نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۰، ص. ۱۶۷-۱۵۸

Journal of Plant Protection
Vol. 25, No. 2, Summer 2011, P. 158-167

بررسی اثر نیتروژن بر قابلیت رقابت کلزا (*Brassica napus*) در برابر علف‌هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) با استفاده از مدل‌های تجربی

فاطمه سلیمانی[۱] - گودرز احمدوند[۲*] -بیژن سعادتیان [۳]

تاریخ دریافت: ۸۹/۲/۲۲
تاریخ پذیرش: ۹۰/۴/۲۷

چکیده

به منظور ارزیابی اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر توانایی رقابتی کلزا در شرایط تداخل با علف‌هرز خردل وحشی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل مقدار کود نیتروژن از منبع کود اوره (۴۶٪ ازت) در چهار سطح (۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) به عنوان عامل اصلی و سطوح تراکم خردل وحشی در پنج سطح (صفر، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ بوته در متر مربع) به عنوان عامل فرعی بود. مدل‌های عکس عملکرد تک بوته، افت عملکرد و سطح برگ نسبی یک و دو پارامتره، بر داده‌های حاصل از آزمایش برازش داده شدند و از ضرایب معادلات مذکور جهت بررسی تغییرات توانایی رقابتی کلزا در سطوح نیتروژن استفاده شد. نتایج نشان داد که هر چهار مدل به خوبی روند تغییرات کاهش عملکرد کلزا را در شرایط تداخل با خردل وحشی توصیف کردند. کاربرد بیشتر نیتروژن سبب افزایش عملکرد بیولوژیک و دانه کلزا در شرایط تداخل شد. با افزایش تراکم خردل وحشی در هر چهار سطح کود نیتروژن، عملکرد بیولوژیک و دانه کلزا، کاهش معنی‌داری داشت. ضرایب به دست آمده از مدل عکس عملکرد تک بوته نشان داد که افزایش کود نیتروژن تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، سبب افزایش توان رقابت نسبی کلزا در برابر خردل وحشی شد. همچنین در تمامی سطوح نیتروژن، عملکرد دانه بیشتر از عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر رقابت قرار گرفت. کمترین شیب اولیه کاهش عملکرد (I)، بیشترین آستانه خسارت خردل وحشی و کمترین ضریب خسارت نسبی (q) در مدل سطح برگ نسبی دو پارامتره در تیمار کودی ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که بهترین سطح مصرف کود نیتروژن، سطح ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود و مقادیر پیش‌بینی شده در مدل دو پارامتره سطح برگ نسبی، روند تغییرات کاهش عملکرد کلزا را بهتر نشان داد.

واژه‌های کلیدی: کلزا، رقابت، خردل وحشی، عملکرد، مدل تجربی

مقدمه

علف‌های هرز یکی از عوامل مهم کاهش عملکرد گیاهان زراعی به شمار می‌روند. تحقیقات انجام شده در جهان حاکی از آن است که بیش از ۱۰ درصد تلفات محصولات کشاورزی، ناشی از اثرات رقابت علف‌های هرز است (۷). رقابت به عنوان یکی از موضوعات کلیدی و پدیده‌ای پیچیده در مباحث اکوفیزیولوژیک جوامع گیاهی مطرح است و عوامل بسیاری در آن دخالت دارند که از آن جمله می توان به زمان و مدت تداخل علف‌هرز با گیاه زراعی، سطح کاربرد نهاده‌های کودی (۲۱ و ۱۳) و شرایط محیطی (۲۸) اشاره کرد. تراکم علف‌هرز یک عامل کمی موثر در رقابت علف‌هرز با گیاه زراعی به شمار می‌رود. امروزه کاربرد مدل‌های ریاضی برای تجزیه و تحلیل یافته‌های کشاورزی گسترش یافته است (۳ و ۶). در حال حاضر یکی از روش‌های قابل قبول برای مطالعه رقابت، استفاده از مدل عکس عملکرد می‌باشد. اساس این مدل، رابطه هذلولی بین عملکرد و تراکم است که بسته به تعداد گونه در کشت مخلوط به صورت معادلات رگرسیونی خطی چندگانه ارائه می‌گردد. رابطه عکس عملکرد تک بوته با تراکم به صورت خطی است، علت استفاده از فرم خطی این مدل تفسیر و کاربرد آسانتر آن است. با استفاده از ضرایب مدل عکس عملکرد می‌توان قدرت رقابتی یک گونه نسبت به گونه دیگر را به شکل مستقل از تراکم تعیین کرد. کوزنس (۱۲) به منظور پیش‌گویی کاهش عملکرد گیاهان زراعی در رقابت با علف‌های هرز، تابع هذلولی راست گوشه را به عنوان بهترین مدل معرفی کرد. در این مدل دو

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشگاه بوعلی سینا همدان
(*- نویسنده مسئول : Email: gahmadvand@basu.ac.ir)

پارامتری، کاهش عملکرد گیاه زراعی تابعی از تراکم علف‌هرز است. مدل دیگری که امروزه جهت محاسبه افت عملکرد کاربرد دارد مدل ارائه شده توسط کراف و اسپیترز (۱۹) است که توسط کراف و لوتز (۲۰) بر اساس مدل هذلولی راست گوشه کاهش عملکرد توسعه یافته است، در این مدل، کاهش عملکرد به سطح برگ نسبی علف‌هرز نسبت داده شده است.

