نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد چهاردهم، شماره ۳(۵۵)، پاییز ۱۳۹۹، صفحه ۴۶۴-۴۴۷

مقاله پژوهشی DOI: 10.30495/jcep.2020.679072

اثر فاصله ردیف کاشت و مصرف علف‌کش‌ها بر کنترل علف‌های هرز، رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد دانه و روغن کلزا (*Brassica napus* L.)

مرتضی نورعلی‌زاده اطاقسرا[1*]، علی نخزری مقدم[2]، ابراهیم غلامعلی‌پور علمداری[2]، مهدی ملاشاهی[2] و ولی‌الله رامئه[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۵ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۱۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۱۱

چکیده

کلزا یکی از مهم‌ترین گیاهان دانه روغنی محسوب می‌شود. علف‌های هرز از جمله مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید کلزا هستند که کمیت و کیفیت محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهند. به‌منظور بررسی تأثیر فاصله ردیف و مصرف علف‌کش‌ها بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد کلزا، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقات بایع‌کلای شهرستان نکا اجرا شد. عوامل مورد بررسی شامل آرایش کاشت در دو سطح یک و دو ردیفه و کنترل علف-های هرز در ۷ سطح شامل علف‌کش تریفلورالین (ترفلان 48%EC) ۲/۵ لیتر در هکتار قبل از کاشت و مخلوط با خاک، کوئین‌مراک + متازاکلر (بوتیزان استار 41.6%SC) به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار پیش‌رویشی، ترکیب تریفلورالین ۲/۵ لیتر در هکتار با کوئین‌مراک + متازاکلر ۲/۵ لیتر در هکتار، کلوپیرالید (لونترل 30%SL) ۱ لیتر در هکتار + هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل (گالانت سوپر 10.8%EC) ۰/۸ لیتر در هکتار در مرحله ۲ تا ۴ برگی علف‌های هرز، پاراکوات (گراماکسون 20%SL) ۲ لیتر در هکتار در مرحله ۴ تا ۶ برگی علف‌های هرز و تیمار وجین و عدم کنترل علف‌های هرز بودند. نتایج نشان داد که با تغییر در آرایش کاشت و استفاده از ترکیب تریفلورالین با کوئین‌مراک + متازاکلر و یا پاراکوات به‌صورت هدایت شده در کشت دو ردیفه، محتوای کلروفیل کلزا به‌ترتیب به میزان ۳۸/۰۶ و ۳۴/۱۱ درصد نسبت به شاهد افزایش یافتند. همچنین، زیست توده علف‌های هرز به‌ترتیب ۸۷/۱۶ و ۹۴/۹۷ درصد کاهش و عملکرد دانه نیز به میزان ۷۳/۴ و ۷۶/۷۹ درصد افزایش یافت که خود موجب افزایش عملکرد روغن نیز گردید. به این ترتیب با اصلاح الگوی کاشت کلزا می‌توان با استفاده از علف‌کش‌های پاراکوات به‌صورت هدایت شده و یا ترکیب علف‌کش تریفلورالین با کوئین‌مراک+متازاکلر علاوه بر کنترل علف‌های هرز، موجب افزایش عملکرد شد.

واژگان کلیدی: آرایش کاشت، پاراکوات، ترفلان، کاروتنوئید، کلروفیل.

۱- دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه گنبدکاووس و محقق بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران. (نگارنده‌ی مسئول) mnouralizadeh@yahoo.com

۲- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران.

۳- دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران.

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) از تیره Brassicaceae، یکی از گیاهان روغنی است که دارای ۴۵-۴۰ درصد روغن و ۳۵-۲۵ درصد پروتئین می‌باشد. روغن کلزا به دلیل ترکیب مناسب اسیدهای چرب غیراشباع و درصد پایین اسیدهای چرب اشباع جزو با کیفیت‌ترین روغن‌های خوراکی است (Anonymous, 2017b). در سال‌های اخیر توجه به کلزا به علت دارا بودن درصد روغن بالا در حال افزایش است (Bijanzadeh *et al*., 2010). میزان تولید کلزا در جهان ۲۲/ ۲۸ میلیون تن بوده که بعد از پالم (۶۹/۵۱ میلیون تن) و سویا (۵۳/۸۳ میلیون تن) جایگاه سوم را بین دانه‌های روغنی دارد (Anonymous, 2017a).

علف‌های هرز از دیرباز به‌عنوان عنصری نامطلوب در کشاورزی بوده که هزینه تولید را افزایش و کیفیت را کاهش می‌دهند (Yousefi *et al*., 2014). کنترل علف‌های هرز در کلزا نیازمند روش‌های مدیریت زراعی همراه با انتخاب علف‌کش‌های مناسب و کاربرد صحیح آنها است (Nouralizadeh *et al*., 2013). حضور علف‌های هرزی مانند تربچه وحشی (*Raphanus raphanistrum*)، خردل وحشی (*Sinapis arvensis*)، گندمک (*Stellaria media*)، تاجریزی سیاه (*Solanum nigrum*) و سلمه (*Chenopodium hybridum*) موجب کاهش عملکرد و کیفیت تولید روغن کلزا می‌شود (Pavlovic *et al*., 2015). ولی‌الله‌پور و همکاران (Valiollahpor *et al*., 2013) طی آزمایشی عنوان نمودند که کاربرد هدایت شده پاراکوات در بین ردیف‌های سویا در مرحله ۲ تا ۴ برگی علف‌هرز خربزه وحشی (*Cucumis melo*)، علاوه بر کنترل مطلوب علف‌های هرز موجب افزایش عملکرد دانه شد.

فلتون و همکاران (Felton *et al*, 2004)، تفاوت پاسخ به فاصله ردیف کشت ۳۲ و ۶۴ سانتی‌متر را در چند گیاه برای صفات تراکم علف هرز و عملکرد محصول مورد بررسی قرار دادند. آنها گزارش کردند که در سه فصل از کشت، گندم تحت تأثیر فاصله ردیف قرار نگرفت اما کلزا و نخود کاهش عملکرد بیشتری را ناشی از رقابت علف‌های هرز در ردیف‌های ۶۴ سانتی‌متر متحمل شدند. در منطقه زراعی غربی استرالیا، زیست توده علف‌های هرز در ردیف‌های ۳۶ سانتی‌متر در مقایسه با فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر کلزا کمتر بود (Borger *et al*., 2010). کوک و همکاران (Cook *et al*., 2015) دریافتند در جایی که علف‌های هرز به خوبی کنترل شوند، عرض ردیف کلزا را می‌توان تا ۴۸ سانتی‌متر افزایش داد، بدون این‌که تأثیری روی عملکرد داشته باشد. محمدی و چاکرالحسینی (Mohammadi and Chakerolhosini, 2006) برای تعیین بهترین فاصله ردیف کلزا، ردیف‌های ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر را با میزان بذر ۴، ۷ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار آزمایش کردند، آنها گزارش نمودند که فاصله ردیف اثر معنی‌داری بر عملکرد ندارد.

دلیجیوس و همکاران (Deligios *et al*., 2018) از طریق مصرف کم علف‌کش عنوان کردند که بیشترین میزان روغن دانه کلزا وقتی حاصل می‌شود که علف‌های هرز کنترل شوند. بهداروندی و مودج (Behdarvandi and Modhej, 2007) طی آزمایشی مشاهده کردند که مدیریت تلفیقی علف هرز با علف‌کش پیش و پس کاشت به‌همراه دو بار کولتیواتور، بیشترین تاثیر را در افزایش عملکرد دانه و روغن کلزا داشت و حذف علف‌های

هرز موجب افزایش عملکرد روغن دانه کلزا می‌شود اما در میزان درصد روغن تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهد نشد.

