Archive of SID

نشریه پژوهش های کاربردی زراعی
دوره ۳۲ - شماره ۰۲- پیاپند ۱۲۳ تابستان ۹۸

بررسی درجه ترکیب پذیری ارقام قدیم و جدید گندم با گیاه روغنی کلزا در سری های کشت مخلوط افزایشی

Evaluation of old and new wheat varieties for their compatibility with canola in additive series of intercropping

علیرضا کوچکی[1*]، مهدی نصیری محلاتی[1]، لیلا جعفری[2]، سرور خرم دل[3]، عاطفه قلیزادگان[4]

۱. استاد گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (نگارنده مسئول)
۲. استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان
۳. دانشیار گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۴. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت:۱۳۹۷/۰۱/۲۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۳۰ - شناسانهٔ برنمود رقمی: 10.22092/aj.2019.121409.1278

چکیده

کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، جعفری، ل.، خرم، س.، قلیزادگان، ع.- بررسی درجه ترکیب پذیری ارقام قدیم و جدید گندم با گیاه روغنی کلزا در سری های کشت مخلوط افزایشی
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۲ - شماره ۰۲- پیاپند ۱۲۳ تابستان ۹۸: ۱۵۵-۱۳۰

این مطالعه با هدف بررسی اثرات کشت مخلوط درهم ارقام جدید و قدیم گندم با کلزا به صورت سری های افزایشی بر عملکرد، کارایی مصرف نور و نسبت برابری زمین به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹٤ اجرا شد. عامل اول شامل ارقام گندم (قدیمی: روشن و طبسی) و (جدید: سیروان و پارسی) و عامل دوم نسبت های کشت مخلوط افزایشی گندم با کلزا (۰:۱۰۰، ۲۵:۱۰۰، ۵۰:۱۰۰، ۷۵:۱۰۰، ۱۰۰:۱۰۰ و ۱۰۰:۰ درصد) بود. تراکم کاشت دو گیاه گندم و کلزا در تراکم ۱۰۰ درصد (در کشت خالص و مخلوط درهم) به ترتیب ٤۰۰ و ۲۰ بوته در متر مربع بود. صفات مورد مطالعه شامل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه و کلش گندم و تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد کاه و کلش کلزا و همچنین کارایی مصرف نور بر اساس عملکرد اقتصادی و ماده خشک کل و نسبت برابری زمین بودند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد گندم به جز وزن هزار دانه در شرایط کشت خالص مشاهده شد و با افزایش نسبت کلزا به ۷۵ درصد کاهش معنی داری در عملکرد دانه و بیولوژیک گندم مشاهده شد. عملکرد دانه ارقام جدید گندم در مقایسه با رقم قدیمی طبسی افزایش معنی داری نشان داد؛ در حالی که عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر رقم قرار نگرفت. در حضور رقم جدید سیروان عملکرد دانه و بیولوژیک و کارایی مصرف نور کلزا افزایش معنی داری با سایر ارقام داشت، در حالی که کارایی مصرف نور گندم در بین ارقام مختلف تفاوت معنی داری نداشت. بیشترین نسبت برابری زمین کل برای نسبت کشت ۲۵ درصد کلزا (۱/٤۱) محاسبه گردید که با سایر نسبت ها تفاوت معنی داری داشت. به طور کلی، با توجه به این آزمایش بنظر می رسد که ارقام جدید نسبت به ارقام قدیم گندم قابلیت ترکیب پذیری بیشتری با کلزا داشته و عملکرد در ارقام جدید بیشتر بوده اما کارایی مصرف نور و نسبت برابری زمین تفاوت معنی داری را نشان نداد.

واژه های کلیدی: کشت مخلوط درهم، کارایی مصرف نور، سری افزایشی، گیاه دانه روغنی، غلات

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: akooch@um.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

عدم رعایت اصول اکولوژیک در تولید محصولات زراعی و نگرش های تک بعدی با تأکید بر جنبه های اقتصادی در کشاورزی منجر به تخریب منابع محیطی و کاهش کارآیی منابع شده است. سیستم های کشاورزی فشرده موجب بروز برخی اثرات جانبی نظیر فرسایش خاک، آلودگی های زیست محیطی، ظهور علف های هرز و آفات مقاوم به مواد شیمیایی و کاهش تنوع گیاهان گردیده است. یکی از راهکارها جهت رفع برخی از این مشکلات، ارتقاء تنوع زیستی سیستم های زراعی است (Poggio, 2005). در طی سال های اخیر به دلیل شهرسازی و سرعت بالای صنعتی شدن، سطح زمین های قابل کشت کاهش یافته که می تواند زمینه بسیار مناسبی برای استفاده از شیوه‌های چندکشتی باشد (Brooker *et al.,* 2015; Yanka & Donka, 2015).

مطالعات مختلف بر ارتباط بین پایداری و تنوع زیستی تاکید می کنند، زیرا افزایش تنوع، پیچیدگی ذاتی اکوسیستم های زراعی را بهبود داده و از این طریق، فرآیندهای مختلف را تقویت می کند (Altieri, 2002; Wezel *et al.,* 2009; Lithourgidis *et al.,* 2011; Brooker *et al.,* 2015). ایجاد تنوع در روش های مدیریت زراعی و بهره برداری از منابع از جمله بهترین و مؤثرترین راهکارهای حصول به پایداری تولید می باشد (Yanka & Donka, 2015; Wezel *et al.,* 2009). بسیاری از محققین مهم ترین عامل افزایش تنوع در اکوسیستم های زراعی را کشت مخلوط معرفی می نمایند. کشت مخلوط مطالعات زیادی را به خود اختصاص داده که بررسی نوع، تراکم یا نسبت کشت مخلوط گونه های همراه، بخش زیادی از آنها را شامل می‌شود (Tsubo *et al.,* 2001; Poggio, 2005; Awal *et al.,* 2006; Lithourgidis *et al.,* 2011; Koocheki *et al.,* 2013; Koocheki *et al.,* 2014a; Yanka *et al.,* 2015; Brooker *et al.,* 2015; Koocheki *et al.,* 2016a; Koocheki *et al.,* 2016b).

در همین راستا، کوچکی و همکاران (Koocheki *et al.,* 2014a) با ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد، تنوع و تراکم علف‌های هرز در کشت مخلوط ردیفی گندم (*Triticum aestivum* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) بیان داشتند که بیشترین و کمترین وزن خشک علف‌های هرز به ترتیب در گندم خالص و کشت مخلوط سه ردیف گندم+سه ردیف کلزا و بیشترین عملکرد بیولوژیک و دانه در تیمار سه ردیفی مشاهده گردید. نتایج مطالعه ای دیگر روی عملکرد و کارآیی نیتروژن و فسفر در کشت مخلوط گندم- کلزا نشان داد که بیشترین عملکرد اقتصادی و بیولوژیک هر دو گیاه پس از کشت خالص، در تیمار کشت سه ردیفی حاصل شد. همچنین بالاترین نسبت برابری زمین از تیمار الوند- اکاپی (۳:۳) به دست آمد. بیشترین کارایی مصرف نیتروژن و فسفر گندم بعد از کشت خالص الوند، در تیمار الوند- اکاپی ۳:۳ مشاهده شد. تیمارهای الوند- اکاپی ۳:۳ برای گندم وکشت خالص رقم اکاپی برای کلزا بیشترین کارایی جذب نیتروژن و فسفر

www.SID.ir

Archive of SID

را به خود اختصاص دادند. با توجه به بیشترین میزان کارایی جذب و مصرف عناصر نیتروژن و فسفر در تیمار سه ردیفی به نظر می‌رسد الگوی کشت مخلوط سه ردیفی گندم و کلزا شرایط مناسب‌تری برای استفاده بهتر از عناصر فراهم نموده است (Koocheki *et al.,* 2016a).