گیاه کلزا به دلیل دارا بودن ویژگی‌های زراعی خاص در میان محصولات روغنی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده (۱) و واکنش‌پذیری بالایی به افزایش کاربرد نیتروژن دارد (۱۶). علف‌های هرز به دو طریق بر تولید کلزا اثر می‌گذارند : ۱- عملکرد کلزا را از طریق رقابت برای منابع در دسترس کاهش داده (۹ و ۸) و ۲- بذور آن‌ها باعث کاهش کیفیت روغن کلزا می‌گردد (۲۴). از مهم‌ترین علف‌های هرز مزارع کلزا، علف‌های هرز هم‌خانواده (تیره شب‌بو) به ویژه گونه خردل وحشی است که گیاهی پهن‌برگ و یکساله می‌باشد. تاکنون این گیاه به عنوان علف‌هرز ۳۰ محصول زراعی در ۵۲ کشور جهان معرفی شده است (۱۴)، در ایران نیز خردل وحشی از اصلی‌ترین علف‌های هرز محصولات پاییزه به شمار می‌رود. تحقیقات بسیاری در رابطه با اثرات زیانبار خردل وحشی بر گیاهان زراعی مختلف صورت گرفته است. در بررسی انجام شده توسط وال و همکاران (۳۰)، عملکرد لوبیا در تراکم ۲۰ بوته خردل وحشی در سال‌های ۱۹۸۹ و ۱۹۹۱ به ترتیب ۵۷ و ۴۶ درصد کاهش نشان داد و در تراکم‌های بالاتر از روند کاهش عملکرد لوبیا کاسته شد به نحوی که در تراکم ۷۵ بوته خردل وحشی در مترمربع ، کاهش محصول در این دو سال به ترتیب ۸۱ و ۶۴ درصد بود، که این نتایج نشان‌دهنده وجود یک رابطه غیرخطی بین کاهش عملکرد گیاه زراعی و تراکم‌های بالای علف‌هرز است (۱۲). مک مولان و همکاران (۲۴) دریافتند که حضور ۱۰ بوته خردل وحشی در مترمربع، سبب کاهش عملکرد کلزا به میزان ۲۰٪ شد. در آزمایشات انجام شده توسط بلک شاو و همکاران (۹) خردل وحشی با تراکم ۲۰ بوته در مترمربع، سبب افت ۳۶ درصدی در عملکرد کلزا گردید.

کاربرد سطوح بالای کود در صورتی که رشد علف‌های هرز را بیش از گیاه زراعی تحریک نماید، سبب تشدید اثرات تداخلی علف‌های هرز می‌شود (۲۱). در بسیاری از مواقع به ویژه در تراکم‌های بالای علف‌هرز افزایش عناصر غذایی به نفع علف‌های هرز عمل می‌کند. از سوی دیگر، علف‌های هرز در بسیاری از موارد بیش از میزان مورد نیاز از عناصر غذایی استفاده می‌کنند و در نتیجه این مصرف کننده‌های لوکس، ممکن است بیشتر از گیاه زراعی از کود بهره ببرند. نیتروژن عنصری است که در رابطه با رقابت علف‌های‌هرز بیشترین نگرانی را ایجاد کرده است (۱۳). اکافر و دی داتا (۲۷) دریافتند که افزایش مصرف نیتروژن در شرایط رقابت بین برنج و اویارسلام ارغوانی، موجب کاهش جذب نور، شاخص سطح برگ و کاهش عملکرد دانه برنج گردید. همچنین تحقیقات دیگر نشان داد که زیست توده سلمه تره و خردل وحشی به طور چشمگیری با افزایش نیتروژن خاک از ۲۰ به ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، افزایش یافت و هر دو علف‌هرز بیش از گندم به افزایش نیتروژن واکنش مثبت نشان دادند (۱۵). بلک شاو و همکاران (۱۱) گزارش کردند که با افزایش نیتروژن خاک از صفر به ۲۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، زیست توده خردل وحشی، ۷/۸ برابر افزایش یافت. مدیریت مصرف نهاده‌های کودی از نظر میزان و زمان کاربرد ممکن است به عنوان راهکاری در جهت کاهش اثرات تداخل علف‌هرز با گیاه زراعی باشد (۱۳ و ۲۶).

به طور کلی روش‌های مدیریت علف‌های هرز، نیازمند اطلاعات جامعی از رفتار علف‌های هرز و اثرات آنها در سیستم‌های زراعی است که از آن جمله می‌توان به اثرات تراکم علف‌هرز و سطوح کاربرد کود نیتروژن بر رقابت گیاه زراعی – علف‌هرز اشاره نمود. این پژوهش به منظور بررسی اثرات سطوح کود نیتروژن بر عملکرد کلزا با استفاده از مدل‌های تجربی، در شرایط رقابت با خردل وحشی و مقایسه کارآیی مدل های یاد شده، انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان با مختصات عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی، با ارتفاع ۱۷۴۱ متر از سطح دریا و متوسط بارندگی ۳۳۰ میلی متر در سال، انجام شد. خاک مزرعه مورد آزمایش تا عمق ۳۰ سانتی‌متری دارای ۰/۷۶ درصد ماده آلی، pH حدود ۷/۵ و بافت سیلتی رسی بود.

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک-های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل مقدار کود نیتروژن از منبع کود اوره (۴۶٪ ازت) در چهار سطح (۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) به عنوان عامل اصلی و سطوح تراکم خردل وحشی در پنج سطح (صفر، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ بوته در متر مربع) به عنوان عامل فرعی، بود. تهیه بستر، شامل عملیات شخم و دیسک‌زنی در شهریورماه ۱۳۸۷ انجام شد. کاشت بذر ضدعفونی شده کلزای رقم اوکاپی (رقمی پائیزه و مقاوم به سرما) با دست و به صورت خشکه‌کاری با فاصله ۵ سانتی‌متر در روی ردیف (تراکم ۸۰۰۰۰ بوته در هکتار) و در عمق ۲ سانتی‌متری در ۱۶ شهریورماه انجام گرفت. هر کرت آزمایشی شامل ۹ ردیف کشت به طول ۵ متر با فواصل ۲۰ سانتی‌متر بود. فاصله بین کرت‌های فرعی و اصلی به ترتیب ۰/۶ و ۲ متر در نظر گرفته شد. کود فسفره از منبع سوپرفسفات تریپل و کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم به ترتیب به

میزان ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار با توجه به توصیه کودی ناشی از آزمایش خاک، قبل از کاشت بذر، توسط دیسک با خاک مخلوط شد. کود اوره در سه مرحله، شامل ۱/۳ به صورت پایه قبل از کاشت و مابقی به صورت سرک ۱/۳ در ابتدای ساقه‌دهی و ۱/۳ در اوایل گلدهی، به کار رفت.