میزان کاهش عملکرد دانه کلزا به‌دلیل حضور علف‌های هرز اغلب در حدود ۳۰ تا ۷۰ درصد می‌باشد که بستگی به نوع گونه و میزان تراکم علف‌هرز دارد (Zare *et al.*, 2012). خسارت زیاد و قابل‌توجه ناشی از حضور علف‌های هرز، لزوم کنترل مکانیکی و شیمیایی آنها را اثبات می‌کند (Mitkov *et al.*, 2017).

آزمایش‌های مزرعه‌ای نشان داد که علف‌کش‌های پیش رویشی به کلزا کمک می‌کند تا تنش زودهنگام شیمیایی را تحمل کند (Vercampt *et al.*, 2016; Vercampt *et al.*, 2017). استفاده از علف‌کش‌ها سیستم فتوسنتزی را از طریق روش‌های مختلف مختل کرده و با پذیرش الکترون از PSI، مهار کاروتنوئیدها و بیوسنتز پروتئین یا با انسداد انتقال الکترون PSII موجب کاهش مقدار فتوسنتز خالص و محتوای کلروفیل می‌گردد (Jin *et al.*, 2010). هنگامی که بوته‌های کلزا نسبت به یک علف‌کش حساس باشند استرس ناشی از مصرف علف‌کش روی سیستم فتوسنتزی گیاه اثر گذاشته و بوته‌ها هرگز بهبود نمی‌یابند (Chesworth *et al.*, 2004). میزان تولید از طریق فتوسنتز در گیاهان در درجه اول وابسته به مکان جغرافیایی، نوع خاک، روش زراعی و شرایط آب و هوایی است (Velicka *et al.*, 2018). زارکوتجادا و همکاران (Zarco-Tejada *et al.*, 2000) کلروفیل برگ را یکی از مهم‌ترین شاخص‌های نشان‌دهنده فشارهای محیطی وارد بر گیاه دانستند و معتقدند مقدار کلروفیل در گیاهان تحت تنش کاهش می‌یابد و باعث کاهش کل جذب نور توسط گیاه می‌شود.

کاروتنوئیدها گروهی از رنگدانه‌های محلول در چربی بوده و در غشای تیلاکوئیدهای کلروپلاست یافت می‌شوند. وظیفه این رنگدانه‌ها جمع‌آوری انرژی و محافظت نوری از مولکول کلروفیل می‌باشد (Ahmadi *et al.*, 2015). کاروتنوئیدها جزء آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی نیز محسوب می‌شوند (Telesinski *et al.*, 2008).

پرولین می‌تواند به‌عنوان مهار کننده پراکسیداسیون لیپید و اصلاح کننده گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) عمل کند. هار و همکاران (Harre *et al.*, 2018) با مطالعه روی پاسخ آنتی اکسیدانی گیاهان ناشی از علف‌های هرز و علف‌کش‌ها گزارش کردند که هم تداخل علف‌های هرز و هم مصرف علف‌کش‌ها در گیاهان باعث تحریک سنتز مولکول‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله پرولین و ترکیبات فنلی در پاسخ به تنش می‌شوند. فائز و همکاران (Fayez *et al.*, 2011) نیز عنوان نمودند که بسیاری از علف‌کش‌ها باعث افزایش تجمع پرولین در گیاهان می‌شوند.

تحقیقات اندکی در زمینه اثر علف‌های هرز و علف‌کش‌ها بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و میزان آنزیم پرولین و نقش آنها در عملکرد کلزا انجام شده است. با توجه به اهمیت استراتژیک کلزا در تغذیه انسان و دام در زمان حاضر و چشم‌انداز آتی آن و همچنین نقش مهم و تأثیرگذار رنگیزه‌های فتوسنتزی در افزایش تولید این محصول، و مشکل مدیریت شیمیایی علف‌های هرز هم خانواده کلزا با استفاده از علف‌کش‌های ثبت شده و همچنین محدودیت کاشت ارقام تراریخته مقاوم به گلیفوزیت (رانداپ)، در کشور به کارگیری روشی جدید و تغییر در آرایش کاشت که در آن امکان استفاده از علف‌کش‌های عمومی وجود داشته باشد ضروری به نظر می‌رسد. هدف از این تحقیق،

بررسی تأثیر آرایش کاشت، علف‌کش‌های موجود و علف‌کش عمومی پاراکوات بر جمعیت علف‌های هرز، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد کلزا بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات زراعی بابل‌کلا مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران واقع در ۱۱ کیلومتری جاده نیروگاه شهرستان نکا در استان مازندران کشور ایران با طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۵ متر از سطح دریا به اجرا درآمد.

قطعه زمین انتخابی سابقه آلودگی شدید به علف‌های هرز را داشت و سال زراعی قبل نیز زیر کشت کلزا بود. برای اطمینان از آلودگی، با استفاده از بذر علف‌های هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis*)، کنگر وحشی (*Circium arvensis*)، یولاف وحشی (*Avena fatua*)، چچم (*Lolium temulentum*) و خونی واش (*Phalaris minor*) که عمده علف‌های هرز زراعت کلزا در کشت پاییزه می‌باشند، به میزان ۱۰۰ گرم از هر یک از علف‌های هرز آلودگی مصنوعی در سطح کل آزمایش (۸۰۰ متر مربع) انجام گردید. عملیات زراعی شامل شخم، دیسک، تسطیح و کرت‌بندی در نیمه اول مهر انجام و در نیمه دوم مهر عملیات کاشت انجام شد. برای کشت، رقم هیبرید بهاره هایولا ۴۰۱ کلزا استفاده شد. مقدار بذر مصرفی به‌میزان ۶ کیلوگرم در هکتار بود که به‌صورت دستی کشت شد. فاصله ردیف کشت در دو سطح به‌صورت کشت تک ردیفه و دو ردیفه انجام شد. در کاشت تک ردیفه، فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها در روی ردیف ۵ سانتی‌متر بود اما در کاشت دو ردیفه، ابتدا دو ردیف به‌فاصله ۱۰ سانتی‌متر کشت شدند و سپس با ۵۰ سانتی‌متر فاصله دو ردیف دیگر نیز به فاصله ۱۰ سانتی‌متر از هم کشت شدند (متوسط فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر) به همین ترتیب در کل کرت که شامل ۸ خط کاشت انجام شد. در کشت دو ردیفه نیز فاصله بوته‌ها در روی ردیف ۵ سانتی‌متر اعمال گردید. هر کرت دارای ۸ خط کاشت به‌طول ۶ متر (به مساحت ۱۴/۴ مترمربع) بود. فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین تکرارها ۲ متر در نظر گرفته شد. قبل از انجام آزمایش، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش تعیین گردید. مصرف کودهای شیمیایی بر اساس آزمون خاک (جدول ۱) انجام شد. بر این اساس، کود اوره پایه به میزان ۷۵ کیلوگرم، کود فسفات آمونیم ۱۰۰ کیلوگرم و کود سولفات پتاسیم ۷۵ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت استفاده شدند. تیمارهای کنترل علف‌های هرز در ۷ سطح شامل: ۱)علف‌کش تریفلورالین (ترفلان EC 48%) ۲/۵ لیتر در هکتار قبل از کاشت و مخلوط با خاک، ۲) علف‌کش کوئین مراک ۱۲/۵٪ + متازاکلر ۳۷/۵٪ (بوتیزان استار SC 41.6%) ۲/۵ لیتر در هکتار بعد از کاشت و قبل از سبز شدن کلزا و علف هرز، ۳) علف‌کش تریفلورالین (ترفلان EC 48%) ۲/۵ لیتر در هکتار قبل از کاشت و مخلوط با خاک + علف‌کش کوئین مراک ۱۲/۵٪ + متازاکلر ۳۷/۵٪ (بوتیزان استار SC 41.6%) ۲/۵ لیتر در هکتار بعد از کاشت و قبل از سبز شدن کلزا و علف هرز، ۴) علف‌کش کلوپیرالید (لونترل SL 30%) ۱ لیتر در هکتار + علف‌کش هالوکسی فوپ آر متیل (گالانت سوپر EC 10.8%) ۰/۸ لیتر در هکتار در مرحله ۲ تا ۴

برگی علف‌های هرز، ۵) علف‌کش پاراکوات (گراماکسون SL 20%) ۲ لیتر در هکتار در مرحله ۴ تا ۶ برگی علف‌های هرز و کلزا، ۶) وجین دستی علف‌های هرز و ۷) عدم کنترل علف‌های هرز بود.

