نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد هفتم، شماره سوم، پاییز ۹۳
۵۳-۷٤
http://ejcp.gau.ac.ir

# اثرات فاصله ردیف و تراکم علف هرز بر شاخص‌های رشد کلزا در رقابت با خردل وحشی (*Sinapis arvensis*)

**مریم طهماسبی[1*]، نیلوفر سلامتی[2]، جاوید قرخلو[3] و امیر حجارپور[4]**

[1]دانشجوی دکتری گروه زراعت دانشگاه زابل، [2]دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان، [3]استادیار گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [4]مدرس گروه علوم کشاورزی دانشگاه پیام نور ایران

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۲۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۱۵

## چکیده

به‌منظور مطالعه اثرات فاصله ردیف کلزا و تراکم خردل وحشی بر شاخص‌های رشد مؤثر بر قدرت رقابتی کلزا در رقابت با خردل وحشی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ انجام شد. فاکتورها شامل فاصله ردیف کلزا در ۳ سطح (۱۲، ۲٤ و ۳٦ سانتی‌متر) و تراکم خردل وحشی در ٤ سطح (۰، ٤، ۸ و ۱٦ بوته در متر مربع) بودند. نتایج نشان داد که شاخص‌های رشد کلزا (شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، سرعت رشد نسبی، سرعت جذب خالص و سرعت تجمع ماده خشک) در رقابت با خردل وحشی در تمام فواصل ردیف کاهش یافتند. بیشترین سطح برگ کلزا در فاصله ردیف ۱۲ سانتی‌متر نسبت به فاصله ردیف‌های ۲٤ و ۳٦ سانتی‌متر در سطوح بالاتری از کانوپی توزیع یافته بود. با توجه به نتایج به‌دست آمده به‌نظر می‌رسد که شاخص سطح برگ به همراه توزیع عمودی سطح برگ از جمله شاخص‌های مؤثر در کاهش وزن خشک خردل وحشی و افزایش توان رقابتی کلزا در مقابل خردل وحشی می‌باشد.

***واژه‌های کلیدی:*** توزیع عمودی سطح برگ، سرعت رشد گیاه، شاخص سطح برگ

*نویسنده مسئول: mary.tahmaseby@gmail.com

**مقدمه**

کلزا یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که در بیش از ۱۲۰ کشور دنیا جهت استخراج روغن کشت شده (آل- باراک، ۲۰۰٦) و پس از سویا و نخل روغنی، سومین منبع تولید روغن در جهان می‌باشد (مکی و همکاران، ۲۰۱۰). یکی از عوامل مهم محدود کننده کشت کلزا علف‌های هرز می‌باشد. رقابت علف‌های هرز بر کمیت و کیفیت محصول کلزا تأثیر می‌گذارد. علف‌های هرز نه تنها در مصرف آب، نور و مواد غذایی با کلزا رقابت می‌کنند بلکه اختلاط بذور علف‌های هرز هم خانواده کلزا (تیره شب بو) و به‌خصوص خردل وحشی باعث پایین آمدن کیفیت روغن و کنجاله آن می‌شود (باغستانی و زند، ۲۰۰۳). با این فرض که شاخص‌های رشد تحت تأثیر رقابت دچار تغییر می‌شوند و اندازه‌گیری این تغییرات می‌تواند گویای توانایی رقابت هرگونه در طول دوره رشد باشد، از این شاخص‌ها می‌توان برای پیش‌بینی میزان کاهش عملکرد ناشی از رقابت با علف‌های هرز استفاده نمود.

با مقایسه شاخص‌های رشد محصولات زراعی و علف‌های هرز می‌توان رقابت طبیعی علف‌های هرز را بهتر درک و تفسیر نمود (کوچکی و همکاران، ۱۹۹۷). آنالیزهای رشد گیاه می‌توانند به‌عنوان راهکاری برای نشان دادن توانایی رقابت بین گیاهان زراعی و علف‌های هرز به‌کار روند (دونان و زیمدال، ۱۹۹۱؛ عنافجه و همکاران، ۲۰۱۰). شاخص سطح برگ گیاه زراعی از ویژگی‌هایی است که بیشترین تأثیر را از رقابت می‌پذیرد و می‌توان از آن به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم تعیین‌کننده و راهبردی رقابت بین گیاه زراعی و علف هرز استفاده نمود. صفاهانی و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی قابلیت رقابت ارقام مختلف کلزا در برابر خردل وحشی نشان دادند که رقابت کلزا با این علف هرز سبب کاهش شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول می‌گردد. زیمدال (۲۰۰٤) گزارش نمود که یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش ماده خشک می‌تواند به‌دلیل کاهش سطح برگ باشد. به گزارش گراهام و همکاران (۱۹۹۸) علف‌های هرز عمدتاً از طریق کاهش سطح برگ و کاهش دوام سطح برگ موجبات افت عملکرد گیاه زراعی را فراهم می‌آورند. بارنز و همکاران (۱۹۹۰) نشان دادند که موقعیت برگ در لایه‌های بالاتر کانوپی، اولین عامل تعیین کننده مقدار نور جذب شده می‌باشد.

اسپیترز و آئرتز (۱۹۸۳) مدلی را پیشنهاد کردند که در آن کانوپی به چندین لایه تقسیم شد و جذب نور توسط هر لایه بر اساس سهم سطح برگ در آن لایه محاسبه گردید. معاونی و همکاران (۲۰۱۰) بیان نمودند که سرعت رشد محصول در ابتدای دوره رشد گیاه اندک بوده و پس از رسیدن به حداکثر مقدار خود، در اواخر دوره رشد گیاه به حداقل مقدار خود می‌رسد و به علت ریزش برگ و در بعضی موارد

بذر، دارای رشد منفی می‌گردد. در تحقیقی گزارش شده است که رقابت خردل وحشی با کلزا به‌دلیل بالاتر بودن توانایی رقابتی خردل وحشی نسبت به کلزا موجب کاهش سرعت رشد گیاه گشته است (بلک شاو و همکاران، ۱۹۸۷). از مشکلات عمده مبارزه شیمیایی با خردل وحشی فقدان یک علف‌کش کارآمد و مؤثر و همچنین مسائل جانبی علف‌کش‌ها همانند هزینه‌های بسیار بالا، آلودگی‌های زیست محیطی و ایجاد بیوتیپ‌های مقاوم به علف‌کش‌ها را می‌توان برشمرد. با توجه به اینکه استفاده از راهکارهای شیمیایی تاکنون نتوانسته است مشکل خردل را در مزارع کلزا حل کند (ابطالی و همکاران، ۲۰۰۹)، لذا به‌نظر می‌رسد که استفاده از روش‌های غیر شیمیایی امری اجتناب ناپذیر باشد. در بین راهکارهای غیر شیمیایی، استفاده از روش‌های زراعی از جمله پدیده رقابت در مدیریت این علف هرز مفید باشد (حاجیلری، ۲۰۰۵).

فاصله ردیف‌های کشت از جمله عوامل مؤثر بر میزان رقابت علف‌های هرز با گیاهان زراعی بوده و با تأثیر بر عواملی همچون میزان دریافت تشعشع و مواد غذایی توسط گیاه زراعی، میزان تبخیر از سطح خاک و همچنین رشد علف‌های هرز، صفات کمی و کیفی و در نهایت عملکرد گیاه زراعی را تحت الشعاع قرار می‌دهد (فرناندو و همکاران، ۲۰۰۲). باقری (۲۰۰۲) با بررسی سه میزان بذر ٤، ٦ و ٨ کیلوگرم در هکتار و سه فاصله ردیف ۱۲، ٢٤ و ٣٦ سانتی‌متر بر روی دو رقم کلزا نشان داد که عملکرد دانه در فاصله ردیف ۱۲ سانتی‌متر به طور معنی‌داری بیش از دو فاصله ردیف دیگر بود. همچنین نتایج صفاهانی و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که در فاصله ردیف ۱۲ سانتی‌متر کلزا در رقابت با خردل وحشی موفق‌تر بوده است. یکی از عوامل دخیل در رقابت علف هرز و گیاه زراعی عامل تراکم می‌باشد (ابطالی و همکاران، ۲۰۰۹).