سیستم مخلوط زمانی سودمند است که منابع محیطی مورد نیاز دو گونه به طور مناسبی از یکدیگر جدا باشند؛ به طوری که این گونه ها در کنار یکدیگر از عوامل محیطی استفاده بهینه نمایند. غالباً عملکرد یک یا هر دو گیاه زراعی در مقایسه با کشت خالص آن ها کمتر است، البته مجموع عملکرد آن ها اغلب بیشتر خواهد بود (Gliessman, 1995). در سیستم های چند کشتی همواره باید به دنبال روش‌هایی برای افزایش عملکرد گیاهان بود. از جمله روش های مهم برای دستیابی به این امر بهبود بهره وری منابع و استفاده مؤثر از زمین‌های کشاورزی با استفاده از کشت مخلوط است (Awal *et al.,* 2006). علاوه بر این، بکارگیری کشت مخلوط در مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران نیز می تواند به عنوان یک راهکار اکولوژیک به منظور استفاده حداکثری از تشعشع بالای خورشیدی و بهبود بهره وری منابع آبی نیز مورد استفاده قرار گیرد (Yahuza, 2011; Tanzeelur *et al.,* 2017). کوچکی و همکاران (Koocheki *et al.,* 2013) با ارزیابی کارایی جذب و مصرف نور در کشت مخلوط ردیفی گندم و کلزا نشان دادند که اثر کشت مخلوط ردیفی بر راندمان مصرف تشعشع معنی دار بود. به طوری که بالاترین کارایی مصرف تشعشع در مقایسه الگوهای کشت مخلوط در الگوی سه ردیف گندم+ سه ردیف کلزا مشاهده شد. بطور کلی، این محققان نتیجه گرفتند که افزایش شاخص سطح برگ و به تبع آن افزایش پوشش گیاهی در شرایط مخلوط در مقایسه با کشت خالص باعث افزایش جذب نور و در نتیجه بهبود نسبت برابری زمین برای تشعشع جذب شده گردید، بطوری که بهترین نتایج در الگوی ۳:۳ مشاهده شد. نجیب نیا و همکاران (Najibnia *et al.,* 2014) با بررسی راندمان جذب، مصرف و بهره‌وری آب در سیستم‌های تک کشتی و چندکشتی سه گیاه کلزا، لوبیا و ذرت، اظهار داشتند که چندکشتی تأخیری دومرحله ای بیشترین راندمان جذب (۰/۴۳)، چندکشتی تأخیری سه مرحله ای بیشترین راندمان مصرف و بهره وری بر اساس عملکرد بیولوژیک (به‌ترتیب با ۱/۸۲ و ۰/۷۳ گرم بر مترمربع در میلی متر) و چندکشتی دوگانه بیشترین راندمان مصرف و بهره‌وری بر اساس عملکرد دانه (به‌ترتیب با ۰/۴۳ و ۰/۱۷ گرم بر مترمربع در میلی متر) را نشان دادند. در مجموع، تیمار چندکشتی تأخیری دومرحله ای از نظر راندمان جذب، تک‌کشتی کلزا از نظر راندمان مصرف و بهره‌وری بر اساس عملکرد بیولوژیک و تک‌کشتی ذرت از نظر راندمان مصرف و بهره‌وری بر اساس عملکرد دانه، برتر بودند. کوچکی و همکاران (Koocheki *et al.,* 2016b) با امکان سنجی نسبت های مختلف کشت مخلوط ذرت و کلزا به روش تأخیری جهت رفع محدودیت آب گزارش نمودند که اجرای کشت مخلوط با بهبود کارایی مصرف آب موجب کاهش تلفات و صرفه جویی در

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک (۰-۳۰ سانتی‌متر)

Table 1. Physical and chemical properties of soil (0-30 cm)

سال Year	بافت Texture	کربن آلی (٪) Organic carbon (%)	نیتروژن کل (٪) Total N (%)	فسفر P (قسمت در میلیون) (ppm)	پتاسیم K (قسمت در میلیون) (ppm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
اول First	لوم سیلتی Silty loam	0.67	0.079	12.5	108	7.87	1.13
دوم Second	لوم سیلتی Silty loam	0.68	0.088	15	113	7.55	1.15

مصرف آب گردید.

با توجه به این موضوع که کشت مخلوط می‌تواند راهکار مناسبی به منظور استفاده بهینه از منابع خاک، آب و نور در جهت افزایش عملکرد باشد (Koocheki *et al.,* 2013) و به دلیل اهمیت کشت گیاهان استراتژیکی نظیر گندم و کلزا در ایران، این آزمایش با هدف ارزیابی توان رقابتی ارقام قدیم و جدید گندم در کشت مخلوط درهم به صورت سری افزایشی با کلزا و همچنین بررسی عملکرد و کارایی مصرف نور و نسبت برابری زمین در شرایط آب و هوایی مشهد انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی و ۳۶ عرض جغرافیایی درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) در دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج آزمون خاک، بافت خاک را لوم سیلتی و اسیدیته خاک را قلیایی نشان داد (جدول ۱).

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی و با سه تکرار اجرا شد. عامل اول ارقام قدیمی (روشن و طبسی) و جدید (سیروان و پارسی) گندم (w) و عامل دوم نسبت های کشت مخلوط درهم به صورت افزایشی با رقم اکاپی کلزا (c) شامل c۰: w۱۰۰، c۲۵: w۱۰۰، c۵۰: w۱۰۰، c۷۵: w۱۰۰، c۱۰۰: w۱۰۰ و c۱۰۰: w۰ بود. عملیات کاشت گندم با تراکم ۴۰۰ بوته و کلزا با تراکم های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ بوته در متر مربع به ترتیب نسبت، در اول آبان ماه هر دو سال انجام شد (Koocheki *et al.,* 2016a; Koocheki *et al.,* 2016b). بذر مورد استفاده از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی تهیه گردید. ابعاد هر کرت شش مترمربع و فاصله بین تکرارها یک متر در نظر گرفته شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مشخصات ارقام قدیم و جدید گندم

Table 2. Characteristics of old and new wheat varieties

رقم Variety	سال آزادسازی Release year	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)
روشن Roshan	1958	4530	115	46
طبسی Tabasi	1951	4370	110	44
پارسی Parsi	2009	8580	97	41
سیروان Sirvan	2011	8867	94	45

کود اوره به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار ،یک سوم هنگام کاشت، یک سوم دیگر اواخر اسفند و باقیمانده در ابتدای اردیبهشت ماه مصرف شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت صورت گرفت و از ابتدای فروردین تا زمان رسیدگی به فاصله هر هفت روز یکبار به شیوه نشتی انجام شد.

عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد کاه و کلش گندم و کلزا، وزن هزار دانه و شاخص برداشت گندم و کلزا اندازه گیری شد. برای اندازه گیری این صفات در انتهای فصل رشد (اواخر خرداد ماه) بعد از حذف اثرات حاشیه ای، جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، برداشت بوته از سطح دو متر مربع صورت گرفت. لازم به ذکر است به دلیل کشت درهم امکان برداشت جداگانه دو گیاه وجود نداشت و هر دو گیاه به صورت همزمان برداشت شدند. نمونه های برداشت شده جدا و سپس در آونی با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و بعد از توزین عملکرد بیولوژیک به دست آمد. بعد از جدا سازی دانه از بافت‌های خشک شده عملکرد دانه دو محصول در واحد سطح محاسبه گردید. عملکرد کاه و کلش از تفاضل عملکرد دانه از عملکرد بیولوژیک به دست آمد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به بیولوژیک محاسبه گردید.همچنین تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته کلزا براساس پنج بوته محاسبه گردید.

به منظور تعیین کارایی مصرف نور گندم و کلزا، میزان تشعشع روزانه خورشیدی به روش ارائه‌شده توسط خودریان و وان لار (Goudriaan & Van Laar, 1993) با در نظرگرفتن ساعات آفتابی هر روز با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی مرکز اقلیم شناسی خراسان رضوی محاسبه شد. تابش فعال فتوسنتزی نیز معادل ۵۰ درصد میزان تابش روزانه جذب برای هر دو گونه بر اساس معادلات (۱) تا (۳) محاسبه شد (Tsubo *et al.*, 2001).

