



ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد دانه کلزا در کشت مخلوط نواری گندم-کلزا تحت تاثیر کودهای شیمیایی و بیولوژیک

راشین امیرمردفر^{۱*}، عادل دباغ محمدی نسب^۲، یعقوب راعی^۳، صمد خاقانی نیا^۴، روح‌اله امینی^۳ و سید حامد طباطبائی وکیلی^۵

چکیده

به منظور ارزیابی اثرات کشت مخلوط نواری گندم (*Triticum aestivum*) و کلزا (*Brassica napus*) و کاربرد کودهای شیمیایی و بیولوژیک بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی کلزا آزمایش‌های مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی دو سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰ و ۱۳۹۰-۱۳۹۱ در اراضی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز اجرا گردید. عامل اول ۴ نوع کشت گندم و کلزا شامل کشت خالص کلزا (A_۱)، کشت مخلوط نواری با الگوی ۳:۸ (A_۲)، ۴:۱۲ (A_۳) و ۵:۱۶ (A_۴) به ترتیب ردیف گندم و کلزا و عامل دوم شامل دو سطح کودی B_۱: ۱۰۰٪ کود شیمیایی (اوره و سوپر فسفات تریپل) و B_۲: ۵۰٪ کود شیمیایی + کود بیولوژیکی (نیتراژین و بارور ۲) بودند. نتایج نشان داد که کشت مخلوط نواری گندم با کلزا سبب افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد، عملکرد دانه در واحد سطح اشغالی و عملکرد بیولوژیکی کلزا در واحد سطح اشغالی نسبت به کشت خالص گردید. تعداد خورجین در بوته در سیستم‌های کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص کلزا بود. بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح اشغالی در سیستم ۵:۱۶ ردیف گندم-کلزا با میانگین ۳۴۳/۷۶ g.m⁻² به دست آمد و کمترین آن در کشت خالص کلزا با میانگین ۲۶۰/۱۱ g.m⁻² حاصل شد. میزان عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح اشغالی و عملکرد دانه در واحد سطح مخلوط در تیمار B_۱ به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار B_۲ بودند ولی این تیمار روی سایر صفات مورد ارزیابی تاثیر معنی‌داری نداشت. به دلیل این که B_۱ و B_۲ از نظر عملکرد دانه در واحد سطح اشغالی اختلاف معنی‌داری نداشتند و همچنین با توجه به اهمیت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و سلامت غذا و محیط زیست، سیستم‌های کشت مخلوط نواری گندم-کلزا همراه با کاربرد ۵۰٪ کود شیمیایی + کود بیولوژیک می‌توانند به عنوان یک روش زراعی مناسب در منطقه معرفی گردند.

واژگان کلیدی: کشت مخلوط نواری، کود بیولوژیک، کود شیمیایی، کلزا، عملکرد دانه.

۱- دانش‌آموخته‌ی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

m_rashin@yahoo.com

(* نگارنده‌ی مسئول)

تاریخ دریافت: ۹۳/۵/۶

۲- استناد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۲۶

۳- دانشیار گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۴- دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۵- کارشناس گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

مقدمه

عبداللهی (Abdulahi, 2012) با بررسی کشت مخلوط گندم و نخود در نسبت‌های ردیفی مختلف عنوان کرد در الگوی کشت نواری ۲:۷ گندم-نخود، کانوپی گندم دارای بیشترین میزان دریافت نور، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح بود.

در آزمایشی که برای پیدا کردن بهترین ترکیب مخلوط گیاه روغنی دان‌سیاه (*Guizotia abyssinica*) و کلزا انجام گردید، عملکرد هر دو گونه زراعی با افزایش یک ردیف کاشت افزایش یافت، به‌طوری‌که نسبت ۲:۲ از کلزا و دان‌سیاه بهترین نتیجه را نسبت به دیگر ترکیبات مخلوط و کشت خالص نشان داد (Das and Guha, 1996). در کشت مخلوط نواری کلزا- سویا همراه با کاربرد و عدم کاربرد کود نیتروژنه، عملکرد حاشیه نوارهای کلزا ۵۹۰-۲۲۵ درصد بیشتر از تک‌کشتی کلزا بود (Ayisi et al., 1997). ترکیبات مختلف کشت مخلوط گندم-کلزا نشان داد که عملکرد دانه گندم و کلزا در تمام ترکیبات مخلوط افزایش یافته است، به‌طوری‌که عملکرد دانه در ترکیب یک ردیف گندم و دو ردیف کلزا به میزان ۲۳٪، در ترکیب ۲:۲ به میزان ۲۴٪ و در ترکیب دو ردیف گندم و سه ردیف کلزا به میزان ۵۱٪ افزایش نشان داد (Khan et al., 2009).

نتایج بسیاری از تحقیقات مرتبط با کشاورزی پایدار، مبتنی بر توصیه استفاده از منابع آلی و بیولوژیکی همراه با مصرف متعادل کودهای شیمیایی می‌باشد (Kapoor et al., 2004; Roy and Singh, 2006; Megawar and Mahfouz, 2010). فصیحی و همکاران (Fasihi et al., 2006) گزارش کرده‌اند که کاربرد توام کودهای شیمیایی و بیولوژیکی منجر به افزایش تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، بیوماس و شاخص برداشت در گندم گردیده است.

کشت مخلوط عبارت از فرم وابسته به مکان چند کشتی بوده و پرورش همزمان دو و یا چند محصول زراعی را در یک مزرعه در بر می‌گیرد. در کل دوره رشد، در بین محصولات زراعی رقابت وجود دارد و کشاورزان مدیریت بیش از یک محصول زراعی را در یک مزرعه به عهده دارند. دو مکانیسم که باعث برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی گردیده است اصل "تولید رقابتی" و اصل "تولید مساعدتی" است (Vandermeer, 1989).