بذور خردل وحشی تهیه شده از موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کرج جهت شکستن خواب، قبل از کاشت به مدت ۵ روز در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (۲). هم زمان با کاشت کلزا، بذور خردل وحشی مخلوط شده با ماسه به صورت دستی در بین ردیف‌های کشت کلزا با توجه به تراکم‌های مورد نظر جاگذاری شد. پس از اطمینان از درصد سبز شدگی و استقرار گیاهچه‌های خردل وحشی، در مرحله ۳ برگی عملیات تنک سبک صورت گرفت. تنک نهایی بوته‌های خردل وحشی پس از سپری شدن سرمای زمستانه در ۲۰ اسفندماه انجام شد. با توجه به نیاز کلزا، آبیاری به صورت بارانی در فواصل زمانی معین صورت گرفت. در طی فصل رشد، به منظور مبارزه با آفت شته سبز از سم دسیس (دلتامیترین) به میزان ۰/۳ لیتر در هکتار استفاده شد. در طول فصل رشد به استثناء علف‌هرز خردل وحشی، سایر علف‌های هرز به صورت مستمر با دست وجین گردیدند.

در پایان فصل رشد جهت تعیین عملکرد کلزا، برداشت از مساحتی معادل ۱ مترمربع در هر کرت به صورت تصادفی و با دست انجام شد، به منظور اندازه‌گیری بیوماس و عملکرد دانه تک بوته کلزا در هر کرت، تعداد ۱۰ بوته به صورت تصادفی برداشت و صفات مزبور به وسیله ترازوی با دقت یک صدم گرم، تعیین شدند.

برای تخمین کاهش عملکرد کلزا در سطوح کود نیتروژن، از مدل هذلولی راست گوشه کوزنس (۱۲) استفاده گردید (معادله ۱). در این فرمول YL درصد کاهش عملکرد کلزا، D_S تراکم خردل وحشی، I کاهش عملکرد کلزا به ازای تک بوته خردل وحشی، وقتی که تراکم آن به سمت صفر میل می‌کند و A حداکثر کاهش عملکرد کلزا در تراکم‌های بالای خردل وحشی بود.

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

از مدل‌های یک پارامتری کراف و اسپیترز (۱۹) (معادله ۲) و دو پارامتری کراف و لوتز (۲۰) (معادله ۳) نیز برای تعیین رابطه بین کاهش عملکرد کلزا و سطح برگ نسبی خردل وحشی استفاده شد.

$$YL = \frac{qLw}{[1+(q-1)]Lw} \qquad (۲)$$

$$YL = \frac{qLw}{[1+(\frac{q}{m}-1)]Lw} \qquad (۳)$$

در این معادله ها، YL درصد کاهش عملکرد کلزا، q شاخص خسارت نسبی، m حداکثر کاهش عملکرد کلزا می‌باشد. Lw نیز سطح برگ نسبی خردل وحشی است که برای محاسبه آن، شاخص سطح برگ هر دو گیاه ۶۰ روز پس از کاشت (در مرحله ۸ برگی) اندازه‌گیری و از طریق رابطه زیر محاسبه شد.

$$Lw = \frac{LAI_{Wildmustard}}{(LAI_{canola} + LAI_{wildmustard})} \qquad (۴)$$

برای محاسبه روابط عکس عملکرد بیولوژیک و عکس عملکرد دانه کلزا با تراکم خردل وحشی، به دلیل ثابت بودن تراکم کلزا، از معادله تغییر شکل یافته اسپیترز (معادله ۳) استفاده گردید (۳).

$$1/W_c = b_{co} + b_{cw}Nw \qquad (۵)$$

در این معادله، b_{co}، عکس حداکثر عملکرد بیولوژیک یا دانه کلزا در شرایط عدم رقابت، b_{cw} ضرایب رقابت برون گونه‌ای کلزا، $1/W$ ، عکس عملکرد بیولوژیک یا دانه تک بوته کلزا، Nw تراکم کلزا را نشان می‌دهند.

برای برآورد پارامترهای مدل‌ها و تجزیه واریانس داده‌ها از نرم افزار آماری SAS و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد. در مواردی که اثر متقابل معنی‌دار شده بود، از برش‌دهی فیزیکی[1] استفاده و مقایسات میانگین‌ها با آزمون دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد (۴). به منظور ارزیابی مدل‌های کاهش عملکرد با تراکم و سطح برگ نسبی خردل وحشی در شبیه‌سازی کاهش عملکرد، رگرسیون خطی بین عملکرد مشاهده شده و شبیه‌سازی شده برازش داده شد و برای مقایسه آن‌ها از ضریب همبستگی و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)[2] استفاده شد (۲۵).

نتایج و بحث

بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده سطوح نیتروژن و تراکم خردل وحشی بر عملکرد بیولوژیک و دانه کلزا معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۱$) (جدول ۱). همچنین اثرات متقابل نیتروژن و تراکم خردل وحشی، بر هر دو صفت مورد بررسی معنی‌دار گردید (جدول ۱). کاربرد بیشتر کود نیتروژن سبب افزایش عملکرد بیولوژیک و دانه کلزا در تمامی سطوح تراکم خردل وحشی شد (جدول ۲). به طوری که عملکرد بیولوژیک کلزا، در تیمار کودی ۲۵۰ کیلوگرم نسبت به ۱۰۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار، در سطوح تراکم صفر، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ بوته خردل وحشی به ترتیب ۲۶/۴، ۲۳/۴، ۲۶/۶، ۲۷/۶ و ۲۵/۴ درصد افزایش نشان داد. مجنون حسینی و همکاران (۲۲) دریافتند که کاربرد بیشتر کود نیتروژن سبب افزایش بیوماس و

1- Physical slicing
2- Root mean square error

عملکرد دانه کلزا در شرایط تداخل با علف‌هرز گردید، که با نتایج این بررسی مطابقت دارد. با افزایش تراکم خردل وحشی در هر چهار سطح کود نیتروژن، عملکرد بیولوژیک و دانه کلزا کاهش معنی‌داری داشت. به طوری که در تراکم ۳۲ بوته خردل وحشی در مترمربع، عملکرد دانه کلزا در تیمارهای ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب ۳۰/۹، ۳۱/۳، ۲۸/۳ و ۳۰ درصد نسبت به شاهد بدون تداخل،کاهش نشان داد (جدول ۲). در سایر مطالعات انجام شده نیز اثرات منفی افزایش تراکم خردل وحشی بر عملکرد کلزا گزارش شده است (۶ و ۱۰). رز و ون آکر (۲۹) رقابت برای جذب عناصر غذایی، نور و رطوبت را از علل کاهش بیوماس کلزا در شرایط رقابت با علف‌هرز دانستند.