معادله (۱)

$$I_{abs} = I_0 \times (1 - P) \times (1 - \exp(-K_C \times LAI_C) + (-K_B \times LAI_B))$$

www.SID.ir

Archive of SID

معادله (۲)

$$IC = I_{abs} \times ((K_C \times LAI_C) / ((K_C \times LAI_C) + (K_B \times LAI_B)))$$

معادله (۳)

$$I_B = I_{abs} - I_C$$

که در آن، I_{abs}: تشعشع جذب شده توسط کانوپی مخلوط (مگاژول بر متر مربع)، I_0: تشعشع رسیده به بالای کانوپی (مگاژول بر متر مربع)، P: ضریب انعکاس که برای گندم و کلزا ۰/۰۵ منظور شد. K_C و K_B: به ترتیب ضریب خاموشی تشعشع گندم (۰/۶۱) و کلزا (۰/۴۱) (Goudriaan & Van Laar, 1993; Tsubo *et al.,* 2001; Tsubo *et al.,* 2001; Koocheki *et al.,* 2013; Yahuza, 2011)، LAI_C و LAI_B: به ترتیب شاخص سطح برگ گندم و کلزا و I_C و I_B: به ترتیب تشعشع جذب شده بر اساس مگاژول بر متر مربع توسط تاج پوشش گیاهی گندم و کلزا می باشد.

کارایی مصرف نور (RUE)[1] بر حسب گرم بر مگا ژول، از طریق تقسیم عملکرد دانه و ماده خشک گندم و کلزا (گرم بر متر مربع) بر میزان تجمعی تشعشع جذب‌شده (مگاژول بر متر مربع) در طول دوره رشد گیاه محاسبه شد.

در طی فصل رشد به‌منظور تعیین شاخص سطح برگ گندم و کلزا، نمونه‌برداری از پایان ماه اول پس از کاشت شروع و با فاصله ۱۵ روز یک‌بار تا پایان فصل رشد انجام گردید. نمونه‌گیری با در نظرگرفتن اثر حاشیه‌ای با استفاده از کوادرات ۳۰×۳۰ سانتی‌متری صورت گرفت. سپس، نمونه‌ها جهت محاسبه سطح برگ به آزمایشگاه منتقل شد. سطح برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدل Leaf Area Meter AM $_{200}$) تعیین گردید.

شاخص سطح برگ (LAI) روزانه گندم و کلزا با استفاده از برازش معادله ۴، در نرم افزار SlideWrite برآورد شد.

معادله (۴)

$$Y = a/1 + e^{(b-cx)}$$

a؛ حداکثر شاخص سطح برگ، b؛ اختلاف بین حداکثر و حداقل شاخص سطح برگ، c؛ میانگین سرعت رشد نسبی سطح برگ و x؛ زمان بر حسب روز پس از کاشت می‌باشند. لازم به ذکر است که این معادله بیشترین همبستگی را با شاخص سطح برگ هر دو گیاه داشت.

نسبت برابری زمین (LER): به منظور مقایسه سری‌های کشت مخلوط افزایشی در مقایسه با کشت خالص نسبت برابری زمین با استفاده از معادله (۵) محاسبه شد (Gliessman, 1999).

معادله (۵)

$$LER = LERc + LERw$$

$$LER = LER_T + LER_N = \frac{Y_{tm}}{Y_{ts}} + \frac{Y_{nm}}{Y_{ns}}$$

که در این معادله، LERc و LERw: به ترتیب نشان دهنده نسبت برابری زمین جزئی دو گیاه کلزا و گندم (نسبت عملکرد هر گونه در مخلوط به خالص) می باشد.

داده ها توسط نرم افزار SAS 9.1 تجزیه مرکب شدند. مقایسه میانگین ها به روش LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

اثر نسبت های کشت مخلوط افزایشی گندم

1- Radiation Use Efficiency

www.SID.ir

Archive of SID

با کلزا بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت ارقام گندم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال بر عملکرد دانه، عملکرد کاه و کلش و عملکرد بیولوژیک گندم در سطح احتمال یک درصد و بر وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود. اثر رقم بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه و شاخص برداشت گندم در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. همچنین اثر نسبت های کاشت به صورت افزایشی با کلزا بر عملکرد دانه و کاه و کلش در سطح یک درصد و عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گندم در سطح احتمال پنج درصد معنی دار گردید (جدول ۳)، ولی اثر متقابل این عوامل بر هیچ یک از صفات گندم معنی دار نشد (جدول ۳).

عملکرد دانه، عملکرد کاه و کلش، عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه گندم در سال اول احتمالاً به دلیل بهبود شرایط محیطی و در نتیجه رشد بهتر بوته ها به ترتیب برابر با ۲۰/۴، ۲۲/۲، ۲۱/۵ و ۶/۵ درصد بالاتر از مقادیر این صفات در سال دوم محاسبه شد، البته شاخص برداشت در سال دوم در حدود یک درصد بالاتر از سال اول محاسبه گردید (جدول ۴) که البته تفاوت این شاخص تحت تأثیر سال معنی دار نبود (جدول ۳).

مقایسه عملکرد دانه بین ارقام مختلف گندم نشان داد که به جز رقم طبسی که به‌طور معنی‌دار عملکرد دانه کمتری در مقایسه با سایر ارقام داشت، بین عملکرد دانه در ارقام جدید و قدیم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). بیشترین (۴۱۰۸ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۳۲۹۲ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه به ترتیب در رقم جدید پارسی و رقم قدیم طبسی مشاهده شد. بیشترین عملکرد کاه و کلش و بیولوژیک و کمترین وزن هزار دانه در رقم قدیمی روشن مشاهده شد. در رقم پارسی افزایش معنی‌دار شاخص برداشت در مقایسه با سایر ارقام مشاهده شد و در واقع، این شاخص در ارقام جدیدتر بیشتر از ارقام قدیمی بود.

بالاترین عملکرد دانه، عملکرد کاه و کلش، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گندم در کشت خالص به ترتیب برابر با ۴۹۸۱/۳ کیلوگرم بر هکتار، ۸۷۷۳/۵ کیلوگرم بر هکتار، ۱۳۷۵۴/۸ کیلوگرم بر هکتار و ۳۶/۹ درصد و کمترین مقادیر عملکرد دانه و شاخص برداشت برای تیمار کشت مخلوط با سری افزایشی ۱۰۰ درصد کلزا به ترتیب با ۳۲۲۰ کیلوگرم در هکتار و ۳۱/۹ درصد محاسبه شد. کمترین مقادیر عملکرد کاه و کلش، عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه نیز برای تیمار کشت مخلوط با سری افزایشی ۷۵ درصد کلزا به ترتیب با ۶۸۵۴/۶ کیلوگرم در هکتار، ۱۰۱۳۲/۹ کیلوگرم در هکتار و ۴۰/۲ درصد مشاهده شد (جدول ۴).

به نظر می رسد که کشت خالص گندم به دلیل افزایش فضای قابل دسترس و کاهش رقابت بین گونه ای منجر به تولید پنجه های بارور و تولید سنبله های طویل تر و بزرگ تر شده که بزرگ تر بودن سنبله باعث تولید دانه بیشتر در سنبله و در نهایت، افزایش عملکرد شده است که این موضوع مطابق با نتیجه محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2013) روی ارزیابی

www.SID.ir

www.SID.ir

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سال، نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی با کلزا بر عملکرد، وزن هزار دانه و شاخص برداشت ارقام گندم

Table 3. Analysis of variance (mean of squares) for the effect of year and wheat/canola intercropping ratios in additive series on yield, 1000-seed weight and harvest index of wheat cultivars

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد کاه و کلش Straw yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	وزن هزار دانه 1000-seed weight	شاخص برداشت Harvest index
سال Year (Y)	1	15293880**	65690818.9 **	142120781 **	203.55*	0.69 ^{ns}
خطای ۱ First error	4	2916956.67	2339699.7	9417872.8	97.58	35.28
ارقام گندم Wheat cultivars (w)	3	4299731.11**	4820579.3 ^{ns}	5021390.4 ^{ns}	235.26**	260.39 **
نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios (R)	4	12319077.92**	13408666.1 **	49926173.5*	25.21^{ns}	120.34 *
W×R	12	691198.47^{ns}	2443983.1 ^{ns}	3030528.5 ^{ns}	50.55^{ns}	50.50 ^{ns}
W ×Y	3	277175.56^{ns}	2669314.2 ^{ns}	3086715.9 ^{ns}	30.17^{ns}	45.65 ^{ns}
R×Y	4	445073.75ns	5131512.0 ^{ns}	4510479.0 ^{ns}	41.89^{ns}	81.97 ^{ns}
W ×R×Y	12	203705.42ns	2112517.5 ^{ns}	2192949.5 ^{ns}	19.43^{ns}	38.90 ^{ns}
خطای ۲ Second error	76	421317.2	2613124	3396418.3	30.86	36.71
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		16.84	21.41	16.17	13.44	17.85

ns، * و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, * and **: indicate non-significant and significant difference at 5 and 1 % probability levels, respectively.

