نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۹، شماره ۴ ، سال ۱۳۹۰، ص ۷۱۵-۷۰۴

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 9, No.4, 2012, p. 704-715

ارزیابی مدل‌های تجربی و شاخص‌های رقابت در تبه‌بندی ارقام کلزا (*Brassica napus*) در رقابت با خردل وحشی(*Sinapis arvensis*) در استان گلستان

علی رضا صفاهانی لنگرودی[1*]- روزبه فرهودی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۴/۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۱۱

چکیده

به منظور ارزیابی توانایی رقابتی ارقام کلزا در برابر علف هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) در طی سالهای زراعی ۱۳۸۴و ۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، این آزمایش انجام شد. آزمایش‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و با آرایش فاکتوریل اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل ارقام کلزا (سال اول: زرفام، طلایه، ساریگل، هایولا۴۰۱، هایولا۳۳۰، آپشن۵۰۰ و آرجی‌اس۰۰۳؛ سال دوم: زرفام، هایولا۳۳۰، آرجی‌اس۰۰۳ و آپشن۵۰۰) و تراکم علف هرز خردل وحشی (سال اول: ۰ و ۳۰ بوته در مترمربع؛ سال دوم: ۰، ۴، ۸ و ۱۶ بوته در مترمربع) بودند. نتایج سال اول نشان داد که این ارقام از نظر عملکرد دانه و شاخص‌های رقابتی با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند. رقم زرفام توانایی بالایی در تحمل رقابت (درصدAWC=۴۷) و شاخص‌های رقابتی(CI_2=۱/۸۳ و CI=۱/۷۹) از خود نشان داد. رقم آپشن۵۰۰ ضعیف‌ترین رقم از نظر توانایی تحمل رقابت (AWC=4%) و شاخص‌های رقابتی (CI_2=۰/۱۱ و CI=۰/۰۹) در میان ارقام بود. در سال دوم نتایج نشان داد که ضریب مدل عکس عملکرد رقم زرفام در مقایسه با ارقام دیگر هم در مورد عملکرد دانه و هم عملکرد بیولوژیک کمتر بود و رقم زرفام بالاترین قدرت رقابت بین گونه‌ای را نشان داد. نتایج مربوط به برازش داده‌ها به مدل‌های افت عملکرد نشان داد که درصد افت عملکرد بیولوژیک در میان ارقام مختلف کلزا کمتر از عملکرد دانه بود که نشانه حساسیت بیشتر عملکرد دانه در قیاس با عملکرد بیولوژیک به رقابت است. در مجموع مشخص شد که کمترین و بیشترین افت عملکرد در میان ارقام کلزا در میان تراکم‌های مختلف خردل وحشی به ترتیب مربوط به رقم زرفام و رقم آپشن۵۰۰ بود. همچنین، مقایسه مدل‌های مختلف تجربی افت عملکرد نشان داد که مدل افت عملکرد سطح برگ نسبی علف هرز با حداکثر ضریب تبیین دارای بیشترین کارایی در پیشگویی کاهش عملکرد کلزا می‌باشد و شاخص رقابت نسبی آن نشان داد که در رقابت خردل وحشی و کلزا، علف هرز رقیب قوی‌تر نسبت به گیاه زراعی بوده است (q>۱).

واژه‌های کلیدی: عکس عملکرد؛ قابلیت رقابت؛ شاخص‌های رقابتی؛ مدل تجربی افت عملکرد؛ تراکم علف هرز؛ سطح برگ نسبی

مقدمه

در کلزا عملیات وجین زیاد معمول نیست و از سویی نبود یک علف‌کش کارآمد و موثر برای مبارزه با خردل وحشی از مشکلات اصلی مبارزه شیمیایی با این علف‌هرز محسوب می‌شود. همچنین به این مسائل می‌بایستی مسائل جانبی علف‌کش‌ها مثل هزینه‌های سرسام آور، آلودگی محیط زیست و ایجاد بیوتیپ‌های مقاوم علف‌هرز به علف‌کش را نیز افزود(۲). با توجه به مسائل ذکر شده یکی از راه‌کارهای موثر در مدیریت علف‌های‌هرز در نظام مدیریت تلفیقی- علف هرز[3](IWM) استفاده از ارقامی است که قدرت رقابت پذیری بالایی دارند. لذا شناسایی ارقامی با قدرت رقابت پذیری بالا و ویژگی‌های اکوفیزیولوژی موثر در رقابت می‌تواند در به نژادی و مدیریت علف‌های‌هرز مفید واقع شود (۴۱، ۳۵). استفاده از این ارقام ضمن کاهش قدرت رقابت علف‌های‌هرز (۲۳)، مصرف علف‌کش‌ها (۱۳، ۲۳،۳۹)، هزینه‌های کارگری و ماشین آلات مربوطه (۱۸، ۴۱) را نیز کاهش می‌دهد. رقمی که توانایی رقابت آن بالاست، باید در رقابت با علف‌هرز ضمن حفظ عملکرد خود، رشد و تولید بذر علف‌هرز را نیز کاهش دهد (۱۵).

۱- استادیار گروه زراعت دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email safahani_ali@yahoo.com)
۲- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر

3 -Integrated Weed Management

تا کنون مدل‌های تجربی مختلفی برای بیان رابطه بین افت عملکرد محصول در حضور علف‌های هرز پیشنهاد شده است (۲۸، ۳۰، ۴۰). این مدل‌ها از تراکم علف هرز و محصول زراعی و زمان نسبی سبز شدن علف هرز نسبت به گیاه زراعی و سطح برگ نسبی علف‌های هرز به عنوان عامل پیشگویی افت عملکرد محصول بهره می‌گیرند (۳۰). کازنس (۱۷) با ارزیابی تعداد زیادی از مدل‌های رایج مورد استفاده در پیشگویی کاهش عملکرد محصولات زراعی در رقابت با علف‌های هرز، توابع غیرخطی خصوصاً 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 علف هرز دانست. در مدل دو پارامتری کازنس (۱۷)، پارامترها تحت تاثیر عواملی نظیر تراکم گیاه زراعی، زمان نسبی سبز شدن علف هرز و گیاه زراعی و نوع خاک تغییر می‌یابند. توسعه مدل دو پارامتری کازنس بر مبنای چهار فرض استوار می‌باشد. این فرضیه‌ها عبارتند از:۱- در غیاب علف هرز هیچ‌گونه کاهش عملکردی صورت نمی‌گیرد ۲- اثرات منفی تراکم‌های پایین علف هرز بر عملکرد گیاه زراعی بیشتر از تراکم‌های بالای آن می‌باشد ۳- کاهش عملکرد متجاوز از ۱۰۰درصد نمی‌باشد ۴- عکس العمل عملکرد گیاه زراعی به تراکم علف هرز در تراکم‌های بالا به‌صورت یک منحنی غیر خطی است (۱۷،۳۱). این مدل به دلیل داشتن حد مجانب در سطوح بالای تراکم علف هرز، در برخی موارد با انتقاداتی نیز مواجه بوده است. بطوریکه عدم توصیف فرآیندهای موثر در رقابت یکی از مهم‌ترین آن‌ها است (۳۱).

مدل دیگری که امروزه جهت محاسبه افت عملکرد کاربرد وسیعی دارد مدل ارائه شده توسط کراف و اسپیترز (۲۰) می‌باشد. این مدل بر اساس مدل هذلولی افت عملکرد – تراکم علف هرز و با استفاده از روابط ریاضی بدست می‌آید. در این مدل افت عملکرد به سطح برگ نسبی علف هرز نسبت داده می‌شود.