تراکم یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رقابت علف‌های هرز با گیاهان زراعی می‌باشد (بلک شاو، ۱۹۹۳). با تغییر تراکم، منابع موجود بین گونه‌های رقیب تقسیم شده و منجر به بروز واکنش‌های مختلف در رشد می‌گردد (زند و همکاران، ۲۰۰٤). در این راستا، آزمایشی با هدف ارزیابی و مطالعه اثرات فاصله ردیف‌های کلزا و تراکم‌های خردل وحشی بر شاخص‌های رشد موثر بر قدرت رقابتی کلزا در رقابت با خردل وحشی انجام پذیرفت.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان اجرا گردید. طرح آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. فاکتورها شامل فاصله ردیف کلزا در ۳ سطح (۱۲ ، ۲٤ و ۳٦ سانتی‌متر) و تراکم خردل وحشی در ٤ سطح (۰، ٤، ۸ و ۱٦ بوته در مترمربع) بودند. عملیات تهیه بستر در مهر ماه شروع شد و در این راستا از یک شخم عمیق و دو دیسک عمود بر هم استفاده شد. پس از آزمایش خاک و بنا به نیاز گیاه همراه با دیسک، مقدار ۱٤۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد گرانول و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم به زمین داده شد. در ضمن در اوایل گلدهی نیز مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به‌صورت سرک به زمین داده شد. کاشت بذور کلزا (رقم‌هایولا ٤۰۱) در کرت‌هایی به طول ۵ متر و عرض ۳ متر به صورت دستی و با فاصله روی ردیف ۵/۵ سانتی‌متر انجام شد. بذور خردل وحشی جهت رفع خواب آن‌ها به‌مدت ۵ روز در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سپس کاشت آن‌ها پس از مخلوط کردن با ماسه بادی به طور هم‌زمان با کلزا و به صورت دست‌پاش و یکنواخت (٦ گرم بذر خالص برای هر کرت) انجام گرفت و پس از اطمینان از درصد سبز مطلوب بر اساس تراکم‌های مورد نظر تنک شدند. تنک کردن بوته‌های اضافی کلزا و خردل وحشی در مرحله سه برگی کلزا صورت گرفت. سایر علف‌های هرز مزرعه نیز به‌طور مستمر وجین شدند.

**نمونه‌برداری:** نمونه‌برداری تخریبی در پنج نوبت و از ٤۱ روز پس از کاشت تا ۱۸۰ روز پس از کاشت با فواصل زمانی هر دو هفته یک‌بار، از ۲۵ سانتی‌متر طولی ردیف با حفظ اثر حاشیه‌ای که شامل ۵ بوته کلزا و ۲ بوته خردل بود صورت گرفت. برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه سطح برگ سنج مدل (LICOR- 3100) استفاده شد. برای تعیین وزن خشک، برگ‌ها به طور جداگانه و سایر قسمت‌های گیاهی تواماً در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤۸ ساعت قرار داده شدند و بعد از آن توزین شدند. با توجه به داده‌های سطح برگ و وزن خشک و به‌منظور تعیین شاخص‌های رشد به روش تابعی[1]، بر اساس روش رگرسیون غیر خطی بهترین معادله‌ای که روند تجمع ماده خشک بخش‌های هوایی و شاخص سطح سبز[2] (GAI) را نسبت به زمان (روز پس از کاشت)، توضیح می‌داد در قالب

1- Functional Approach
2- Green Area Index

معادله‌های ۱ و ۲ (هانت، ۱۹۸۲) محاسبه و برای هر تیمار برازش یافت. با مشتق‌گیری معادله برازش تجمع ماده خشک کل[1] (TDM)، سرعت رشد نسبی[2] (RGR) به‌دست آمد (معادله ۳) (یوسف و همکاران، ۱۹۹۹)، سپس از حاصل‌ضرب سرعت رشد نسبی در تجمع ماده خشک کل، سرعت رشد محصول[3] (CGR)، به‌دست آمد (معادله ٤) (دیهیم‌فر، ۲۰۰۵). معادله‌های مورد استفاده به شرح زیر بودند:

$$TDM = Exp\ (a + bt + ct^2)$$ معادله (۱)

$$GAI = Exp\ (a' + b't + c't^2)$$ معادله (۲)

$$RGR = b + 2ct$$ معادله (۳)

$$CGR = RGR \times TDM$$ معادله (٤)

در معادلات ۱ تا ٤، $c, b, a$ و $c', b', a'$ ضرایب مدل رگرسیونی و $t$ زمان بر حسب روز پس از کاشت می‌باشد. همچنین به منظور ارزیابی و تعیین نکویی برازش مدل از معیارهای زیر استفاده شد:

- $R^2$ (ضریب تبیین[4]) که با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SSG}$$ معادله (۵)

که در آن SSE و SSG به‌ترتیب مجمع مربعات خطا و مجموع مربعات کل هستند، که در تجزیه رگرسیون بین بیوماس تجمعی و روز پس از کاشت و نیز شاخص سطح برگ و روز پس از کاشت به‌دست آمده‌اند. $R^2$، درصد تغییرات در تجمع بیوماس و همچنین شاخص سطح برگ را نشان می‌دهد که به‌وسیله روز پس از کاشت توجیه می‌شود. هرچه مقدار $R^2$ بیشتر باشد نشان‌دهنده این است که مدل درصد تغییرات در تجمع بیوماس و همچنین شاخص سطح برگ را به‌وسیله روز پس از کاشت بیشتر توجیه می کند.

- ضرایب رگرسیون ساده خطی (a و b) بین مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر واقعی: ضرایب a و b به‌ترتیب نشان دهنده مقدار انحراف خط رگرسیون از مبدا مختصات و مقدار اریب خط رگرسیون از خط ۱:۱ می‌باشند.

1- Total Dry Matter
2- Relative Growth Rate
3- Crop Growth Rate
4- Determinant Coefficient

به‌منظور مطالعه وضعیت توزیع عمودی سطح برگ کلزا در زمان بسته شدن کانوپی، ابتدا بوته‌های گیاهی نمونه‌برداری و به لایه‌های ۲۰ سانتی‌متری تقسیم شدند. سپس سطح برگ هر لایه به‌طور جداگانه اندازه‌گیری گردید و برای مطالعه وضعیت توزیع عمودی سطح برگ کلزا در رقابت با خردل وحشی مورد استفاده قرار گرفت. برای بررسی عملکرد نهایی با رعایت اثر حاشیه از دو ردیف میانی هر کرت به طول ٤ متر برداشت صورت گرفت و عملکرد در واحد سطح تعیین گردید. از میان سطح برداشت شده ۵ بوته کلزا به طور تصادفی برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد جدا شدند. سطح برگ تجمعی هر گونه بر اساس رابطه بین تراکم سطح برگ و ارتفاع گیاه محاسبه می‌شود. تراکم نشان دهنده LAD[1] سطح برگ یا سطح برگ پیرامون یک نقطه خاص از ارتفاع کانوپی است (مترمربع برگ بر مترمربع زمین بر ارتفاع). در مدل‌های مختلف برای محاسبه پروفیل و LAD جذب نور توسط گونه‌های مخلوط استفاده شده است (اسپیترز و آئرتز، ۱۹۸۳؛ کرایف و همکاران، ۱۹۹۳). در مدل‌های مختلف توابع متفاوتی برای توزیع سطح برگ در طول کانوپی در نظر گرفته شده است. کراف و همکاران در مدل INTERCOM (کرایف و همکاران، ۱۹۹۳) توزیع سطح برگ در کانوپی را به صورت سهمی در نظر گرفتند. در تابع سهمی فرض بر این است که حداکثر سطح برگ هر گونه در ۵۰ درصد ارتفاع حاصل می شود. در کشت مخلوط اغلب گونه‌ها توزیع سطح برگ سهمی نیست به عنوان مثال در کشت مخلوط شبدر با گراس، شبدر در قسمت فوقانی کانوپی بخش بیشتری از, سطح برگ را دارا است (نصیری و الگرسما، ۱۹۹٦). یولاف وحشی و شلمی نیز در لایه‌های فوقانی کانوپی سطح برگ بیشتری نسبت به گندم دارا هستند (حسن‌زاده دلویی و همکاران، ۲۰۰۳) و بنابراین توزیع سطح برگ به صورت سهمی نیست به این دلیل در این آزمایش به جای تابع سهمی LAD از تابع مثلثی (پرییرا و شاو، ۱۹۸۰؛ نصیری و الگرسما، ۱۹۹۸؛ لانتینگا و همکاران، ۱۹۹۹) به شکل زیر استفاده گردید:

$$LAD, h = Ld, m \frac{(H - h)}{(H - hm)} \qquad hm \le h \le H$$ معادله (٦)

$$LAD, h = Ld, m \frac{h}{hm} \qquad 0 \le h \le hm$$ معادله (۷)