در تیمارهای ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ، عملکرد بیولوژیک کلزا نسبت به عملکرد دانه آن در سطوح پایین تراکم خردل وحشی کمتر تحت تاثیر رقابت قرار گرفت، عدم وجود تفاوت معنی‌دار عملکرد بیولوژیک، در تراکم‌های صفر و ۴ بوته خردل وحشی در سطوح مزبور، مؤید این مطلب است (جدول۲). نتیجه حاصل با نتایج صفاهانی لنگرودی و همکاران (۵) مطابقت داشت. هرچند در تیمار کودی ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بین تراکم‌های ۴و ۸ بوته خردل وحشی در صفت عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما در تراکم‌های بالاتر، روند کاهشی معنی‌دار شد. با افزایش کاربرد نیتروژن از ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه کلزا در تمامی تراکم‌های خردل وحشی، کاهش کمتری نشان داد. اما در سطح کودی۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، اثرات رقابتی خردل وحشی تشدید گردید. مجنون حسینی و همکاران (۲۲) در تحقیقات خود بیان داشتند که توان رقابتی کلزا در بالاترین سطح تیمار کودی استفاده شده (۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) در شرایط رقابت با علف‌هرز، نسبت به سایر سطوح نیتروژن، افزایش یافت.

نتایج حاصل از برازش مدل عکس عملکرد تغییر شکل یافته (معادله ۳) حاکی از کاهش عملکرد بیولوژیک و دانه تک بوته کلزا در تمامی تیمارهای کودی در شرایط رقابت با خردل وحشی بود. اما صفات یاد شده در تیمارهای کودی مختلف، کاهش متفاوتی نشان دادند (جداول ۳ و۴). با افزایش نیتروژن، عکس حداکثر وزن بیولوژیک و دانه تک بوته کاهش یافت که نشان‌دهنده اثرات مثبت افزایش مصرف کود بر این صفات بود (شکل ۱). شیب معادله (b) عکس عملکرد بیولوژیک تک بوته (جدول ۳) بیانگر آن است که کلزا در سطح کودی ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، با دارا بودن کمترین شیب خط (۰/۰۰۰۸۶) دارای بیشترین قدرت رقابت نسبی بود، در حالی که سطح ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، کمترین مقدار را داشت (جدول ۳).

جدول ۱- تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک و دانه کلزا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
تکرار	۲	۸۸/۶^{ns}	۲۸۱/۲^{ns}
سطوح نیتروژن	۳	۸۴۰۰۸**	۱۷۲۳۶۱**
خطای a	۶	۱۴۶/۹	۸۲۲/۶
تراکم خردل وحشی	۴	۲۶۲۶۸**	۱۷۲۴۲۸**
سطوح نیتروژن×تراکم خردل وحشی	۱۲	۲۰۷/۳**	۸۲۱/۲**
خطای b	۳۲	۵۶/۳	۲۸۸/۹

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪، ۱٪ و عدم معنی‌دار

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک و دانه کلزا تحت تاثیر تراکم‌های خردل وحشی در سطوح کود نیتروژن

تراکم خردل وحشی (بوته در مترمربع)	سطوح کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)							
	۱۰۰		۱۵۰		۲۰۰		۲۵۰	
	دانه (gr/m^2)	بیولوژیک (gr/m^2)	دانه (gr/m^2)	بیولوژیک (gr/m^2)	دانه (gr/m^2)	بیولوژیک (gr/m^2)	دانه (gr/m^2)	بیولوژیک (gr/m^2)
۰	۳۱۵/۲^{a}	۹۲۷^{a}	۳۳۲/۴^{a}	۹۲۳/۵^{a}	۴۵۴/۹^{a}	۱۰۸۳^{a}	۴۸۰/۵^{a}	۱۱۷۲^{a}
۴	۳۰۱^{b}	۸۸۶/۲^{b}	۳۱۹^{b}	۹۰۲^{a}	۴۳۴/۹^{b}	۱۰۵۲/۳^{a}	۴۴۸/۴^{b}	۱۰۹۳/۷^{b}
۸	۲۷۸/۲^{c}	۸۳۶/۱^{c}	۳۰۱/۳^{c}	۸۶۴/۱^{b}	۴۱۳/۹^{c}	۱۰۱۷/۵^{b}	۴۳۲/۹^{b}	۱۰۵۸/۸^{b}
۱۶	۲۵۵/۵^{d}	۷۵۱/۵^{d}	۲۶۴/۷^{d}	۷۲۹/۳^{c}	۳۷۷/۶^{d}	۸۹۲/۵^{c}	۳۹۴^{c}	۹۵۸/۷^{c}
۳۲	۲۱۷/۸^{e}	۶۵۴/۴^{e}	۲۲۸/۳^{e}	۶۵۴/۶^{d}	۳۲۶^{e}	۷۹۹/۶^{d}	۳۳۶/۴^{d}	۸۲۰/۵^{d}

در هر ستون اعداد دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. (در جدول بالا از برش‌دهی فیزیکی اثرات متقابل استفاده شده است)

صفاهانی لنگرودی و همکاران (۶) کاهش شیب معادله عکس عملکرد کلزا در تداخل با خردل وحشی را نشان‌دهنده افزایش قدرت رقابتی آن دانستند. در صفت عکس عملکرد دانه کلزا، شیب معادله (b) با مصرف بیشتر کود نیتروژن کاهش نشان داد و در تیمارهای ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار (۰/۰۰۲۲) را دارا بود که نشان از قدرت رقابت نسبی بالا در سطوح مزبور داشت (جدول ۴). با افزایش کود نیتروژن از ۱۰۰ به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، عکس عملکرد بیولوژیک تک بوته تغییر چندانی نداشت اما کاهش مشهودی در عکس عملکرد دانه کلزا مشاهده گردید، که نشان‌دهنده تاثیر بیشتر تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر افزایش عملکرد اقتصادی کلزا می‌باشد (شکل ۱). یافته‌های مجنون حسینی و همکاران (۲۲) نشان داد که کاربرد سطوح بالای نیتروژن، سبب افزایش توان رقابتی کلزا در برابر علف‌هرز گردید. هرچند در تحقیق یاد شده بیشترین سطح کاربرد نیتروژن ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار بود و نسبت به سه سطح کودی استفاده شده در این آزمایش کمتر بود، اما روند افزایش توان رقابتی کلزا با کاربرد نیتروژن در هر دو آزمایش مشاهده شد.