هدف از انجام این تحقیق ارزیابی و سنجش اعتبار و مقایسه کارایی مدل‌های تجربی افت عملکرد جهت پیشگویی افت عملکرد کلزا در تراکم‌های مختلف خردل وحشی و بررسی استفاده از این مدل‌ها و شاخص‌های رقابتی برای رتبه بندی ارقام در برنامه‌های اصلاح نباتات می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای شناسایی توان رقابت ارقام مختلف کلزا در برابر علف هرز خردل وحشی آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان (عراقی محله) با بارندگی سالیانه ۴۰۰- ۴۵۰ میلی‌متر، ارتفاع ۵ متر از سطح دریا که بر طبق تقسیم بندی آب و هوایی کوپن دارای اقلیم مدیترانه ای گرم و نیمه مرطوب است و مختصات جغرافیایی با طول ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و عرض ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و بافت خاک از نوع لوم رسی سیلتی، pH حدود ۷/۷، EC ۰/۶ دسی زیمنس بر متر، درصد نیتروزن کل ۰/۰۵ درصد، فسفر ۳۰ (ppm)، پتاسیم ۲۸۰ (ppm) و کربن الی ۱/۴۶ درصد اجرا شد. این دو آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام گرفت. عامل‌ها شامل ارقام کلزا رایج در مزارع استان گلستان (در سال اول هایولا۴۰۱، هایولا۳۳۰، آرجی‌اس۰۰۳، آپشن۵۰۰، ساریگل، زرفام و طلایه و در سال دوم زرفام، هایولا۳۳۰، آرجی‌اس۰۰۳ و آپشن۵۰۰) و تراکم علف‌هرز (در سال اول آلودگی به علف‌هرز خردل وحشی با تراکم ۳۰ بوته در مترمربع و خالص به عنوان شاهد و در سال دوم ۰، ۴، ۸ و ۱۶ بوته خردل وحشی در متر مربع) بودند. هر دو آزمایش در کرت‌هایی که متشکل از ۱۲ ردیف به طول ۵ متر و فاصله بین ردیف ۲۴ سانتی‌متر بود انجام شد. فاصله کرت‌ها از هم ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. عملیات تهیه بستر در مهر ماه شروع شد. در این راستا ابتدا یک شخم عمیق زده شد و بعد از مدتی برای خرد کردن کلوخه دو دیسک عمود بر هم اعمال شد. پس از آزمایش خاک و با توجه به نیاز گیاه، همراه با عملیات دیسک مقدار ۶۴ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (از منبع کود اوره) و ۵۰ کیلوگرم در هکتار اکسید پتاس و ۶۴ کیلوگرم اکسید فسفر (به تر تیب از منابع کودی سولفات پتاسیم و سوپر فسفات تریپل) به زمین داده شد. در ضمن در اوایل گلدهی نیز مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (از منبع کود اوره) به صورت سرک مصرف شد. کاشت بذر کلزای ضد عفونی شده با دست و به صورت خشکه کاری و ردیفی با فاصله ۵/۵ سانتی‌متر و عمق ۲ سانتی‌متر بر روی ردیف (تراکم ۷۵۰۰۰۰ بوته در هکتار) در هر دو سال در تاریخ ۲۵ آبان ماه انجام شدند.

بذر خردل وحشی از مزارع استان گلستان جمع آوری شد. بذور خردل وحشی به دلیل ترکیبات موسیلاژی روی پوسته بذر دارای خواب هستند (۳۷)، که صحت این مسئله در این تحقیق بعد از انجام آزمایش جوانه زنی تائید شد و جهت رفع خواب، بذور خردل وحشی به مدت ۵ روز قبل از کاشت در دمای ۲ درجه سانتیگراد نگهداری شدند (۲) و بعد از اعمال این تیمار درصد جوانه زنی بذور به بیش از ۷۵ درصد افزایش یافت. کاشت بذر خردل وحشی پس از مخلوط کردن با ماسه بادی همزمان با کلزا و بصورت دستپاش به میزان ۶ گرم برای هر کرت و با تراکم بالا انجام شد و پس از اطمینان از درصد سبز مطلوب بر اساس تراکم مورد نظرتنک شدند. تنک کردن بوته‌های اضافی کلزا و خردل وحشی در مرحله ۳ برگی گیاه کلزا صورت گرفت. سایر علف‌های‌هرز مزرعه به طور مستمر پایش و وجین شدند. در ضمن کشت به صورت دیم انجام شد و برای اطمینان از سبز شدن یکنواخت و سریع بذور فقط یکبار آبیاری در تاریخ ۲۶ آبان ماه هر دو سال انجام شد.

نمونه برداری تخریبی در طی فصل رشد از ۲۵ سانتیمترطولی ردیف با حذف اثر حاشیه‌ای که شامل ۵ بوته کلزا بود، صورت گرفت. برای اندازه گیری سطح برگ از دستگاه سطح برگ سنج (LICOR-3100) استفاده شد. به منظور بررسی عملکرد نهایی از دو ردیف میانی هر کرت به طول ۴ متر معادل ۱/۹۲ مترمربع برداشت و عملکرد در واحد سطح تعیین شد و ۱۰ بوته از سطح برداشتی بطور تصادفی انتخاب شدند و عملکرد بیولوژیک و دانه تک بوته کلزا (با رطوبت ۱۵ درصد) در هر کرت بوسیله ترازوی دقیق با دقت یک صدم گرم اندازه گیری شد.

روش‌های ارزیابی توانایی رقابت

برای اندازه‌گیری تحمل گیاه زراعی در رقابت با علف‌های‌هرز از شاخص توانایی تحمل رقابت[1](AWC) استفاده گردید (۳۸).

$$AWC = \left(\frac{Y\inf est}{Ypure} \right) \times 100 \qquad \text{(معادله ۱)}$$

در این رابطهY_{Pure} وY_{Infest} به ترتیب عملکرد رقم مورد نظر در شرایط عاری از علف‌هرز و عملکرد همان رقم در شرایط آلودگی به علف‌هرز می‌باشد، هرچه این شاخص بزرگ‌تر باشد، نشان دهنده توانایی بیشتر گیاه زراعی برای تحمل به علف هرز است. برای اندازه‌گیری توانایی جلوگیری از رشد زیست توده علف‌هرز نیز از شاخصی بنام شاخص رقابتی[2] (CI) استفاده شد (۱۵).

$$CI = \left(\frac{Y\ \inf\ est}{Ymean} \Big/ \frac{W\ \inf\ est}{Wmean} \right) \qquad \text{(معادله ۲)}$$

در این معادله، Y_{infest} عملکرد رقم i در شرایط آلودگی به علف‌هرز ، Y_{mean} متوسط عملکرد همه ارقام در حضور علف‌هرز، W_i زیست توده علف‌هرز مربوط به رقم i و W_{mean} متوسط زیست توده علف‌هرز در مخلوط با کل ارقام می‌باشد. برای ارزیابی توانایی جلوگیری از تولید بذر علف‌هرز در یک رقم از شاخص دیگری که در آن مقدار بذر تولید شده توسط علف‌هرز در نظر گرفته شده است، استفاده گردید (۵).

$$CI\ 2 = \left(\frac{Y\ \inf\ est}{Ymean} \Big/ \frac{S\ \inf\ est}{Smean} \right) \qquad \text{(معادله ۳)}$$

در این رابطه Y_{infest} و Y_{mean} به ترتیب عملکرد دانه رقم i در حضور علف هرز و متوسط عملکرد دانه همه ارقام در حضور علف هرز و S_{infest} وS_{mean} به ترتیب مقدار بذر علف‌هرز مربوط به رقم i و میانگین مقدار بذر علف‌هرز تولید شده در تمامی ارقام است.

از روابط عکس عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه با تراکم خردل وحشی برای ارزیابی قدرت رقابتی استفاده گردید (۴).

$$\frac{1}{W_c} = b_{co} + b_{cc} Nc + b_{cw} Nw \qquad \text{(معادله۴)}$$

در این معادله b_{co}، عکس حداکثر عملکرد تک بوته کلزا در شرایط عاری از رقابت، b_{cw} وb_{cc}، ضرایب رقابت برون‌گونه‌ای و درون‌گونه‌ای کلزا، $\frac{1}{Wc}$: عکس عملکرد دانه یا عملکرد بیولوژیک تک بوته کلزا، Nc وNw به ترتیب تراکم‌های خردل وحشی و کلزا را نشان می دهند.

در این تحقیق به دلیل این‌که تراکم کلزا ثابت بود، از معادله ۶ استفاده گردید (۴).

$$a_{co} = b_{co} + b_{cc} Nc \qquad \text{(معادله۵)}$$

$$\frac{1}{W_c} = a_{co} + b_{cw} N_w \qquad \text{(معادله۶)}$$

a_{co} عکس عملکرد دانه و زیست توده تک‌بوته کلزا در شرایط کشت خالص است. همچنین تراکم خردل وحشی در معادله ۶ قرار داده شد و با استفاده از رگرسیون خطی یک متغیره، ضریب رگرسیونی برای معادله ۶ برآورد گردید. با استفاده از مدل رقابتی عکس عملکرد تک بوته قدرت رقابتی ارقام مورد بررسی قرار گرفت. هرچه ضریب مدل (b) یا شیب معادله کمتر باشد، قدرت رقابتی ارقام بالاتر خواهد بود (۴).