1- Leaf Area Density

در این معادلات، $LAD_{,h}$ تراکم سطح برگ در ارتفاع h ($m^2/m^3$)، $L_{d,m}$ حداکثر تراکم سطح برگ ($LAD_{max}$)، $h_m$ ارتفاعی که در آن حداکثر LAD دیده شده است (سانتی‌متر) و H ارتفاع کل کانوپی برای محاسبه $L_{d,m}$ می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$L_{d,\,m} = \frac{2\,LAI}{H}$$ معادله (۸)

پس از محاسبه LAD بر اساس روابط بالا می‌توان شاخص سطح برگ تجمعی (به سمت پایین) هر گونه i را در هر ارتفاع از کانوپی به شرح زیر محاسبه کرد:

$$L_{h,i} = \left(\frac{\left(1-\left(\frac{hi}{Hi}\right)\right)}{1-\left(\frac{hm,i}{Hi}\right)}\right) Li \qquad Hm,\, i \le hi \le Hi$$ معادله (۹)

$$L_{h,i} = \left(1-\frac{(hi)}{(Hi\,.\,hm.i)}\right) Li \qquad 0 \le hi \le hm,i$$ معادله (۱۰)

در این معادلات، $L_{h,i}$ شاخص سطح برگ تجمعی گونه i در ارتفاع h، $L_i$ شاخص سطح برگ کل گونه i، $h_i$ ارتفاع مورد نظر در کانوپی، H ارتفاع کل گونه i و $h_m$ ارتفاعی که در آن حداکثر LAD دیده شده است. آنالیز داده‌ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزارهای آماری SAS، SigmaPlot و Excel انجام شد.

## نتایج و بحث

**شـاخص‌های رشد:** نتایج تجزیه واریانس رگرسیون نشان داد که روند تغییرات شاخص‌های رشد کلزا در برابر زمان پس از کاشـت در بیشـتر فاصله ردیف‌های کلزا و تراکم‌های خردل وحشی معنی‌دار (در سطح ۱ و ۵ درصد) بود (جدول ۱).

**جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس رگرسیون (درجه آزادی و میانگین مربعات) شاخص‌های رشد کلزا در فاصله ردیف‌های مختلف و تراکم‌های خردل وحشی**

| فاصله ردیف کلزا (سانتی‌متر) | | | ۱۲ | ۲٤ | ۳٦ |
|---|---|---|---|---|---|
| تراکم خردل (بوته در مترمربع) | منبع تغییر | درجه آزادی | شاخص سطح برگ (مترمربع بر مترمربع زمین) | | |
| ۰ | رگرسیون | ۳ | ۷/٤۲* | ٦/۸٤** | ٦/٥۱* |
| | باقی‌مانده | ۲ | ۰/۹۸ | ۰/۰۳۹ | ۰/۱۳ |
| | کل | ٥ | | | |
| ٤ | رگرسیون | ۳ | ٥/٤٤** | ٥/٤۸* | ٤/۷۱** |
| | باقی‌مانده | ۲ | ۰/۰٤ | ۰/۰۱۹ | ۰/۰۲۷ |
| | کل | ٥ | | | |
| ۸ | رگرسیون | ۳ | ۳/٦٥** | ۳/٤۹* | ۲/۹۸** |
| | باقی‌مانده | ۲ | ۰/۰۱٤ | ۰/۰۱٤ | ۰/۰۱۷ |
| | کل | ٥ | | | |
| ۱٦ | رگرسیون | ۳ | ۳/۱٦* | ۲/٥۸* | ۱/٦٤* |
| | باقی‌مانده | ۲ | ۰/۰٤ | ۰/۰٦۳ | ۰/۰۷۲ |
| | کل | ٥ | | | |
| | | | تجمع ماده خشک کل (گرم بر مترمربع) | | |
| ۰ | رگرسیون | ۳ | ٦۳۳۰٤٦۷* | ٤۷۷۳۱۱۸* | ٤۱۳٥۳۱۷* |
| | باقی‌مانده | ۲ | ۱٦۱۰۳٦ | ۱۲٦۳٥۰ | ۱۱۰۸۰۲ |
| | کل | ٥ | | | |
| ٤ | رگرسیون | ۳ | ٤۰۰۰۹۷٦** | ۳۳۰۹٥٥۸* | ۳۱۱۲٤۱۱* |
| | باقی‌مانده | ۲ | ۷۷٥۷/٤ | ٤۹۹٥۸/۳ | ٤۲۷۸٥/۸ |
| | کل | ٥ | | | |
| ۸ | رگرسیون | ۳ | ۱٦۸٥۱۹٦** | ۱۰۰۰۱٦۳۸* | ۹۰٤٤۳۰* |
| | باقی‌مانده | ۲ | ۱٤۰۸٥/۹ | ٥۰۱٥۲/٦ | ۳۱٤۷۳/۷ |
| | کل | ٥ | | | |
| ۱٦ | رگرسیون | ۳ | ۸۲۱٦٦٤* | ۳۲۹۰٥۳ns | ۲۸٤۱۳۸ns |
| | باقی‌مانده | ۲ | ۱۳۱۱٦ | ۳۲۷۹٥۰ | ۳۲۳۲۷/۲ |
| | کل | ٥ | | | |

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد، ۱ درصد و غیرمعنی‌دار

**جدول ۲- مقادیر پارامتر تخمین زده معادله درجه دوم، برای شاخص سطح برگ کلزا به عنوان تابعی از روز پس از کاشت در سطوح مختلف بوته خردل وحشی**

| فاصله ردیف (سانتی‌متر) | تراکم (بوته در مترمربع) | $R^2$ | SEE[1] | b± SE | a± SE |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱۲ | ۰ | ۰/۹۹ | ۰/۱۰۹ | ۰/۰۳۸± ۰/۰۰٤ | -۷/۹۹±۰/۰۳٦۱ |
| | ٤ | ۰/۹۸ | ۰/۲۳٤ | ۰/۰٤٥±۰/۰۳۹ | -۷/۹۸۱±۰/۰٥۳٤ |
| | ۸ | ۰/۹۹ | ۰/۱۰۰٤ | ۰/۰٤۱± ۰/۰۰۲۷ | -۷/۹۸±۰/۰۷۷۱ |
| | ۱٦ | ۰/۹۷ | ۰/۰۱۹۸ | ۰/۰٤± ۰/۰۰٥۳ | -۷/۹۷۱±۰/۰٤٦۳ |
| ۲٤ | ۰ | ۰/۹۹ | ۰/۰٤۱ | ۰/۰٤۱± ۰/۰۰۳۲ | -۷/۷۸٥±۰/۰۲۳٤ |
| | ٤ | ۰/۹۸ | ۰/۱۷٥ | ۰/۰٤±۰/۰۰۲۷ | -۷/۷۸۲±۰/۰۳۰۹ |
| | ۸ | ۰/۹۹ | ۰/۱۲۷ | ۰/۰٤۱± ۰/۰۰۲۹ | -۷/۷٥±۰/۰٦۷٦ |
| | ۱٦ | ۰/۹۳ | ۰/۲۸ | ۰/۰٤۲± ۰/۰۰۷۲ | -۷/۷٦±۰/۰۱۸۱ |
| ۳٦ | ۰ | ۰/۹۹ | ۰/۱۲۸ | ۰/۰۳۳±۰/۰۰٥۹ | -۷/۹۷±۰/۰٥۲۲ |
| | ٤ | ۰/۹۷ | ۰/۲٦ | ۰/۰٤۳±۰/۰۰۳٤ | -۷/۹٦۹±۰/۰۳٦ |
| | ۸ | ۰/۹۷ | ۰/۲۰۱ | ۰/۰٤۰٥± ۰/۰۰۳۳ | -۷/۹٦٤±۰/۰٤٥۹ |
| | ۱٦ | ۰/۹٤ | ۰/۲۷۹ | ۰/۰۳۹±۰/۰۰۹٤ | -۷/۹٦±۰/۰۳۷ |