در سیستم کشت مخلوط الگوی کشت شامل ساختار ردیف‌ها، فاصله و ترتیب، میزان انتقال نور به لایه‌های پایینی کانوپی گیاهان زراعی را تغییر می‌دهد و بر رقابت گونه‌ها برای نور، آب و مواد غذایی تاثیر می‌گذارد (Chen et al., 2004). موسی و همکاران (Musa et al., 2010) در بررسی اثر سه آرایش فضایی شامل کشت مخلوط روی ردیف، کشت مخلوط در ردیف‌های متقاطع و کشت متناوب جفت ردیف از هر محصول در نسبت ۵۰:۵۰ و نیز کشت‌های خالص آنها بر خصوصیات جو و نخود گزارش کردند که در همه موارد تولید ماده خشک در کشت‌های مخلوط بیشتر از کشت خالص می‌باشد و آرایش کاشت اثر معنی‌داری بر ماده خشک داشت. نسبت برابری زمین برای کشت درهم ردیفی، کشت متقاطع و دو در میان به‌ترتیب ۱/۲۶، ۱/۲۵ و ۱/۱۶ بود.

جهانی و همکاران (Jahani et al., 2008) در کشت مخلوط عدس و زیره سبز (*Cuminum cyminum*) با بررسی یک‌سری تیمار الگوی کاشت از مخلوط ردیفی تا نواری عنوان کردند که بیشترین LER (۱/۸۶) مربوط به تیمار کشت ردیفی و کمترین LER (۱/۲۶) مربوط به تیمار کشت مخلوط نواری بوده است.

بسته به سیستم‌های کشت، ابعاد کرت‌ها عبارت بودند از: A_۱: ۵متر × ۳متر، A_۲: ۵متر × ۴/۵متر، A_۳: ۵متر × ۶متر و A_۴: ۵متر × ۷متر. طول ردیف‌های کاشت پنج متر و فاصله خطوط کاشت برای هر دو گونه زراعی ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. برای گندم، رقم الوند و برای کلزا، رقم اکاپی جهت کاشت انتخاب شد که هر دو رقم مناسب جهت کشت پاییزی در اقلیم آذربایجان می‌باشند. توصیه کودی ۱۰۰٪ شیمیایی بر اساس آزمون خاک و نتایج آزمایشات کودی قبلی برای کلزا و گندم انتخاب شد. کودهای شیمیایی مورد استفاده شامل کود اوره (حاوی ۴۶٪ نیتروژن) به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود سوپر فسفات تریپل (حاوی ۴۶٪ فسفر) به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار برای تیمار B_۱ بود که در تیمار کودی B_۲، نصف این مقادیر اعمال گردید. تمام کود فسفره به صورت نواری عمقی همزمان با بذرکاری مصرف شد، ولی کود اوره در سه مرحله یعنی همزمان با کاشت، قبل از ساقه‌روی و شروع گلدهی کلزا مورد استفاده قرار گرفت. کودهای بیولوژیکی مورد استفاده نیز نیتراژین (حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن) و بارور ۲ (حاوی باکتری‌های حل کننده فسفات) بودند که هر دو در زمان کاشت به صورت بذرمال مورد استفاده قرار گرفتند.

در نیمه دوم شهریور ماه هر سال زراعی (۲۰)، ۲۱ و ۲۲ شهریور ماه سال اول و ۲۲، ۲۳ و ۲۴ شهریور ماه سال دوم زراعی) اقدام به کشت گردید. عمق کاشت برای کلزا دو سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بلافاصله بعد از کاشت، آبیاری کرت‌ها صورت گرفت و تا شروع بارندگی‌های زمستانی به صورت هفتگی ادامه یافت. در بهار سال بعد نیز با کاهش نزولات، آبیاری به همین ترتیب انجام شد. در هر دو سال زراعی وجین علف‌های هرز در فروردین و

مدنی و همکاران (Madani et al., 2010) نیز با مطالعه عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی کلزای پاییزه عنوان کردند که بیشترین میزان عملکرد دانه و شاخص برداشت در شرایط مصرف ۱۲۵ کیلوگرم کود فسفات آمونیوم در هکتار همراه با کاربرد کود بیولوژیک فسفره (بارور ۲) حاصل می‌شود.

در این تحقیق هدف بررسی سیستم‌های مختلف کشت مخلوط نواری گندم- کلزا تحت تاثیر کودهای شیمیایی و بیولوژیکی و شناسایی سیستم کشت و تیمار کودی مناسب برای تولید حداکثر محصول کلزا بود.

مواد و روش‌ها

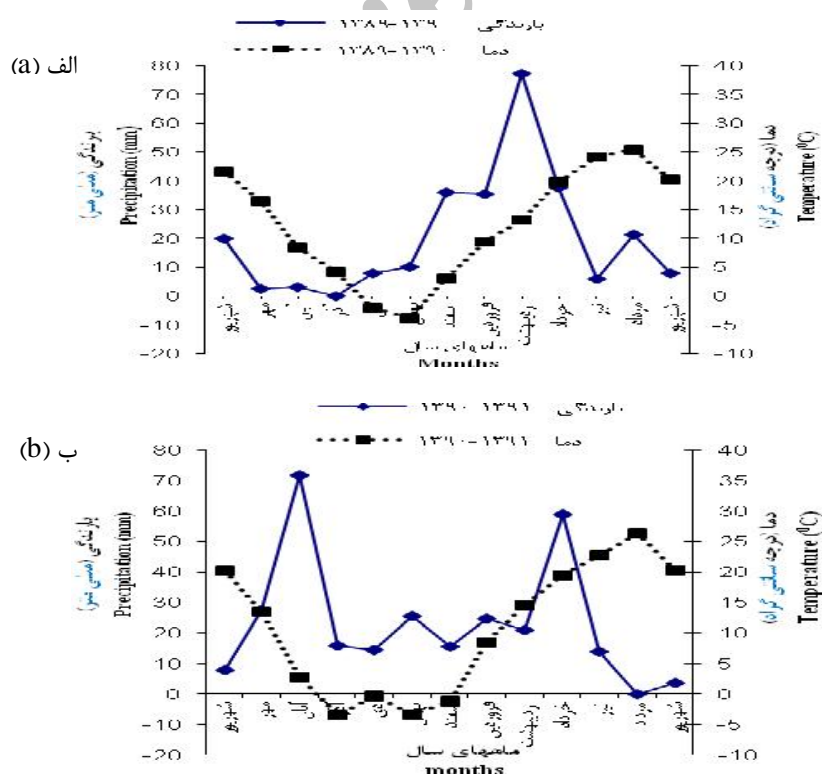
این پژوهش به صورت آزمایش مزرعه‌ای در دو سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰ و ۱۳۹۰-۱۳۹۱ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در اراضی کرکج اجرا گردید. طبق نتایج تجزیه خاک، بافت خاک شن لومی و pH آن در حدود ۷/۴ بود. حداکثر هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع (EC) معادل ۲۳۴ میکروموس بر سانتی‌متر به دست آمد. میزان فسفر (P) و پتاسیم (K) خاک به ترتیب برابر ۱۶mg/kg و ۲۴۰mg/kg بود. میزان نیتروژن خاک در سال اول آزمایش برابر ۰/۱۵ درصد و در سال دوم ۰/۱۲۳ درصد اندازه‌گیری شد. نمودار تغییرات دما و بارندگی (آمبروترمیک گوسن- ولتر) در دو سال آزمایش در شکل ۱ آمده است. طرح آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. عامل اول ۴ نوع کشت گندم و کلزا شامل A_۱: کشت خالص کلزا، A_۲: کشت مخلوط نواری با الگوی ۳:۸ به ترتیب گندم و کلزا، A_۳: کشت مخلوط نواری با الگوی ۴:۱۲ و A_۴: کشت مخلوط نواری با الگوی ۵:۱۶ و عامل دوم شامل دو سطح کودی B_۱: ۱۰۰٪ کود شیمیایی و B_۲: ۵۰٪ کود شیمیایی + کود بیولوژیک بودند.