برای تعیین رابطه بین درصد کاهش عملکرد کلزا و تراکم خردل وحشی از مدل رقابتی پیشنهاد شده توسط اسپیترز (۳۴) برای کمی نمودن روابط رقابتی کلزا و خردل وحشی استفاده گردید.

$$YL = 1 - \frac{Y_{CW}}{Y_{CM}} \qquad \text{(معادله۷)}$$

در این معادله YL، درصد افت عملکرد گیاه زراعی؛ Y_{cw}، عملکرد گیاه زراعی در شرایط رقابت با علف هرز و Y_{cm}، عملکرد گیاه زراعی در شرایط بدون رقابت با علف هرز را نشان می‌دهند.

میزان کاهش عملکرد در اثر تراکم‌های مختلف خردل وحشی برای ارقام مختلف کلزا بر اساس معادله ۵ محاسبه گردید (۴).

$$YL = \frac{aN_w}{1 + \frac{aN_w}{m}} \qquad \text{(معادله۸)}$$

در این معادله نیز YL،درصد کاهش عملکرد (افت نسبی عملکرد)؛ N_w، تراکم علف هرز(تعداد بوته بر متر مربع)؛ a، خسارت به ازای ورود اولین علف هرز و m، حداکثر افت نسبی عملکرد هستند.

برای تعیین رابطه بین کاهش عملکرد کلزا و سطح برگ نسبی خردل وحشی نیز از مدل یک پارامتری کراف و اسپیترز(۲۱) استفاده شد.

1- Ability of Withstand Competition

2 - Competition index

$$YL = \frac{qL_w}{[1+(q-1)L_w]}$$ معادله(۹)

در این معادله YL، درصد کاهش عملکرد (افت نسبی عملکرد)؛ q[1]، شاخص خسارت نسبی و L_w، سطح برگ نسبی خردل وحشی هستند. مقدار L_w نیز از طریق معادله ۱۰ محاسبه شد. همچنین برای محاسبه سطح برگ نسبی علف هرز خردل وحشی Lw شاخص سطح‌برگ هر دو گیاه در مرحله ۶ برگی کلزا محاسبه گردید و شاخص‌سطح برگ هر دو گیاه، در معادله ۷ قرار داده شد.

$$L_w = \frac{LAI_{Wildmustard}}{(LAI_{Canola} + LAI_{Wildmustard})}$$ معادله(۱۰)

مطالعات شبیه سازی نشان داده است که ارتباط نزدیکی بین کاهش عملکرد و نسبت سطح برگ علف هرز، که به فاصله کوتاهی پس از سبز شدن گیاه زراعی اندازه گیری می‌شود، وجود دارد(۴). در این تحقیق سطح برگ هر دو گیاه در مرحله ۶ برگی کلزا در مدل سطح برگ نسبی–افت عملکرد قرار داده شد.

برای مقایسه مدل‌ها در تخمین کاهش عملکرد نیز از ضرایب همبستگی و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE[2]) استفاده شد. برای محاسبه RMSE ضمن در نظر داشتن قدر مطلق تفاوت مقادیر مشاهده‌ای و شبیه سازی شده کاهش عملکرد از معادله ۸ استفاده شد (۲۴،۳۰).

$$RMSE = \left[\left(\sum_{i=1}^{n}(Sim_i - obs_i)^2\right)\Big/ n\right]^{0.5}$$ (معادله ۱۱)

در این معادله Sim، مقادیر پیش بینی شده؛ obs، مقادیر واقعی و n، تعداد داده‌ها می‌باشد.

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزارآماری SAS استفاده شد و آزمون مقایسه میانگین با روش دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد، در ضمن به دلیل معنی‌دار شدن اثر متقابل عملکرد دانه مورد بررسی و از آنجا که هدف انتخاب بصورت ترکیبی است (مثلاً انتخاب بهترین رقم از نظر عملکرد در هر تراکم علف هرز)، از رویه برش‌دهی[3] استفاده شد (۸). همچنین در این آزمایش از نرم افزارهای Excel و Sigmaplot به ترتیب جهت رسم نمودارها و برازش مدل‌های تجربی افت عملکرد استفاده گردید.

نتایج و بحث

سال اول

نتایج ارزیابی عملکرد دانه و توانایی رقابتی ارقام کلزا با استفاده از شاخص‌های رقابتی با توجه به نتیجه آزمون کلاستر در مطالعات قبلی (۹)، ارقام در سه گروه طبقه بندی شدند، که از هر گروه یک رقم به ترتیب از قوی، متوسط و ضعیف از نظر رقابت با علف هرز شامل زرفام، هایولا۳۳۰ و آپشن۵۰۰ به عنوان نماینده انتخاب شد و محور بحث قرار گرفتند.

در نمونه برداری اول که در مرحله ۴ برگی کلزا بود، اختلافی در زیست توده تولیدی توسط علف‌هرز در میان ارقام کلزا مشاهده نشد (۰/۱۴گرم در هر متر مربع به ازای هر درجه روز رشد) و این مسأله احتمالاً به خاطر دسترسی کافی به منابع رشدی شامل نور و مواد غذایی هم برای علف‌هرز و هم برای گیاه زراعی در این مرحله بود. اما در مراحل بعدی، از نظر زیست توده علف‌هرز اختلاف معنی داری بین ارقام کلزا ظاهر شد (داده نشان داده نشده). کمترین و بیشترین زیست توده علف‌هرز خردل وحشی به ترتیب در جوار ارقام زرفام و آپشن۵۰۰ حاصل شد (جدول ۱). از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری بین حالت خالص کلزا و مخلوط کلزا باعلف‌هرز مشاهده شد، به نحوی که در حالت خالص بالاترین عملکرد مربوط به رقم هایولا۳۳۰ و کمترین مربوط به رقم زرفام (جدول ۱) بود. در شرایط مخلوط بالاترین عملکرد به ارقام هایولا۳۳۰ و زرفام و کمترین عملکرد به رقم آپشن۵۰۰ تعلق داشت (جدول ۱). مقایسه عملکرد ارقام در شرایط خالص و مخلوط نشان داد که ارقام از لحاظ جلوگیری از افت عملکرد در رقابت با خردل وحشی (شاخص AWC) عکس العمل یکسانی نداشتند. در ضمن ذکر این نکته ضروری است که رقم زرفام تحمل بالایی به خردل وحشی نشان داد اما دارای کمترین عملکرد دانه در شرایط خالص نیز بود (جدول ۱). دیهیم‌فر (۳) در بررسی قدرت رقابت ارقام مختلف گندم در برابر علف هرز منداب[4] به نتیجه ای مشابه دست یافت، از این رو به نظر می‌رسد که شناسایی یا اصلاح ارقامی که با داشتن توانایی تحمل بالا از عملکرد دانه بالایی نیز در شرایط خالص برخوردار باشند به سادگی امکان پذیر نیست. البته سیفلد و هو (۳۳) عکس این قضیه را در مورد گندم بهاره استرالیایی در برابر علف‌هرز چچم[5] گزارش نمودند. همچنین زند و بیکی (۴۱) عکس نتیجه به‌دست آمده در این آزمایش را در مورد ارقام هیبرید کلزا در برابر یولاف وحشی گزارش کردند. آن‌ها نشان دادند که بین عملکرد دانه در شرایط خالص و تحمل گیاه زراعی در برابر علف هرز یک رابطه منفی وجود ندارد.

یکی دیگر از شاخص‌های توانایی رقابتی، شاخص CI می‌باشد که مبتنی بر جلوگیری از رشد علف‌هرز به واسطه کاهش زیست توده آن است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در بین ارقام از نظر این

1 – Relative damage coefficient
2 - Root Mean Square of Error (Differnce)
3- Slicing interaction
4- Eruca sativa
5- Lolioum rigidum

شاخص اختلاف معنی‌داری وجود دارد. مقایسه میانگین بین ارقام نشان داد که بیشترین شاخص (CI) به رقم زرفام (۱/۷۹) و کمترین آن به آپشن۵۰۰ (۰/۰۹) تعلق داشت (جدول ۱). بالا بودن توانایی رقابتی رقم زرفام را می‌توان به کاهش بیشتر زیست توده خردل وحشی در حضور این رقم و عملکرد نسبتاً بالای این رقم تحت شرایط رقابت نسبت به سایر ارقام دانست. رقم آپشن ۵۰۰ نیز به عنوان یک رقم ضعیف دارای کمترین عملکرد دانه در شرایط رقابت بود و بیشترین زیست توده خردل وحشی در حضور این رقم تولید شد (جدول ۱). علی‌رغم این که رقم هایولا۳۳۰ دارای بیشترین عملکرد دانه در شرایط رقابت با خردل وحشی بود، اما به دلیل توانایی کم این رقم در کاهش زیست توده علف هرز نسبت به زرفام و طلایه از نظر قدرت رقابتی در گروه متوسط قرار گرفت.