Archive of SID

Archive of SID

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ساده سال، رقم و نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی با کلزا بر عملکرد، وزن هزار دانه و شاخص برداشت ارقام گندم در سال‌های اول و دوم

Table 4. Mean comparisons for the simple effects of year, cultivar and wheat/canola intercropping ratios in additive series on yield, 1000-seed weight and harvest index of wheat at the first and second years

تیمارها Treatments	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد کاه و کلش Straw yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	شاخص برداشت Harvest index (%)
سال Year					
اول First	4210.7 a*	8311.8 a	12511.8 a	42.6 a	33.85 a
دوم Second	3496.7 b	6804.8 b	10301.4 b	40.0 b	34.01 a
ارقام گندم Wheat cultivars					
روشن Roshan	4046.3 a	7980.3 a	11999.3 a	37.5 b	33.81 b
طبسی Tabasi	3292.3 b	7764.2 ab	11056.5 a	42.9 a	30.11 c
پارسی Parsi	4108 a	7031.7 b	11139.7 a	41.1 a	37.24 a
سیروان Sirvan	3968 a	7445.8 ab	11413.8 a	43.9 a	34.61 ab
نسبت‌های کاشت مخلوط افزایشی گندم با کلزا (٪) Wheat /canola intercropping ratios in additive series (%)					
100w:0c**	4981.3 a	8773.5 a	13754.8 a	40.9 a	36.87 a
100w:25c	4045.8 b	7355.8 b	11401.7 b	42.0 a	35.84 ab
100w:50c	3742.9 b	7682.8 b	11378 b	40.8 a	32.68 bc
100w:75c	3278.3 c	6854.6 b	10132.9 c	40.2 a	32.42 bc
100w:100c	3220 c	7098.3 b	10318.3 bc	42.8 a	31.86 c

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means with the same letter(s) in each column and for each factor are not significantly different based on LSD test at $p \leq 0.05$.

**: C و W: به ترتیب نشان‌دهنده کلزا و گندم

** C and W: are canola and wheat, respectively.

عملکرد و صفات زراعی در کشت مخلوط جو و شبدر برسیم (*Trifolium resupinatum* L.) بود. سوبکویز (Sobkowicz, 2006) در کشت مخلوط تریتیکاله (X *Triticosecale* Wittmack) و باقلا (*Vicia faba* L.) گزارش کرد که تعداد دانه در سنبله تریتیکاله به دلیل رقابت بر سر جذب منابع طبیعی از قبیل نور، آب و مواد غذایی و در نتیجه کاهش طول سنبله در کشت مخلوط کاهش معنی داری پیدا کرد. از طرف دیگر، بر اثر تشدید رقابت بین گونه ای در

www.SID.ir

Archive of SID

کشت مخلوط و در نتیجه کاهش منابع محیطی در دسترس عملکرد گونه ها در مقایسه با کشت خالص کاهش یافته است. از آن جائی که تراکم و فضای اختصاص یافته به هر گونه در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط بود و تراکم اولین و مهمترین عامل مطرح در عملکرد می باشد، لذا در نسبت های کشت مخلوط کمتر بودن تراکم هر گونه نسبت به کشت خالص دلیل اصلی پائین تر بودن عملکرد می باشد. تونا و اوراک (Tuna & Orak, 2007) علت کاهش عملکرد گرامینه ها در کشت مخلوط با لگوم های دانه ای را به رقابت لگوم ها برای جذب عناصر غذایی یا کمبود انتقال نیتروژن نسبت داده اند. هاوگارد- نیلسمن و همکاران (Hauggard-Nielson *et al.,* 2009) در بررسی روی کشت مخلوط جو و نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) دریافتند که عملکرد گیاه جو در تمامی تیمارهای کشت مخلوط کمتر از کشت خالص این گیاه بود.

نتایج مطالعه ای نشان داد که اثر کشت مخلوط سه گونه آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز (*Phasaeolus vulgaris* L.) بر عملکرد دانه و بیولوژیک لوبیا معنی دار بود، به طور ی که در کشت خالص نسبت به ترکیب های مخلوط بیشتر بود (Koocheki *et al.,* 2016b). علیزاده (Alizadeh, 2009) در مطالعه ای روی اثر کشت مخلوط با ریحان (*Ocimum basilicum* L.) بر عملکرد لوبیا گزارش نمودند که اثر کشت مخلوط بر عملکرد اقتصادی لوبیا معنی دار بود و بالاترین عملکرد دانه را کشت خالص لوبیا دارا بود. علاوه بر این، با افزایش سهم حضور ریحان از عملکرد لوبیا کاسته شد که این امر نشاندهنده تأثیر رقابت درون گونه ای حضور کنجد در کنار کاهش فضای اختصاص یافته به لوبیا است. کاهش وزن دانه در کشت مخلوط به دلیل کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه ناشی از افزایش بکارگیری این مواد در رشد رویشی برای افزایش ارتفاع و تولید برگ با هدف غلبه در رقابت با گیاه همراه توسط بخیت و گلالا (Bakheit & Glala, 2002) نیز گزارش گردیده است.

وزن هزار دانه صفتی است که نسبت به سایر اجزای عملکرد کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می گیرد، ولی با افزایش نسبت کشت مخلوط کلزا، به دلیل افزایش رقابت، مواد فتوسنتزی کمتری به پر کردن دانه ها اختصاص یافته و وزن هزار دانه کاهش می یابد (Lafond, 1994). محققان در کشت مخلوط گندم و کلزا گزارش کردند که وزن هزار دانه گندم در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط بود که دلیل آن را به کاهش فرآورده های فتوسنتزی اختصاص یافته به مخازن فیزیولوژیکی در کشت مخلوط تحت تأثیر تشدید رقابت بین گونه ای نسبت دادند (Koocheki *et al.,* 2014a). پور امیر و همکاران (Pouramir *et al.,* 2010) در ارزیابی عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) و کنجد (*Sesamum indicum* L.) در کشت مخلوط دریافتند که وزن هزار دانه نخود در کشت خالص به دلیل عدم رقابت برون گونه ای و تولید مواد فتوسنتزی بیشتر نسبت به کشت مخلوط به طور معنی داری بالاتر بود. محققان دیگری در کشت مخلوط سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) با نخود و لوبیا گزارش کردند که وزن هزار دانه لوبیا در

www.SID.ir

Archive of SID

کشت خالص بیشتر از مخلوط بود (Koocheki *et al.*, 2014b).

اثر نسبت های کشت مخلوط افزایشی گندم با کلزا بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت کلزا

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر سال تنها وزن هزار دانه کلزا را به طور معنی داری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار داد. تاثیر ارقام گندم بر عملکرد دانه، عملکرد کاه و کلش و عملکرد بیولوژیک کلزا در سطح احتمال یک درصد و بر تعداد دانه در بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود. نسبت های کشت مخلوط افزایشی به طور معنی داری در سطح احتمال یک درصد عملکرد دانه، عملکرد کاه و کلش، عملکرد بیولوژیک، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه کلزا را تحت تأثیر قرار داد. مقایسه اثرات متقابل این عوامل بر هیچ یک از صفات کلزا معنی دار نشد (جدول ۵). همچنین شاخص برداشت کلزا تحت تاثیر ارقام گندم، نسبت های کشت مخلوط گندم با کلزا و اثرات متقابل آنها قرار نگرفت. عملکرد دانه، عملکرد کاه و کلش، عملکرد بیولوژیک، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه کلزا در سال اول به ترتیب برابر با ۳/۴، ۶/۷، ۵/۵، ۱/۱، ۵/۳ و ۹۰/۷ درصد بالاتر از سال دوم بدست آمد (جدول ۶).