نمونه هزارتایی توسط دستگاه بذرشمار جدا شده و پس از توزین میانگین وزن هزار دانه بدست آمد. برای محاسبه عملکرد دانه کلزا در واحد سطح اشغالی، وزن بذور در دو مترمربع بر سطحی از زمین که آن گونه اشغال کرده بود، تقسیم گردید و برای محاسبه عملکرد دانه در واحد سطح مخلوط بر سطحی از زمین که توسط هر دو گونه اشغال شده بود، تقسیم گردید. بعد از تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح اشغالی درصد شاخص برداشت با فرمول زیر محاسبه شد:

$$100 \times (\text{عملکرد بیولوژیکی} / \text{عملکرد دانه}) = \text{شاخص برداشت} (\%)$$

تجزیه داده‌ها بوسیله نرم افزار SAS 9.0 انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده گردید. به منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد.

اردیبهشت ماه به صورت متوالی به دفعات مورد نیاز انجام گردید. به هنگام رسیدگی محصول یعنی موقعی که بیش از ۹۰٪ خورجین‌های کلزا رنگ زرد به خود گرفتند، تعداد شش بوته از هر کرت برای اندازه‌گیری صفات طول خورجین، تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین برداشت گردید. برای تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح نیز، مساحت دو مترمربع از ردیف‌های کلزا با در نظر گرفتن اثر حاشیه، به صورت کف‌بر برداشت گردیدند. سپس بذور از خورجین‌ها جدا گردیده و توسط ترازوی حساس وزن شدند. بخش‌های رویشی حاصل از این دو مترمربع در آون تهویه‌داری با درجه حرارت ۷۵ درجه سلسیوس قرار گرفته و بعد از ۴۸ ساعت توزین شدند. جمع وزن دانه و وزن بخش‌های رویشی در واحد سطح اشغالی برابر عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح اشغالی بود. از محصول دانه هر واحد آزمایشی سه



شکل ۱- نمودار آمبروترمیک (گوسن-ولتر، $P=2T$) در سال ۱۳۸۹-۱۳۹۰ (الف) و سال ۱۳۹۰-۱۳۹۱ (ب) ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

Figure 1- Ambrothermic diagram (Walter and Gusen methods, $P=2T$) in 2010-2011 (a) and 2011-2012 (b) at Research Station of Agriculture Faculty of Tabriz University

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب داده‌های مربوط به اجزای عملکرد و عملکرد دانه کلزا نشان داد که در دو سال زراعی از نظر صفات طول خورجین، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح اشغالی و شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری وجود داشت. تاثیر سیستم‌های مختلف کشت بر همه صفات به‌غیر از تعداد دانه در خورجین و شاخص برداشت معنی‌دار بود. تیمار کودی فقط بر عملکرد دانه در واحد سطح مخلوط و عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح اشغالی تاثیر معنی‌داری گذاشت. اثرات متقابل سال \times سیستم کشت، سال \times کود و سال \times سیستم کشت \times کود بر هیچ‌کدام از صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود (جدول ۱).

در سال اول آزمایش میانگین طول خورجین به‌طور معنی‌داری بیشتر از سال دوم بود. میانگین وزن هزار دانه در سال دوم برابر ۴/۱۹ گرم بود که به میزان ۱۶٪ بیشتر از سال اول آزمایش به‌دست آمد (جدول ۲). یعنی در سال دوم بوته‌های کلزا خورجین‌های کوتاه‌تر ولی با بذور درشت‌تر تولید کرده بودند. تنش خشکی و به دنبال آن افزایش دمای کانوپی از طریق اثر بر مقاومت روزنه‌ای، بر میزان فتوسنتز اثر می‌گذارد (Jensen et al., 1996). حداکثر حساسیت کلزا به تنش خشکی در زمان پر شدن دانه و حداقل آن در مرحله رشد رویشی دیده شده است (Nielsen, 1996). در بهار سال اول آزمایش بیشترین بارندگی ماهیانه مربوط به اردیبهشت ماه بود که منطبق با غنچه‌دهی و شروع گلدهی کلزا بود در حالی‌که در سال دوم زراعی بیشترین بارندگی ماهیانه متعلق به خرداد ماه بود (شکل ۱) که منطبق بر مرحله پر شدن دانه در کلزا می‌باشد. این عامل احتمالاً سبب بهبود وضعیت اقلیمی و طولانی شدن دوره پر شدن دانه گردیده که در نهایت بذوری با وزن هزار

دانه بالاتر در سال دوم حاصل شده است. عدم تاثیر سال بر عملکرد دانه و بیشتر بودن عملکرد بیولوژیکی در سال اول سبب افزایش معنی‌دار شاخص برداشت در سال دوم نسبت به سال اول گردید. طول خورجین یکی از مهم‌ترین صفات تعیین‌کننده میزان محصول در کلزا محسوب می‌شود. معمولاً ارقام با خورجین‌های بلندتر به‌طور معنی‌داری محصول بیشتری نسبت به ارقام با خورجین کوتاه‌تر تولید می‌کنند (Samizadeh et al., 2003). در این آزمایش میانگین طول خورجین در سیستم‌های مخلوط بیشتر از خالص کلزا بود که این برتری در تیمار ۳:۸ (A۳) و ۵:۱۶ (A۵) گندم-کلزا نسبت به کشت خالص کلزا معنی‌دار ولی در تیمار ۴:۱۲ گندم-کلزا (A۴) غیر معنی‌دار بود (جدول ۳).

