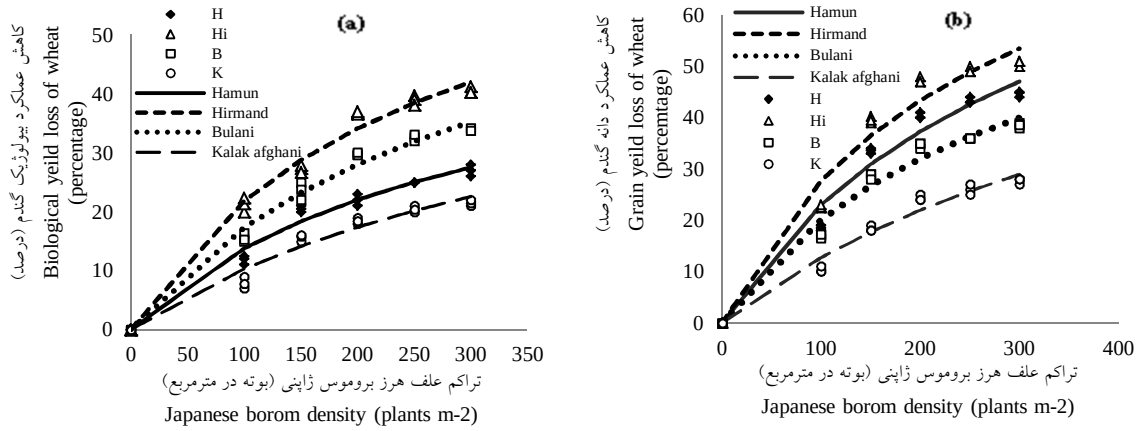
Table 3. Parameters I and A from fitting two-parameter model of density -yield loss to biological and grain yield data of wheat cultivars in interference with different densities of Japanese borom.

صفت Trait	رقم Cultivar	y_{wf} (kg ha)	I± SE	A± SE	R^2_{Adj}	RMSE
عملکرد بیولوژیک گندم Biological yield of wheat	هامون Hamun	12303.75	0.183±0.017	55.86±6.96	0.98	1.97
	هیرمند Hirmand	10445.00	0.302±0.021	78.09±6.60	0.99	2.53
	بولانی Bulani	12770.00	0.226±0.017	73.07±7.84	0.99	2.07
	کلک افغانی Kalak afghani	12265.75	0.125±0.014	54.91±12.38	0.97	2.15
عملکرد دانه گندم Grain yield of wheat	هامون Hamun	4667.50	0.301±0.033	98.37±15.82	0.97	8.18
	هیرمند Hirmand	3430.00	0.383±0.045	99.00±13.97	0.97	11.21
	بولانی Bulani	4250.00	0.270±0.026	78.76±10.028	0.98	4.39
	کلک افغانی Kalak afghani	4927.50	0.152±0.015	79.50±17.820	0.97	2.83

y_{wf}، I، SE، A، R^2_{Adj}، RMS به‌ترتیب عملکرد گندم در کشت خالص، شیب اولیه مدل دو پارامتری کاهش عملکرد، خطای استاندارد، حداکثر افت تخمینی صفت موردنظر، ضریب تبیین تصحیح شده و میانگین مربعات مدل است.

y_{wf}, I, SE, A, R and RMSE 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.