علف‌کش پیش کاشت تریفلورالین ۷۲ ساعت قبل از کشت بذرها با استفاده از سم‌پاش پشتی با فشار ۲ بار بر اساس پاشش ۳۰۰ لیتر آب در هکتار روی خاک محلول‌پاشی و بلافاصله با خاک مخلوط شد. علف‌کش پیش رویشی کوئین مراک ۱۲/۵٪ + متازاکلر ۳۷/۵٪ پس از کشت کلزا و قبل از سبز شدن کلزا و علف‌های هرز (بعد از بارندگی) اعمال شد.

علف‌کش‌های پس رویشی کلوپیرالید، هالوکسی فوپ آر متیل و پاراکوات پس از سبز شدن کلزا در مرحله سه تا پنج برگی علف‌های هرز محلول‌پاشی شدند. علف‌کش پاراکوات به‌صورت هدایت شده و با قرار دادن قیفی در انتهای لانس مصرف شد. علف‌کش‌های پس رویشی در فواصل ردیف ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متری مصرف شدند و در کشت دو ردیفه بین فواصل ۱۰ سانتی‌متری به علت پوشش مناسب کلزا سم‌پاشی صورت نگرفت.

برای تعیین مقدار رنگیزه های فتوسنتزی، در مرحله شروع گلدهی کلزا، مقدار ۰/۱ گرم از بافت برگ تازه با ۱۰ میلی‌لیتر استون سرد ۸۰ درصد کاملاً له گردید. محلول حاصل با دور پایین ۱۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه برای جلوگیری از شکست آللوشیمیایی سانتریفیوژ و سپس فاز محلول از فاز جامد جدا گردید و با استون سرد ۸۰ درصد به حجم معین ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. مقداری از نمونه داخل بالن را در کووت ریخته و نهایتاً به‌طور جداگانه در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a و برای آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی کلروفیل b و کارتنوئیدها به‌ترتیب ۶۴۵ نانومتر و ۴۷۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر با مدل Biochrom libera-S22 مقدار جذب قرائت شد. با استفاده از روابط ذیل میزان کلروفیل a، b و کل به‌علاوه کاروتنوئیدها برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن نمونه تر برآورد شد (Arnon, 1967).

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3\times A663 - 0.86\times A645)\, V/100W$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3\times A645 - 3.6\times A663)\, V/100W$$

$$\text{Cartenoides} = 100(A\ 470) - 3.27\ (\text{mg chl a}) - 104\ (\text{mg chl b})/227$$

که در آنها V= حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، W= وزن تر نمونه برحسب گرم و A= جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر بودند.

برای تعیین محتوای پرولین برگ در مرحله شروع گلدهی کلزا، ۰/۵ گرم ماده تر گیاهی با ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک اسید سه درصد مخلوط و سپس مخلوط حاصل با کاغذ صافی، صاف گردید. دو میلی‌لیتر از مخلوط حاصل را در داخل لوله آزمایش ریخته و سپس دو میلی‌لیتر استیک اسید گلاسیال و دو میلی‌لیتر اسید ناین‌هیدرین اضافه گردید. در مرحله بعدی برای مدت یک ساعت در حمام آب جوش قرار داده شد. جهت خاتمه واکنش، نمونه‌ها داخل حمام یخ قرار گرفت. در ادامه، چهار میلی‌لیتر تولوئن به محلول حاصل اضافه شد و برای مدت ۲۰ تا ۳۰ ثانیه به‌خوبی تکان داده شد به‌طوری‌که لایه رویی زرد رنگ تولوئن نمایان گردید. سپس فاز فوقانی جدا و به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد. غلظت پرولین در هر نمونه بر اساس منحنی استاندارد بر حسب

میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد (Bates *et al.*, 1973). درصد روغن دانه به روش سوکسله (Pritchard *et al.*, 2000) محاسبه شد.

ارزیابی چشمی علف‌های هرز ۴ هفته پس از اعمال تیمار به روش به روش EWRC (جدول ۲) انجام گرفت. (Sandral *et al.*, 1997). جهت تعیین زیست توده علف‌های هرز نیز با انداختن دو کادر ۰/۵ × ۰/۵ کل علف‌های هرز موجود در کادر کف بر شده داخل پاکت قرار داده شد. پس انتقال آنها به داخل آون (به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۷۵ درجه سلسیوس) زیست توده آنها اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد دانه، با رعایت نیم متر فاصله از حاشیه، ۴ ردیف وسط برداشت شده دانه‌ها از خورجین جدا شده و پس از توزین به هکتار تعمیم داده شد. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS Ver. 9.3 و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

علف‌های هرز غالب موجود در کرت‌های آزمایش شامل خردل وحشی (*S. arvensis*)، کنگر وحشی (*Circium arvensis*)، کنگر برگ ابلقی (*Sylibum marianum*)، یولاف وحشی (*Avena ludoviciana*)، خونی واش (*Phalaris minor*)، و چچم (*Lolium temulentum*) بودند. ارزیابی چشمی تأثیرگذاری علف‌کش‌ها به روش استاندارد کمیته تحقیقات علف هرز اروپا (EWRC) چهار هفته پس از سم‌پاشی نشان داد که مصرف علف‌کش پاراکوات در کشت یک ردیفه علی‌رغم کنترل مناسب علف‌های هرز موجب سوختگی ۷۵ درصدی کلزا شد اما در کشت دو ردیفه خسارت وارده به کلزا کم (۱۰ درصد) بود ولی علف‌های هرز دچار سوختگی شدید (۹۰ درصد) شدند. سایر علف‌کش‌ها اثر سویی بر کلزا نداشتند (جدول ۳). بنابراین، می‌توان با تغییر فاصله کشت و انتخاب فاصله ردیف‌های بیشتر در کشت کلزا و همچنین اندکی تغییر در طراحی نازل‌ها و پوشش‌دار کردن آنها امکان استفاده از علف‌کش پاراکوات را در سطح وسیع عملیاتی نمود. بدین ترتیب علاوه بر جلوگیری از خسارت علف‌کش به کلزا، علف‌های هرز بین ردیف‌ها نیز به خوبی کنترل می‌شوند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر فاصله ردیف بر کلروفیل a، پرولین و زیست‌توده علف‌هرز در سطح ۵ درصد و بر عملکرد روغن و دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اما روی درصد روغن دانه کلزا اثر معنی‌داری نداشت. اثر مدیریت علف‌هرز در سطح یک درصد بر کلروفیل a، b، مجموع کلروفیل a و b، کاروتنوئید، پرولین، زیست توده علف‌هرز و عملکرد دانه معنی‌دار بود. اثر متقابل فاصله ردیف × مدیریت علف‌هرز بر کلروفیل a، b، پرولین، زیست توده علف‌هرز و عملکرد روغن و دانه در سطح یک درصد و بر مجموع کلروفیل a و b در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

محتوای کاروتنوئید: مقایسه میانگین اثر مدیریت علف‌هرز بر میزان کاروتنوئید در جدول ۵ آورده شده است. بر اساس جدول ۵، محتوای کارتنوئید در تیمارهای مختلف متفاوت بود به‌طوری‌که تیمارهای عدم کنترل علف‌هرز، کاربرد ترکیب علف‌کش‌های کلوپیرالید و هالوکسی فوپ آر متیل و تیمار کاربرد علف‌کش پاراکوات به‌ترتیب با میانگین ۰/۴۱، ۰/۳۸ و ۰/۳۵ دارای بیشترین میزان کارتنوئید بودند. محتوای کارتنوئید در گیاهان تحت تاثیر تنش‌های وارده به گیاه دچار تغییر می‌شوند. در این آزمایش نیز