دیهیم‌فر (۳) اظهار داشت که چون ممکن است شاخص‌های CI و AWC توسط راهبردهای متفاوتی در گیاه تعیین شوند، بهتر است این دو مفهوم از هم تفکیک شوند. وی همچنین اظهار داشت که این دو شاخص ممکن است لزوماً در یک رقم بالا نباشد. نتایج این بررسی نشان داد که ارقام زرفام و طلایه علی‌رغم داشتن تحمل بالا از توانایی نسبتاً خوبی نیز در جلوگیری از رشد علف هرز برخوردار بودند. همبستگی بالای میان AWC و CI دلیلی بر صحت این امر می باشد ($r = ۰/۷۱^{**}$). لمرل و همکاران (۲۲) و دیهیم‌فر (۳) نشان دادند که تحمل گیاه زراعی و جلوگیری از رشد علف‌هرز در گندم تا حد زیادی با هم همبستگی دارند.

در هیچ‌کدام از شاخص‌های رقابتی CI و AWC مقدار تولید بذر علف‌هرز در نظر گرفته نشده است، در حالی که مقدار بذر تولیدی توسط علف‌هرز از دیدگاه اکولوژیک حائز اهمیت است، چرا که ممکن است در آینده جمعیت بانک بذر علف‌هرز در خاک و نهایتاً هزینه تولید را به واسطه مبارزه با علف‌هرز افزایش دهد. براین اساس برای ارزیابی توانایی ارقام علاوه بر دو شاخص فوق از شاخص دیگری بنام (CI_2) که در آن مقدار بذر تولید شده توسط علف‌هرز در نظر گرفته می‌شود، استفاده گردید. بالا بودن این شاخص نشانهٔ توانایی گیاه زراعی در کاهش تولید بذر علف‌هرز می‌باشد. نتایج نشان داد که ارقام زرفام و آپشن۵۰۰ به ترتیب دارای بالاترین و کمترین شاخص CI_2 بودند (جدول۱). نتایج مقایسه CI و CI_2 نشان داد که همبستگی مثبت و معنی داری بین کاهش زیست توده علف‌هرز و کاهش شدید بذر علف‌هرز وجود دارد ($r=۰/۸۲^{**}$).

با توجه به مطالب گفته شده رقمی را می‌توان به عنوان رقم ایده آل در نظر گرفت که دارای خصوصیات زیر باشد ۱- زیست توده علف‌هرز را کاهش دهد، ۲- عملکرد آن در شرایط خالص بالا باشد، ۳- میزان تولید بذر علف‌هرز را کاهش دهد و ۴- دارای بیشترین عملکرد در غیاب علف‌هرز باشد (۱۳). با توجه به این مطالب در این بررسی رقمی که مجموع چنین خصوصیاتی را دارا باشد در بین ارقام دیده نمی‌شود. به عنوان مثال رقم زرفام از توانایی بالایی در کاهش زیست توده و بذر علف‌هرز برخوردار است، اما در عوض پتانسیل عملکرد آن در شرایط خالص پایین است و بنابراین لااقل، رقمی را می توان به عنوان رقم مطلوب در شرایط رقابت معرفی نمود که از لحاظ چهار خصوصیات ذکر شده در بالا نسبتا ایده‌آل باشد. برای رسیدن به این هدف تجزیه کلاستر(خوشه‌ای) بر اساس سه شاخص رقابتی مطرح شده و عملکرد در دو شرایط خالص و مخلوط بر روی ارقام صورت گرفت، که نتایج آن ارقام را در سه گروه از هم متمایز نمود (۹).

جدول ۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه و شاخص‌های برداشت ارقام کلزا و زیست توده و بذر علف هرز در سال اول

رقم	عملکرد دانه خالص (کیلوگرم بر هکتار)	زیست توده علف هرز (کیلوگرم بر هکتار)	بذر علف هرز (کیلوگرم بر هکتار)	قابلیت تحمل رقابت (درصد)	شاخص تداخل CI (درصد)	شاخص تداخل CI2 (درصد)	عملکرد دانه آلوده با علف هرز (کیلوگرم بر هکتار)
هایولا ۴۰۱	۲۳۱۷ a	۲۰۸۹ab	۱۰۴ab	۲۸ab	۱/۰۳ab	۰/۹۴ab	۶۳۸/۸a
هایولا ۳۳۰	۲۸۳۶ a	۱۴۴۸b	۹۳b	۳۰ab	۱/۱۶ab	۱/۳ab	۸۷۰/۹a
آر.جی.اس.۰۰۳	۲۶۰۵ a	۲۱۳۹ab	۱۰۴ab	۲۵b	۱/۰۱ab	۰/۹۵b	۶۳۵/۳a
آپشن ۵۰۰	۲۳۳۳ a	۲۹۵۱a	۱۳۴a	۴c	۰/۰۹b	۰/۱۱c	۱۰۱b
ساریگل	۲۶۰۵ a	۱۵۴۵b	۸۹ab	۲۵ab	۱/۱۵ab	۱/۲۲ab	۶۵۳a
زرفام	۱۷۲۹ b	۱۱۴۸c	۵۴c	۴۷a	۱/۷۹a	۱/۸۳a	۸۶۷/۹a
طلایه	۱۸۰۲ b	۱۲۸۸bc	۶۵c	۴۰a	۱/۶۱a	۱/۶۲a	۶۴۱/۲a

میانگین‌های در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند

گروه اول ارقامی بودند که پتانسیل عملکرد آن‌ها در شرایط خالص بالا، اما توانایی رقابتی آن‌ها بر اساس هر سه شاخص CI ، CI_2 و AWC ضعیف بود. در این گروه فقط آپشن۵۰۰ قرار گرفت. گروه دوم ارقامی بودند که پتانسیل عملکرد خالص آن‌ها بالا و توانایی کاهش زیست توده علف‌هرز در آنها نسبتاً بالا بود، در ضمن این گروه در شرایط مخلوط عملکرد نسبتاً بالایی تولید کردند. ارقام هایولا۳۳۰، هایولا۴۰۱، آرجی‌اس۰۰۳ و ساریگل در این گروه قرار گرفتند و گروه آخر نیز پتانسیل عملکرد خالص آن‌ها پایین، عملکرد آن‌ها در شرایط مخلوط بالا، توانایی کاهش زیست توده و بذر علف‌هرز آنها نسبتاً بالا بود. ارقام طلایه و زرفام در این گروه قرار گرفتند. در مجموع عملکرد خالص، عملکرد مخلوط و شاخص‌های رقابتی محاسبه شده نشان داد که رقم زرفام به دلیل عملکرد نسبتاً بالا در شرایط رقابت با خردل وحشی و درصد افت عملکرد کمتر نسبت به سایر ارقام به عنوان رقم دارای رقابت پذیری بالا شناسایی شده و آپشن۵۰۰ به عنوان رقم ضعیف انتخاب گردید.

سال دوم

مدل عکس عملکرد کلزا

نتایج بررسی نشان داد که ارقام کلزای مورد مطالعه در این تحقیق از نظر عملکرد دانه و بیولوژیک متفاوتند و میزان کاهش عملکرد آن‌ها نیز در تراکم‌های مختلف خردل وحشی، متفاوت بود (جداول ۲ و ۳). در واقع میزان کاهش یا ثبات عملکرد بیانگر قدرت رقابت نسبی آن رقم است.

نتایج آزمایش نشان داد که عکس العمل رقابتی ارقام در تراکم‌های مختلف خردل وحشی یکسان نیست، به‌طوری‌که در تراکم‌های مختلف خردل وحشی رقم زرفام با کمترین ضریب b رقابت‌گر قوی (MC)[1] و ارقام هایولا۳۳۰، آرجی اس۰۰۳ و آپشن۵۰۰ در رده‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۴). با افزایش تراکم علف هرز، رقم آپشن۵۰۰ به عنوان یک رقابتگر ضعیف (LC)[2] شناخته شد. علت این عکس العمل متفاوت ارقام در تراکم‌های خردل وحشی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ویژه هر رقم می‌باشد (۹).