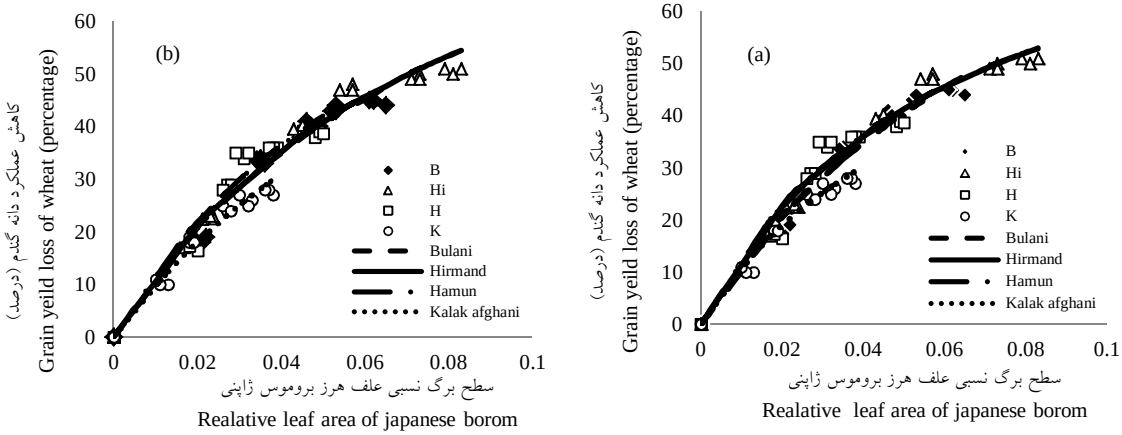
مدل یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی علف‌هرز: روند کاهش عملکرد در مقابل سطح برگ نسبی برای ارقام مختلف گندم در شکل (۲-a و b) نشان داده شده است. در همه ارقام مورد بررسی منحنی محدب (q>۱) است که این امر نشان‌دهنده بالاتر بودن قدرت رقابتی علف‌هرز بروموس ژاپنی در برابر گیاه زراعی است (جدول ٤). رحیمیان و شریعتی (۱۹۹۹) گزارش کردند که مقادیر بزرگتر از یک ضریب خسارت نسبی q نشان‌دهنده برتری علف‌هرز در رقابت و مقادیر کوچکتر از یک برتری گیاه زراعی را در رقابت نشان می‌دهد و در صورتی‌که هر دو گیاه در رقابت توانایی یکسانی داشته باشند مقدار عددی این شاخص مساوی یک خواهد بود (۲۸).



شکل ۱- روند کاهش عملکرد بیولوژیک (a) و عملکرد دانه (b) ارقام گندم در تداخل با تراکم‌های مختلف علف‌هرز برموس ژاپنی با استفاده از مدل دو پارامتری کاهش عملکرد- تراکم.

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

در هر دو مدل یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی، ارقام کلک افغانی و بولانی کم‌ترین مقدار ضریب خسارت نسبی را به خود اختصاص دادند (جدول ٤) که با نتایج به‌دست آمده از مدل کاهش عملکرد- تراکم منطبق بود (جدول ۳). ضریب خسارت نسبی رقم هامون در هر دو مدل یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی کمتر از رقم هیرمند بود (جدول ٤) و از این نظر، با نتایج حاصل از مدل دو پارامتری کاهش عملکرد- تراکم مشابه بود (جدول ۳). سعادتیان و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی مقادیر خسارت نسبی مدل‌های یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی علف‌هرز چاودار وحشی در شرایط تداخل با چهار رقم گندم، برتری رقابتی علف‌هرز چاودار وحشی را در مقابل ارقام گندم گزارش کردند، پارامتر مذکور در ارقام رقیب کمتر از ارقام غیر رقیب بود (۳۲). همچنین یافته‌های ایشان بیانگر ارتباط مستقیم بین شیب اولیه کاهش مدل دو پارامتری مبتنی بر تراکم با پارامتر q در مدل سطح برگ نسبی بود که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد.



شکل ۲- روند کاهش عملکرد دانه ارقام گندم در تداخل با برموس ژاپنی توسط مدل‌های یک پارامتره (a) و دو پارامتره (b) سطح‌برگ نسبی علف‌هرز.

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

جدول ٤- پارامترهای حاصل از برازش مدل‌های یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی بروموس ژاپنی به کاهش عملکرد دانه ارقام گندم.

Table 4. Parameters from fitting one and two-parameter models of relative leaf area of Japanese borom to grain yield loss of wheat varieties.

مدل سطح برگ نسبی Relative leaf area model	رقم Cultivar	q± SE	m± SE	R^2_{Adj}	RMSE
مدل یک پارامتری One-parameter	هامون Hamun	12.98±0.294	-	0.98	0.0004
	هیرمند Hirmand	13.19±0.331	-	0.98	0.0005
	بولانی Bulani	11.77±0.474	-	0.96	0.0008
	کلک افغانی Kalak afghani	10.79±0.260	-	0.98	0.0002
دو پارامتری Two-parameter	هامون Hamun	14.67±1.050	1.00±0.136	0.98	0.0004
	هیرمند Hirmand	15.26±1.180	0.96±0.058	0.99	0.0004
	بولانی Bulani	12.97±1.195	0.96±0.171	0.96	0.0008
	کلک افغانی Kalak afghani	12.69±1.147	0.98±0.110	0.98	0.0002