وزن هزار دانه نیز عامل مهم و تعیین‌کننده عملکرد دانه است و نقش مهمی در پتانسیل عملکرد یک رقم دارد (Sana et al., 2003). در این آزمایش وزن هزار دانه تحت تاثیر سیستم‌های مختلف کشت قرار گرفت و بیشترین وزن هزار دانه در تیمار ۴:۱۲ گندم-کلزا (۴/۱۲ گرم) به‌دست آمد که با تک‌کشتی کلزا اختلاف معنی‌داری نشان نداد. تیمارهای ۵:۱۶ و ۳:۸ گندم-کلزا از نظر وزن هزاردانه به‌ترتیب بعد از تک‌کشتی کلزا (۳/۸۴ گرم) قرار گرفتند (جدول ۳). تعداد خورجین در بوته به تعداد شاخه‌های هر بوته وابسته است (Mendham et al., 1981). تعداد خورجین در بوته یکی از اجزای مهم عملکرد دانه به حساب می‌آید (Smith and Scarisbrick, 1990; Sylvester-Bradley and Makepeace, 1984). خورجین‌ها در برگ‌برنده دانه‌ها بوده و تولید کننده مواد فتوسنتزی مورد نیاز دانه هم می‌باشند (Emam and Niknezhad, 2004). دیواره خورجین‌ها به عنوان مقصد موقت، با ذخیره مواد فتوسنتزی و سپس انتقال آنها به دانه‌ها، تا حدودی در عملکرد دانه گیاه نیز

همکاران (Ali *et al.*, 2000) مغایر با نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که در کشت مخلوط گندم-کلزا، میزان عملکرد دانه کلزا نسبت به کشت خالص آن کاهش یافته است و بیشترین میزان عملکرد دانه در بین کشت‌های مخلوط در ترکیب ۱:۱ گندم-کلزا حاصل شده است.

در این مطالعه کشت مخلوط نواری گندم با کلزا سبب افزایش میانگین طول خورجین شد و با اینکه تاثیر سیستم‌های کشت بر تعداد دانه در خورجین معنی‌دار نبود، ولی چون تعداد خورجین بیشتری در بوته‌های کشت‌های مخلوط تولید شده بود (جدول ۳) در نهایت این امر سبب افزایش عملکرد نهایی دانه کلزا در کشت‌های مخلوط گردید. کوچکی و همکاران (Koochaki *et al.*, 2010) نیز با کشت مخلوط گندم-کلزا به این نتیجه رسیدند که بیشترین عملکرد دانه در کشت مخلوط ۳:۳ گندم-کلزا بدست می‌آید که این ترکیب دارای بیشترین شاخص سطح برگ و کارایی مصرف تشعشع بود. در کشت‌های مخلوط اصل "تولید مساعدتی" وقتی مطرح است که گیاهان زراعی محیط‌های یکدیگر را در جهت مثبت تغییر می‌دهند. آنچه که می‌تواند در اصل تولید مساعدتی مطرح شود، تسهیل جذب عناصر غذایی، کاهش حمله آفات، بیمارگرها و علف‌های هرز در کشت مخلوط نسبت به کشت‌های خالص می‌باشد (Vandermeer, 1989). گزارش‌های متعددی مبنی بر تاثیر مطوب کشت‌های مخلوط بر نور دریافتی کانوپی (Zhang *et al.*, 2008)، کنترل آفات (Hummel *et al.*, 2009 and 2012) و علف‌های هرز (Banik *et al.*, 2007; Hiltbrunner *et al.*, 2006) شرایط میکروکلیم (He *et al.*, 2012) و جذب عنصر غذایی (Li *et al.*, 2003) وجود دارد. احتمالاً در این تحقیق نیز کشت مخلوط گندم و کلزا با تاثیر مثبت روی این عوامل در نهایت باعث افزایش اجزای

مشارکت دارند (Addo-Quay *et al.*, 1985; Snivasan and Morgan, 1996). در این آزمایش همه سیستم‌های مخلوط به‌طور معنی‌داری تعداد خورجین بیشتری را در بوته تولید کرده بودند. تیمار ۴:۱۲ گندم-کلزا با ۵۰/۳۶ و کشت خالص کلزا با ۳۴/۸۲ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین تعداد خورجین در بوته بودند (جدول ۳). رضایی چپانه و همکاران (Rezaei Chiyaneh *et al.*, 2010) گزارش کردند که افزایش رشد رویشی و شاخص سطح برگ در کشت‌های مخلوط سبب افزایش درصد نور دریافتی در کشت‌های مخلوط نسبت به کشت خالص گردید. در این آزمایش نیز احتمالاً این عوامل در نهایت منجر به افزایش تعداد خورجین در بوته‌های کلزا شد. به نظر می‌رسد در کشت‌های خالص، به دلیل کاهش نفوذ نور به داخل کانوپی و افزایش غالبیت انتهایی، از تعداد شاخه فرعی در ساقه کاسته شده که در نهایت بر تعداد خورجین در بوته تاثیر گذاشت. جهانی و همکاران (Jahani *et al.*, 2008) عنوان کردند که در کشت مخلوط عدس (*Lens culinaris*) و زیره سبز (*Cuminum cyminum*) نیز از کشت خالص به طرف کشت مخلوط ردیفی و مخلوط نواری تعداد غلاف در بوته عدس افزایش یافته است. کشت مخلوط نواری گندم با کلزا سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه کلزا در واحد سطح اشغالی نسبت به کشت خالص گردید. بیشترین عملکرد دانه در سیستم ۵:۱۶ ردیف گندم-کلزا با میانگین $343/76 \text{ g.m}^{-2}$ به دست آمد و کمترین آن در کشت خالص کلزا با میانگین $260/1 \text{ g.m}^{-2}$ حاصل شد. با افزایش ردیف‌های گندم و کلزا در کشت‌های مخلوط بر میزان عملکرد دانه کلزا در واحد سطح اشغالی افزوده شد، به‌طوری‌که در تیمارهای ۳:۸، ۴:۱۲ و ۵:۱۶ گندم-کلزا به ترتیب ۲۲/۱۸٪، ۲۵/۵۲٪ و ۳۲/۱۴٪ بیشتر از کشت خالص کلزا بود (شکل ۲). گزارش‌های علی و