عدم کنترل علف‌های هرز در برخی از تیمارها باعث ایجاد رقابت شدید بین کلزا و علف‌های هرز شده و گیاه کلزا دچار تنش شد. به‌همین دلیل تیمارهای عدم کنترل علف‌هرز، کاربرد ترکیب علف‌کش‌های کلوپیرالید و هالوکسی فوپ آر متیل به‌ترتیب با میانگین ۰/۴۱، ۰/۳۸ دارای بیشترین میزان کارتنوئید بودند و تیمار کاربرد علف‌کش پاراکوات نیز به علت سوختگی ایجاد شده در برگ‌های کلزا این تنش را به گیاه وارد نمود و به همین دلیل میزان کارتنوئید (با میزان۰/۳۵) در این تیمار هم بالا بود. تلسینسکی و همکاران (Telesinski *et al*., 2008) نیز عنوان داشتند که کاروتنوئیدها جزو آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی محسوب می‌شوند، بنابراین در زمان تنش میزان آن در گیاه بالاتر است. هار و همکاران (Harre *et al*., 2018) نیز گزارش کردند که هم تداخل علف‌های هرز و هم مصرف علف‌کش‌ها در گیاهان باعث تحریک سنتز مولکول‌های آنتی‌اکسیدانی در پاسخ به تنش می‌شوند.

محتوای کلروفیل a و b: مقایسه میانگین اثر متقابل فاصله ردیف × مدیریت علف‌هرز در رابطه با رنگدانه کلروفیل a نشان داد که دامنه تغییرات رنگدانه کلروفیل a از ۱۱/۸۴ تا ۲۷/۱ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) متغیر بود. تیمار کاربرد ترکیب علف‌کش‌های تریفلورالین و کوئین مراک + متازاکلر در کشت دو ردیفه کلزا بیشترین محتوای کلروفیل a را داشت (جدول ۶) و میزان آن نسبت به تیمار شاهد در کشت دو ردیفه ۴۹/۵۹ درصد افزایش نشان داد. تیمار فوق در کشت یک ردیفه به همراه تیمارهای مصرف علف‌کش تریفلورالین، وجین و مصرف علف‌کش پاراکوات در کشت دو ردیفه نیز تفاوت معنی‌داری با آن نداشتند. برعکس حالت فوق، در تیمارهای شاهد بدون کنترل علف‌های هرز در کشت یک و دو ردیفه با میانگین ۱۴/۵۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر، مصرف علف‌کش‌های پس رویشی هالوکسی فوپ آر متیل و کلوپیرالید و تیمار علف‌کش پاراکوات در کشت یک ردیفه محتوای کلروفیل a در آن با میانگین ۱۱/۸۴ دارای پایین‌ترین میزان بود.

دامنه تغییرات کلروفیل b از ۳/۸۱ در تیمار مصرف علف‌کش تریفلورالین در کشت یک ردیفه تا ۷/۰۴ در تیمار مصرف علف‌کش پاراکوات در کشت دو ردیفه متغیر بود (جدول ۶). مجموع کلروفیل a و b نیز تحت تأثیر اثر متقابل علف‌کش × فاصله کاشت قرار گرفت به‌طوری‌که دامنه تغییرات آن بین ۱۸/۱۲ در تیمار پاراکوات در کشت یک ردیفه تا ۳۱/۴۲ در تیمار وجین علف‌های هرز در کشت دو ردیفه در نوسان بود (جدول ۶).

میزان کلروفیل a نیز به علت حضور یا عدم حضور علف‌های هرز دچار تغییر می‌شود. شادابی گیاه نیز می‌تواند در میزان کلروفیل تاثیرگذار باشد. در این آزمایش تیمار کاربرد ترکیب علف‌کش‌های تریفلورالین و کوئین مراک + متازاکلر در کشت دو ردیفه کلزا با مهار مناسب علف‌های هرز بیشترین محتوای کلروفیل a را داشت. در این تیمار، علاوه بر مدیریت مناسب علف‌های هرز، فضای کافی در اختیار بوته‌های کلزا قرار داشت و این بوته‌ها بیشتر در معرض تابش نور بودند و به همین دلیل محتوای کلروفیل a در آن بیشتر بود. برعکس حالت فوق، در تیمارهای شاهد بدون کنترل علف‌های هرز در کشت یک و دو ردیفه، مصرف علف‌کش‌های پس رویشی هالوکسی فوپ آر متیل و کلوپیرالید به علت عدم کنترل مناسب علف‌های هرز و سایه‌اندازی علف‌های هرز

روی بوته‌های کلزا موجب شد که فضای کافی در اختیار کلزا قرار نگیرد و گیاه کلزا نتوانست به خوبی از تابش مناسب بهره‌مند شود به‌همین دلیل میزان کلروفیل a در آنها پایین بود. همچنین، در تیمار علف‌کش پاراکوات در کشت یک ردیفه به علت آسیب وارده به سبزینه و با خسارت وارده بر سلول‌های گیاه، محتوای کلروفیل برگ نیز کاهش یافت. این تیمار علی‌رغم کنترل مناسب علف‌های هرز، در محتوای کلروفیل از نظر آماری تفاوت معنی‌داری را با تیمار عدم وجین نداشت زیرا در تیمار عدم وجین تنش حاصله از حضور علف‌های هرز میزان کلروفیل را کاهش داد. در تیمار پاراکوات در کشت یک ردیفه نیز میزان کلروفیل کاهش یافت زیرا هنگامی که انرژی در معرض نور خورشید توسط کلروفیل جذب می‌شود، در جریان الکترون‌ها از طریق فتوسیستم I انتقال می‌یابد، پاراکوات این جریان را منحرف می‌کند و منجر به تولید رادیکال‌های آزاد می‌شود که خیلی سریع غشاهای سلولی را نابود کرده و محتویات سلول را می‌ریزند و به‌صورت زردی و خشک شدن ظاهر می‌شوند (Anonymous, 2019). این امر به‌دلیل زیاد بودن میزان انرژی در حال انتقال در طی چند ساعت در نور آفتاب اتفاق می‌افتد. تقریباً همه گیاهان سبز تحت تأثیر پاراکوات قرار گرفته به همین دلیل از آن به یک علف‌کش با طیف گسترده و غیرانتخابی یاد می‌شود (Anonymous, 2019)، به همین علت تمامی گیاهانی که در تیمار با علف‌کش پاراکوات قرار می‌گیرند میزان رنگیزه‌های کلروفیل در آنها کاهش می‌یابد. در مقابل مصرف پاراکوات در کشت یک ردیفه، در تیمارهای دو ردیفه با توجه به فاصله مناسب بین ردیف‌ها و سم‌پاشی هدایت شده خسارت وارده به برگ‌های کلزا بسیار کم بود ولی علف‌های هرز بین ردیف‌های کشت تحت تاثیر تیمار با علف‌کش قرار گرفته و به خوبی کنترل شدند. به همین دلیل در تیمار پاراکوات دو ردیفه محتوای کلروفیل از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار وجین و تیمار کاربرد ترکیب علف‌کش‌های تریفلورالین و کوئین مراک + متازاکلر نداشت. نورعلی‌زاده و همکاران (Nouralizadeh *et al*., 2013) گزارش کردند که ترکیب علف‌کش‌های تریفلورالین و کوئین مراک + متازاکلر اثر سویی روی کلزا نداشته و علف‌های هرز را در زراعت کلزا به نحو مطلوبی کنترل می‌کند. زارکوتجادا و همکاران (Zarco-Tejada *et al*., 2000) نیز عنوان کردند که کلروفیل برگ یکی از شاخص‌هایی است که فشارهای محیطی وارد بر گیاه را نشان می‌دهد و مقدار آن در گیاهان تحت تنش کاهش می‌یابد. با کاهش مقدار کلروفیل، جذب نور کاهش‌یافته و با کاهش جذب نور میزان فتوسنتز و تولید تحت تأثیر قرارگرفته و کاهش می‌یابد.