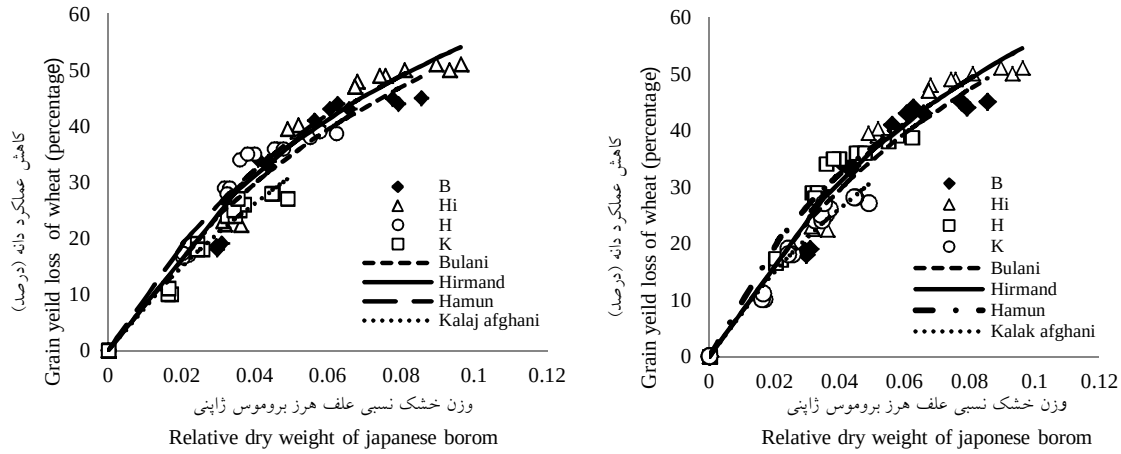
q، SE، m، R^2_{Adj}، RMS به‌ترتیب ضریب خسارت نسبی علف‌هرز، خطای استاندارد، حداکثر خسارت علف‌هرز، ضریب تبیین تصحیح شده و میانگین مربعات مدل است.

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.

مدل‌های یک و دو پارامتری وزن خشک نسبی علف‌هرز: بررسی ضرایب خسارت نسبی به‌دست آمده توسط مدل‌های یک و دو پارامتری وزن خشک نسبی نشان داد که مقادیر به‌دست آمده در این مدل‌ها کمتر از ضرایب تخمینی مدل‌های یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی علف‌هرز بروموس ژاپنی بود (جدول ٥) هر چند روند تغییرات ضریب خسارت نسبی به‌دست آمده برای مدل‌های یک و دو پارامتری وزن خشک نسبی علف‌هرز در بین ارقام گندم مورد مطالعه مشابه نتایج حاصل از مدل‌های یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی بود اما مقادیر این ضرایب در مدل یک و دو پارامتری وزن خشک نسبی نسبت به مدل‌های یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی برای ارقام هامون، هیرمند، بولانی و کلک افغانی به‌ترتیب ١٢/٢٤، ١٦/١٦، ١٣/٣٦، ٢٠/٦٣ و ١٢/٢٠، ٣٠/٧٩، ٢٤/٠٥، ٣١/٤٤ درصد کمتر برآورد شده بود (جداول ٤ و ٥). نتایج نشان داد ضریب خسارت نسبی مدل‌های یک و دو پارامتری وزن خشک نسبی با پارامتر I حاصل از مدل دو پارامتری کاهش عملکرد- تراکم در همه ارقام مورد بررسی متناسب بود، به‌طوری که بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر ضرایب q و I به‌ترتیب در ارقام هیرمند و کلک افغانی به‌دست آمد (جداول ٣ و ٥) که با نتایج حاصل از مدل‌های یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی مطابقت داشت (جداول ٣، ٤ و ٥). لوتمن و همکاران (٢٠٠٠) در بررسی رقابت بین کلزا و ***Stellaria media*** از مدل‌های کاهش عملکرد بر مبنای تراکم و وزن خشک نسبی علف‌هرز استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که مدل وزن خشک نسبی در مقابل مدل کاهش عملکرد از کارآیی بیش‌تری برخوردار بود (١٧). نتایج پژوهش

سعادتیان و همکاران (۲۰۱۳) نیز نمایانگر توصیف مطلوب مدل‌های یک و دو پارامتری وزن خشک نسبی علف‌هرز چاودار وحشی بود (۳۲).