دارای بیشترین شاخص برداشت، نسبت برابری زمین برای عملکرد علوفه و عملکرد دانه و سودمندی اقتصادی بودند.

تاثیر تیمار کودی ۱۰۰٪ شیمیایی (B_۱) بر تولید ماده خشک کلزا در واحد سطح اشغالی بیشتر از تیمار کودی ۵۰٪ شیمیایی + بیولوژیک (B_۲) بود، به طوری که به میزان ۸/۵۴٪ عملکرد بیولوژیکی بیشتری در تیمار B_۱ حاصل گردید. مقایسه میانگین عملکرد دانه کلزا در واحد سطح مخلوط نیز نشان داد که تیمار کودی B_۱ نسبت به تیمار B_۲ عملکرد دانه بیشتری تولید نموده است (جدول ۴). بدوساک و جاستس (Bedoussac and Justes, 2011) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند.

نتیجه‌گیری کلی

کشت مخلوط نواری گندم و کلزا سبب افزایش میزان عملکرد دانه کلزا در واحد سطح اشغالی گردید و تاثیر تیمار کودی روی این صفت معنی‌دار نبود. پس می‌توان سیستم‌های کشت مخلوط نواری را همراه با کاربرد ۵۰٪ کود شیمیایی + کود بیولوژیک به‌عنوان یک روش زراعی مناسب برای کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و افزایش عملکرد کلزا پیشنهاد نمود.

عملکرد دانه کلزا و عملکرد دانه آن در واحد سطح اشغالی گردید. کشت خالص کلزا با عملکرد دانه ۲۶۰/۱ گرم در واحد سطح مخلوط به‌طور معنی‌داری عملکرد بیشتری از کشت‌های مخلوط تولید کرده بود. کشت‌های مخلوط از نظر این صفت باهم اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. تیمار ۳:۸ گندم- کلزا در بین کشت‌های مخلوط دارای بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح مخلوط ($86/67 \text{ g.m}^{-2}$) بود. لازم به ذکر است که با افزایش ردیف‌های گندم و کلزا در سیستم‌های کشت از نسبت کلزا کاسته می‌شد (شکل ۳).

میزان عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح اشغالی در کشت خالص کلزا ($682/41 \text{ g.m}^{-2}$) به‌طور معنی‌داری کمتر از کشت‌های مخلوط بود. تیمارهای ۳:۸، ۴:۱۲ و ۵:۱۶ گندم- کلزا به‌ترتیب ۸۰۶/۹۱، ۸۲۱/۳۴ و ۸۸۶/۸۳ گرم ماده خشک در مترمربع تولید کردند که مشاهده می‌شود با افزایش ردیف‌های کلزا از سه به پنج، بر میزان ماده خشک تولیدی در واحد سطح اشغالی افزوده گردید (شکل ۴). مطالعات اسماعیلی و همکاران (Esmaili *et al.*, 2012) نشان داد که کشت‌های مخلوط جایگزینی یونجه و جو

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب (دو سال) اجزای عملکرد، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی کلزا

Table 1- Combined analysis of variance (in 2 years) for yield components, seed yield and biological yield of oilseed rape

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)							
		طول خورجین Silique length	تعداد خورجین در بوته Silique per plant	تعداد دانه در خورجین Seeds per silique	وزن هزار دانه 1000 seeds weight	عملکرد دانه در واحد سطح اشغالی Seed yield per occupied unit area	عملکرد دانه در واحد سطح مخلوط Seed yield per intercropped unit area	عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح اشغالی Biological yield per occupied unit area	شاخص برداشت Harvest index
سال Year	1	1.006*	40.33	1.21	5.18**	3646.87	47.88	54508.40*	27.63*
تکرار (سال) Replication (Year)	4	0.125	507.18**	16.28	0.21	7409.28*	717.27	36954.28*	13.50
سیستم کشت Cropping System	3	0.312*	544.78**	36.38	0.37*	15782.14**	93756.27**	87477.39**	8.91
کود Fertilizer	1	0.05	50.10	7.57	0.35	6024.92	1384.60*	60973.62*	7.22
سیستم کشت × کود Crop.Sys.×Fertil.	3	0.08	105.02	10.01	0.33	214.87	376.21	2402.57	6.78
سال × سیستم کشت Year×Crop. Sys.	3	0.04	283.08	32.56	0.01	1550.27	341.58	11465.17	3.29
سال × کود Year×Fertil.	1	0.001	11.62	20.71	0.07	315.13	163.76	510.58	12.54
سال × سیستم کشت × کود Year× Crop. Sys.×Fertil.	3	0.01	79.72	3.68	0.30	300.21	116.41	2163.23	1.83
اشتباه Error	28	0.084	100.21	16.65	0.12	2025.54	338.75	11280.69	4.31
ضریب تغییرات (%) C.V. (%)		3.94	22.46	15.67	9.07	14.42	14.42	13.28	5.31

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

*and**: Statistically significant at p 0.05 and p 0.01, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین طول خورجین، اجزای عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح اشغالی و شاخص برداشت کلزا در دو سال زراعی

Table 2- Mean comparison for silique length, yield components, seed yield and biological yield per occupied unit area and harvest index of oilseed rape in two growing seasons

سال Year	طول خورجین Silique length (cm)	تعداد دانه در خورجین* Seeds per silique	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seeds weight (g)	عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح اشغالی Biological yield per occupied unit area (g.m ⁻²)	شاخص برداشت Harvest index
2010-2011	7.52 ^a	26.18	3.60 ^b	833.07 ^a	38.28 ^b
2011-2012	7.23 ^b	25.87	4.19 ^a	765.67 ^b	39.8 ^a

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Different letter (s) in each column indicates significant difference at p = 0.05 according to Duncan's test.