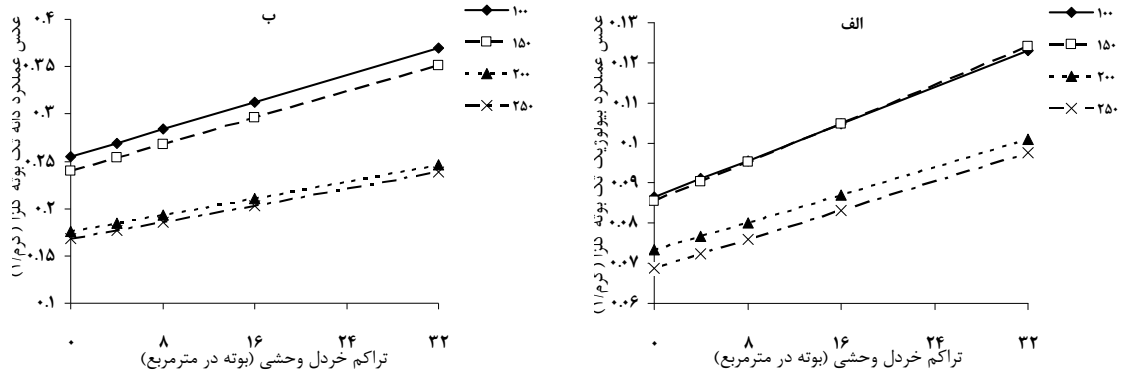
نتایج حاصل از برازش مدل کاهش عملکرد (۱۲)، نشان داد که با افزایش تراکم خردل وحشی، افت عملکرد کلزا در هر چهار تیمار کود نیتروژن، از یک رابطه غیرخطی پیروی کرد که حاکی از افزایش رقابت درون گونه‌ای علف‌هرز در اثر افزایش تراکم آن می‌باشد، که با یافته‌های کوزنس (۱۲) مطابقت داشت (شکل ۲). کود نیتروژن سبب تفاوت در پارامترهای تخمینی I (کاهش عملکرد به ازاء تک بوته خردل وحشی) و A (حداکثر افت عملکرد کلزا) به دست آمده از مدل هذلولی راست گوشه گردید.

جدول ۳- پارامترهای معادله عکس عملکرد بیولوژیک تک بوته کلزا در سطوح کود نیتروژن

کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	عکس حداکثر وزن تک بوته (g^{-1})	ضریب رقابت بین گونه‌ای (b)	ضریب تبیین (R^2)
۱۰۰	۰/۰۸۶۵	۰/۰۰۱۱۴	۰/۹۸
۱۵۰	۰/۰۸۵۶	۰/۰۰۱۲۰	۰/۹۴
۲۰۰	۰/۰۷۳۳	۰/۰۰۰۸۶	۰/۹۴
۲۵۰	۰/۰۶۸۷	۰/۰۰۰۹۰	۰/۹۷

جدول ٤- پارامترهای معادله عکس عملکرد دانه تک بوته کلزا در سطوح کود نیتروژن

کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	عکس حداکثر وزن دانه تک بوته (g^{-1})	ضریب رقابت بین گونه‌ای (b)	ضریب تبیین (R^2)
۱۰۰	۰/۲۵۴۸	۰/۰۰۳۶	۰/۹۸
۱۵۰	۰/۲۳۹۵	۰/۰۰۳۵	۰/۹۸
۲۰۰	۰/۱۷۵۷	۰/۰۰۲۲	۰/۹۴
۲۵۰	۰/۱۶۷۸	۰/۰۰۲۲	۰/۹۷



شکل ۱- عکس عملکرد بیولوژیک (الف) و عکس عملکرد دانه کلزا (ب)، تحت تاثیر تراکم‌های مختلف خردل وحشی در سطوح کود نیتروژن

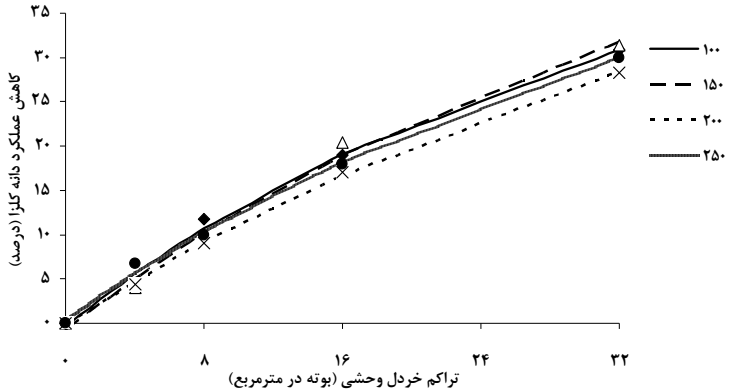
با افزایش کود نیتروژن از ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، شیب اولیه منحنی (I) کاهش یافت به طوری که در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن، به کمترین مقدار خود با ۱/۲۹ درصد کاهش به ازاء تک بوته خردل وحشی در بین سطوح کودی رسید (جدول ۵). حداکثر افت عملکرد کلزا (A) در تیمار کودی ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کمترین مقدار را با ۷۸/۷ درصد کاهش دارا بود (جدول ۵) که احتمالا می‌تواند به دلیل رقابت شدید درون و بین گونه‌ای در تراکم‌های بالای خردل وحشی برای کسب منبع محدود نیتروژن در این سطح کودی باشد. با توجه به اینکه پارامترهای تخمینی هنگامی از اعتبار لازم برخوردارند که خطای استاندارد به دست آمده آنها کمتر از نصف مقدار عددی تخمین زده شده باشد (۱۸)، بنابراین تمامی پارامترهای جدول ۵ قابل قبول می‌باشند.