در این تحقیق ضریب خسارت نسبی معادله‌های یک و دو پارامتری وزن خشک نسبی برای علف‌هرز چاودار وحشی، در رقم غیر رقیب سایسون نسبت به سپاهان به‌ترتیب ۶۹/۳۸ و ۷۰/۱۷ درصد بیش‌تر بود که نشان‌دهنده عملکرد ضعیف رقم سایسون در شرایط تداخل با علف‌هرز می‌باشد.



شکل ۳- روند کاهش عملکرد دانه ارقام گندم در تداخل با بروموس ژاپنی توسط مدل‌های یک پارامتری (a) و دو پارامتره (b) وزن خشک نسبی علف‌هرز.

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

جدول ۵- پارامترهای حاصل از برازش مدل‌های یک و دو پارامتری وزن خشک نسبی بروموس ژاپنی به کاهش عملکرد دانه ارقام گندم.

Table 5. Parameters from fitting one and two-parameter models of relative dry weight of Japanese borom to wheat varieties grain yield loss.

مدل وزن خشک نسبی Relative dry weight model	رقم Cultivar	q± SE	m± SE	R^2_{Adj}	RMSE
مدل یک پارامتری One-parameter	هامون Hamun	11.390±0.330	-	0.96	0.0010
	هیرمند Hirmand	11.058±0.357	-	0.97	0.0009
	بولانی Bulani	10.197±0.373	-	0.97	0.0006
	کلک افغانی Kalak afghani	8.563±0.226	-	0.97	0.0003
دو پارامتری Two-parameter	هامون Hamun	12.585±1.364	1.00±0.220	0.96	0.0011
	هیرمند Hirmand	10.560±1.151	1.00±0.149	0.97	0.0009
	بولانی Bulani	9.85±1.243	0.84±0.133	0.97	0.0006
	کلک افغانی Kalak afghani	8.707±0.921	0.95±0.290	0.97	0.0003

q، SE، m، R^2_{Adj}، RMS به‌ترتیب ضریب خسارت نسبی علف‌هرز، خطای استاندارد، حداکثر خسارت علف‌هرز، ضریب تبیین تصحیح شده و 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 me an square of the model, respectively.

ارزیابی کارآیی مدل‌های ارائه شده: نتایج حاصل از رگرسیون خطی بین کاهش عملکرد واقعی و کاهش عملکرد پیش‌بینی شده ارقام مختلف گندم مورد بررسی برای مقایسه پنج مدل ارائه شده در این تحقیق نشان داد که همه مدل‌ها از یک رابطه ۱:۱ پیروی می‌کنند و عرض از مبدأ (ضریب a) و شیب رگرسیون (ضریب b) حاصل از این مدل‌ها به‌ترتیب اختلاف معنی‌داری با صفر و یک ندارد (جدول ٦).

مقایسه مجذور میانگین مربعات خطا و ضریب تبیین تصحیح شده (جدول ٦) نیز نشان داد که مدل‌های سطح برگ نسبی و وزن خشک نسبی که برآیندی از بیوماس، زمان نسبی سبز شدن و توان رقابتی اولیه علف‌هرز هستند (۳۲)، بر مدل دو پارامتری کاهش عملکرد- تراکم برتری داشتند. هم‌چنین مدل‌های دو پارامتری سطح برگ نسبی و وزن خشک نسبی نسبت به مدل‌های یک پارامتری مجذور میانگین مربعات خطای کمتری داشتند، از این‌رو بهترین مدل‌های برازش یافته بر داده‌ها بودند.