*non-significant

* غیر معنی‌دار

جدول ۳- مقایسه میانگین طول خورجین و اجزای عملکرد دانه کلزا در سیستم‌های مختلف کشت

Table 3- Mean comparison for silique length and yield components of oilseed rape at various cropping systems

سیستم کشت Cropping system	طول خورجین Silique length (cm)	تعداد خورجین در بوته Silique per plant	تعداد دانه در خورجین* Seeds per silique	وزن هزار دانه 1000 seeds weight (g)
A ₁	7.16 ^b	34.82 ^b	24.62	3.84 ^{ab}
A ₂	7.54 ^a	46.72 ^a	28.55	3.76 ^b
A ₃	7.38 ^{ab}	50.36 ^a	25.69	4.12 ^a
A ₄	7.43 ^a	46.31 ^a	25.23	3.72 ^b

A₁: کشت خالص کلزا، A₂: کشت مخلوط نواری با نسبت ۸ ردیف گندم و ۳ ردیف کلزا، A₃: کشت مخلوط نواری با نسبت ۱۲ ردیف گندم و ۴ ردیف کلزا و A₄: کشت مخلوط نواری با نسبت ۱۶ ردیف گندم و ۵ ردیف کلزا.

A₁: monoculture of oilseed rape, A₂: strip intercropping of wheat-oilseed rape with 8 rows of wheat and 3 rows of oilseed rape, A₃: strip intercropping with 12 rows of wheat and 4 rows of oilseed rape and A₄: strip intercropping with 16 rows of wheat and 5 rows of oilseed rape.

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Different letter (s) in each column indicates significant difference at p = 0.05 according to Duncan's test.

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح اشغالی و عملکرد دانه در واحد سطح مخلوط کلزا تحت تاثیر تیمار کودی

Table 4- Mean comparison for biological yield of oilseed rape per occupied unit area and seed yield per intercropped unit area under fertilizer treatment

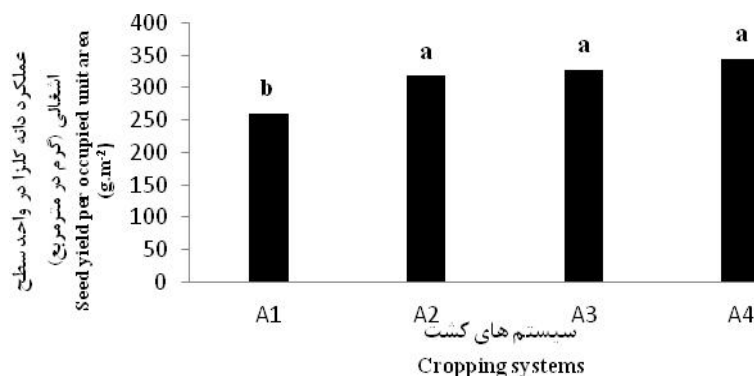
کود Fertilizer	عملکرد دانه در واحد سطح مخلوط Seed yield per intercropped unit are (g.m ⁻²)	عملکرد بیولوژیکی در واحد سطح اشغالی Biological yield per occupied unit area (g.m ⁻²)
B ₁	132.93 ^a	835.01 ^a
B ₂	122.19 ^b	763.73 ^b

B₁: ۱۰۰٪ کود شیمیایی و B₂: ۵۰٪ کود شیمیایی+کود بیولوژیکی.

B₁: 100% chemical fertilizer and B₂: 50% chemical + biological fertilizer.

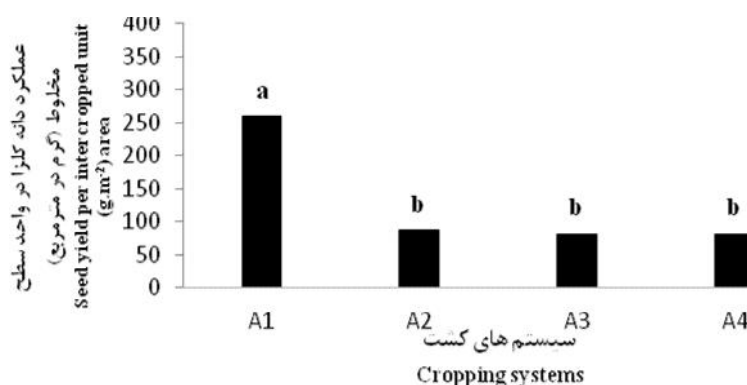
حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Different letter (s) in each column indicates significant difference at p = 0.05 according to Duncan's test.



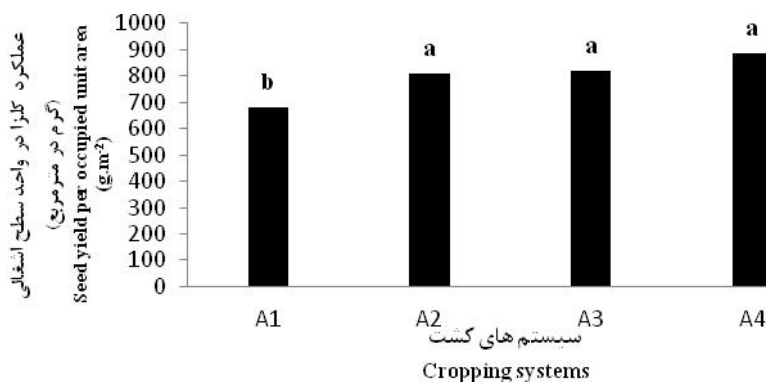
شکل ۲- عملکرد دانه کلزا در واحد سطح اشغالی در سیستم های مختلف کشت

Figure 2- Seed yield of oilseed rape per occupied unit area at various cropping systems



شکل ۳- عملکرد دانه کلزا در واحد سطح مخلوط در سیستم های مختلف کشت

Figure 3- Seed yield of oilseed rape per intercropped unit area at various cropping systems



شکل ۴- عملکرد بیولوژیکی کلزا در واحد سطح اشغالی در سیستم های مختلف کشت

Figure 4- Biological yield of oilseed rape per occupied unit area at various cropping systems

A₁: کشت خالص کلزا، A₂: کشت مخلوط نواری با نسبت ۸ ردیف گندم و ۳ ردیف کلزا، A₃: کشت مخلوط نواری با نسبت ۱۲ ردیف گندم و ۴ ردیف کلزا و A₄: کشت مخلوط نواری با نسبت ۱۶ ردیف گندم و ۵ ردیف کلزا.