مدل رقابتی عکس عملکرد بیولوژیک تک بوته در همه ارقام حاکی از کاهش عملکرد بیولوژیک تک بوته ها در شرایط رقابت با خردل وحشی بود (شکل ۱)، اما ارقام مختلف کاهش‌های متفاوتی نشان دادند که شدت آن تابعی از قدرت رقابت آن‌ها است. شیب معادله (b) عکس عملکرد بیولوژیک تک بوته (جدول ۴) بیانگر این مطلب است که رقم زرفام در بین سایر ارقام مورد مطالعه با دارا بودن کوچکترین شیب خط (۰/۰۰۳۶) دارای بیشترین قدرت رقابت نسبی بوده است، از نظر قدرت رقابت نسبی ارقام هایولا۳۳۰، آرجی اس۰۰۳ و آپشن۵۰۰ به ترتیب در رده‌های بعدی قرار گرفتند.

مدل عکس عملکرد دانه تک بوته، در تیمار شاهد (کشت خالص)، بالاترین عملکرد اقتصادی هر رقم را نشان داد که با افزایش تراکم علف هرز خردل وحشی در همه ارقام عملکرد اقتصادی روند نزولی داشت (شکل ۲). اما شدت روند کاهش عملکرد در همه ارقام یکسان نبود. در جدول ۴، شیب معادله (b) در ارقام زرفام، هایولا۳۳۰ و آرجی‌اس۰۰۳ تقریباً در یک دامنه است و می‌توان آن‌ها را در گروه رقیب قرار داد، با این همه رقم زرفام قدرت رقابت نسبی بالاتری از خود نشان داد. اما در مورد رقم آپشن۵۰۰ قضیه عکس حالت سه رقم مذکور بود و با داشتن بالاترین شیب معادله یا ضریب از نظر قدرت رقابتی نسبی می‌توان این رقم را جزو گروه ضعیف طبقه بندی کرد (جدول ۴). علت برتری رقم زرفام در رقابت با خردل وحشی را می‌توان به صفاتی همچون ارتفاع بیشتر، ثبات بالای سطح برگ و پروفیل مناسب کانوپی ارتباط داد (۹)، رقم زرفام با داشتن این ویژگی‌ها توانسته با دسترسی بیشتر به نور و به دنبال آن جذب مواد غذایی و تسخیر فضا، کمتر از دیگر ارقام تحت تاثیر اثرات رقابتی علف هرز خردل وحشی قرار گیرد. این نتیجه با گزارش (۲۵) مطابقت دارد. دراین تحقیق رقم آپشن۵۰۰ واجد ویژگی‌های تضعیف کننده رقابت پذیری (نظیرتاخیر در سبز شدن، ارتفاع پایین و شاخص سطح برگ پایین) بود که با افزایش تراکم علف هرز سبب تشدید رقابت برای جذب نور و سایه اندازی برگ‌های علف هرز روی گیاه زراعی و در نهایت موجبات کاهش شدید عملکرد رقم آپشن۵۰۰ شدند (۹). تاثیرپذیری عملکرد دانه کلزا از رقابت با خردل وحشی همچون عملکرد بیولوژیک بود و رقابت موجب کاهش معنی‌دار آن شد، اما شدت اثر رقابت بر عملکرد دانه بیشتر از عملکرد بیولوژیک بود که این مسئله را می‌توان با توجه به میزان بالاتر شیب افزایش عکس عملکرد دانه ارقام کلزا در تراکم‌های علف هرز نسبت به شیب افزایش عکس عملکرد بیولوژیک فهمید (جدول ۴)، بطوری‌که حساسیت بیشتر عملکرد دانه گیاهان زراعی به تنش‌های محیطی به دلیل حساسیت بیشتر رشد زایشی گیاهان به تنش‌ها در مقایسه با رشد رویشی گیاهان و کوتاه بودن طول دوره تشکیل دهنده عملکرد دانه نسبت دوره تشکیل دهنده عملکرد بیولوژیک قید شده است (۷). نتایج این تحقیق نیز نشان داد که محدودیت‌های اعمال شده توسط خردل وحشی تاثیر منفی بیشتری بر رشد زایشی و تولید دانه کلزا دارد که این موضوع با نتایج (۶، ۱۰، ۱۴) مطابقت دارد.

1 - More Competitive
2 - Less Competitive

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد دانه و زیست توده کلزا در سال دوم

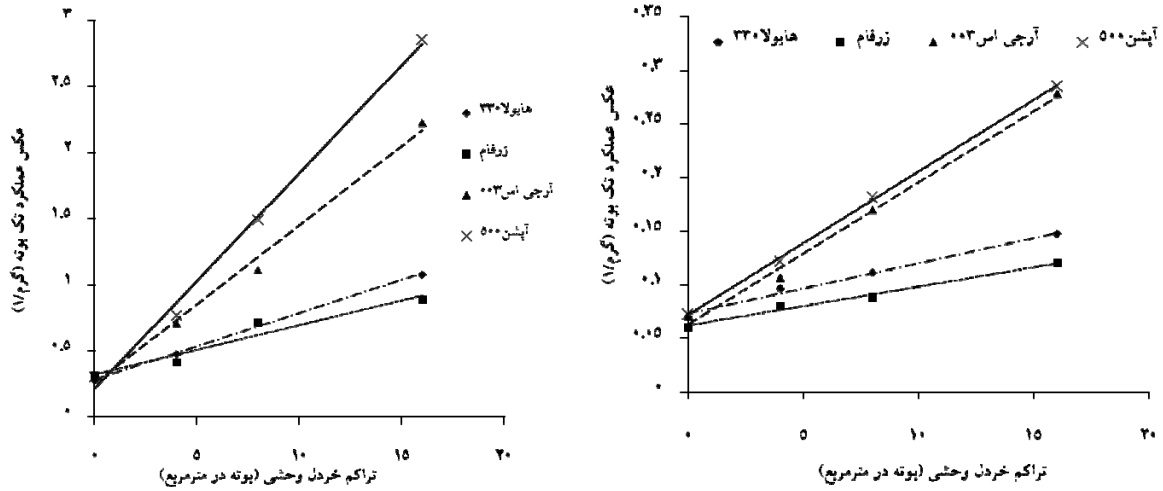
منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		عملکرد دانه	زیست توده
تکرار	۲	۰/۰۰۶*	۰/۰۰۱۱*
رقم	۳	۱/۳۷**	۱/۱۸**
علف هرز	۳	۱/۱۷**	۰/۷۳**
رقم×علف هرز	۹	۰/۰۹**	۰/۰۷**
خطا	۳۰	۰/۰۲۲	۰/۰۱۴
ضریب تغییرات		۶/۲۹	۳/۸

* و **: به تر تیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns: غیر معنی دار

جدول۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام کلزا در تراکم های مختلف علف هرز در سال دوم

رقم	شاهد	عملکرد دانه خالص (کیلوگرم بر هکتار)		
		٤ بوته خردل وحشی (در مترمربع)	۸ بوته خردل وحشی (در مترمربع)	١٦ بوته خردل وحشی (در مترمربع)
زرفام	۲۳٤٤b	۱۸۷۵a	١٦٤٠a	١٤٠٦a
هایولا ۳۳۰	٢٦٨٢a	۱۸۷۷a	١٤٢١b	١١٥٣b
آر.جی.اس.۰۰۳	٢٢٦٨b	١٢٧١b	١٠٢٨c	٦٤٠c
آپشن ۵۰۰	٢٥٢٦ab	١٠١٠c	٧٠٧d	٣٧٨d

میانگین‌های در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند



شکل۱- مدل عکس عملکرد بیولوژیک (سمت راست) و مدل عکس عملکرد دانه (سمت چپ) ارقام کلزا در تراکم‌های مختلف علف هرز

مدل افت عملکرد- تراکم علف هرز

به طور معمول هرچه تراکم علف هرز بیشتر باشد درصد افت عملکرد نیز متناسب با آن بیشتر خواهد شد و این روند تا جایی تداوم می‌یابد که تراکم علف هرز به سطحی می‌رسد که دیگر سبب کاهش معنی‌دار تولید گیاه زراعی نمی‌شود (۴). در این تحقیق افت عملکرد ناشی از رقابت خردل وحشی با کلزا محاسبه شد که و با افزایش تراکم خردل وحشی افت عملکرد نیز افزایش یافت (شکل ۲).

میزان این کاهش عملکرد در رقم رقیب زرفام از ۳۰ درصد تا ۶۲

درصد و در رقم ضعیف آپشن۵۰۰ از ۵۵ درصد تا ۹۴ درصد متغیر بود. با توجه به میزان افت عملکرد ارقام (جدول ۵)، به‌ترتیب کمترین و بیشترین افت عملکرد به ارقام زرفام و آپشن۵۰۰ تعلق داشت.