در مطالعات نزویک و همکاران (۱۹۹۵) نیز مدل دو پارامتری سطح برگ نسبی، تخمین دقیق‌تری از کاهش عملکرد در گیاه ذرت در رقابت با تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) ارائه کرد (۱۲). کارآیی بالاتر مدل سطح برگ نسبی در تخمین کاهش عملکرد توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (۲۲، ۳۳، ۳٦، ۳۱، ۳۲). اما علی‌رغم توانایی بالای مدل‌های مبتنی بر سطح برگ نسبی علف‌هرز، شامل عواملی چون عدم وجود یک روش سریع در تخمین سطح برگ در شرایط مزرعه و نیز وجود ابزارهای مختلف جهت اندازه‌گیری سطح برگ سبب گشته تا استفاده از این مدل‌ها با محدودیت‌هایی مواجه شود. سعادتیان و همکاران (۲۰۱۳) نیز کارایی پنج مدل کاهش عملکرد- تراکم، سطح برگ نسبی و وزن خشک نسبی یک و دو پارامتری را در شرایط تداخل علف‌هرز چاودار وحشی روی چهار رقم گندم مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج پژوهش ایشان نیز برتری مدل‌های مبتنی بر سطح برگ نسبی و وزن خشک نسبی را نسبت به مدل دو پارامتری کاهش عملکرد- تراکم نشان داد (۳۲).

به‌طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که علف‌هرز بروموس ژاپنی یک رقیب قوی نسبت به ارقام گندم محسوب می‌شود. همچنین افزایش تراکم علف‌هرز سبب کاهش غیرخطی عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در ارقام گندم مورد بررسی گردید. ارقام گندم از نظر حساسیت به تداخل علف‌هرز با هم متفاوت بودند، به‌طوری که ارقام کلک افغانی و هیرمند به‌ترتیب با کم‌ترین و بیش‌ترین ضریب رقابت بین‌گونه‌ای در تمامی مدل‌های مورد بررسی بالاترین و پایین‌ترین قدرت رقابت نسبی را دارا بودند. مقایسه کارآیی مدل‌های مورد بررسی حاکی از برتری مدل‌های سطح برگ نسبی و وزن خشک نسبی علف‌هرز نسبت به مدل کاهش عملکرد- تراکم بود و این مدل‌ها از دقت بالاتری (کم‌ترین مجذور میانگین مربعات خطا) در پیش‌بینی درصد کاهش عملکرد دانه ارقام گندم مورد مطالعه برخوردار بودند، در نتیجه از مدل‌های سطح برگ نسبی و وزن خشک نسبی علف‌هرز می‌توان به‌عنوان معیار مناسبی جهت پیش‌بینی کاهش عملکرد گندم در شرایط تداخل با علف‌هرز بروموس ژاپنی استفاده کرد.

جدول ٦- نتایج تجزیه رگرسیون خطی مقادیر مشاهده شده در مقابل مقادیر پیش‌بینی شده کاهش عملکرد دانه ارقام گندم برای مدل‌های ارائه شده.

Table 6. Analysis results of linear regression of observed values against its simulated values of wheat cultivars yield loss for offered models.

رقم گندم Wheat cultivar	مدل Model	a±se	b±se	RMSE	R^2
هامون Hamun	تراکم Density	1.41±1.38^{ns}	0.96±0.085^{ns}	3.08	0.92
	سطح برگ نسبی یک پارامتری 1-parameter model of relative leaf area	0.99±0.99^{ns}	0.97±0.061^{ns}	1.98	0.98
	سطح برگ نسبی دو پارامتری 2-parameter model of relative leaf area	0.85±0.99^{ns}	0.97±0.061^{ns}	1.91	0.98
	وزن خشک نسبی یک پارامتری 1-parameter model of relative dry weight	1.95±1.57^{ns}	0.94±0.097^{ns}	2.92	0.97
	وزن خشک نسبی دو پارامتری 2-parameter model of relative dry weight	1.75±1.60^{ns}	0.94±0.097^{ns}	2.82	0.97
هیرمند Hirmand	تراکم Density	1.62±1.65^{ns}	0.96±0.087^{ns}	3.16	0.95
	سطح برگ نسبی یک پارامتری 1-parameter model of relative leaf area	-0.12±1.2^{ns}	1.00±0.063^{ns}	2.27	0.98
	سطح برگ نسبی دو پارامتری 2-parameter model of relative leaf area	0.78±1.03^{ns}	0.98±0.055^{ns}	1.94	0.99
	وزن خشک نسبی یک پارامتری 1-parameter model of relative dry weight	1.65±1.49^{ns}	0.96±0.078^{ns}	2.96	0.97
	وزن خشک نسبی دو پارامتری 2-parameter model of relative dry weight	1.39±1.51^{ns}	0.96±0.080^{ns}	2.86	0.97
بولانی Bulani	تراکم Density	0.92±1.03^{ns}	0.97±0.074^{ns}	2.97	0.94
	سطح برگ نسبی یک پارامتری 1-parameter model of relative leaf area	1.07±1.44^{ns}	0.96±0.010^{ns}	2.81	0.97
	سطح برگ نسبی دو پارامتری 2-parameter model of relative leaf area	1.47±1.39^{ns}	0.95±0.099^{ns}	2.68	0.98
	وزن خشک نسبی یک پارامتری 1-parameter model of relative dry weight	0.66±1.23^{ns}	0.97±0.089^{ns}	2.37	0.97
	وزن خشک نسبی دو پارامتری 2-parameter model of relative dry weight	1.14±1.10^{ns}	0.96±0.081^{ns}	2.22	0.97
کلک افغانی Kalak afghani	تراکم Density	0.84±0.79^{ns}	0.96±0.080^{ns}	1.90	0.96
	سطح برگ نسبی یک پارامتری 1-parameter model of relative leaf area	-0.07±0.8^{ns}	1.00±0.080^{ns}	1.57	0.98
	سطح برگ نسبی دو پارامتری 2-parameter model of relative leaf area	0.58±0.70^{ns}	0.99±0.072^{ns}	1.39	0.98
	وزن خشک نسبی یک پارامتری 1-parameter model of relative dry weight	0.87±0.83^{ns}	0.94±0.086^{ns}	1.73	0.97
	وزن خشک نسبی دو پارامتری 2-parameter model of relative dry weight	0.93±0.82^{ns}	0.95±0.085^{ns}	1.67	0.97