با برازش داده‌های کاهش عملکرد کلزا به سطح برگ نسبی خردل وحشی در مدل های یک و دو پارامتری سطح برگ نسبی (معادله های ۳و ۴) مشاهده شد که این دو مدل اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشته و هر دو با ضریب تبیین بالا (۰/۹۹) و میانگین مربعات باقیمانده پایین، کاهش عملکرد کلزا را در هر چهار سطح کود نیتروژن به خوبی پیش‌بینی کردند (جدول ۶ ،شکل ۳). کنزویک و همکاران (۱۷) گزارش کردند که مدل دو پارامتری سطح برگ نسبی، تخمین دقیق‌تری از کاهش عملکرد در گیاه ذرت در رقابت با تاج خروس داشت. آن‌ها علت کارایی بهتر مدل دو پارامتری سطح برگ نسبی در آزمایش خود را مقادیر کم به دست آمده برای حداکثر کاهش عملکرد ذرت ذکر کردند. لذا در این تحقیق نیز به نظر می‌رسد که عدم برتری معنی‌دار مدل دو پارامتری نسبت به مدل یک پارامتری سطح برگ نسبی مربوط به سطح بالای کاهش عملکرد کلزا در اثر تداخل با خردل وحشی باشد. همچنین مقدار ضریب خسارت نسبی علف‌هرز (q) در نسخه دو پارامتری این مدل به علت وجود یک مجانب بالایی، بیشتر از نسخه یک پارامتری آن پیش‌بینی شد (جدول۶) که با نتایج کنزویک و همکاران (۱۷) مطابقت داشت. ضریب خسارت نسبی (q) بیانگر توانایی نسبی رقابت علف‌هرز در برابر گیاه زراعی است و هرچه مقدار عددی آن بیشتر از یک باشد نشان‌دهنده قدرت رقابت بیشتر علف‌هرز و در نتیجه کاهش بیشتر عملکرد گیاه زراعی است.

جدول ۵- پارامترهای تخمینی مدل کاهش عملکرد کلزا در سطح کود نیتروژن

سطوح کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	I	A	R^2	RMS	ET (بوته در متر مربع)
۱۰۰	۱/۶۲ ± ۰/۲۲	۷۸/۷ ± ۱۵/۶	۰/۹۸	۲/۷۰	۳/۶
۱۵۰	۱/۵۷ ± ۰/۱۲	۹۲/۳ ± ۱۹/۹	۰/۹۸	۲/۳۸	۳/۹
۲۰۰	۱/۲۹ ± ۰/۲۹	۹۲/۳ ± ۴۲/۷	۰/۹۶	۵/۷۱	۴/۳
۲۵۰	۱/۳۹ ± ۰/۲۶	۸۶/۲ ± ۲۸/۴	۰/۹۷	۴/۱۳	۳/۵

I: درصد کاهش عملکرد کلزا به ازای تک بوته وقتی تراکم خردل وحشی به سمت صفر میل می‌کند، **A:** حداکثر افت عملکرد کلزا، **ET:** آستانه خسارت بر حسب ۵ درصد کاهش عملکرد



شکل ۲- درصد کاهش عملکرد دانه کلزا تحت تاثیر تراکم‌های خردل وحشی در سطوح کود نیتروژن (نقاط، اعداد واقعی و خطوط اعداد پیش بینی شده توسط مدل کاهش عملکرد را نشان می‌دهند)

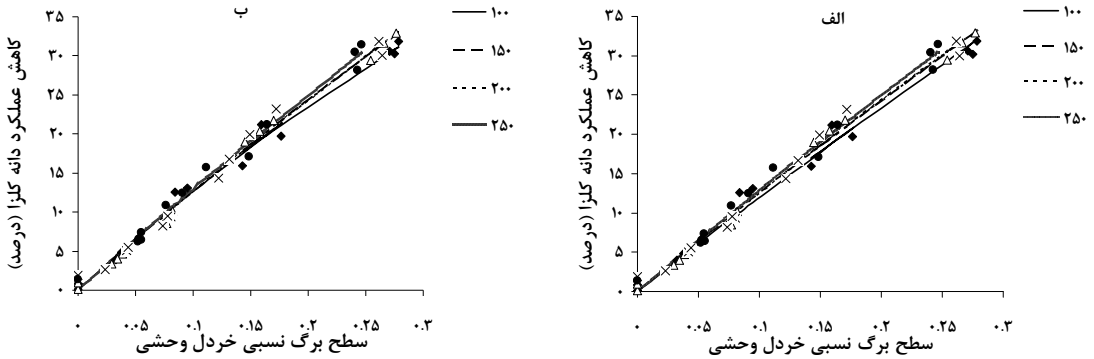
کراف و اسپیترز (۱۹) نشان دادند که در مورد ضریب خسارت نسبی، مقادیر بزرگتر از یک، برتری علف‌هرز و مقادیر کمتر از یک، برتری گیاه زراعی را در رقابت نشان می‌دهد. که با توجه به مقادیر عددی به دست آمده (جدول ۶) به طور کلی خردل وحشی رقابت کننده قوی‌تری در برابر کلزا است. در نسخه دو پارامتره سطح برگ نسبی، در سطح ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن، کمترین ضریب خسارت نسبی(۱/۳۱) بدست آمد (جدول ۶) که نشان از کاهش توان رقابتی خردل وحشی در برابر کلزا نسبت به سایر سطوح در این سطح از نیتروژن داشت. نگواجیو و همکاران (۲۵) مقدار ضریب خسارت نسبی سلمه تره در رقابت با ذرت را بین ۰/۱۴ تا ۵/۰۵ گزارش کردند. 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 علف‌هرز در نظر گرفته می‌شود (۶).

هر سه مدل مورد بررسی، دارای شیب کمتر از یک بودند که نشان‌دهنده آن است که مقادیر پیش بینی شده در مدل‌ها کمتر از مقادیر مشاهده شده بوده است (جدول ۷). به طور کلی مقایسه سه مدل استفاده شده در این آزمایش نشان داد که مدل سطح برگ نسبی علف‌هرز به خصوص مدل دو پارامتره آن کمترین جذر میانگین مربعات و بیشترین ضریب تشخیص را دارا بود (جدول ۷). با توجه به نوسانات در مدت زمان سبزشدن بذور خردل وحشی، فاکتور تراکم این علف‌هرز نتوانست با دقتی که در مدل سطح برگ نسبی بود روند کاهش عملکرد کلزا را توصیف کند. بنابراین در صورت امکان اندازه‌گیری سطح برگ، استفاده از مدل سطح برگ نسبی جهت پیش بینی کاهش عملکرد کلزا در تداخل با خردل وحشی توصیه می‌شود.