کمترین و بیشترین ضریب a (خسارت به ازای ورود اولین علف هرز) به ترتیب متعلق به رقم زرفام و آپشن۵۰۰ بود. همچنین کمترین ضریب m (حداکثر افت نسبی عملکرد) به رقم زرفام تعلق داشت که نشان داد رقم زرفام در جریان رقابت کمترین افت نسبی عملکرد را نسبت به سایر ارقام داشته است (جدول ۴). عده‌ای از محققین معتقدند که تنها ۵ درصد کاهش عملکرد در کلزا در حضور علف هرز قابل چشم پوشی است و از آن به عنوان آستانه خسارت نام برد (۲۶، ۲۷). با توجه به نتایج این محققین، در این آزمایش که خردل وحشی همزمان با کلزا رشد کرده بود، تراکم ۰/۷، ۰/۳۲، ۰/۳ و ۰/۰۶ بوته در مترمربع آستانه خسارت این علف هرز به ترتیب در ارقام زرفام، هایولا۳۳۰، آرجی اس۰۰۳ و آپشن۵۰۰ بود. نتایج نشان داد که آستانه خسارت علف هرز خردل وحشی در ارقام مختلف کلزا تفاوت دارد که این اختلاف ناشی از تفاوت در خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی هر رقم است، که در نهایت در قدرت رقابت آن‌ها تاثیر گذار است و این‌گونه است که رقمی با قدرت رقابت پایین نیاز به طولانی‌تر شدن دوره عاری از علف هرز و کاهش تراکم آستانه خسارت علف هرز دارد. بر اساس گزارش چلندر و مردیت (۱۶) رقابت علف هرز با دو رقم دیررس و زودرس پنبه در اوایل فصل رشد باعث کاهش عملکرد آن‌ها شد، اما میزان این کاهش در رقم زودرس بیشتر از رقم دیرس بود.

وان‌آکر و اوری (۳۶) بیان نمودند که حداکثر کاهش عملکرد کلزا در منطقه مانیتوبای کانادا به دلیل تداخل خردل وحشی ۷۵ درصد و در تراکم ۲۰۰ بوته در متر مربع بوده است، در حالی‌که تراکم پایین ۱۰ بوته در مترمربع سبب کاهش ۲ درصد تا ۵ درصد عملکرد شد. بلک‌شاو و همکاران (۱۸) عنوان داشت که ۲۰ بوته خردل وحشی درمترمربع عملکرد دانه کلزا را بیش از ۳۶ درصد کاهش داد.

مدل افت عملکرد- سطح برگ نسبی علف هرز

مطالعات شبیه سازی نشان داده است که ارتباط نزدیکی بین کاهش عملکرد و نسبت سطح برگ علف هرز، که به فاصله کوتاهی پس از سبز شدن گیاه زراعی اندازه گیری می‌شود، وجود دارد (۴). ضریب q به عنوان ارزشی از ضریب a (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. رحیمیان و شریعتی (۴) گزارش کردند که مقدار بزرگ‌تر از یک ضریب خسارت نسبی q برتری علف هرز و مقادیر کمتر 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. منحنی کاهش عملکرد گیاه زراعی در مقابل سطح برگ نسبی علف هرز در حالت اول q>۱ محدب و در حالت دوم q<۱ مقعر و درحالت سوم q=۱ به خط راست تبدیل می‌شود (۳۰). روند افت عملکرد در مقابل سطح برگ نسبی برای ارقام مختلف در (شکل۳) نشان داده شد. در هر ۴ رقم منحنی محدب (q>۱) است که این نشان دهنده بالا بودن قدرت رقابت علف هرز در برابر گیاه زراعی است (جدول ۶).

جدول ٤- ضرایب معادله عکس عملکرد در ارقام کلزا

عکس عملکرد بیولوژیک			
رقم	عکس حداکثر وزن تک بوته (گرم/۱)	ضریب رقابت بین گونه‌ای (b)	ضریب تبیین R^2
زرفام	۰/۰۶۲	۰/۰۰۳۶	۰/۹۷
هایولا ۳۳۰	۰/۰۷۳۲	۰/۰۰۴۷	۰/۹۸
آر.جی.اس.۰۰۳	۰/۰۶۲۷	۰/۰۱۳۳	۰/۹۸
آپشن ۵۰۰	۰/۰۷۱۵	۰/۰۱۳۴	۰/۹۹
عکس عملکرد دانه تک بوته			
رقم	عکس حداکثر وزن تک بوته (گرم/۱)	ضریب رقابت بین گونه‌ای (b)	ضریب تبیین R^2
زرفام	۰/۳۲۳۸	۰/۰۳۷۱	۰/۹۵
هایولا ۳۳۰	۰/۲۸۵۹	۰/۰۵۰۱	۰/۹۳
آر.جی.اس.۰۰۳	۰/۲۵۵	۰/۱۱۹۵	۰/۹۷
آپشن ۵۰۰	۰/۲۱۶۶	۰/۱۱۶۲۷	۰/۹۹

با توجه به شکل (۲) از نظر طبقه‌بندی قابلیت رقابت ارقام می‌توان نتیجه گرفت که رقم زرفام در رتبه اول و دو رقم آرجی‌اس۰۰۳ و هایولا۳۳۰ در رتبه دوم و آپشن۵۰۰ در جایگاه آخر قرار دارد. تاخیر در سبز شدن نسبت به علف هرز، ارتفاع کوتاه‌تر، شاخص سطح برگ پایین‌تر و عدم کانوپی مناسب برای تسخیر نور عواملی بودند که سبب شدند رقم آپشن۵۰۰ بیشترین سطح برگ نسبی علف هرز، بیشترین کاهش عملکرد را به خود اختصاص دهد، اما رقم زرفام درست در نقطه مقابل رقم آپشن۵۰۰ بود.

در ضمن همبستگی مقادیر شبیه سازی شده عملکرد کلزا توسط این دو مدل (افت عملکرد–سطح برگ نسبی علف هرز و تراکم)، در مقابل مقادیر واقعی آن به منظور ارزیابی کارایی مدل‌ها نشان داد که رابطه بین این دو متغیر به نسبت ۱:۱ نزدیک است (شکل ۲). همچنین به اعتقاد بوسنیک و سوآنتون (۱۲) مدلی با ضریب تبیین بالا و خطای استاندارد هریک از پارامترهای مدل، که کمتر از نصف مقدار عددی آن است، کارایی لازم در شبیه سازی کاهش عملکرد گیاه زراعی را دارا می‌باشد (جدولها ۶ و۵). در نتیجه می‌توان گفت که این دو مدل در شبیه سازی کاهش عملکرد کلزا بواسطه رقابت با خردل وحشی کارایی قابل قبولی دارند.

با ایجاد رگرسیون خطی بین کاهش عملکرد واقعی و کاهش عملکرد شبیه سازی شده کلزا برای مقایسه دو مدل فوق الذکر (افت عملکرد–سطح برگ نسبی علف هرز و تراکم) مشخص شد که هر دو مدل از یک رابطه ۱:۱ پیروی می‌کنند و عرض از مبدا و شیب رگرسیون حاصل به ترتیب اختلاف معنی‌داری با صفر و یک ندارند (شکل ۳)، در نتیجه این دو مدل کارایی لازم جهت تخمین کاهش عملکرد کلزا بر اثر تداخل خردل وحشی ر در شرایط مزرعه دارا است. اما مدل سطح برگ نسبی علف هرز با دارا بودن حداکثر ضریب تبیین و نزدیک بودن شیب خط رگرسیونی بین کاهش عملکرد برآورد شده و مقادیر واقعی به عدد ۱ و دارا بودن مقدار کمتر RMSE نسبت به مدل تراکم نشان از دقت بالاتر مدل سطح برگ نسبی است و بیشترین کارایی را در پیش‌گویی کاهش عملکرد داشت (شکل ۳). با توجه به مقدار شیب خط ۱:۱ در مدل سطح برگ نسبی که معادل ۱/۰۲ می‌باشد میزان کاهش عملکرد کلزا را اندکی بیش از مقدار واقعی تخمین می‌زند (شکل۳)، در ضمن اشاره به این نکته ضروری است که علی‌رغم توانایی بالای مدل مبتنی بر سطح برگ نسبی علف هرز، عدم وجود یک روش سریع در تخمین سطح برگ یک محدودیت عمده این مدل محسوب می‌گردد (۱۹، ۲۴، ۲۹).