منابع

1. Adim, H. 2009. Advanced weed survey and mapping of weeds in Baloochestan using Geographic Information System (GIS). Final Report. Agriculture and Natural Resources Center of Baloochestan (Iranshahr). (in Persian)

2. Ahmadi, M., Kamkar, B., Soltani, A., and Zeinali, E. 2010. Evaluation of non-Linear regression models to predict stem elongation rate of wheat (*Tajan cultivar*) in response to temperature and Photoperiod. EJCP. 2: 4. 39-54.
3. Baghestani meybodi, M.A., and Zand, E. 2004. Evaluation of competitive ability of some winter wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes against weeds with attention to Goldbachia laevigata DC. And Avena ludoviciana Dur. In Karaj. J. Plant Pests and Disease. 72: 91-111. (In Persian)
4. Blackshaw, R.E. 1994. Differential competitive ability of winter wheat cultivar against downy borom. Agron. J. 86: 649-654.
5. Cousense, R. 1985a. A simple model relating yield loss to weed density. Ann. Appl. Biol. 107: 239-252.
6. Cousense, R. 1985b. An empirical model relating crop yield to weed and crop density and a statistical comparison with other models. J. Agric. Sci. 105: 513-521.
7. Cousense, R., Brain, P., O., Donovan, I., and 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 Sci. 35: 720-725.
8. Dianat, M., Rahimian Mashhadi, H., Baghestani, M.A., Alizadeh, H.M., and Zand, E. 2007. Evaluation of Iranian cultivars of bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) for competitive ability against Rye (*Secale cereale*). J. Agric Sci. Natur. Resour. 23: 267-280. (In Persian)
9. Eslami, S.V., Gill, G.S., Bellotti, B., and McDonald, G. 2006. Wild radish (*Raphanus raphanistrum*) interference in wheat. Weed Sci. 54: 749-756.
10. Kafi, M., Jafar-Nezhad, A., and Jami Al-ahmadi, M. 2005. Wheat- Ecology, Physiology and Yield Determination.Ferdowsi University of Mashhad Press. (In Persian)
11. Klein, R.N., Wicks, G.A., and Lyon, D.J. 2002. Downy brom control. Description and control of downy brome in wheat, alfalfa, and rangeland. Cooperative extension, Institute of Agriculture and Natural resources, University of Nebraska– Lincoln.
12. 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 Res. 35: 207-214.
13. 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 Res. 31: 97-105.
14. Kroppf, M.J., and Lotz, L.A.P. 1992. System approach to quantify crop-weed interactions and their application to weed management. Agric Sys. 40: 256-282.
15. Li, YH. 1998. Weeds of China. 1st edn, Volume 2. Weeds of Seed Plants. China Agriculture Press. Pp: 1180–1181.
16. Lotz, L.A.P., Christenzen, S., and lotier, C. 1996. Prediction of weed competitive effects of weed on crop yields based on the relative leaf area of weeds. Weed Res. 36: 93-101.
17. Lutman, P.J.W., Bowerman, P., Palmer, G.M., and Whytock, G.P. 2000. Prediction of competition between oilseed rape and *Stellaria media*. Weed Res. 40: 255-269.
18. Makarian, H., Banaian, M., Rahimian, H., and Isadi Darbandi, E. 2003. Planting date and population density influence on competitiveness of corn (*Zea mays* L.) with redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). Iran. J. Crop Res. 2: 271-279.
19. Massinga, R.A., Currie, R.S., Horak, M., and Boyer Jr, J. 2001. Interference of *Palmer amaranth* in corn. Weed Sci. 49: 202-208.
20. Mennan, H., and Zandstra, B.H. 2005. Effect of wheat (*Triticum aestivum*) cultivars and seeding rate on yield loss from Galium aparine (cleavers). Short communication. Crop Prot. 24: 1061-1067.
21. Ngouajio, M., Lemieux, C., and Leroux, G.D. 1999. Prediction of corn (*Zea mays*) yield loss from ealy observation of the relative leaf area and the relative leaf cover of weeds. Weed Sci. 47: 297-304.
22. Ngouajio, M., Mcgiffen, M.E., and Hembree, J.J. 2001. Tolerance of tomato cultivars to velvetleaf interference. Weed Sci. 49: 91-98.