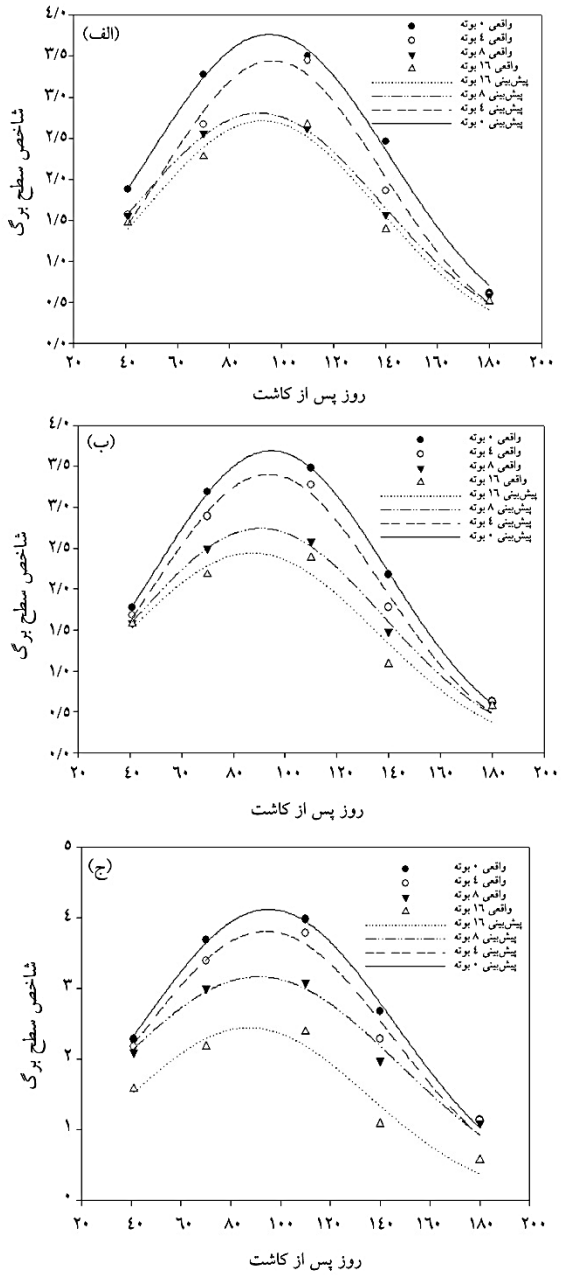
از بررسی ضرایب a و b مشخص شد که این ضرایب در مدل معنی دار نبوده اند (جدول ۲ و ۳). ضریب a معنی دار به این معنی است که عرض از مبدأ خط رگرسیون با عرض از مبدأ خط ۱:۱ مطابقت ندارد و ضریب b معنی دار بدین معنی است که شیب خط رگرسیون با شیب خط ۱:۱ مطابقت نداشته و دارای اریب می‌باشد. مقدار SEE و $R^2$ نیز در حد قابل قبول بودند و مدل به‌خوبی توانست روند تغییرات شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک کل را توصیف کند (جداول ۲ و ۳). شاخص سطح برگ کلزا با افزایش فاصله ردیف کاهش یافته است. این نتایج با نتایج گراهام و همکاران (۱۹۸۸) مطابقت داشت. بلک شاو و همکاران (۱۹۸۷) در تحقیق خود بیان داشتند که رقابت خردل وحشی با کلزا به دلیل بالاتر بودن توانایی رقابتی خردل وحشی نسبت به کلزا موجب کاهش سرعت رشد محصول شده و همواره کشت خالص کلزا بالاترین مقدار سرعت رشد را نسبت به کشت مخلوط با علف هرز داشته است. شاخص سطح برگ گیاه که بیان کننده نسبت سطح برگ به سطح زمین اشغال

شده توسط گیاه می‌باشد در ابتدای رشد گیاه اندک بوده و در اواسط فصل رشد به حداکثر می‌رسد. در اواخر فصل رشد نیز به دلیل پیری و ریزش برگ‌ها از میزان آن کاسته می‌شود.

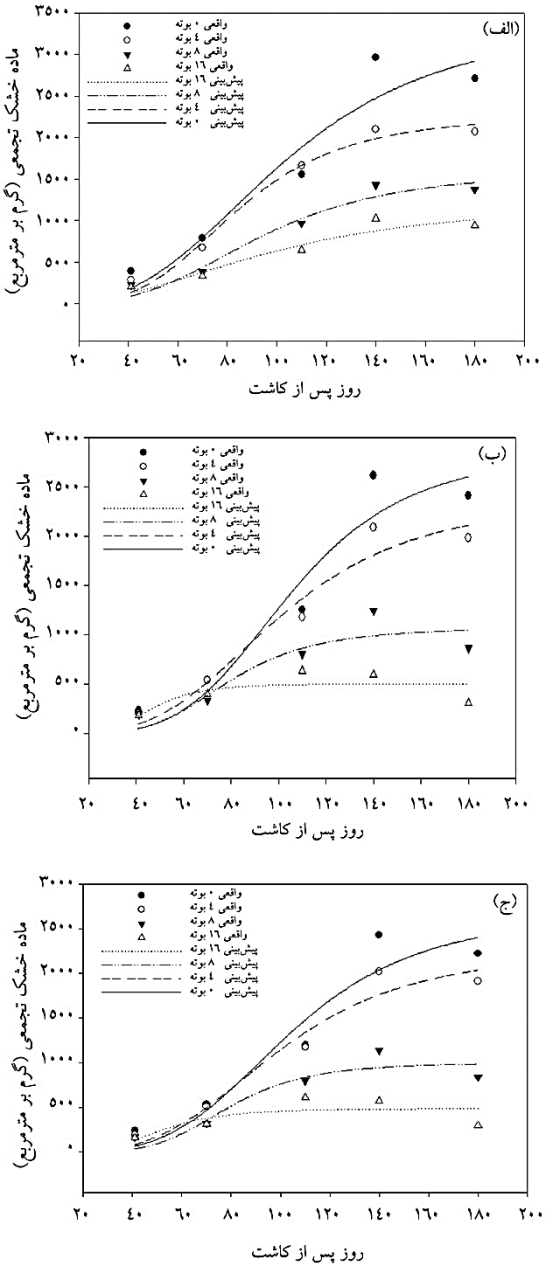
**جدول ۳- مقادیر پارامتر تخمین زده معادله درجه دوم، برای تجمع ماده خشک کلزا به عنوان تابعی از روز پس از کاشت در سطوح مختلف بوته خردل وحشی**