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که هیچکدام از ارقام دارای کلیه صفات مطلوب لازم برای تبدیل شدن به یک رقم رقیب موفق، مجهز نیستند. تجزیه کلاستر می‌تواند در طبقه بندی ارقام از لحاظ رقابت یک دید کلی ایجاد نماید و همبستگی معنی‌دار بین صفات مورد مطالعه با شاخص‌های رقابت مورد بررسی نشان از موفقیت نسبی این شاخص‌ها در فراهم آوردن امکان مقایسه نسبی ارقام از لحاظ توان رقابتی است. مدل‌های تجربی شبیه سازی در این تحقیق، این موضوع را به وضوح نشان دادند که خردل وحشی رقابتگر قوی نسبت به کلزا حتی در تراکم‌های خیلی پایین می‌باشد. همچنین افزایش تراکم علف هرز باعث کاهش غیرخطی عملکرد دانه می‌شود. مقایسه کارایی مدل‌های افت عملکرد تراکم و سطح برگ نسبی علف هرز در پیش بینی افت عملکرد نشان داد که مدل سطح برگ نسبی دقت بالاتری در پیش بینی درصد کاهش عملکرد دارد.

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق جهت افزایش دامنه اطلاعات در ارتباط با رقابت خردل وحشی با کلزا و افزایش اعتماد نسبت به یافته‌های این تحقیق، پیشنهاد می‌شود باتوجه به عدم وجود یک معادله واحد برای ارزیابی توانایی رقابتی ارقام، ارایه یک معادله واحد که هم قدرت تحمل و هم قدرت رقابت را بر آورد نماید نیز ضروری به نظر می‌رسد.

سطوح مختلف این گیاه زراعی به همراه تراکم و زمان سبز شدن علف هرز خردل وحشی مورد بررسی قرار گیرند، سایر مسایل به زراعی همچون تاثیر کود، آبیاری، تاریخ کاشت و غیره بر توانایی رقابت کلزا با خردل وحشی مورد ارزیابی باشند، این آزمایش برای چند سال در مناطق همجوار تکرار شود تا نتایج مطمئن‌تری را در دسترس قرار دهد از طرفی جمع آوری داده‌های بیشتر مزرعه‌ای باعث می‌شود تا ضرایب رگرسیونی مدل‌های پیشگویی عملکرد، با خطای کمتری برآورد گردد.

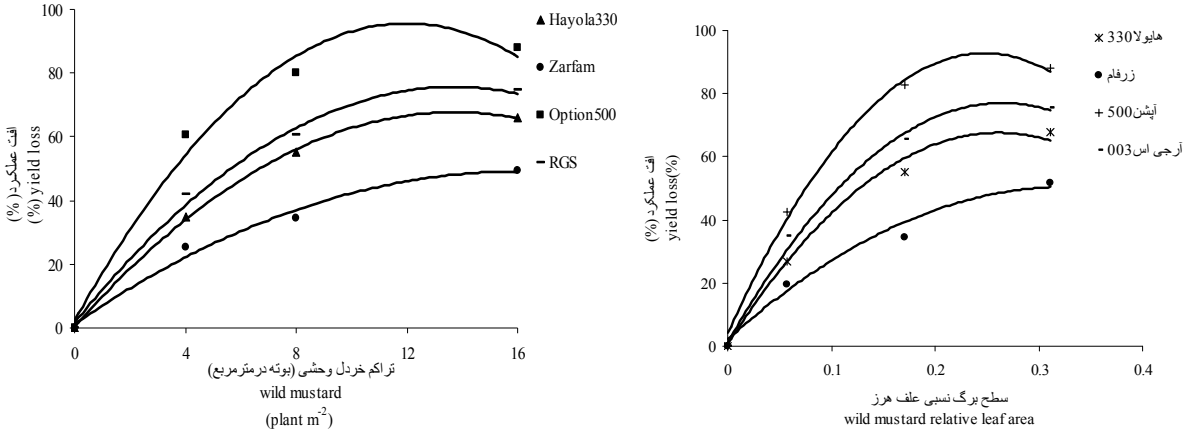
جدول ۵- ضرایب مدل تراکم–افت عملکرد در ارقام کلزا

رقم	ضریب تبیین R^2	خسارت به ازای ورود اولین علف هرز (a)*	حداکثر افت عملکرد (m) *
زرفام	۰/۹۵	۹/۸±۱/۵	۸۸/۸±۱۲/۴
هایولا ۳۳۰	۰/۹۷	۲۰/۲۵±۲/۴۴	۹۰/۹±۵/۲
آر.جی.اس.۰۰۳	۰/۹۵	۲۲±۶	۹۴±۳/۴
آپشن ۵۰۰	۰/۹۶	۳۵/۱±۴	۹۸±۱/۶

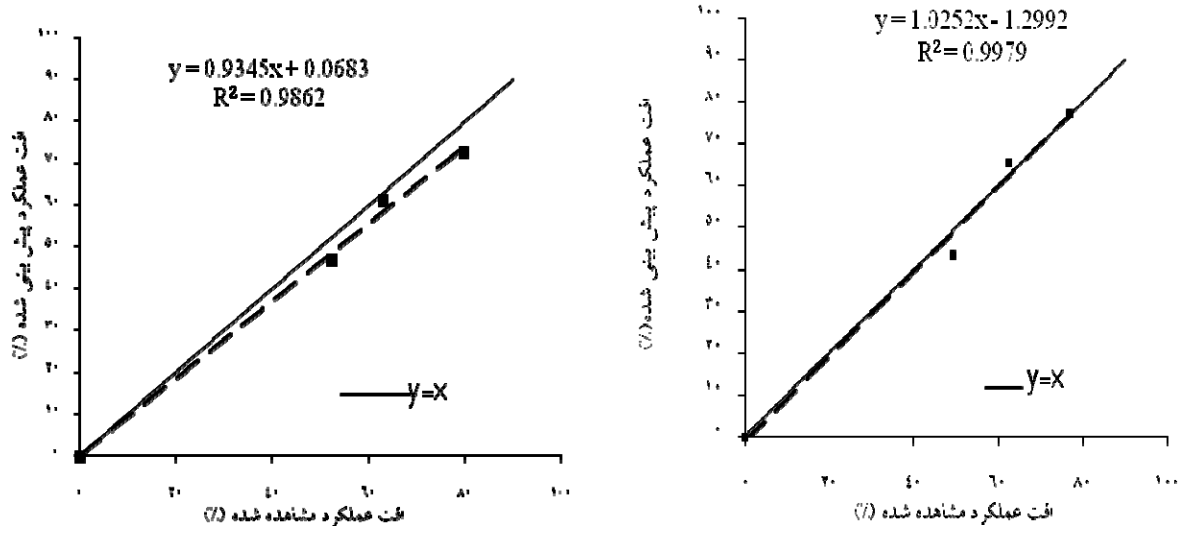
*a، خسارت به ازای ورود اولین علف هرز و m، حداکثر افت نسبی عملکرد

جدول٦- ضرایب مدل سطح برگ نسبی علف هرز- افت عملکرد در ارقام کلزا

رقم	ضریب خسارت نسبی q	ضریب تبیین R^2
زرفام	۹/۸±۱/۳۳	۰/۹۵
هایولا ۳۳۰	۱۰/۶±۲/۱	۰/۹۷
آر.جی.اس.۰۰۳	۱۱/۶±۱/۴۴	۰/۹۵
آپشن ۵۰۰	۱۴/۹±۳	۰/۹۶



شکل ۲- شبیه سازی درصد کاهش عملکرد کلزا توسط مدل تراکم (نمودار راست) و مدل سطح برگ نسبی (نمودار چپ) در ارقام مختلف کلزا (نقاط، اعداد واقعی و خطوط اعداد پیش بینی شده توسط مدل)



شکل۳- مقایسه مقادیر شبیه سازی شده درصد افت عملکرد کلزا توسط مدل تراکم (سمت راست) و مدل سطح برگ نسبی (سمت چپ) در مقابل مقادیر مشاهده شده آن (خط نقطه چین رگرسیون خطی بین مقادیر واقعی و بر آورد شده افت عملکرد است)

منابع

۱- باقرانی ترشیز، ن. و ح. غدیری. ۱۳۷۵. اثر خراش‌دهی شیمیایی و مکانیکی، جیبرلیک اسید و درجه حرارت بر جوانه زنی بذر خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.). چکیده مقالات دوازدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران. کرج.

۲- باغستانی، م. ع. و ا. زند، ۱۳۸۲. مروری بر بیولوژی و کنترل خردل وحشی(*Sinapis arvensis* L.). موسسه تحقیقات و آفات و بیماری‌های گیاهی، ۵۶ ص.

۳- دیهیم فر، ر. ۱۳۸۴. ارزیابی خصوصیات مورفوفیزیولوژی موثر بر افزایش عملکرد بعضی از ارقام گندم(*Triticum aestivum* L.) در رقابت با منداب (*Eruca Sativa* Mill.). پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی ابوریحان، ۱۳۵ ص.