کشت مخلوط رقم جدید سیروان با کلزا موجب افزایش معنی دار عملکرد دانه، بیولوژیک و کاه و کلش کلزا در مقایسه با سایر ارقام شد. تعداد نیام در بوته و وزن هزار دانه تحت تاثیر ارقام قدیم و جدید گندم قرار نگرفت و تعداد دانه در بوته ارقام قدیمی نسبت به جدید بیشتر بود (جدول ۶).

بالاترین مقدار عملکرد دانه، عملکرد کاه و کلش، عملکرد بیولوژیک، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه کلزا در نسبت کشت خالص کلزا به ترتیب برابر با ۹۲۳/۲۱ کیلوگرم در هکتار، ۱۸۱۵/۶ کیلوگرم در هکتار، ۲۷۳۸/۸ کیلوگرم در هکتار، ۶۳/۷۱ نیام در بوته، ۴۷/۲ دانه در بوته و ۴۷/۱ گرم مشاهده شد و کمترین مقادیر عملکرد دانه، عملکرد کاه و کلش، عملکرد بیولوژیک، تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در بوته کلزا به نسبت کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصدکلزا+ ۱۰۰ درصدگندم به ترتیب با ۳۷۱/۹۷ کیلوگرم در هکتار، ۶۴۹/۸ کیلوگرم در هکتار، ۱۰۲۱/۷ کیلوگرم در هکتار، ۳۳/۹۲ نیام در بوته و ۳۲۱/۱ دانه در بوته و پایین ترین میزان وزن هزار دانه کلزا به نسبت کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد کلزا+ ۵۰ درصد گندم با ۲/۳۶ گرم اختصاص داشت (جدول ۶).

به‌نظر می‌رسد که با افزایش نسبت حضور کلزا در کشت مخلوط به دلیل تشدید رقابت بین گونه ای برای جذب نور و مواد غذایی، در نتیجه انتقال مواد فتوسنتزی به دانه به‌خوبی صورت نگرفته که در نهایت، باعث کاهش عملکرد و اجزای آن در کشت مخلوط شده است (Undie *et al.*, 2012a, b). البته از آنجا که بین اجزای عملکرد رابطه جبرانی وجود دارد، لذا در شرایط کاهش برخی اجزا، دیگر

www.SID.ir

www.SID.ir

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سال، رقم گندم و نسبت‌های کاشت افزایشی بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت کلزا

Table 5. Analysis of variance (mean of squares) for the effects of year, wheat cultivar and wheat/canola intercropping ratios in additive series on yield, yield components and harvest index of canola

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد کاه و کلش Straw yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	تعداد نیام در بوته No. of pods per plant	تعداد دانه در بوته No. of seeds per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight	شاخص برداشت Harvest index
سال Year (Y)	1	10021.09^{ns}	105476.91^{ns}	180520.9^{ns}	7.91^{ns}	16572.2n^{s}	91.38**	13.54 ^{ns}
خطای ۱ First error	4	120515.2	791958.43	1519692.73	842.06	45306.82	13.29	116.23
ارقام گندم Wheat cultivars (W)	3	217658.3**	648876.67**	1614092.44**	193.86^{ns}	116837.29*	1.63^{ns}	25.28 ^{ns}
نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios (R)	4	1201527.3**	6096900.73**	12623712.91**	2910.32**	377148.8**	11.89**	268.05 ^{ns}
W ×R	12	14070.45^{ns}	51932.98^{ns}	116792.65^{ns}	313.1^{ns}	33492.39^{ns}	1.19^{ns}	15.95 ^{ns}
W ×Y	3	25257.96^{ns}	89959.72^{ns}	202258.64^{ns}	283.13^{ns}	12974.80^{ns}	0.16^{ns}	33.51 ^{ns}
R×Y	4	26491.64^{ns}	212144.36^{ns}	432596.58^{ns}	324.56^{ns}	61059.77^{ns}	0.72^{ns}	57.46 ^{ns}
W ×R×Y	12	12518.184^{ns}	63106.34^{ns}	131175.17^{ns}	160.91^{ns}	18189.21^{ns}	0.82^{ns}	31.92 ^{ns}
خطای ۲ Second error	76	13474.936	87229.87	167357.21	210.28^{ns}	28872.958	0.86^{ns}	37.56
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		21.51	22.11	28.03	21.28	27.53	23.15	15.54

ns، * و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, * and **: indicate non-significant and significant difference at 5 and 1 % probability levels, respectively.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر و نسبت‌های کاشت افزایشی با ارقام گندم بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در سال‌های اول و دوم

Table 6. Mean comparisons for the simple effects of year, wheat cultivar and wheat/canola intercropping ratios in additive series on yield and yield components of canola at the first and second years

تیمارها Treatments	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	عملکرد کاه و کلش Straw yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	تعداد نیام در بوته No. of pods per plant	تعداد دانه در بوته No. of seeds per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)
سال Year						
اول First	548.78 a*	949.56 a	1498.34 a	46.6 a	464.45 a	3.68 a
دوم Second	530.5 a	890.26 a	1420.76 a	46.1 a	440.95 a	1.93 b
ارقام گندم Wheat cultivars						
روشن Roshan	522.6 b	873.1 b	1395.7 b	49.9 a	537.1 a	3.1 a
طبسی Tabasi	450.6 c	782.9 b	1233.5 b	44.2 a	454.4 ab	2.6 a
پارسی Parsi	529.7 b	895.5 b	1425.2 b	44.9 a	430.5 b	2.8 a
سیروان Sirvan	655.6 a	1128.1 a	1783.7 a	46.4 a	388.9 b	2.7 a
نسبت‌های کاشت مخلوط افزایشی گندم با کلزا (٪) Wheat /canola intercropping ratios in additive series (%)						
100c:25w**	544.08 b	794.4 b	1338.4 b	41.04 bc	444.7 b	2.74 b
100c:50w	448.43 c	680.7 b	1129.2 bc	47.23 b	384.7 bc	2.36 b
100c:75w	410.5 cd	659.2 b	1069.7 c	45.89 b	458.4 b	2.38 b
100c:100w	371.97 d	649.8 b	1021.7 c	33.92 c	321.1 c	2.49 b
0c:100w	923.21 a	1815.6 a	2738.8 a	63.71 a	654.7 a	4.03 a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means with the same letter(s) in each column and for each factor are not significantly different based on LSD test at $p \leq 0.05$.

**: C و W: به ترتیب نشان‌دهنده کلزا و گندم

** C and W: are canola and wheat, respectively.

Archive of SID

Archive of SID

خصوصیات تا حدودی بهبود یافت. لسوینگ و فرانسیس (Lesoing & Francis, 1999) نیز در کشت مخلوط ذرت و سویا بیان کردند که رابطه مستقیمی بین عملکرد دانه و تعداد گیاه سویا وجود دارد. شفشک و همکاران (Shafshak *et al.,* 1989) اظهار داشتند که در کشت مخلوط آفتابگردان و سویا تعداد غلاف در بوته به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. جادوسکی و همکاران (Jadoski *et al.,* 2000) نیز طی آزمایشی روی نسبت‌های مختلف کشت لوبیا اعلام کردند که با افزایش نسبت کشت لوبیا، رقابت برای نور و مواد غذایی افزایش یافته و تعداد نیام در بوته کاهش می‌یابد. موخالا و همکاران (Mukhala *et al.,* 1999) با تحقیق روی کشت مخلوط ذرت و لوبیا بیان کردند که با افزایش نسبت کشت لوبیا در کشت مخلوط از وزن دانه آن کاسته شد. در مطالعه ای دیگر، کوچکی و همکاران (Koocheki *et al.,* 2008) با بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا اعلام کردند که وزن صد دانه لوبیا تحت تأثیر قرار نگرفت؛ در حالی که رضوان بیدختی (Rezvan Beydokhti, 2005) بیان کرد که با جابه‌جایی از کشت خالص به سمت مخلوط وزن دانه لوبیا کاهش یافت. رحیمی و همکاران (Rahimi *et al.,* 2002) در نسبت های مختلف کشت مخلوط ذرت و سویا بیان کردند که نسبت‌های کشت مخلوط تأثیری بر روی شاخص برداشت تأثیری نداشت که این امر می‌تواند از تغییرات هماهنگ عملکرد دانه و بیولوژیک در واحد سطح ناشی شود.