محتوای پرولین: میزان پرولین در تیمارهای مختلف متفاوت بود به‌طوری که در تیمارهای مصرف علف‌کش پاراکوات در کشت یک ردیفه و در تیمار مصرف علف‌کش‌های هلوکسی فوپ آر متیل + کلوپیرالید به‌ترتیب با میانگین ۲/۴۰، ۲/۴۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بیشتر از سایر تیمارها و در تیمار علف‌کش کوئین مراک + متازاکلر در کشت دو ردیفه با میانگین ۱/۳۹ میلی‌گرم بر گرم وزن کمتر از سایر تیمارها بود. تجمع اسمولیت‌هایی نظیر پرولین و کربوهیدرات‌های محلول یکی از راه‌کارهای افزایش تحمل به تنش در گیاهان خانواده شب بو است (Ashraf and Mc Neilly, 2004). در این آزمایش مصرف علف‌کش پاراکوات در کشت یک ردیفه باعث سوختگی گیاه کلزا شد و به کلزا تنش وارد

شد به همین علت میزان تجمع پرولین در آن افزایش یافت. در تیمار مصرف علف‌کش‌های هلوکسی فوپ آر متیل و کلوپیرالید به‌علت عدم کنترل مناسب علف‌های هرز و رقابت بین گیاه و علف‌هرز بیشتر از سایر تیمارها بود. پرولین در بهبود استرس‌های محیطی از جمله استرس‌های فلزات سنگین در گیاهان و میکروارگانیسم‌ها نقش مهمی دارد (Siripornadulsil *et al*., 2002). هار و همکاران (Harre *et al*., 2018) با مطالعه روی پاسخ آنتی اکسیدانی گیاهان ناشی از علف‌های هرز و علف‌کش‌ها گزارش کردند که هم تداخل علف‌های هرز و هم مصرف علف‌کش‌ها در گیاهان باعث تحریک سنتز مولکول‌های آنتی‌اکسیدانی ازجمله گلوتاتیون، توکوفرول، فلاونوئیدها، پرولین و ترکیبات فنلی در پاسخ به تنش می‌شوند. اشرف (Ashraf, 2004) نیز گزارش کرد که تجمع پرولین در شرایط تنش شوری بیش از سایر اسیدهای آمینه صورت می‌گیرد که می‌تواند در تنظیم اسمزی و احتمالاً حفظ فعالیت آنزیمی گیاه نقش داشته باشد. عمرانی و همکاران (Omrani *et al*., 2017) نیز با مطالعه روی گیاه موسیر عنوان نمودند که بیشترین میزان پرولین در تیمار بدون کنترل علف هرز مشاهده شد.

عملکرد و درصد روغن دانه: درصد روغن دانه کلزا تحت تاثیر تیمارها قرار نگرفت اما همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود عملکرد روغن دانه کلزا تحت تاثیر اثر متقابل فاصله ردیف و مدیریت علف‌های هرز قرار گرفت. دامنه تغییرات عملکرد روغن دانه از ۳۵۹/۳ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد بدون کنترل علف‌هرز در کشت دو ردیفه تا ۱۷۶۱/۱ کیلوگرم در هکتار در تیمار وجین علف هرز در کشت دو ردیفه متغیر بود. در تیمار شاهد بدون کنترل علف‌هرز در کشت دو ردیفه به علت فضای زیاد بین ردیف‌ها که فرصت مناسبی برای رشد علف‌های هرز و رقابت آنها با کلزا فراهم نمود، عملکرد روغن دانه کلزا کمتر بود و برعکس در تیمار وجین در کشت دو ردیفه به علت وجود فضای کافی و نورپذیری بالای بوته‌ها مواد فتوسنتزی بیشتری تولید و در اختیار دانه قرار گرفت و به همین دلیل بیشترین عملکرد روغن دانه در این تیمار به‌دست آمد. عملکرد روغن دانه در تیمار مصرف پاراکوات در کشت دو ردیفه نیز با میانگین تولید ۱۶۶۸/۲ کیلوگرم در هکتار از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با شاهد بدون علف هرز نداشت و پس از تیمار وجین برتر از سایر تیمارها بود. عملکرد روغن تابعی از درصد روغن دانه و عملکرد دانه می‌باشد و از آن‌جایی که درصد روغن دانه در این آزمایش معنی‌دار نشد، تغییرات عملکرد روغن ناشی از تغییرات عملکرد دانه در تیمارهای مختلف بود. توسلی و همکارن (Tavassoli *et al*., 2018) نیز با انجام آزمایشی گزارش کردند که بالاترین عملکرد روغن دانه در تیمار کنترل علف‌هرز حاصل شد. بلک‌شو و همکاران (Blackshaw *et al*., 2002) نیز اظهار داشتند که رقابت علف‌هرز با کلزا موجب کاهش عملکرد دانه و روغن کلزا می‌گردد ولی روی درصد روغن دانه کلزا اثر معنی‌داری ندارد.

زیست توده علف‌های هرز: همان‌طورکه در جدول ۶ مشاهده می‌شود تیمارهای مصرف پاراکوات در کشت یک و دو ردیفه به‌ترتیب با میانگین ۲/۶۷ و ۲/۳۳ گرم در متر مربع کمترین میزان زیست توده علف‌های هرز را بعد از تیمار وجین داشتند و تفاوت آماری معنی‌داری با آن نداشتند. تیمار ترکیب علف‌کش‌های تریفلورالین و کوئین مراک + متازاکلر در کشت یک و دو ردیفه

کلزا نیز با میانگین ۱۵/۳۳ و ۱۴/۳۳ گرم در متر مربع در رده بعدی قرار گرفت. از طرفی، تیمار عدم کنترل علف‌های هرز در کشت دو ردیفه کلزا با میانگین ۴۶/۳۳ گرم در متر مربع بیشترین میزان زیست توده علف‌های هرز را داشت (جدول ۶). پاراکوات بهترین تیمار در کاهش میزان زیست توده علف‌های هرز بود زیرا یک علف‌کش عمومی بوده و همه علف‌های هرز را کنترل نمود. وجود فضاهای خالی زیادتر موجب می‌شود که علف‌های هرز رقابت بیشتری با گیاه زراعی در استفاده از نور و مواد غذایی داشته باشند (Palmer *et al*., 2013). بنابراین، در تیمار عدم کنترل علف‌های هرز در کشت دو ردیفه کلزا به‌دلیل فضای زیاد بین تیمارها که زیر پوشش زیست‌توده کلزا قرار نگرفت اجازه رشد به علف‌های هرز و رقابت با کلزا را داد به همین علت بیشترین میزان زیست توده علف‌های هرز را در آن داشتیم.