۴- رحیمیان، ح. و ش. شریعتی. ۱۳۷۸. مدلسازی رقابت علف‌های هرز و گیاهان زراعی . نشر آموزش کشاورزی. ۲۹۴ص.

۵- زند، ا. ۱۳۷۹. مطالعه خصوصیات اکوفیزیولوژیک ارقام گندم ایرانی از نظر مرفولوژی، فیزیولوژی، رقابت درون و بین گونه ای (روند تغییرات ۵۰ ساله). رساله دکتری زراعت. دانشگاه فردوسی مشهد.۸۰ ص.

۶- فاتح، ا. ۱۳۸۲. ارزیابی قدرت رقابتی ذرت (*Zea mays*) و سلمه تره (*Chenopodium album*) تحت تاثیر الگوی کاشت با استفاده از مدل‌های رقابتی پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی ابوریحان، ۱۰۷ ص.

۷- سرمدنیا، غ. ع. و کوچکی ع. ، ۱۳۷۳. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۶۷ص.

۸- سلطانی، ا. ۱۳۸۵. روش های آماری در تحقیقات کشاورزی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۷۴ص.

۹- صفاهانی، ع. ر.، ا.، آینه‌بند، ا.، زند، ق.، نور محمدی، م. ع.، باغستانی، و ب.، کامکار. ۲۰۰۸. ارزیابی توان رقابتی ارقام کلزا (*Brassica napus* L.) با خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L) و رابطه آن با میزان و نحوه توزیع سطح برگ در کانوپی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۵جلد ، شماره ۲، ۸۶-۹۸.

۱۰- یعقوبی، ب. و م. ع. باغستانی. ۱۳۸۳. مطالعه قدرت رقابتی ارقام بومی و اصلاح شده برنج با علف هرز سوروف با استفاده از آنالیز رشد. شانزدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران . تبریز. شهریور ۱۳۸۳.

11- Blackshaw, R. E., Anderson, G. W., and Dekker, J. 1987. Interference of wild mustard (*sinapis arvensis* L.) and French mercury (*Chenopodium album* L.) in spring rapeseed (*Brassica napus* L.). Weed Res. 27: 31-34.

12- Bosnic, A., and C. J. Swanton 1997. Influence of barnyardgrass (*Echinocloa crus-gali*) time of emergence and density on corn (*Zea mays*). Weed Sci. 45: 276-282.

13- Bussan, A. J., O. C., Burnside, J. H., Orf, E. A., Ristau, and K. J. Puettmann, 1997. Field evaluation of soybean (*Glycine max*) genotypes for weed competitivness. Weed Sci. 45: 31-37.

14- Cavero, J., C., Zaragoza, M. L., Suso, and A. Pardo. 1999. Competition between maize and *Datura stramonium* in an irrigated field under semi-arid conditions. Weed Res. 39: 225-240.

15- Challaiah, O., C., Burnside, G. A., Wicks, and V. A. Johanson. 1986. Competition between winter wheat (*Triticum aestivum*) cultivars and downy brome (*Bromus tectorum*) Weed Sci. 34: 689-693.

16- Chandler, J. M., and W. R. Mrerdith, 1983. yields of three cotton (*Gossypium hirsutum*) cultivars as influenced by Sprured anoda (*Anoda cristata*) competition. Weed Sci. 31: 303-307.

17- Cousens, R. D. 1985. A simple mode relating yield loss to weed density. Annals. Appl. Biol. 107: 239-252.

18- Ehdaie, B., M. R., Shakiba, and T. J. Waines, 2001. Sowing date and nitrogen input influence nitrogen-use efficiency in spring bread and drum wheat genotypes. J. Plant Nutrition. 24: 899-919.

19- Knezevic, S. Z., S. F., Weise, and C. J. Swanton. 1995. Interference of redroot pigweed (*Amaranthus retreflexus*) in corn (*Zea mays*). Weed Sci. 42: 568-573.

20- Kroppf, M. J., and C. J. T. Spitters. 1992. An eco-physiolgical model for interspecific competition, applied to the influence of (*Chenopodium album* L.) on sugar beet. I. Model description and parameterization. Weed Res. 32: 437-450.

21- Kroppf, M. J., and C. J. T. Spitters. 1991. A simple model of crop loss by weed competition from early observation of relative leaf area of weeds. Weed Res. 31: 97-105.

22- Lemerle, D., B., R. D., Verbeek, Cousen, and N. E. Coombes. 1996. The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weed. Weed Res. 36: 505-513.

23- Lemerle, D., B., Verbeek, and N. Coombes, 1995. Losses in grain yield of winter crops from *Lolium*

rigdum depend on crop species cultivars and season. Weed Res. 35: 503-509.
24- Lotz, L. A. P., S., Christenzen, and Clotier, 1996. Prediction of weed competitive effects of weed on crop yields based on the relative leaf area of weeds. Weed Res. 36: 93-101.
25- Olofsdotter, M., D., Navarez, and M. Rebulanan. 1999. Weed suppressing rice cultivars-does allelopathy play a role. Weed Res. 39: 441-454.
26- Martin, S. G., R. C, Van Aker, and L. F. Friesen. 2001. Critical period of weed control in spring canola. Weed Sci. 49: 326-333.
27- McMullan, P. M., Daun, J. K, and Declerq, D. R. 1994. Effect of wild mustard (*Brassica kaber)* Competition on Yield and quality of Tritizan-Tolerant and Tritizan- Susceptible Canola (*Brassica napus* and *Brassica rapa)*. Can. J. Plant Sci. 74(2): 369-374.
28- Moechnig, M. J., Stoltenbrg, D. E., and Larry, K. B. 1999. Corn yield losses due to weed competition. Weed Sci. 45: 345-354.
29- Ngouajio, M., M. E., Mcgiffen, and J. J. Hembree. 2001. Tolerance of tomato cultivars to velvetleaf interference. Weed Sci. 49: 91-98.
30- Ngouajio, M., C. Lemieux, and G. D. Leroux. 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.
31- Park, S. E., L. R., Benjamin, and A. R. Watkinson, 2003. The theory and application of plant competition models: an agronomic perspective. Annal. Bota. 92: 741-748.
32- Roudi, D., Rahmanpor, S., and Javid far, F. 2004. Canola Production. Ministery of Jihad- e- Agriculture, Agriculture Research and Education Organization press. 53pp.
33- Seefeldt, S., Ogg, G. O., and Hou, Y. 1999. Near- isogenic lines for (*Triticum aestivum L.*) height and crop competitiveness. Weed Sci. 47: 316-320.
34- Spitters, C. J. T. 1990. On descriptive and mechanistic models for inter- plant competition, with particular reference to crop-weed interaction. In: Rabbinge, R., Gourdiaan, G., Van Keulen, H., Penning de Vries, F. W. T., and Van Laar, H. H. (Eds.). Theoretical Production Ecology: Reflections and Prospects. Pudoc, Wgeningen, pp. 217-236.
35- Swanton, C. J., and S. D. Murphy. 1996. Weed Science beyond the weeds: the role of integrated weed management in agroecosystem health. Weed sci. 44: 437-445.
36- Van Acker, R. C., and R. Oree. 1999. wild oat (*Avena fatua* L.) and wild mustard (*Brassica kaber*) Wheller interference in canola (*Brassica napus*). Weed Sci. Soc. Amer. 39: 10.
37- Warwick, S. I., Beckie, H. J., Thomas, A. G., and Mcdonald, T. 2005. The biology of Canadian Weeds. 8. *Sinapis arvensis.* L. (updated). Can. J. Plant Sci. 55: 171-183.
38- Watson, P. R., Derksen, D. A., Van Acker, R. C., and Blrvine, M. C. 2002. The contribution of seed seedling, and mature plant traits to barley cultivar competitivness against weeds. Proceedings of the National Meeting- Canadian Weed Sci. Society 49-57.
39- Weaver, S. E., Kropff, M. J., and Cousense, R. 1993. A simulation model of *Avena fatua* L. growth and development. Ann. Appli. bio. 122: 537-554.
40- Yenish, J. P., B. R., Durdan, D. W., Miller, and D. L. Wyse, 1992. Wheat (*Triticum aestivum*) yield reduction from common milkweed (*Asclepias syriaca*) competition. Weed Sci. 45: 127-131.
41- Zand, E., and H. J. Beckie. 2002. Competitive ability of Hybrid and Open Pollinated Canola (*Brassica napus*) with Wild Oat (*AvenaFatua*).Can. J. Plant Sci. 82: 473-480.