شاخص های کارایی مصرف نور گندم و کلزا

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر سال بر کارایی مصرف نور گندم بر اساس ماده خشک کل و عملکرد اقتصادی و کارایی مصرف نور گندم و کلزا بر اساس ماده خشک کل و عملکرد اقتصادی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. اثر کشت مخلوط با ارقام گندم کارایی مصرف نور گندم بر اساس عملکرد اقتصادی، کارایی مصرف نور کلزا بر اساس ماده خشک کل و عملکرد اقتصادی و کارایی مصرف نور گندم و کلزا بر اساس عملکرد اقتصادی را تحت تأثیر معنی داری در سطح احتمال یک درصد قرار داد. نسبت های مخلوط سری های افزایشی با کلزا به طور معنی داری در سطح احتمال یک درصد کارایی مصرف نور گندم بر اساس ماده خشک کل و عملکرد اقتصادی، کارایی مصرف نور کلزا بر اساس ماده خشک کل و عملکرد اقتصادی و کارایی مصرف نور گندم و کلزا بر اساس عملکرد اقتصادی را تحت تأثیر قرار داد. در مقایسه اثرات متقابل این عوامل بر شاخص های کارایی مصرف نور مشخص گردید که اثر متقابل دوگانه سال در نسبت های کشت مخلوط افزایشی بر کارایی مصرف نور گندم و کلزا معنی دار نبود (جدول ۷).

www.SID.ir

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سال، رقم و نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی بر کارایی مصرف نور گندم و کلزا

Table 7. Analysis of variance (mean of squares) for the effects of years, cultivar and intercropping ratios in additive series on radiation use efficiency of wheat and canola

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	گندم Wheat		کلزا Canola		گندم و کلزا Wheat and canola	
		کارایی مصرف نور (عملکرد اقتصادی) Radiation use efficiency (economic yield)	کارایی مصرف نور (ماده خشک کل) Radiation use efficiency (total dry matter)	کارایی مصرف نور (عملکرد اقتصادی) Radiation use efficiency (economic yield)	کارایی مصرف نور (عملکرد اقتصادی) Radiation use efficiency (economic yield)	کارایی مصرف نور (ماده خشک کل) Radiation use efficiency (total dry matter)	کارایی مصرف نور (عملکرد اقتصادی) Radiation use efficiency (economic yield)
سال Year (Y)	1	0.724 **	0.07**	0.0004ns	0.000001ns	0.573 **	0.067**
خطای ۱ First error	4	0.039	0.012	0.0099	0.0007	0.022	0.008
ارقام گندم Wheat cultivars (W)	3	0.022 ns	0.018**	0.009**	0.0013**	0.027 ns	0.019**
نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios (R)	4	0.209 **	0.051**	0.076**	0.0072**	1.626 ns	0.207**
W ×R	12	0.011 ns	0.003ns	0.0008ns	0.00009ns	0.011 ns	0.002ns
W ×Y	3	0.013 ns	0.001ns	0.001ns	0.00013ns	0.011 ns	0.001ns
R×Y	4	0.018 ns	0.0015ns	0.0004ns	0.00003ns	0.009 ns	0.0 05ns
W ×R×Y	12	0.009 ns	0.0008ns	0.0007ns	0.00009ns	0.009 ns	0.0006ns
خطای ۲ Second error	76	0.014	0.0018	0.001	0.00009	0.013	0.002
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		16.09	16.98	27.95	22.11	16.68	16.98

ns، * و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

ns, * and **: indicate non-significant and significant difference at 5 and 1 % probability levels, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

مقایسه میانگین داده ها نشان داد که شاخص های کارایی مصرف نور در کشت مخلوط دو گیاه گندم و کلزا در سال اول بالاتر از سال دوم بود؛ به طوری که کارایی مصرف نور گندم بر اساس ماده خشک کل و عملکرد اقتصادی، کارایی مصرف نور کلزا بر اساس ماده خشک کل و کارایی مصرف نور گندم و کلزا بر اساس ماده خشک کل و عملکرد اقتصادی در سال اول به ترتیب ۱۴/۳، ۲۲/۷، ۹/۱، ۲۰/۶ و ۲۳/۸ درصد بالاتر از سال دوم محاسبه شد. اگرچه از نظر کارایی مصرف نور گندم و کارایی مصرف نور گندم و کلزا بر اساس ماده خشک کل تفاوت معنی داری بین ارقام جدید و قدیم مشاهده نشد، ولی بالاترین کارایی مصرف نور کلزا (بر اساس ماده خشک کل و عملکرد اقتصادی به ترتیب با ۰/۱۳۸ و ۰/۰۵۱ مگاژول بر گرم) و کارایی مصرف نور گندم و کلزا بر اساس ماده خشک کل با ۰/۷۱ مگاژول بر گرم برای کشت مخلوط با رقم سیروان بدست آمد. به طور کلی، روند مشخصی از نظر کارایی مصرف نور بین ارقام قدیم و جدید گندم مشاهده نشد. بیشترین کارایی مصرف نور گندم بر اساس ماده خشک کل و عملکرد اقتصادی برای کشت خالص گندم (به ترتیب با ۰/۸۹ و ۰/۳۲ مگاژول بر گرم) و کمترین میزان این صفات به ترتیب برای کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد کلزا+گندم (با ۰/۶۶ مگاژول بر گرم) و کشت مخلوط افزایشی ۷۵ درصد کلزا+گندم و کشت مخلوط افزایشی ۷۵ درصد کلزا+گندم (با ۰/۲۱ مگاژول بر گرم) بدست آمد. بالاترین کارایی مصرف نور کلزا بر اساس ماده خشک کل و عملکرد اقتصادی برای کشت خالص کلزا (به ترتیب با ۰/۲۱۲ و ۰/۰۷۲ مگاژول بر گرم) و کمترین میزان این صفات برای کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد کلزا+گندم (به ترتیب با ۰/۰۷۹ و ۰/۰۲۹ مگاژول بر گرم) مشاهده شد. بیشترین کارایی مصرف نور گندم و کلزا بر اساس ماده خشک کل و عملکرد اقتصادی این دو گیاه مربوط به کشت خالص گندم (به ترتیب با ۰/۸۹ و ۰/۳۲ مگاژول بر گرم) و پایین ترین میزان این صفات مربوط به کشت خالص کلزا (به ترتیب با ۰/۱۸ و ۰/۰۶ مگاژول بر گرم) بود (جدول ۸).

وجود تفاوت‌های زراعی و ژنتیکی بین ارقام می‌تواند تفاوت در کارایی مصرف نور در آن‌ها را توجیه می کند. نتایج برخی تحقیقات حاکی از این است که پتانسیل بالاتر عملکرد ارقام پاکوتاه (جدید) در مقایسه با ارقام پابلند (قدیمی) اغلب از طریق تسهیم ماده خشک بیشتر به دانه (افزایش شاخص برداشت دانه) اتفاق افتاده و افزایش تولید ماده خشک، کارایی مصرف نور و یا فتوسنتز، کمتر مورد توجه محققان قرار گرفته است (Slafer & Andrade, 1991; Cox *et al.,* 1988; Austin, 1999; Brancourt-Hulmel *et al.,* 2003; Slafer & Araus, 2007). بر این اساس، بنظر می رسد یکی از راهکارهای بهبود کارآیی مصرف نور در گیاه گندم، اصلاح ارقامی با سطح برگ گسترده‌تر است.