23. Niknam Haghighi, A., Kazemeini, S.A.R., and Ghadiri, H. 2014. Effects of Nitrogen, Seeding rate and weed interference on growth and yield of Wheat (Shiraz Cultivar). J. Weed. Sci. 9: 159-174. (in Persian)
24. Olofsdotter, M., Navarez, D., and Rebulanan, M. 1999. Weed suppressing rice cultivars-does allelopathy play a role. Weed Res. 39: 441-454.
25. Park, S.E., Benjamin, L.R., and Watkinson, A.R. 2003. The theory and application of plant competition models: an agronomic perspective. Ann. Bot. 92: 741-748.
26. Paynter, B.H., and Hills, A.L. 2009. Barley and rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) competition is influenced by crop cultivar and density. Weed Technol. 23: 40-48.
27. Paynter, B.H. 2010. Wide row spacing and rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) competition can decrease barley yield. Weed Technol. 24: 310-318.
28. Rahimian, H., and Shariati, S.H. 1999. Modeling Crop-Weed Interactions. Agriculture Research and Education Organazation press. 294p. (Translated in Persian)
29. 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 Technol. 15: 19-25.
30. 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. Iran. J. Field Crops Res. 9(3): 494-504. (In Persian)
31. 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. EJCP. 4(4): 157-175. (In Persian)
32. Saadatian, B., Kafi, M., Soleymani, F., and Ahmadvand, G. 2013. Evaluating empirical models to predict yield loss of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in interference with feral rye (*Secale cereale*). Cereal Res. 3: 1. 69-82. (In Persian)
33. Safahani Langrodi, A.S., Kamkar, B., Zand, E., and Baghestani, M.A. 2008. Evaluation of ability tolerance competition of canola cultivars to wild mustard (*Sinapis arvensis*) using some empirical models in Golestan province. J. Agric. Sci. Nat. Resour. 15: 101-111. (In Persian)
34. Sahraeyan, M., and Bakhshoodeh, M. 2007. Integration of domestic and foreign markets for wheat in Iran. Iran. J. Agric. Eco. 59: 97-118. (In Persian)
35. Sarani, M., Rezvani Moghadam, P., Nasiri Mahallati, M., and Zand, E. 2011. Evaluation of some morphological characteristics effective in increasing the competitiveness of wheat (*Trticum aestivum*) in competition with japanes borom (*Bromus japonicus*). J. Plant Prot. 25: 127-133. (in Persian)
36. 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. J. Plant Prot. 25(2): 158-167. (In Persian)
37. Yenish, J.P., Durdan, B.R., Miller, D.W., and Wyse, D.L. 1992. Wheat (*Triticum aestivum*) yield reduction from common milkweed (*Asclepias syriaca*) competition. Weed Sci. 45: 127-131.