| فاصله ردیف (سانتی‌متر) | تراکم (بوته در مترمربع) | $R^2$ | SEE | b± SE | a± SE |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱۲ | ۰ | ۰/۹۱ | ٤٦٤ | ۰/۰٤±۰/۰۱۸ | −۱/۱۵۲۷±۰/۰۳۱۲ |
| | ٤ | ۰/۹۸ | ۱۵۵ | ۰/۰٤۹۵±۰/۰۰٦۹ | −۰/۹۷۲±۰/۰٤٦۸ |
| | ۸ | ۰/۹۵ | ۱٦۱ | ۰/۰٤۳٦±۰/۰۱۲ | −۰/۸٤±۰/۰۳۲۱ |
| | ۱٦ | ۰/۹۲ | ۱۳۸/۷٤ | ۰/۰۳٦۷±۰/۰۱٤۸ | −۰/۸٤۸±۰/۰۳۳٦ |
| ۲٤ | ۰ | ۰/۹۲ | ٤۱٤/۱۵ | ۰/۰٤۹۱±۰/۰۲۳ | −۱/۸٦۷±۰/۰۲۱۱ |
| | ٤ | ۰/۹٤ | ۲٦٦/۰٦ | ۰/۰٤۳۵±۰/۰۱۵ | −۰/۸۷۱±۰/۰۳٦۱ |
| | ۸ | ۰/۸۲ | ۲۷۷/۲۲ | ۰/۰۵۲٦±۰/۰٤۰۱ | −۲/۱۹۷±۰/۰۱۷ |
| | ۱٦ | ۰/۵۲ | ۱۸٤/۵ | ۰/۰۷۵±۰/۱۰۹ | −۱/۷٦۸±۰/۰۳۰۳ |
| ۳٦ | ۰ | ۰/۹۲ | ۳۸٦/۱۰ | ۰/۰٤٦٦±۰/۰۲۲ | −۱/۹٦۷±۰/۰۱۵۷ |
| | ٤ | ۰/۹۵ | ۲٤۹/۱۱ | ۰/۰٤٤±۰/۰۱۵ | −۱/۸٦۸±۰/۰۳٦۱ |
| | ۸ | ۰/۸۷ | ۱۹۹ | ۰/۰۵٦٤±۰/۰۳۷ | −۲/۱٦٤±۰/۰٤۲٤ |
| | ۱٦ | ۰/۵۲ | ۱۸٦/٦ | ۰/۰٦٦±۰/۰۹۲ | −۱/۷۲٦±۰/۰۲۸۷ |

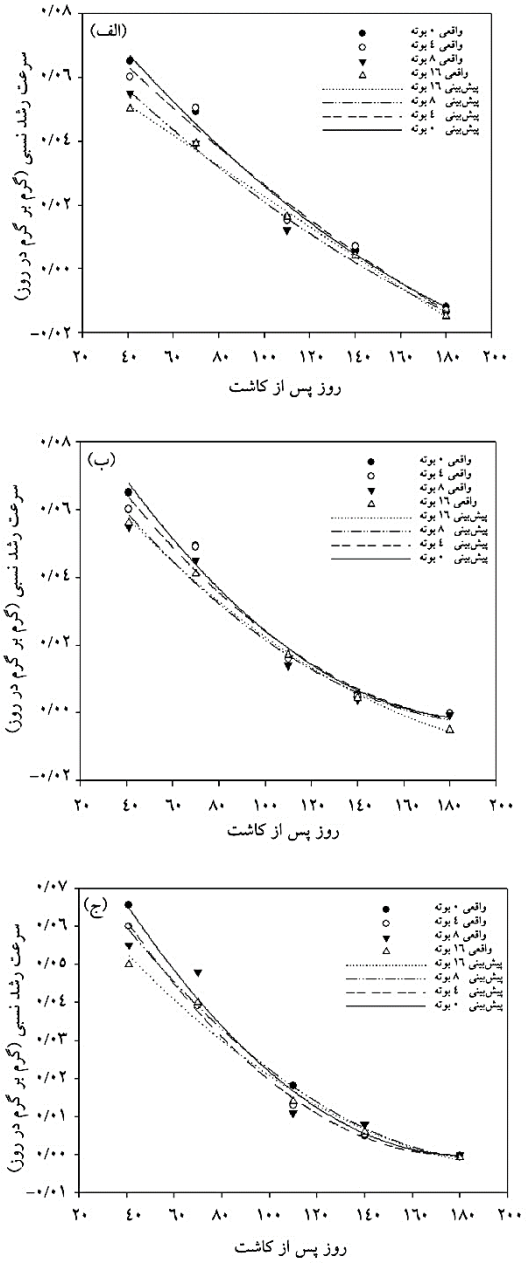
تراکم‌های کشت خالص و رقابتی در تمامی سطوح کلزا تقریباً از سیر مشابهی تبعیت می‌نمایند (شکل ۱، ۲، ۳ و ٤). نتایج نشان داد که در تمام فواصل ردیف کلزا، با افزوده شدن تراکم خردل وحشی، از شاخص سطح برگ کلزا کاسته می شود (شکل ۱). با مقایسه تیمارهای کلزای بدون حضور خردل وحشی، سرعت رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ با کاهش فاصله ردیف کلزا افزایش می یابد، به‌طوری‌که در فاصله ردیف ۱۲ سانتی متر، کلزا سریع‌تر به حداکثر شاخص سطح برگ رسیده است. سرعت رسیدن شاخص سطح برگ به حداکثر خود موجب تسریع در بسته شدن کانوپی گیاه زراعی شده و همچنین باعث می‌شود تا فضای بین ردیف‌های کلزا که فضای خالی و محل هجوم علف‌های هرز می‌باشند، سریع‌تر تحت سایه‌اندازی گیاه زراعی درآمده و از تصرف این فضا توسط علف‌های هرز جلوگیری شود. از طرفی تسریع در بسته شدن کانوپی موجب برتری گیاه زراعی در مقابل علف‌های هرز در جذب نور و در نتیجه آن مهار سایر منابع از قبیل آب و مواد غذایی می‌شود.



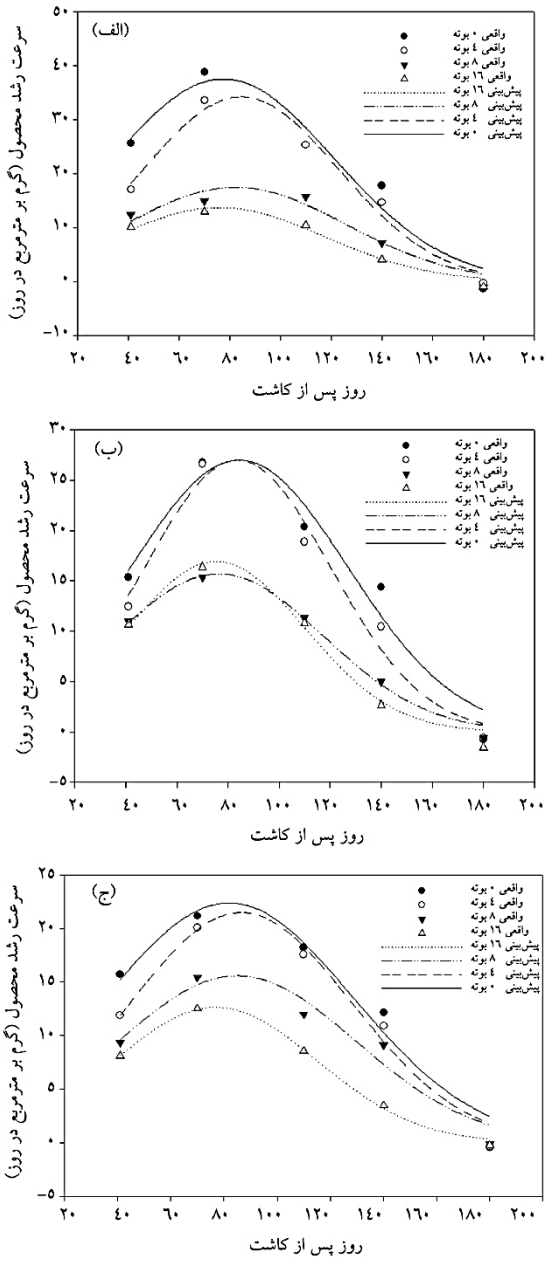

**شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ کلزا در سه فاصله ردیف ۱۲ (الف)، ٢٤ (ب) و ٣٦ سانتی‌متر (ج) و تراکم‌های مختلف خردل وحشی ( ۰، ٤، ۸ و ١٦ بوته در مترمربع)**




**شکل ۲- روند تغییرات تجمع ماده خشک کل کلزا در سه فاصله ردیف ۱۲ (الف)، ٢٤ (ب) و ٣٦ سانتی‌متر (ج) و تراکم‌های مختلف خردل وحشی (۰، ٤، ۸ و ١٦ بوته در مترمربع)**