نتایج مطالعه لسوینگ و فرانسیس (Lesoing & Francis, 1999) نشان داد که با افزایش تعداد بوته به‌دلیل توسعه پوشش گیاهی بر سطح خاک و افزایش نور جذب شده عملکرد افزایش یافت. نتایج برخی دیگر

www.SID.ir

www.SID.ir

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر ساده ارقام و نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی بر کارایی مصرف نور (مگاژول بر گرم) گندم و کلزا در سال‌های اول و دوم

Table 8. Mean comparisons for the simple effects of cultivar and intercropping ratios in additive series on radiation use efficiency (MJ. g^{-1}) of wheat and canola at the first and second years

تیمارها Treatments	گندم Wheat		کلزا Canola		گندم و کلزا Wheat and canola	
	کارایی مصرف نور (ماده خشک کل) Radiation use efficiency (total dry matter)	کارایی مصرف نور (عملکرد اقتصادی) Radiation use efficiency (economic yield)	کارایی مصرف نور (ماده خشک کل) Radiation use efficiency (total dry matter)	کارایی مصرف نور (عملکرد اقتصادی) Radiation use efficiency (economic yield)	کارایی مصرف نور (ماده خشک کل) Radiation use efficiency (total dry matter)	کارایی مصرف نور (عملکرد اقتصادی) Radiation use efficiency (economic yield)
سال Year						
اول First	0.8 a	0.27 a	0.12 a	0.04 a	0.76 a	0.26 a
دوم Second	0.7 b	0.22 b	0.11 a	0.04 a	0.63 b	0.21 b
ارقام گندم Wheat cultivars						
روشن Roshan	0.78 a	0.27 a	0.108 b	0.041 b	0.72 a	0.25 a
طبسی Tabasi	0.72 a	0.26 a	0.096 b	0.036 b	0.66 a	0.25 a
پارسی Parsi	0.72 a	0.26 a	0.109 b	0.041 b	0.67 a	0.25 a
سیروان Sirvan	0.74 a	0.21 b	0.138 a	0.051 a	0.71 a	0.20 b
نسبت‌های کاشت مخلوط افزایشی گندم با کلزا (٪) Wheat /canola intercropping ratios in additive series (%)						
100w:0c**	0.89 a	0.32 a	-	-	0.89 a	0.32 a
100w:25c	0.74 b	0.26 b	0.103 b	0.043 b	0.82 b	0.29 b
100w:50c	0.74 b	0.24 b	0.087 bc	0.035 c	0.81 b	0.27 c
100w:75c	0.67 bc	0.21 c	0.082 c	0.032 cd	0.72 c	0.24 d
100w:100c	0.66 c	0.21 c	0.079 c	0.029 d	0.73 c	0.23 d
0w:100c	-	-	0.212 a	0.072 a	0.18 d	0.06 e

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means with the same letter(s) in each column and for each factor are not significantly different based on LSD test at $p \leq 0.05$.

**: C و W: به ترتیب نشان‌دهنده کلزا و گندم

** C and W: are canola and wheat, respectively.

Archive of SID

Archive of SID

از بررسی ها (Taifehnoori, 2003; Pour Tagi, 2003) نشان داده است که با افزایش نسبت کاشت لوبیا عملکرد ماده خشک و عملکرد دانه در واحد سطح افزایش یافته و بیش‌ترین میزان در نسبت‌های بالای کشت حاصل شد. بر این اساس، به‌نظر می‌رسد که با افزایش نسبت کاشت، شاخص سطح برگ کافی برای دریافت نور طی مرحله پُرشدن دانه بر سطح خاک ایجاد شده و متعاقباً کارایی مصرف نور افزایش می‌یابد که این مسئله از طریق افزایش نور جذب شده سبب افزایش عملکرد دانه در واحد سطح شده است.

نسبت برابری زمین

اثر سال بر نسبت برابری زمین جزئی کلزا در سطح احتمال پنج درصد و بر نسبت برابری زمین گندم و نسبت برابری زمین کل در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. اثر کشت مخلوط با ارقام گندم به طور معنی داری در سطح احتمال یک درصد نسبت برابری زمین جزئی گندم و کلزا را تحت تأثیر قرار داد. اثر نسبت های کشت مخلوط با کلزا سری های افزایشی بر نسبت برابری زمین جزئی گندم و کلزا و نسبت برابری زمین کل در سطح احتمال یک درصد

جدول ۹- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر ارقام گندم و نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی با کلزا بر نسبت برابری زمین

Table 9. Analysis of variance (mean of squares) for the effects of wheat cultivar and wheat/canola intercropping ratios in additive series on land equivalent ratio

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	نسبت برابری زمین جزئی گندم Partial LER of wheat	نسبت برابری زمین جزئی کلزا Partial LER of canola	نسبت برابری زمین کل Total LER
سال Year (Y)	1	0.25**	0.05*	0.44**
خطای ۱ First error	4	0.02	0.03	0.03
ارقام گندم Wheat cultivars (W)	3	0.11**	0.04**	0.027ns
نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios (R)	4 (5δ)	0.48**	1.41**	0.634**
W ×R	12 (15)	0.019ns	0.01ns	0.02ns
W ×Y	3	0.018ns	0.02ns	0.039ns
R×Y	4 (5)	0.018ns	0.03ns	0.006 ns
W ×R×Y	12 (15)	0.006ns	0.01ns	0.016ns
خطای۲ Second error	76 (92)	0.014	0.01	0.015ns
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		15.1	15.39	10.7

ns، * و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

δ: درجه آزادی نسبت برابری زمین کل

ns, * and **: indicate non-significant and significant difference at 5 and 1 % probability levels, respectively.

δ: df of total land equivalent ratio

www.SID.ir

Archive of SID

معنی دار بود. در مقایسه اثرات متقابل روی نسبت برابری زمین جزئی و کل مشخص شد که تنها اثر دوگانه سال در نسبت های کشت مخلوط افزایشی با کلزا بر نسبت برابری زمین جزئی کلزا و نسبت برابری زمین کل معنی دار بود (جدول ۹).

نتایج این آزمایش نشان داد که در هر دو سال آزمایش در کلیه نسبت‌های کشت مخلوط ارقام گندم با کلزا، اجرای کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی هر یک از آن‌ها برتری دارد و بالاترین نسبت برابری زمین با ۱/۴۱ برای کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد کلزا+گندم به‌دست آمد (جدول ۱۰). نسبت برابری زمین جزئی گندم و کلزا و نسبت برابری زمین کل در سال اول به ترتیب ۱۲/۱۶، ۷/۱۴ و ۱۰/۱۹ درصد بالاتر از سال دوم محاسبه گردید. در کشت مخلوط ارقام مختلف گندم با کلزا، رقم گندم اثر معنی داری بر نسبت برابری زمین کل نداشت، اما نسبت برابری زمین جزیی گندم در ارقام قدیمی گندم حدود ۱۳ درصد بیشتر از ارقام جدید بود و بالاترین نسبت مربوط به رقم روشن بود. در حالی که در خصوص نسبت برابری زمین جزئی کلزا بالاترین نسبت برابری زمین در شرایط مخلوط با سیروان به دست آمد. با افزایش حضور کلزا از ۲۵ به ۱۰۰ درصد در نسبت های کشت مخلوط با گندم نسبت برابری زمین جزئی گندم و کلزا و نسبت برابری زمین کل به ترتیب ۲۹/۶۹، ۴۱/۴۶ و ۳۴/۲۹ درصد افزایش یافت (جدول ۱۰). با مقایسه LER جزئی دو گیاه گندم و کلزا مشخص است که LER جزئی گندم بالاتر از LER جزئی کلزا بود که گندم از حضور کلزا در کشت مخلوط اثر مثبت تری پذیرفته است.