A₁: monoculture of oilseed rape, A₂: strip intercropping of wheat-oilseed rape with 8 rows of wheat and 3 rows of oilseed rape, A₃: strip intercropping with 12 rows of wheat and 4 rows of oilseed rape and A₄: strip intercropping with 16 rows of wheat and 5 rows of oilseed rape.

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ می باشد.

Different letter (s) in each column indicates significant difference at $p = 0.05$ according to Duncan's test.

References

منابع مورد استفاده

- Abdulahi, A. 2012. Evaluation of wheat-chickpea intercrops as influenced by nitrogen management and weed management. Ph.D. Thesis, Ecophysiology Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz. (In Persian).
- Addo-Quay, A.A., R.W. Danniels, and D.H. Scarisbrick. 1985. The influence of paclobutrazol on the distribution of ¹⁴C-labelled assimilates fixed at anthesis in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *J. Agric. Sci. Camb.* 105: 365-373.
- Ali, Z., M. Asghar Malik, and M. Akhtar Cheema. 2000. Studies on determining a suitable canola-wheat intercropping pattern. *Int. J. Agri. Biol.* 2(1-2): 42-44.
- Ayisi, K.K., D.H. Putnam, C.P. Vance, M.P. Russelle, and D.L. Allan. 1997. Strip intercropping and nitrogen effects on seed, oil and protein yields of canola and soybean. *Agron. J.* 89: 23-29.
- Banik, P., A. Midya, B.K. Sarkar, and S.S. Ghose. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. *Eur. J. Agron.* 24(4): 325-332.
- Bedoussac, L., and E. Justes. 2011. A comparison of commonly used indices for evaluating species interactions and intercrop efficiency: Application to durum wheat-winter pea intercrops. *Field Crop Res.* 124 (1): 25-36.
- Chen, C., M. Westcott, K. Neill, D. Wichman, and M. Knox. 2004. Row configuration and nitrogen application for barley-pea intercropping in Montana. *Agron. J.* 96: 1730-1738.
- Das, K., and B. Guha. 1996. Intercropping of rapeseed (*Brassica campestris* subsp. *Oleifera* var. *toria*) with niger (*Guizotia abyssinica*) under rain-fed condition. *Indian J. Agron.* 41: 542-545.
- Emam, Y., and M. Niknezhad. 2004. Introduction to crop yield physiology. Second printing. Shiraz University Press, p. 571. (In Persian).
- Esmaili, A., M.B. Hoseini, M. Mohammadi, and F.A. Hoseini khah. 2012. Evaluation of grain yield, dry matter and some traits of the forage and silage quality in hay (*Hordeum vulgare*) and annual spring barley (*Medicago scutellata*) intercropping. *Seed and Plant Production Journal.* 2-28(3): 277-296. (In Persian).
- Fasihi, Kh., Z. Tahmasebi Sarvestani, M. Agha Alikhani, and A.M. Modarres Sanavi. 2006. Effect of green manure on the yield of annual alfalfa and bio fertilizer on winter rainfed wheat in Ilam. *J. Agric. Sci. Nat. Res.* 13:124-135. (In Persian).

- He, H., L. Yang, L. Fan, L. Zhao, H. Wu, J. Yang, and C. Li. 2012. The effect of intercropping of maize and soybean on microclimate. *Int. Fed. Inform. Proc. V, IFIP Adv. Inform. Commun. Technol.* 369: 257-263.
- Hiltbrunner, J., M. Liedgens, L. Bloch, P. Stamp, and B. Streit. 2007. Legume cover crops as living mulches for winter wheat: Components of biomass and the control of weeds. *Europ. J. Agron.* 26(1): 21-29.
- Hummel, J.D., L.M. Dossdall, G.W. Clayton, K.N. Harker, and J.T. O'Donovan. 2009. Effects of canola-wheat inter crops on *Delia* spp. (Diptera; Anthomyiidae) oviposition, larval feeding damage, and adult abundance. *J. Econ. Entomol.* 102(1): 219-228.
- Hummel, J.D., L.M. Dossdall, G.W. Clayton, T.K. Turkington, N.Z. Lupwayi, K.N. Harker, and J.T. O'Donovan. 2009. Canola-wheat intercrops for improved agronomic performance and integrated pest management. *Agron. J.* 101(5): 1190-1197.
- Jahani, M., A. Koochaki, and M. Nasiri Mahallati. 2008. Evaluation of various Lentil and Cumin intercropping composition in low input agricultural systems. *Iranian Journal of Field Crops Research.* 6: 67-78. (In Persian).
- Jensen, C.R., V.O. Morgensen, and J.K. Fieldsend. 1996. Seed glucosinolate, oil and protein contents of field grown oilseed rape (*Brassica napus* L.) effected by soil drying and evaporative demand. *Field Crop Res.* 47: 93-105.
- Kapoor, R., B. Giri, and K.G. Mukerji. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technol.* 93: 307-311.
- Khan, R.U., A. Rashid, and M.S. Khan. 2009. Seed yield and monetary return of wheat crop as affected by intercropping with canola (*Brassica napus* L.). *J. Agric. Res.* 47(2): 165-170.
- Koochaki, A., S. Khorram Del, and F. Fallah Poor. 2010. Effect of wheat and oilseed rap row intercropping on absorption and consumption of light. 1st Conference on Sustainable Agriculture and Cleaner Product, 10-11 November, Isfahan Center for Research of Agricultural Science and Natural Resources, Isfahan. (In Persian).
- Li, L., F. Zhang, X.L. Li, P. Christie, J. Sun, S. Yang, and C. Tang. 2003. Interspecific facilitation of nutrient uptake by intercropped maize and faba bean. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 65 (1): 61-71.
- Madani, H., Gh. Naderi Booroojerdi, H. Aghajani, and A. Pazaki. 2010. Comparison of the effects of chemical phosphorus fertilizers and phosphate solubilizing bacteria on grain and biological yield and relative P content on winter oilseed rape. *Journal of Agronomy and Plant Breeding.* 6(4): 93-104. (In Persian).