عملکرد دانه کلزا: عملکرد کلزا نیز تحت تأثیر اثر متقابل علف‌کش × فاصله کاشت قرار گرفت و میزان آن در تیمارهای مختلف متفاوت بود به‌طوری‌که تیمار عدم کنترل علف‌هرز در کشت دو ردیفه با ۱۰۱۲ کیلوگرم در هکتار کمترین و تیمار مصرف علف‌کش پاراکوات در کشت دو ردیفه با ۴۳۶۲ کیلوگرم در هکتار پس از تیمار وجین علف‌هرز در کشت دو ردیفه (با عملکرد ۴۳۹۷ کیلوگرم در هکتار) بیشترین میزان عملکرد دانه را داشت. در کانوپی‌های مخلوط علف‌هرز و گیاه زراعی، مقدار نوری که به‌وسیله علف‌هرز رقیب گیاه زراعی جذب می‌شود، نقش تعیین‌کننده‌ای در رشد و عملکرد گیاه زراعی دارد زیرا در اثر سایه‌اندازی یک بوته روی بوته مجاور، شدت نور تغییر یافته و کاهش در شدت نور، موجب کاهش رشد گیاه مغلوب می‌شود (Rao, 2006). در این آزمایش نیز عملکرد کلزا در تیمارهایی که علف‌های هرز در آنها کنترل شد بالاتر از سایر تیمارها بود. در تیمار پاراکوات دو ردیفه با توجه به کنترل مناسب علف‌های هرز فرصت مناسبی در اختیار گیاه کلزا قرار گرفت تا با بهره‌گیری از منابع غذایی و نور به خوبی فتوسنتز نموده و عملکرد بالایی را تولید کند و نسبت به تیمار شاهد عدم کنترل علف‌هرز در کشت دو ردیفه ۷۶/۹۸ درصد افزایش عملکرد را نشان دهد. همچنین، برخی از سموم معرفی شده قادر به کنترل مناسب علف‌های هرز نبوده و عملکرد دانه کلزا در آنها پایین بود. در تیمار پاراکوات در کشت کلزا با فاصله ۳۰ سانتی‌متر نیز علی‌رغم کنترل مناسب علف‌های هرز، به‌دلیل خسارت علف‌کش روی کلزا عملکرد دانه به‌شدت کاهش یافت. کاهش عملکرد گیاه در مواجهه با علف‌کش نامناسب می‌تواند ناشی از کاهش فتوسنتز گیاه به دلایل متعددی از قبیل تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی، اختلال در عمل روزنه‌ها، کاهش کارایی مصرف آب و کاهش تثبیت دی اکسید کربن باشد (Esperanza *et al*, 2016).

نتیجه‌گیری کلی

بررسی نتایج این تحقیق نشان‌دهنده این است که مدیریت علف‌های هرز و آرایش کاشت کلزا می‌تواند صفاتی نظیر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، پرولین و عملکرد دانه کلزا را تحت تأثیر قرار دهد. در شرایط عدم کنترل علف‌های هرز میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد دانه کلزا تحت تأثیر تنش رقابتی کاهش یافته ولی میزان پرولین افزایش می‌یابد. همچنین، نتایج آزمایش نشان داد که کاربرد هدایت شونده علف‌کش پاراکوات در فاصله ردیف بیشتر زیست توده علف‌های هرز را کاهش داده و موجب افزایش

عملکرد دانه کلزا می‌شود. اما در کشت یک ردیفه کلزا، با کاربرد پاراکوات، علی‌رغم کنترل مناسب علف‌های هرز به دلیل نزدیک بودن فاصله ردیف به کلزا خسارت وارد شده و با کاهش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی، عملکرد دانه کلزا کاهش می‌یابد. اما در کشت دو ردیفه، علاوه بر حفظ تراکم کلزا، با ایجاد فاصله بین ردیف‌های کشت امکان کاربرد علف‌کش پاراکوات به‌صورت هدایت شده با حداقل خسارت به محصول کلزا وجود داشته و با کنترل مناسب علف‌های هرز مخصوصاً علف‌های هرز هم خانواده کلزا که با علف‌کش‌های انتخابی کلزا قابل کنترل نیستند می‌توان عملکرد کلزا را افزایش داد. همچنین، در فاصله ردیف‌های بیشتر استفاده از ترکیب علف‌کش‌های تریفلورالین و کوئین مراک + متازاکلر که برای محصول کلزا ثبت شده هستند می‌توان با کنترل مناسب علف‌های هرز عملکرد دانه کلزا را افزایش داد.

جدول ۱- میانگین برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای آزمایش

Table 1- The average of physical and chemical properties of the soil before the experiment

Soil texture ingredients (%) درصد مواد متشکله خاک			K (ppm)	P (ppm)	Total N (%)	O.C. (%)	O.M. (%)	pH -	Soil texture بافت خاک
Clay رس	Silt سیلت	Sand شن							
20	30	50	173	15.4	0.13	1.30	2.24	7.8	Loam لوم

جدول ۲- روش استاندارد کمیته پژوهش علف‌های هرز اروپا برای ارزیابی تاثیر علف‌کش روی گیاه زراعی و علف‌هرز

Table 2- European Weed Research Council (EWRC) standard approach for evaluating the impact of herbicides on crop and weed

نمره ارزیابی EWRC score	واکنش محصول Crop tolerance	کارایی علف‌کش Efficacy (weed kill)	کنترل علف هرز (٪) Weed control (%)
1	بدون تاثیر No effect	نابودی کامل Complete kill	100
2	خسارت بسیار کم و زردی کم قابل مشاهده Very slight effects; some stunting and yellwing just visible	کنترل عالی Excellent	99.9-98
3	خسارت کم؛ زردی کم و قابل برگشت slight effects; stunting and yellwing; effects reversible	خیلی خوب Very good	97.9-95
4	زردی بیشتر و غیر عادی و احتمالاً قابل برگشت Substuntial chlorosis and or stunting; most effects probably reversible	خوب- قابل قبول Good- acceptable	97.9-90
5	زردی شدید و غیر عادی و ضعیف شدن گیاه Strong chlorosis; thinning of stand	متوسط اما غیر قابل قبول Moderate but not acceptable	89.9-82
6	خسارت زیاد بر محصول Increasing severity of damage	نا مطلوب Fair	81.9-70
7	خسارت زیاد بر محصول ncreasing severity of damage	ضعیف Poor	69.9-55
8	خسارت زیاد بر محصول Increasing severity of damage	خیلی ضعیف Very poor	54.9-30
9	نابودی کامل محصول Total loss of plants and yield	بدون تاثیر None	29.9-0

جدول ۳- درصد خسارت علف‌کش‌ها به علف‌های هرز و کلزا چهار هفته پس از سم‌پاشی به روش EWRC

Table 3- Damage percent of herbicides to weeds and rapeseed four weeks after spraying on EWRC scale

Treatment تیمار	درصد خسارت به علف هرز Damage percentage to weeds		درصد خسارت به کلزا Damage percentage to rapeseed	
	کشت یک ردیفه Cultivation of one row of rapeseed	کشت دو ردیفه Cultivation of two rows of rapeseed	کشت یک ردیفه Cultivation of one row of rapeseed	کشت دو ردیفه Cultivation of two rows of rapeseed
تریفلورالین Trifloralin	40	30	5	5
کوئین مراک + متازاکلر quinmerac+metazachlore	60	50	5	5
ترفلان + (کوئین مراک +متازاکلر) Trifloralin+ (quinmerac+metazachlore)	80	75	5	5
کلوپیرالید+ هالوکسی‌فوپ آر متیل Colopyralid + Haloxy fop – R methyl	40	30	5	5
وجین علف هرز Control	100	100	0	0
شاهد بدون کنترل علف هرز Without control	0	0	0	0
پاراکوات paraquat	85	90	80	10

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر فاصله ردیف و مدیریت علف‌های هرز بر کلروفیل a، کلروفیل b، مجموع کلروفیل a و b، کارتنوئید، پرولین، زیست توده علف هرز و عملکرد دانه کلزا

Table 4- Analysis of variance effect of row spacing and weed management on chlorophyll a, chlorophyll b, chlorophyll a+ b, carotenoid, proline, weed dry weight and seed yield

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	مجموع کلروفیل a و b Chlorophylla + b	کاروتنوئید Carotenoid
بلوک Block	2	4.74^{ns}	0.59^{ns}	1.98^{ns}	0.0001^{ns}
فاصله ردیف row spacing (A)	1	46.81^{*}	0.001^{ns}	47.15^{ns}	0.002^{ns}
مدیریت علف هرز weed management	6	98.91^{**}	0.40^{**}	80.37^{**}	0.017^{**}
اثر متقابل A×B	6	30.95^{**}	1.68^{**}	36.83^{*}	0.001^{ns}
خطا Error	26	9.94	0.44	12.41	0.002
ضریب تغییرات C.V. (%)		15.67	13.68	13.98	15.61

ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪.

ns: non. significant, * and ** significant at 5% and 1% level of probability.