جدول ٦- ضرایب حاصل از برازش داده‌های عملکرد کلزا در رقابت با خردل وحشی به معادله‌های یک و دو پارامتره سطح برگ نسبی کراف و اسپیترز

سطوح کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	q	m	R^2	RMS
۱۰۰	۱/۲۲±۰/۰۳	–	۰/۹۹	۰/۰۰۰۱۵
	۱/۳۹±۰/۰۸	۰/۷۴±۰/۰۸	۰/۹۹	۰/۰۰۰۱۱۷
۱۵۰	۱/۲۹±۰/۰۲	–	۰/۹۹	۰/۰۰۰۰۵۶
	۱/۳۲±۰/۰۶	۰/۹۴±۰/۰۹	۰/۹۹	۰/۰۰۰۰۵۹
۲۰۰	۱/۲۹±۰/۰۳	–	۰/۹۹	۰/۰۰۰۱۲۶
	۱/۳۱±۰/۰۸	۰/۹۶±۰/۱۰	۰/۹۹	۰/۰۰۰۱۳۵
۲۵۰	۱/۳۳±۰/۰۳	–	۰/۹۹	۰/۰۰۰۱۱۳
	۱/۳۴±۰/۰۸	۰/۹۸±۰/۱۷	۰/۹۹	۰/۰۰۰۱۲۱

q: ضریب خسارت نسبی، **m** : حداکثر کاهش عملکرد



شکل ۳- برآورد کاهش عملکرد دانه کلزا توسط مدل سطح برگ نسبی یک پارامتره (الف) و دو پارامتره (ب)، تحت تأثیر تراکم‌های مختلف خردل وحشی در سطوح کود نیتروژن

جدول ۷- نتایج تجزیه رگرسیون خطی مقادیر مشاهده شده کاهش عملکرد در مقابل مقادیر شبیه‌سازی شده آن برای مدل‌های مختلف

مدل	شیب	عرض از مبدأ	RMSE	R^2
مدل تراکم	۰/۹۷۲۸۴	۰/۵۵۷۳۸	۱/۷۹۹	۰/۹۷
مدل سطح برگ نسبی یک پارامتره	۰/۹۹۵۳۱	۰/۰۵۰۵۴	۱/۰۳۴	۰/۹۹
مدل سطح برگ نسبی دو پارامتره	۰/۹۹۵۵۵	۰/۲۴۳۲۴	۰/۹۶۹	۰/۹۹

RMSE: مجذور میانگین مربعات خطا

بنا بر عقیده برخی محققین تنها ۵ درصد از کاهش عملکرد کلزا در حضور علف‌هرز قابل چشم پوشی است و آن را تحت عنوان آستانه خسارت در این گیاه می‌نامند (۲۳ و ۲۴). با توجه به مطلب فوق، در این آزمایش آستانه خسارت به دست آمده با افزایش نیتروژن، افزایش یافت به طوری که در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بیشترین سطح آستانه خسارت خردل وحشی با ۴/۳ بوته در مترمربع به دست آمد. اما در بالاترین سطح نیتروژن (۲۵۰ کیلوگرم) مجدداً آستانه خسارت رو به افزایش نهاد (جدول ۵). از نتایج جدول ۵ چنین بر می‌آید که نیتروژن سبب تغییر توان رقابتی گیاه کلزا در شرایط تداخل با خردل وحشی گردیده و تا سطح ۲۰۰ کیلوگرم برتری رقابتی به نفع کلزا افزایش یافته است. اما در سطح ۲۵۰کیلوگرم نیتروژن، خردل وحشی که به عنوان یک علف‌هرز مصرف کننده تجملی نیتروژن عمل می‌کند توانست با بهره‌برداری بیشتر از منبع کودی اثرات زیان بار خود را بر عملکرد کلزا افزایش دهد. در بررسی صفاهانی لنگرودی و همکاران (۶) سطح آستانه خسارت کلزا کمتر از یک بوته خردل وحشی در مترمربع حاصل شد، در حالی که در این آزمایش آستانه‌های به دست آمده بیشتر بود. پستر و همکاران (۲۸) در توجیه تفاوت‌های موجود در آستانه‌های به دست آمده به عواملی همچون شرایط آب و هوایی، توان رقابتی رقم مورد استفاده و حاصل‌خیزی خاک اشاره کردند.

نتیجه گیری و پیشنهاد

افزایش کاربرد کود نیتروژن سبب افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک کلزا در تمامی سطوح تراکم خردل وحشی گردید. عملکرد کلزا در تمامی سطوح نیتروژن تحت تاثیر تداخل با علف‌هرز کاهش معنی‌داری نشان داد. مدل‌های تجربی عکس عملکرد تک بوته، افت عملکرد- تراکم و سطح برگ نسبی علف‌هرز به خوبی روند تغییرات کاهش عملکرد کلزا را در شرایط تداخل با خردل وحشی نشان دادند. افزایش تراکم خردل وحشی باعث کاهش غیرخطی عملکرد کلزا در تمامی سطوح نیتروژن شد. ضرایب حاصل از مدل عکس عملکرد تک بوته، نشان داد که افزایش کود نیتروژن تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش توان رقابت نسبی کلزا در برابر خردل وحشی شد و همچنین تاثیرپذیری عملکرد دانه از رقابت در تمامی سطوح نیتروژن، بیشتر از عملکرد بیولوژیک بود که این نشان از حساسیت بالاتر عملکرد دانه در شرایط رقابتی داشت. کمترین شیب اولیه نمودار کاهش عملکرد (I) و بیشترین آستانه خسارت خردل وحشی در تیمار کودی ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن به دست آمد و در تیمار کودی بالاتر، این مقادیر به ترتیب افزایش و کاهش نشان دادند. کمترین ضریب خسارت نسبی در مدل سطح برگ نسبی دو پارامتره در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن به دست آمد که نشان‌دهنده کمترین قدرت رقابتی خردل وحشی در بین تیمارهای کودی بود. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد کود نیتروژن سبب افزایش عملکرد و توان رقابتی کلزا در شرایط رقابت می‌گردد و بهترین سطح مصرف کود، سطح ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود. مقادیر پیش بینی شده در مدل سطح برگ نسبی دو پارامتره نسبت به مدل تراکم- کاهش عملکرد و سطح برگ نسبی یک پارامتره روند کاهش عملکرد دانه کلزا را در شرایط تداخل بهتر توصیف کرد.