**شکل ۳- روند تغییرات سرعت رشد نسبی کلزا در سه فاصله ردیف ۱۲ (الف)، ٢٤ (ب) و ٣٦ سانتی‌متر (ج) و تراکم‌های مختلف خردل وحشی ( ۰، ٤، ۸ و ١٦ بوته در مترمربع)**




**شکل ٤- روند تغییرات سرعت رشد محصول کلزا در سه فاصله ردیف ١٢ (الف)، ٢٤ (ب) و ٣٦ سانتی‌متر (ج) و تراکم‌های مختلف خردل وحشی ( ۰، ٤، ۸ و ١٦ بوته در مترمربع)**

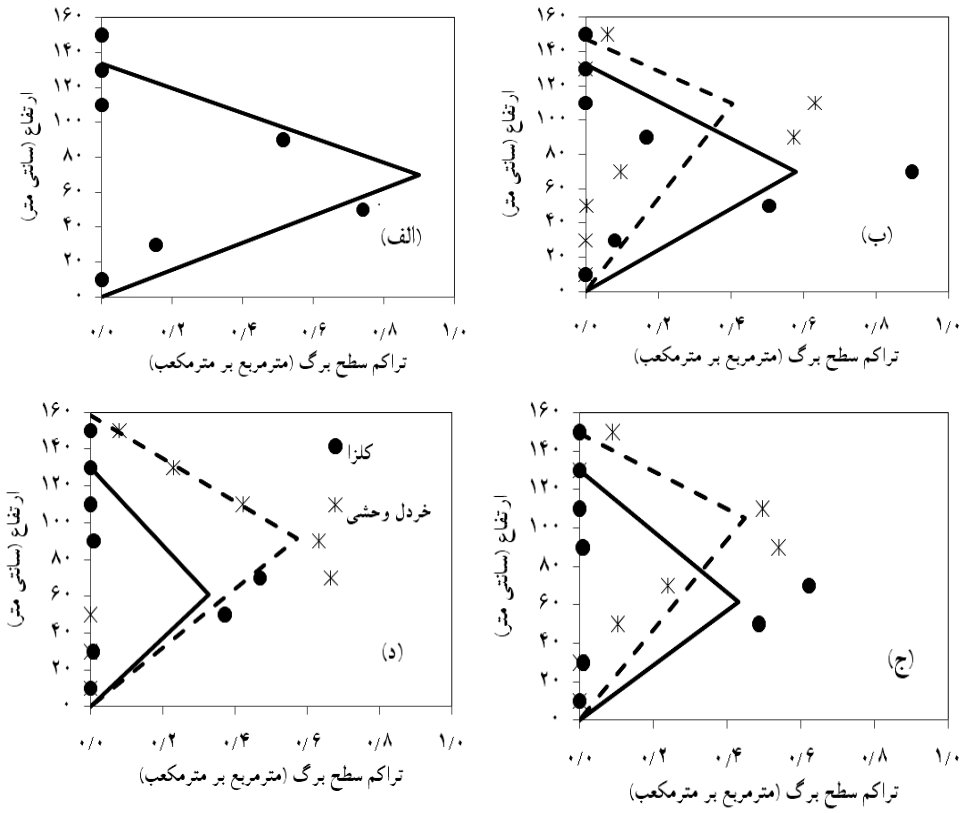
سرعت تجمع ماده خشک در مراحل اولیه رشد گیاه به‌دلیل کم بودن سطح برگ اندک بوده، ولی با گسترش سطح برگ، سرعت آن نیز افزایش یافته و سپس به حداکثر مقدار خود می‌رسد. در اواخر فصل رشد نیز به‌دلیل پیری و ریزش برگ‌ها سرعت آن کاهش یافته و به یک حد ثابت می‌رسد و یا حتی با ریزش برگ‌های پیرتر، روند کاهشی به خود می‌گیرد. روند تغییرات تجمع ماده خشک کل تحت شرایط رقابت کاهش یافت، تراکم‌های مختلف کلزا به اشکال متفاوتی به خردل وحشی واکنش نشان دادند. یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش ماده خشک در تیمار ۱۶ بوته علف هرز می‌تواند به‌دلیل کاهش سطح برگ باشد. زیرا با کاهش سطح برگ، میزان فتوسنتز نیز کاهش یافته که در نهایت منجر به کاهش تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود (زیمدال، ۲۰۰٤).

سرعت رشد نسبی که همان تغییرات نسبی وزن خشک گیاه در طول زمان می‌باشد در ابتدای دوره رشد گیاه روند افزایشی داشته و پس از رسیدن به حداکثر مقدار خود کاهش می‌یابد. میزان سرعت رشد نسبی کلزا با افزایش تراکم علف هرز و افزایش فاصله ردیف کاهش یافت (شکل ۳). سرعت رشد نسبی یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار بر رقابت بین دو گونه گیاهی می‌باشد، به‌طوری‌که گونه‌ای که سرعت رشد نسبی بالایی داشته باشد در تسخیر منابع موفق‌تر عمل کرده و در رقابت پیروز خواهد شد. از آنجایی که معمولاً علف‌های هرز در مقایسه با گیاهان زراعی از سرعت رشد نسبی بیشتری برخوردارند، سرعت رشد و گسترش اندام‌های هوایی آن‌ها نیز نسبتاً بیشتر بوده، سطح جذب نور بیشتری داشته و در نتیجه به‌دلیل جذب نور بیشتر، در مهار سایر منابع در رقابت موفق‌تر عمل می‌کنند و احتمالاً به همین دلیل است که با افزایش تراکم خردل وحشی، میزان سرعت رشد نسبی کلزا کاهش می‌یابد.

سرعت رشد محصول که نشان دهنده ماده خشک تولید شده در واحد سطح در واحد زمان می‌باشد در ابتدای دوره رشد گیاه اندک بوده و پس از رسیدن به حداکثر مقدار خود، در اواخر دوره رشد گیاه به حداقل مقدار خود می‌رسد که به علت ریزش برگ و در بعضی موارد بذر، دارای رشد منفی می‌گردد که با نتایج معاونی و همکاران (۲۰۱۰) هم‌خوانی دارد. بیشتر بودن سرعت رشد کلزا در فاصله ردیف ۱۲ سانتی‌متر بیانگر تولید وزن خشک بیشتر و در نتیجه رقابت موفق‌تر آن در رقابت با خردل وحشی می‌باشد.

**توزیع عمودی سطح برگ کلزا در رقابت با خردل وحشی:** به‌منظور تعیین اعتبار مدل، داده‌های جمع‌آوری شده در طول آزمایش با داده‌های ارائه شده توسط مدل مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت،