ادامه جدول ۴-

Table 4- Continued

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	پرولین Proline	زیست توده علف هرز Weed dry weight	درصد روغن Oil	عملکرد روغن Oil yield	عملکرد Yield
بلوک Block	2	0.007^{ns}	32.21^{ns}	1.64^{ns}	11926.70^{ns}	6091^{ns}
فاصله ردیف row spacing (A)	1	0.065*	50.78*	0.26^{ns}	23488.49**	1017126**
مدیریت علف هرز weed management	6	0.485**	8257**	0.13^{ns}	1205109.80**	8447801**
اثر متقابل A×B	6	0.138**	68.55**	0.16^{ns}	353670.48**	909780**
خطا Error	26	0.014	16.02	2.93	5826.79	34902
ضریب تغییرات C.V. (%)		6.71	7.03	4.53	7.32	13.04

ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪.

ns: non. significant, * and ** significant at 5% and 1% level of probability.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر مدیریت علف هرز بر محتوای کارتنوئید

Table 5- Mean comparison of the effect of weed management on carotenoid content

مدیریت علف‌هرز weed management	کارتنوئید Carotenoid (mg.g FW^{-1})
تریفلورالین Trifloralin	0.28
کوئین مراک+ متازاکلر quinmerac+metazachlore	0.28
تریفلورالین+ (کوئین مراک+ متازاکلر) Trifloralin+ (quinmerac+metazachlore)	0.28
کلوپیرالید+ هالوکسی‌فوپ آر متیل Colopyralid + Haloxy fop – R methyl	0.38
کنترل علف‌هرز Control	0.30b
بدون کنترل علف‌هرز Without control	0.41
پاراکوات Paraquat	0.35
LSD 5%	0.057

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Same letters in column indicate non-significant difference at the P=0.05 level.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل فاصله ردیف × مدیریت علف هرز بر محتوای کلروفیل a، b و کل، پرولین، زیست توده علف هرز و عملکرد دانه کلزا

Table 6- Mean comparison of the effect of row spacing × weed management on content of chlorophyll a, b and total, proline, weed dry weight and seed yield of rapeseed

فاصله ردیف × مدیریت علف هرز row spacing × weed management	کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.gFW^{-1}$)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.gFW^{-1}$)	کلروفیل a+b Chlorophyll a + b ($mg.gFW^{-1}$)	پرولین Prolin ($mg.gFW^{-1}$)	زیست توده علف هرز Weed dry weight ($g.m^{-2}$)	عملکرد روغن Oil yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد Yield ($kg.ha^{-1}$)
$a_1 \times b_1$	19.47	3.81	23.29	1.54	14.67	835.2	2248
$a_2 \times b_1$	21.30	5.31	26.61	1.58	16	1166	2151
$a_1 \times b_2$	22.52	5.28	27.8	1.54	10.67	1377.1	1928
$a_2 \times b_2$	19.99	3.92	23.9	1.39	11	833.5	2180
$a_1 \times b_3$	21.66	5.14	26.8	1.92	6.67	1725	3750
$a_2 \times b_3$	27.10	4.13	31.24	1.94	5.67	384.2	3805
$a_1 \times b_4$	17.58	5.55	23.13	2.41	15.33	424.3	1892
$a_2 \times b_4$	17.11	4.79	21.9	1.92	14.33	791.3	1765
$a_1 \times b_5$	24.93	4.52	29.45	1.83	0.0	1084.4	4297
$a_2 \times b_5$	26.60	4.82	31.42	1.56	0.0	1456	4397
$a_1 \times b_6$	15.40	4.96	20.36	1.60	42	741.5	1069
$a_2 \times b_6$	13.66	5.58	19.35	1.59	46.33	1761.1	1012
$a_1 \times b_7$	11.84	6.28	18.12	2.40	2.67	359.3	2311
$a_2 \times b_7$	22.33	7.04	29.37	1.79	2.33	1668.2	4362
$LSD_{5\%}$	5.10	1.13	5.94	0.09	0.92	127.79	99.59

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Same letters in each column indicate non-significant difference at the P=0.05 level.

a_1 and a_2, Planting one and two rows of rapeseed, respectively. b_1 to b_7, respectively, herbicide application of trifluralin, quinmerac + metazachlor, combination of trifluralin and quinmerac + metazachlor, haloxoprop R methyl + clopyralid, weed control, without weed control and application paraquat.

References منابع مورد استفاده

- Ahmadi, A., P. Ehsanzadeh, and F. Jabbari F. 2015. Introduction to plant physiology. Tehran University Press. 653 pp. (In Persian).
- Anonymous. 2017 a. Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO). 2017. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.
- Anonymous. 2017 b. Directions for rapeseed cultivation in different countries of the country. Seed and Plant Improvement Research Institute. 19 pp. (In Persian).
- Anonymous. 2019. Paraquat information center on behalf of Syngenta crop protection AG. Use plant protection products safely. https://paraquat.com/en/facts/mode-action-how-herbicides-work.
- Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*. 23: 112-126.
- Ashraf, M. 2004. Some important physiological criteria for salt tolerance in plants. *Flora*. 199: 361-376.
- Ashraf, M., and M.C. Neilly. 2004. Salinity tolerance in Brassica oilseeds. *Critical Reviews in Plant Sciences.* 23(2): 157-174.
- Bates, L.S., R.P. Waldren, and I.V. Tevre. 1973. Rapid determination of free proline for water- stress studies. *Plant Soil*. 39: 205- 207.
- Behdarvandi, B., and A. Modhej. 2007. Integrated weed management (chemical and mechanical control) in canola (*Brassica napus* L.) in Khozestan condition. *Journal of Agricultural Science*. 13(1): 163-169. (In Persian).
- Bijanzadeh, E., R. Naderi, and A. Behpoori. 2010. Interrelationships between oilseed rape yield and weeds population under herbicides application. *Australian Journal of Crop Science*. 4(3): 155-162.
- Blackshaw, R.E., D. Lemerle, R. Mialer, and K.R. Young. R. 2002. Influence of wild radish on yield and quality of canola. *Weed Science*. 50: 344-349.
- Borger, C., A. Hashem, and S. Pathan. 2010. Manipulating crop row orientation to suppress weeds and increase crop yield. *Weed Science.* 58:174–178.
- Chesworth, J.C., M.E. Donkin, and M.T. Brownb. 2004. The interactive effects of the antifouling herbicides Irgarol 1051 and Diuron on the seagrass *Zostera marina* L., *Aquatic Toxicology*. 66: 293–305.
- Cook, S.K., M. Ballingall, R. Stobart, T. Doring, P. Berry, and D. Ginsburg. 2015. New approaches to weed control in oilseed rape. HGCA project report 530. HGCA Warwick. https://cereals.ahdb.org.uk/media/624236/pr530-final-project-report.pdf.
- Deligios, P., G. Carboni, R. Farci, S. Solinas, and L. Ledda. 2018. Low-input herbicide management: Effects on rapeseed production and profitability. *Sustainability*. 10(7): 2258-2274.
- Esperanza, M., M. Seoane, C. Rioboo, C. Herrero, and A. Cid. 2016. Early alterations on photosynthesis - related parameters in Chlamydomonas reinhardtii cells exposed to atrazine: A multiple approach study. *Science of the Total Environment*. 554: 237-245.