با توجه به یافته‌های این تحقیق و به منظور افزایش دامنه اطلاعات در رابطه با اثرات رقابتی خردل وحشی با کلزا ، پیشنهاد می‌شود که این بررسی در چند سال و در چند مکان تکرار گردد همچنین سطوح کودی این آزمایش روی سایر ارقام کلزا در شرایط رقابت مورد ارزیابی قرار گیرد.

منابع

۱- احمدی م. ۱۳۷۹. کشت کلزا با حداقل خاک‌ورزی. نشریه ترویجی. بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال بذر. ۱۷ صفحه.

۲- باقرانی ن. و غدیری ح. ۱۳۷۴. اثر خراش‌دهی شیمیایی و مکانیکی، اسید جیبرلیک و دما بر جوانه‌زنی خردل وحشی. (چکیده). دوازدهمین کنگره حفاظت گیاهی، کرج، ایران. صفحه ۱۴.

۳- رحیمیان ح. و شریعتی، س.ح. ۱۳۷۷. مدلسازی رقابت علف هرز- گیاه زراعی (ترجمه). انتشارات موسسه تحقیقات و آموزش کشاورزی.

۲۹۴صفحه.

۴- سلطانی ا. ۱۳۸۶. کاربرد نرم افزار SAS در تجزیه های آماری انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۸۲صفحه.

۵- صفاهانی لنگرودی ع. ر.،کامکار ب.، زند ا.، باقرانی ن. و باقری م. ۱۳۸۶. واکنش عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام مختلف کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط رقابت با علف‌هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) در گرگان. مجله علوم زراعی ایران، جلد ۹، شماره ۴، صفحات ۳۵۶-۳۷۰.

۶- صفاهانی لنگرودی ع. ر.، کامکار ب.، زند ا. و باغستانی م.ع. ۱۳۸۷. ارزیابی توانایی تحمل رقابت ارقام مختلف کلزا (*Brassica napus* L.) در برابر علف‌هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) با استفاده از مدل‌های تجربی در استان گلستان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱، شماره ۵، صفحات ۱۰۱-۱۱۱.

۷- کوچکی ع.، ظریف کتابی ح. و نخ فروش ع. ۱۳۸۰ . رهیافت های اکولوژیکی مدیریت علف‌های هرز (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

8- Berenan I.S. 1995. Assessment of weed competition in spring – planted canola (*Brassica napus*). Ph.D. thesis. Department of Plants oil and Entomological Sciences. University of Idaho. 78p.

9- Blackshaw R.E., Anderson, G. W. and ekker J. 1987. Interference of (*Sinapis arvensis* L.) and (*Chenopodium album* L.) in spring rapeseed (*Brassica napus* L.). Weed Research, 27:207-213.

10- Blackshaw R.E., Semach G. and Janzen H.H. 2002. Fertilizer application method affects nitrogen uptake in weeds and wheat. Weed Science, 50:634-641.

11- Blackshaw R.E., Brandt R.N., Janzen H.H., Entz T., Grant C.A. and Derksen D.A. 2003. Differential response of weed species to added nitrogen. Weed Science, 51:532-539.

12- Cousens S.R. 1985. A simple model relating yield loss to weed density. Ann. Appl. Biol, 107:239-252.

13- Di Tomaso J.M. 1995. Approaches for irmproving crop competitiveness through the manipulation of fertilization strategies. Weed Science, 43: 49 1-497.

14- Holm L., Doll J., Holm E., Pancho J. and Herberger J. 1997. World weeds, natural histories and distribution. John Wiley & Sons, Inc. New York. 1129pp.

15- Iqbal J. and Wright D. 1997. Effects of nitrogen supply on competition between wheat and three annual weed species. Weed Research, 37: 391-400.

16- Jackson G.D. 2000. Effects of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. Agronomy Journal, 92: 644-649.

17- Knezevic S.Z., Weise S.F. and Swaton 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*). Weed Research, 35: 270-215.

18- Koutsoyiannis A. 1973. Theory of econometrics: an introductory exposition of econometric methods. London: MacMillan. pp. 68-95.

19- 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.

20- Kroppf M.J. and Lotz L.A.P. 1992. System approach to quantify crop-weed interactions and their application to weed management. Agricultural System, 40: 256-282.

21- Lindquist J.L., Barker D.C., Knezevic S.Z., Martin A.R. and Walters D.T. 2007. Comparative nitrogen uptake and distribution in corn and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). Weed Science, 55: 102-110.

22- Majnoun Hosseini N., Alizadeh H.M. and Malek Ahmadi H. 2006. Effects of plant density and nitrogen rates on the competitive ability of canola (*Brassica napus* L.) against weeds. Journal Agricalture Science Technology, 8: 281-291.

23- Martin S.G., Van Aker R.C. and Friesen L.F. 2001. Critical period of weed control in spring canola. Weed Science, 49: 326-333.

24- 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*). Canadian Journal Plant Science, 74(2): 369-374.

25- Ngouajio M., Lemieux C. and Leroux G.D. 1999. Prediction of corn (*Zea mays*) yield loss from early observation of the relative leaf area and the relative leaf cover of weeds. Weed Science, 47: 297-304.

26- O'Donovan J.T., Harker K.N., Clayton G.W., Robinson D., Blackshaw R.E. and Hall L. 2001. Implementing integrated weed management in barley (*Hordeum vulgare*). Pages 75-89 *in* R. E.

Blackshaw and L. M. Hall, eds. Integrated Weed Management: Explore the Potential. Sainte-Anne-de-Bellevue, Quebec: Expert Committee on Weeds.
27- Okafor L.I. and DE Datta SK. 1976. Competition between upland rice and purple nutsedge for nitrogen, moisture and light. Weed Science, 24:43-46.
28- Pester T.A., Westra P., Anderson R.L., Lyon D.L., 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.
29- Ross D.M. and Van Acker R.C. 2005. Effect of nitrogen fertilizer and landscape position on wild oat (*Avena fatua*) interference in spring wheat. Weed Science, 53: 869-876.
30- Wall D.A. 1993. Wild mustard (*Sinapis arvensis*) competition with navybeans. Canadian Journal Plant Science, 73:1309- 1313.