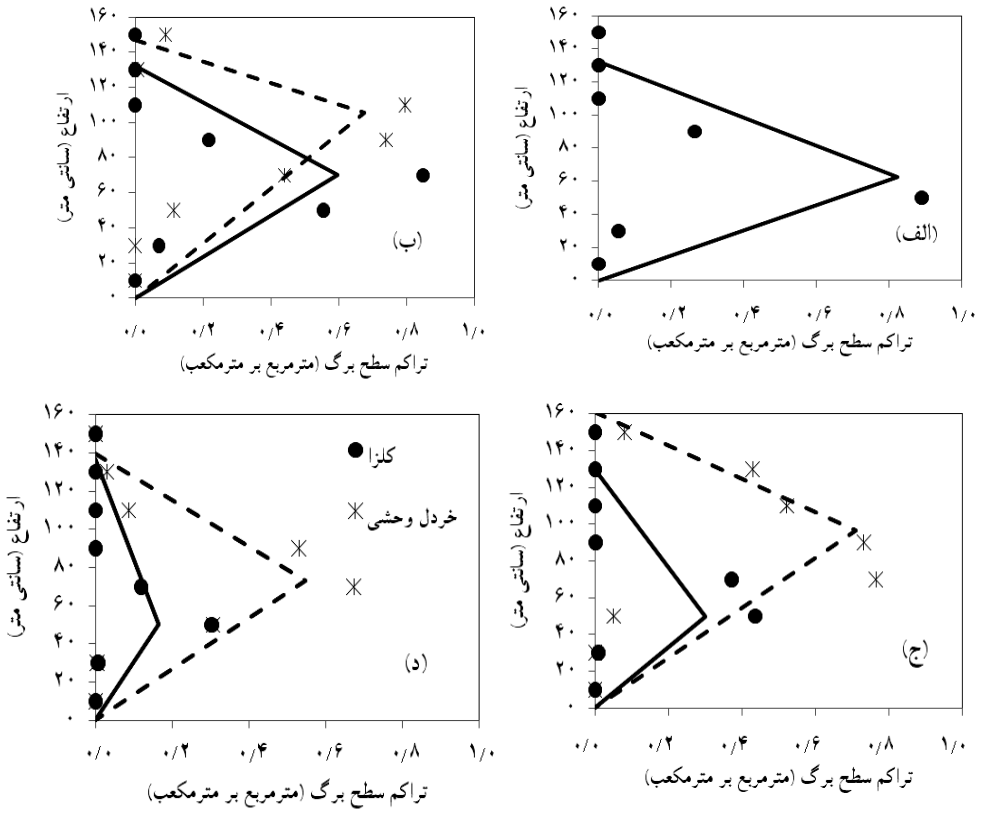
نتایج نشـان دادکه تابع مثلثی تراکم سـطح برگ در مورد گونه‌های مورد بررسی مناسب بوده و در تمام موارد پیشگوئی مناسبی از داده‌های واقعی ارائه کرده است (شکل‌های ۵، ٦ و ۷).



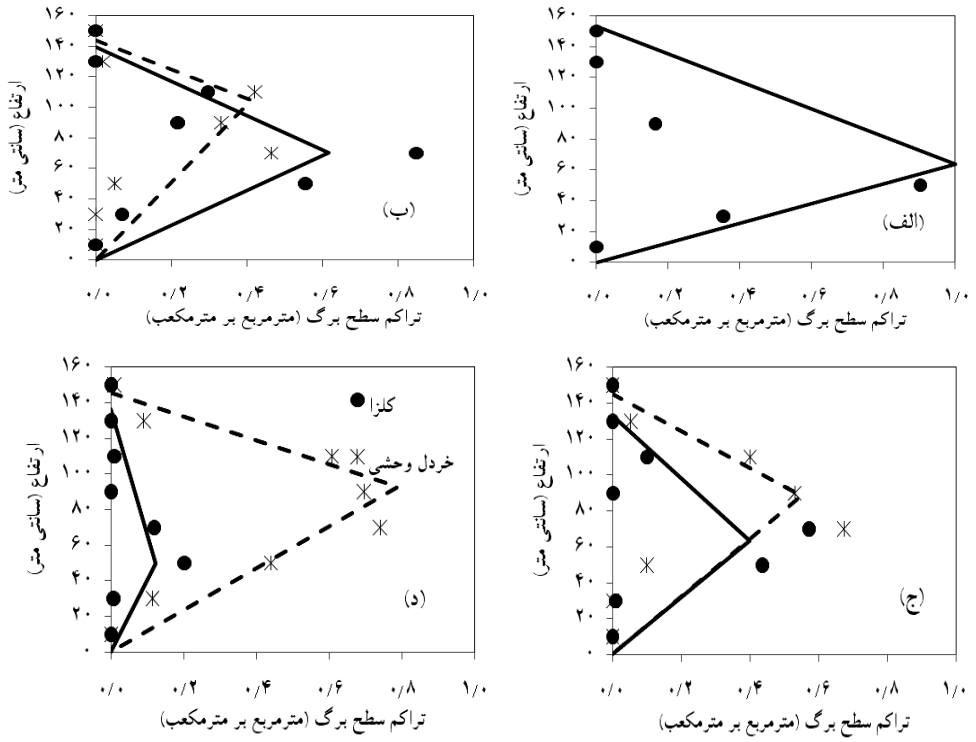

**شکل ۵- توزیع عمودی سطح برگ کلزا و خردل وحشی در فاصله ردیف ۱۲ سانتی‌متر کلزا و تراکم‌های خردل وحشی ۰ (الف)، ٤ (ب)، ۸ (ج) و ١٦ (د) بوته در مترمربع.**

نتایج نشان داد که با افزایش تراکم خردل وحشی در هر سه فاصله ردیف کلزا، سطح برگ هر لایه کاهش می‌یابد که این کاهش را می‌توان به تأثیر پذیری کلزا در رقابت با خردل وحشی نسبت داد. همچنین ارتفاع بوته خردل وحشی نسبت به کلزا بیشتر بوده و برگ‌های آن در لایه‌های بالای کانوپی از توزیع عمودی مؤثرتری برخوردار می‌باشند که این امر از جمله عوامل برتری خردل وحشی در رقابت با کلزا محسوب می‌گردد. همچنین در فاصله ردیف ۱۲ سانتی‌متر نسبت به سایر فاصله ردیف‌ها سطح برگ کلزا در ارتفاع بالاتر بیشتر بوده است. در نتیجه می‌توان گفت که در فاصله ردیف ۱۲ سانتی‌متر کلزا در

رقابت با خردل وحشی موفق‌تر بوده است (شکل ۵) که این نتایج با نتایج صفاهانی و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت داشت. در رقابت بین دو گونه علاوه بر میزان شاخص سطح برگ، توزیع سطح برگ در پیکره گیاه از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. خردل وحشی سطح برگ خود را در ارتفاع بالاتری نسبت به کلزا گسترده است که این امر باعث برتری خردل وحشی در برخورداری از نور مستقیم خورشید می‌شود (شکل ۵، ٦ و ۷). علاوه بر آن، با افزایش فاصله بین ردیف‌های کلزا از میزان شاخص سطح برگ کلزا در مقایسه با خردل وحشی نیز کاسته می‌شود که این موضوع باعث ضعف بیشتر کلزا در رقابت با خردل وحشی گردیده، در نتیجه در فواصل ردیف بیشتر کلزا و تراکم‌های بالاتر خردل وحشی، میزان خسارت ناشی از حضور علف هرز بیشتر می‌شود.




**شکل ٦- توزیع عمودی سطح برگ کلزا و خردل وحشی در فاصله ردیف ۲٤ سانتی‌متر کلزا و تراکم‌های خردل وحشی ۰ (الف)، ٤ (ب)، ۸ (ج) و ١٦ (د) بوته در مترمربع.**




**شکل ۷- توزیع عمودی سطح برگ کلزا و خردل وحشی در فاصله ردیف ۳٦ سانتی‌متر کلزا و تراکم‌های خردل وحشی ۰ (الف)، ٤ (ب)، ۸ (ج) و ۱٦ (د) بوته در مترمربع.**

## نتیجه‌گیری

یکی از مشکلات عمده مزارع کلزا که سبب کاهش عملکرد کمّی و کیفی این محصول می‌گردد، وجود خردل وحشی می‌باشد. با توجه به معضلات جدی ناشی از راهکارهای مدیریت رایج در کنترل علف‌های هرز و ضرورت جایگزین نمودن راهکارهای مبتنی بر اصول اکولوژیک، به‌نظر می‌رسد که مبارزه شیمیایی علف‌های هرز در نظام‌های زراعی گزینه چندان مناسبی نمی‌باشد. در این راستا، استفاده از مدیریت زراعی به‌منظور کنترل علف های هرز مزارع کلزا به‌عنوان راهکار مهمی در جهت کاهش خسارت‌های زیست‌محیطی و دست‌یابی به عملکرد بالقوه کلزا ضروری به‌نظر می‌رسد. نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص‌های رشد کلزا در رقابت با خردل وحشی در تمام فواصل ردیف کاهش یافتند. با این حال در فاصله ردیف ۱۲ سانتی‌متر کلزا در رقابت با خردل وحشی موفق‌تر بود. همچنین

نتایج نشـان داد که سطح برگ کلزا در فاصله ردیف ۱۲ سانتی‌متر نسبت به فاصله ردیف‌های ۲٤ و ۳٦ سـانتی‌متر، در سـطوح بالاتر کانوپی، بیشـتر بوده اسـت که این اثر را با استفاده از توزیع عمودی سطح برگ می‌توان نشان داد.