- Fayez, K.A., D.E. Mohamed Radwan, A.K. Mohamed, and M.A. Abdelrahman. 2011. Herbicides and salicylic acid applications caused alterations in total amino acids and proline contents of peanut cultivars. *Journal of Environmental Studies*. 6: 55-61.
- Felton, W.L., B.M. Haigh, and S. Harden. 2004. Comparing weed competition in chickpea, fababean, canola and wheat. In: Proceedings 14th Australian Weeds Conference. Weed Society of New South Wales, Wagga wagga, NSW. 304-307.
- Harre, N.T., H. Nie, Y. Jiang, and B.G. Young. 2018. Differential antioxidant enzyme activity in rapid-response glyphosate-resistant *Ambrosia trifida*. *Pest Manageent Science.* 74: 2125–2132.
- Jin, Z.L., F. Zhang, Z.I. Ahmed, M. Rasheed, M.S. Naeem, Q.F. Ye, and W.J. Zhou. 2010. Differential morphological and physiological responses of two oilseed Brassica species to a new herbicide ZJ0273 used in rapeseed fields. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 98: 1–8.
- Mitkov, A., N. Neshev, M. Yanev, and T. Tonev. 2017. Possibilities for chemical weed control at oil seed rape. Scientific Papers. Series A. *Agronomy.* LX: 320-325.
- Mohammadi, M., and M. Chakerolhosini. 2006. The most appropriate seed rate and row spacing for canola in subtropical dry conditions. 9th Congress of Agriculture and Plant Breeding. Karaj, Iran. (In Persian).
- Nouralizadeh, M., S. Mozafari, and A. Shafiee. 2013. Investigation of the combination of herbicides in rapeseed fields with emphasis on weed control of Brasicaceae weeds in Mazandaran. The 2nd National Conference on New Opportunities in Oily Oil Production. November 2013. Bojnurd. (In Persian).
- Omrani, M., A. Ahmadi, and M. Rostami. 2017. Evaluation of the effect of chemical management of weeds on proline content and peroxidase activity of *Allium stipitatum*. National Conference on Modern Research in Agricultural, Environmental and Natural Resources Engineering. Karaj, Iran. (In Persian).
- Palmer, J., Dunphy, E. J., and Reese, P. 2013. Managing drought-stressed soybeans in the southeast. North Carolina Cooperative Extension Service. https://coolbean.info/pdf/soybean_research/library/grain_production/Managing%20Drought-Stressed%20Soybeans%20in%20the%20Southeast.
- Pavlovic, D., P. Mitrovic, D. Marisavljevic, A. Marjanovic- Jeromela, and A. Anđelkovic. 2015. The effect of weeds on the yield and quality parameters of rapeseed. Proceedings of Sixth International Scientific Agricultural Symposium Agrosym 2015, p. 914-918.
- Pritchard, F.M., H.A. Eagles, R.M. Norton, P.A. Salisbury, and M. Nicolas. 2000. Environmental effects on seed composition of Victorian canola. *Australian Journal of Journal Experimental Agriculture.* 40: 679-685.
- Rao, V.S. 2006. Principles of weed science. Science Publisher. USA. p. 555.
- Sandral, G.H., B.S. Dear, J.E. Pratley, and B.R. Cullis. 1997. Herbicide dose response rate response curve in subterranean clover determined by a bio assay. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 37: 67-74.

- Siripornadulsil, S., S. Traina, D.S. Verma, and R.T. Sayre. 2002. Molecular mechanisms of proline – mediated tolerance to toxic heavy metals in transgenic microalgae. *Plant Cell*. 14: 2837-2847.
- Tavassoli, A., T. Mousavi, A. Piri, and M. Babaian. 2018. Effect of plant density and weed control on yield and yield components of canola (*Brassica napus* L.). *Agricultural Ecology*. 1(1): 94-106. (In Persian).
- Telesinski, A., J. Nowak, B. Smolik, A. Dubowska, and N. Skrzyiec. 2008. Effect of soil salinity on activity of antioxidant enzymes and content of ascorbic acid and phenols in bean plants. *Journal Elemental*. 13: 401-409.
- Valiollahpor, R., S.A. Mirsadati, H. Salehian, R. Khakzad, S. Mafi, and M. Nouralizadeh. 2013.Effect of dose and timing of paraquat herbicide application on wild melon weed control in soybean farming. *Plant Protection*. 27(2): 200-207. (In Persian).
- Velicka, R., R. Pupaliene, L.M. Butkeviene, R. Kosteckas, Z. Kriauciuniene, and S. Kosteckiene. 2018. Weed density in the spring rape crops sown at different dates. *Zemdirbyste Agricultural*. 105(1): 21‑26.
- Vercampt, H., L. Koleva, A. Vassilev, J. Vangronsveld, and A. Cuypers. 2017. Short-term phytotoxicity in *Brassica napus* L. in response to pre-emergently applied metazachlor: A microcosm study. *Environmental Toxicology, Chemistry*. 36: 59–70.
- Vercampt, H., L. Koleva, A. Vassilev, N. Horemans, G. Biermans, J. Vangronsveld, and A. Cuypers. 2016. The functional role of the photosynthetic apparatus in the recovery of *Brassica napus* plants from pre-emergent metazachlor exposure. *Journal of Plant Physiology*. 99(105): 196–197.
- Yousefi, A.R., M. Oveisi, and J.L. Gonzalez-Andujar. 2014. Prediction of annual weed seed emergence in garlic (*Allium sativum* L.) using soil thermal time. *Horticulture Science*. 168: 189-192.
- Zarco-Tejada, P.J., J.R. Miller, G.H. Mohammad, T.L. Noland, and P.H. Sampson. 2000. Chlorophyll fluorescence effects on vegetation apparent reflectance. *Remote Sensing of Environment*. 74: 596-608.
- Zare, M., F. Bazrafshan, and K. Mostafavi. 2012. Competition of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars with weeds. *African Journal of Biotechnology*. 11: 1378–1385.

Research Article DOI: 10.30495/jcep.2020.679072

Effect of Row Spacing and Herbicide Application on Weed Control, Photosynthetic Pigments, Grain and Oil Yield of Rapeseed (*Brassica napus* L.)

Morteza Nouralizadeh Otaghsara[1*], Ali Nakhzari Moghadam[2], Ebrahim Gholamalipour Alamdari[2], Mehdi Mollashahi[2], and Valiollah Rameah[3]

Received: January 2020 , Revised: 3 March 2020, Accepted: 30 April 2020

Abstract

Rapessed is one of the most important oilseed crops. Weeds, also are most important factors that limit the production of the oil crops and greatly affect the quantity and quality of their extracted oils. To investigate the effect of row spacing and herbicide application on photosynthetic pigments and rapeseed yield, a factorial experiment based on a randomized complete block design with three replications was conducted during 2017-18 at Bayekola Research Station, Neka, Mazandaran. Factors were planting arrangement in two levels (one and two-row plantings) and weed control in 7 levels of application of herbicides consisting of Trifluralin (Treflan) 2.5 l.ha^{-1} before planting and mixed with soil, Quinmerac + Metazachlor (Butisan Star) 2.5 l.ha^{-1} pre-emergence, Trifluralin 2.5 l/ha before planting + Quinmerac + Metazachlor 2.5 l.ha^{-1} pre-emergence, Chlopyralid (lontrel) 1 l.ha^{-1} + Haloxyfop-R-Methyl (Super Gallant) 0.8 l.ha^{-1} at 2 to 4 weeds leaf stage, Paraquat (Gramaxon) 2 l.ha^{-1} at 4 to 6 weeds leaf stages, weed control and without weed control. The results showed that by changing the planting arrangement and using combination of Trifluralin with Quinmerac + Metazachlor and/or application of Paraquat (as a guided herbicide) in two-row culture, the rapeseed chlorophyll content increased by 38.06% and 34.11% as compared to without weed control. Also, weed dry weight decreased by 87.16% and 94.97%, and rapeseed grain yield increased by 73.4% and 76.79%, respectively, which resulted in increasing crops's extracted oil. It can be concluded that by modifying the canola planting pattern we can increase canola's oil yield, and application of guided herbicide or combination of Trifluralin with Quinmerac + Metazachlor, to control weeds.

Key words: Carotenoid, Chlorophyll**,** Paraquat, Planting arrangement, Treflan.

1-Ph.D. Student of Agrotechnology, University of Gonbad-Kavous and Researcher, Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Mazandran, AREEO, Sari, Iran.

2-Assistant Professors of Plant Production Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran.

3-Associate Professor, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Mazandran, AREEO, Sari, Iran.

**Corresponding Author: mnouralizadeh@yahoo.com*