- Megawar, E.A., and S.A. Mahfouz. 2010. Response of canola (*Brassica napus* L.) to biofertilizers under Egyptian condition in newly reclaimed soil. *Int. J. Agric. Sci.* 2: 12-17.
- Mendham, N.L., P.A. Shipway, and R.K. Scott. 1981. The effects of delayed sowing and weather on growth, development and yield of winter oil-seed rape (*Brassica napus*). *J. Agric. Sci. Camb.* 96: 389-416.
- Musa, M., M.H. Leitch, F.U.H. Sahi, and M. Iqbal. 2010. Spatial arrangement affects growth characteristics of barley-pea intercrops. *Int. J. Agric. Biol.* 12(5): 685-690.
- Nielsen, D.C. 1996. Potential of canola as a dry land crop in northeastern Colorado. In: J. Janik (ed.). *Progress in new crops*, ASHS Press, Alexandria. VA, pp. 281- 287.
- Rezaei Chiyaneh, E., A. Dabbagh Mohammadi Nassab, M.R. Shakiba, K. Ghassemi-Golezani, and S. Aharizad. 2010. Evaluation of the received light and some characteristics of canopy in monocropping and intercropping of faba bean (*Vicia faba* L.) and corn (*Zea mays* L.). *J. Agroecol.* 2(3): 437-447. (In Persian).
- Roy, D.K., and B.P. Singh. 2006. Effect of level and time of nitrogen application with and without vermicompost on yield, yield attributes and quality of malt barley (*Hordeum vulgare*). *Indian J. Agron.* 51: 40-42.
- Samizadeh, H., B. Yazdi Samadi, M.R. Ghanadha, M.A. Malbubi, A.R. Talei, and G.R. Stringam. 2003. Evaluation of continuous molecular marker with Silique length of oilseed rape (*Brassica napus*) double haploid population. *J. Agric. Sci.* 34(4): 871-879. (In Persian).
- Sana, M.A., M. Ali, M. Asghar Malik, M. Farrukh Saleem, and M. Rafiq. 2003. Comparative yield potential and oil contents of different canola cultivars (*Brassica napus* L.). *Pak. J. Agron.* 2(1): 1-7.
- Smith, L.J., and D.H. Scarisbrick. 1990. Reproductive development in oilseed rape (*Brassica napus* cv. Bienvenu). *Ann. Bot.* 65: 205-212.
- Snivasan, A., and D.G. Morgan. 1996. Growth and development of the pod wall in spring rape (*Brassica napus*) as related to the presence of seeds and exogenous phytohormones. *J. Agric. Sci. Camb.* 127: 487-500.
- Sylvester-Bradley, R., and R.J. Makepeace. 1984. A code for the stages of development in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Aspects Appl. Biol.* 6: 399- 419.
- Vandermeer, J. 1989. *The Ecology of Intercropping*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, p.237.
- Zhang, L., W. Van der Werf, L. Bastiaans, S. Zhang, B. Li, and J.H.J. Spiertz. 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. *Field Crop. Res.* 107 (1): 29-42.

Evaluation of Yield and Yield Components of Oilseed Rape in the Wheat-Oilseed Rape Strip Intercropping Influenced by Chemical and Biological Fertilizers

Amirmardfar, R.^{1*}, A. Dabbagh Mohammadi Nassab², Y. Raei³, S. Khaghaninia⁴, R. Amini³ and S.H. Tabataba Vakili⁵

Received: August 2014, Accepted: 17 December 2014

Abstract

To evaluate the effects of wheat (*Triticum aestivum*) and oilseed rape (*Brassica napus*) strip intercropping on yield components, seed and biological yields of oilseed rape, field experiments were carried out as factorial based on randomized complete block design with three replications at Research Farm of Tabriz University, Tabriz, Iran during 2010-2012 cropping seasons. The first factor consisted of four types of wheat and oilseed rape cropping system, sole crop of oilseed rape (A₁), strip intercropping with 8:3 (A₂), 12:4 (A₃) and 16:5 (A₄) of wheat and oilseed rape rows, respectively and the other factor consisted of two fertilizer levels, B₁: 100% chemical fertilizers (urea and triple superphosphate) and B₂: 50% chemical fertilizers + biofertilizers (Nitrazhin and Barvar2). The results showed that strip intercropping of wheat- oilseed rape resulted in significant increase in yield components, seed yield per occupied unit area and biological yield per occupied unit area of oilseed rape as compared with mono-cropping. The number of silique per plant in intercropping systems was significantly higher than that of mono-cropping. The highest seed yield was obtained in the 16:5 rows of wheat-oilseed rape with 343.76 g.m⁻² and the lowest mean was observed in mono-cropping of oilseed rape with 260.21 g.m⁻². Biological yield per occupied unit area and seed yield per intercropped unit area in B₁ were significantly greater than that of B₂, but this treatment had no significant effect on the other traits. Because, B₁ and B₂ had no significant difference in seed yield per occupied unit area and due to the importance of reduction in chemical fertilizers consumption and food and environmental health care, strip intercropping of wheat-oilseed rape under 50% chemical fertilizers + biofertilizers can be recommended as a suitable cultural method.

Key words: Strip intercropping, Seed yield, Biological fertilizer, Chemical fertilizer, Oilseed rape.

1- Former Ph.D. Student of Plant Ecophysiology Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2- Professor of Plant Ecophysiology Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

3- Associate Professor of Plant Ecophysiology Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

4- Associate Professor of Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

5- M.Sc. of Plant Ecophysiology Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

* Corresponding Author: m_rashin@yahoo.com