## سپاسگزاری

هزینه انجام این پژوهش از محل طرح مصوب دانشگاهی و توسط دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تأمین شـده اسـت. از راهنمایی‌های ارزشـمند جناب آقایان مهندس مرتضـی اشـراقی و مهندس مجید عالیمقام در ارائه بهتر مطالب بسیار سپاسگزاریم.

## منابع

1. All-Barrak, Kh.M. 2006. Irrigation interval and nitrogen level effects on growth and yield of canola (*Brassica napus* L.). Sci. J. of King Faisal University. Al-Hassa. Saudi Arabia., 7:87-102.
2. Anafjeh, Z., Bakhshandeh, A., Chaab, A., Ebrahimpoor, F., and Zand, E. 2010. Evaluation of wild mustard densities on some quality parameters and quantity yield of canola (seed). J. Crop Sci. Plant., 5: 29-41.
3. Bagheri, M. 2002. Effect of sowing date and row spacing on early cultivars of canola. The 7th Iranian Crop Sciences Congress, Aug. 24-26. 2002. Karaj, Iran. 64 P.
4. Baghestani, M.A., and Zand, E. 2003. Review on biology and control of (*Sinapis arvensis* L.). Researchs institute of pests and plant diseases. 56 pp.
5. Barnes, P.W., Beyschlag, W., Ryel, R., Flint, S.D., and Caldwell, M.M. 1990. Plant competition for Light analyzed with a multispecies canopy model. Influence of canopy structures in mixtures and monocultures of wheat and wild oat. Oecologia., 852: 560-566.
6. BlackShaw, R.E. 1993. Downy brome (*Bromus tectorum*) density and relative time of emergence effects interference in winter wheat (*Triticum aestivum*). Weed Sci., 41: 551-556.
7. 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.
8. Deihimfar, R. 2005. Evaluation of Morphophysiological properties affecting on increasing of yield of some genotypes of wheat (*Triticum aestivum* L.) in competition to (*Eruca sativa* Mill.). M.Sc. thesis. Aboureihan Agricultural Faculty. 135 pp.

9. Dunan, M.C., and Zimdahl, R.L. 1991. Competitive ability of wild oats (*Avena fatua*) and barley (*Hordeum vulgare*). Weed Sci., 39: 558-563.
10. Ebtali, Y., Baghestani, M.A., and Ebtali, M. 2009. Competitive effect of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) on yield and growth Indices of canola (*Brassica napus* L.) cultivars. Iran. J. of Weed Res., 1: 63-73.
11. Fernando, H.A., Calvino, P., Cirilo, A., and Barberi, P. 2002. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. Agron. J., 94:975-980.
12. Graham, D.L., Steiner, J.L., and Wicse, A.F. 1988. Light absorption and competition in mix sorghum-pig weed communities. Agron. J., 80: 415-418.
13. Hajilary, A. 2005. Canola, planting and harvesting. Agronomy department of agriculture organization, Golestan province.
14. Hassan-Zadeh Delouie, M., Nassiri-Mahallati, M., Nour-Mohamadi, G., and Rahimian-Mashadi, H. 2003. Modelling light interception and distribution in mixed canopies of wild oat (*Avena ludoviciana*) and turnip weed (*Rapistrum rugosum*) in competition with wheat. Iran.. J. Crop Sci., 5:134-145.
15. Hunt, R. 1982. Plant Growth Curves: the Functional Approach to Plant Growth Analysis. Edward Arnold, London, UK.
16. Koocheki, A., Rahimian, H., Nasiri Mahallati, M., and Khiabani, H. 1997. Ecology of Weeds. Mashhad Jahad Daneshgahi press. 350 pp.
17. Kropff, M.J., Van Laar, H.H., and Berge, H.F.M. 1993. ORYZAI: A Basic Model for Irrigated Lowland Rice Production. International Rice Research Insritute, Los Banos, Philippines 89 pp.
18. Lantinga, E.A, Nassiri, M., and Kropff, M.J., 1999. Modelling and measuring vertical light absorption within grass-clover mixtures. Agri. Forest. Meteorol., 96: 71-83.
19. Mekki, B., Faida, B., Sharara. A.A., and Kowthar, G.E.R. 2010. Effect of weed control treatments on yield and seed quality of some canola cultivars and associated weeds in newly reclaimed sandy soils. Amer. Eura. J. Agri. Environ. Sci., 7:202-209.
20. Moaveni, P., Ebrahimi, A., and Aliabadi Farahani, H., 2010. Physiological growth indices in winter rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars as affected by drought stressat. Iran. J. Cereals Oilseeds, 1:11-16.
21. Nassiri, M., and Elgersma. E.A. 1996. Vertical distribution of leaf area, dry matter and radiation in grass-clover mixtures. In: Parente, G, Frame, J, Orsi, S. (Eds).Grassland and Land Use Systems. Proc. 16th meeting of the European Grassland Federation. 269-274.
22. Nassiri, M., and Elgersma. E.A. 1998. Competition in perennial ryegrass-white clover mixtures. II. Leaf charachteristics, light interception and dry matter production during regrowth .Grass. For. Sci., 53:367-379.
23. Pereira, A.R., and Shaw, R.H. 1980. A numerical experiment on the mean wind structure inside canopies of vegetation. Agri. Meteorol., 22: 3030-318.

24. Safahani Langrodi, A.S., Kamkar, B., Zand, E., Bagherani, N., and Bagheri, M. 2007. The effect of growth indices in competitive ability of some canola (*Brassica napus*) cultivars against wild mustard (*Sinapis arvensis*). Iranian J. Field Crop Res., 5: 301-313.
25. Spitters, C.J.T., and Aerts, R. 1983.Simulation of competition for light and water in crop-weed associations. Aspect. Apli. Biol., 4: 467-484.
26. Yusuf, R.I., Siemens, J.C., and Bullock, D.G. 1999. Growth analysis of soybean under notillageand conventional tillage system. Agron. J., 91: 928-933.
27. Zand, E., Rahimian Mashhadi, H., Koocheki, A., Khalghani, J., Mousavi, K., and Ramzani, K. 2004. Ecology of Weeds (management applications). Mashhad Jahad Daneshgahi Press. 558 pp.
28. Zimdahl, R. 2004. Weed-Crop competition: A review. Int. Plant. Prot. Center. Corvalis, Oregon State University. 220 p.

*EJCP., Vol. 7 (3): 53-74*
*http://ejcp.gau.ac.ir*

# The effect of row spacing and weed density on growth indices of canola in competition with wild mustard *(Sinapis arvensis)*

**M. Tahmasebi[1*], N. Salamati[2], J. Gherekhloo[3] and A. Hajarpoor[4]**
[1]Student of PhD, Department of Agronomy, Zabol University, [2]Former MSc student in Agronomy, [3]Assistant Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [4]Dept. of Agriculture Sciences, Payame Noor University, Iran
Recieved: 03/17/2013 ; Accepted: 06/05/2014

**Abstract**

In order to evaluate the effect of row spacing and weed density on growth indices of canola (*Brassica napus*) in competition with wild mustard (*Sinapis arvensis*) a field experiment was conducted based on randomized complete block design with factorial arrangement and three replications at Agricultural Research Station of Agricultural Sciences and Natural Resources of Gorgan University, during 2009-2010 growing season. The factors included canola row spacings at 3 levels (12, 24 and 36 cm) and wild mustard densities at 4 levels (0, 4, 8 and 16 plant per $m^2$). Results showed that growth indices of canola (leaf area index (LAI), crop growth rate, relative growth rate and total dry matter) decreased in competition with wild mustard in all row spacings of canola. The most leaf area of canola distributed at higher height of canola in row spacing of 12 cm as compared to 24 and 36 cm. According to the results, it seems that LAI and vertical distribution of canola's leaf area in canopy are the effective indices in reducing wild mustard biomass and increasing competitive ability of canola in competition with wild mustard.

***Keywords*:** Crop growth rate, Leaf area index, vertical leaf area distribution.

*Corresponding author; mary.tahmaseby@gmail.com