علت برتری کشت مخلوط دو گونه گندم و کلزا نسبت به تک کشتی و بهبود نسبت برابری زمینی مربوط به اثر مکملی و تفاوت های زمانی و مکانی آنها تحت تاثیر صفات مورفولوژیکی متفاوت و تراکم مناسب در استفاده بهینه از منابعی نظیر نور، نیتروژن و آب می باشد. بر این اساس بنظر می رسد که در هر دوسال، در شرایط کشت مخلوط با تمام ارقام گندم و تحت تأثیر نسبت های کشت مخلوط افزایشی با کلزا تسهیل بین گونه ای بیشتر از رقابت بین گونه ای بوده است (Vandermeer, 1989). گیاهان همراه در چند کشتی به علت تفاوت های زمانی و مکانی در صفات رشد و گونه های مختلف زراعی، می توانند نسبت به تک کشتی، عناصر غذایی را به نحو بهتری از خاک جذب کنند (Zheng *et al.,* 2003). در کشت مخلوط، وقتی دو گونه با خصوصیات رشدی متفاوت در کنار هم قرار می گیرند از منابع محیطی بهتر استفاده می نمایند و رقابت کمتری در جذب آب، مواد غذایی و نور ایجاد می کنند که باعث افزایش مزایای حضور دو گیاه در کشت مخلوط در مقایسه با تک کشتی می شود (Borghi *et al.,* 2013; Yousefnia *et al.,* 2015). بهبود راندمان مصرف عناصر غذایی در چند کشتی در مقایسه با تک کشتی ممکن است از این طریق قابل توصیف باشد که دو گونه در چند کشتی دقیقاً برای منابع غذایی یکسان رقابت نمی کنند و بنابراین، حالت تکمیل کنندگی را افزایش می دهند (Hauggaard-Nielsen *et al.,* 2001).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثر ارقام گندم و نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی با کلزا بر نسبت برابری زمین

Table 10. Mean comparisons for the effects of wheat cultivar and wheat/canola intercropping ratios in additive series on land equivalent ratio

تیمارها Treatments	نسبت برابری زمین جزئی گندم Partial LER of wheat	نسبت برابری زمین جزئی کلزا Partial LER of canola	نسبت برابری زمین کل Total LER
سال Year			
اول First	0.83 a*	0.60 a	1.19 a
دوم Second	0.74 b	0.56 b	1.08 b
ارقام گندم Wheat cultivars			
روشن Roshan	0.85 a	0.550 b	1.17 a
طبسی Tabasi	0.81 a	0.566 b	1.15 a
پارسی Parsi	0.75 b	0.582 b	1.12 a
سیروان Sirvan	0.71 b	0.634 a	1.11 a
نسبت‌های کاشت مخلوط افزایشی گندم با کلزا (٪) Wheat /canola intercropping ratios in additive series (%)			
100w:0c**	1 a	-	1 d
100w:25c	0.83 b	0.58 b	1.41 a
100w:50c	0.77 b	0.48 c	1.24 b
100w:75c	0.67 c	0.44 cd	1.11 c
100w:100c	0.64 c	0.41 d	1.05 cd
0w:100c	-	1 a	1 d

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means with the same letter(s) in each column and for each factor are not significantly different based on LSD test at $p \leq 0.05$.

**: C و W: به ترتیب نشان‌دهنده کلزا و گندم

** C and W: are canola and wheat, respectively.

اگر چه نسبت برابری زمین به‌طور مستقیم شاخص تعیین‌کننده وضعیت رقابت در کشت مخلوط نمی‌باشد، اما از آنجاکه به‌طور غیرمستقیم معیاری از تأثیر رقابت بر عملکرد هر یک از گیاهان در مخلوط و نیز عملکرد نهایی مخلوط می‌باشد؛ لذا می‌توان آن را به عنوان شاخصی از وضعیت رقابت در جامعه گیاهی مخلوط در نظر گرفت (Gliessman, 1995). بر این اساس، اگرچه با افزایش درصد حضور کلزا در کشت مخلوط افزایشی با گندم به دلیل تشدید رقابت بین گونه ای و کاهش عملکرد، نسبت برابری زمین کاهش یافت، ولی بنظر می رسد که حضور این دو گیاه در کنار یکدیگر در صورت انتخاب تراکم و به خصوص تاریخ

www.SID.ir

Archive of SID

کشت مناسب می تواند از طریق افزایش کارایی مصرف منابع مزایای فراوانی به همراه داشته باشد.

نتیجه گیری

نتایج آزمایش حاکی از آن است که عملکرد هر دو گیاه گندم و کلزا به طور معنی داری تحت تأثیر نسبت های کشت مخلوط افزایشی و رقم قرار گرفت؛ به طوری که عملکرد هر دو گونه در کشت مخلوط بر اثر افزایش رقابت بین گونه ای و کاهش فضای قابل دسترس کاهش یافت. با این وجود بدلیل ویژگی های متفاوت دو گیاه در استفاده از منابع نور، نیتروژن و آب نسبت برابری زمین افزایش یافت. ارقام جدید گندم قابلیت ترکیب پذیری بالاتری با کلزا دارند. البته کارایی مصرف نور و نسبت برابری زمین در مقایسه کشت مخلوط ارقام جدید و قدیم گندم تفاوت معنی داری مشاهده نشد.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوهه طرح شماره ۳۲۶۹۳ مصوب ۱۳۹۳/۰۹/۲۹ معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تامین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می شود.

www.SID.ir

Archive of SID

References

Alizadeh, Y. 2009. Effects of intercropping beans and basil on yield and weed control. Master Thesis. College of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Abstract)

Altieri, M.A. 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93: 1–24.

Austin, R.B. 1999. Yield of wheat in the United Kingdom: recent advances and prospects. *Crop Science,* 39: 1604–1610.

Awal, M.A., Koshi, H., and Ikeda, T. 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. *Agricultural and Forest Meteorology*, 139: 74–83.

Bakheit, B.R., and Glala, A.Y. 2002. Intercropping faba bean with some legumes crops for control (*Orobanch crenata* L.). *Acta Agronomica Hungarica,* 50(1): 1-60.

Borghi, E., Crusciol, C.A.C., Nascente, A.S., Sousa, V.V., Martins, P.O., Mateus, G.P., and Costa, C. 2013. Sorghum grain yield, forage biomass production and revenue as affected by intercropping time. *European Journal of Agronomy*, 51: 130-139.

Brancourt-Hulmel, M., Doussinault, G., Lecomte, C., Bérard, P., Le Buanec, B., and Trottet, M. 2003. Genetic improvement of agronomic traits of winter wheat cultivars released in France from 1946 to 1992. *Crop Science,* 43: 37-45.

Brooker, R.W., Bennett, A.E., Cong, W.F., Daniell, T.J., George, T.S., Hallett, P.D., Hawes, C., Iannetta, P.P.M., Jones, H.G., Karley, A.J., Li, L., McKenzie, B.M., Pakeman, R.J., Paterson, E., Sch€ob, C., Shen, J., Squire, G., Watson, C.A., Zhang, C., Zhang, F., Zhang, J., and White, P.J. 2015. Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytologist*, 206: 107–117.

Chen, F., and Mi, G. 2012. Comparison of nitrogen accumulation and nitrogen utilization efficiency between elite inbred lines and the landraces of maize. *Acta Agriculture Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, 62: 565–569.

Cox, T.S., Shroyer, J.P., Ben-Hui, L., Sears, R.G., and Martin, T.J. 1988. Genetic improvement in agronomic traits of hard red winter wheat cultivars from 1919 to 1987. *Crop Science*, 28: 756–760.

Dai, J., Bean, B., Brown, B., Bruening, W., Edwards, J., Flowers, M., Karow, R., Lee, C., Morgan, G., Ottman, M., Ransom, J., and Wiersma, J. 2016. Harvest

www.SID.ir

Archive of SID

index and straw yield of five classes of wheat. *Biomass and Bioenergy*, 85: 223-227.

Gliessman, S.R. 1995. Agroecology, researching the ecological basis for sustainable agriculture. Springer-Verlag, New York, Inc. 380 pp.

Goudriaan, J., and Van Laar, H.H. 1993. Modelling potential crop growth processes. Kluwer Academic Press, the Netherland.

Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P., and Jensen, E.S. 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. *Field Crops Research*, 70: 101-109.

Hauggaard-Nielsen, H., Gooding, M., Ambus, P., Corre-Hellou, G., Crozat, Y., Dahlmann, C., Dibet, A., Von Fragstein, P., Pristeri, A., Monti, M., and Jensen, E.S. 2009. Pea–barley intercropping for efficient symbiotic N_2-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. *Field Crops Research,* 113: 64-71.

Jadoski, S.O., Carlesso, R., Wolschick, D., Petry, T., and Frizzo, Z. 2000. Plant population and row spacing for irrigated dry bean. II: Grain yield and yield components. *Brazilian Ciencia Rural*, 30: 567-573.

Koc, M., Barutcular, C., and Genc, I. 2003. Photosynthesis and productivity of old and modern durum wheats in a Mediterranean Environment. *Crop Science*, 43: 2089-2098.

Koocheki, A., Khorramdel, S., Fallahpour, F., and Melati, F. 2013. Evaluation of radiation absorption and use efficiency in row intercropping of wheat (*Triticum aestivum* L.) and canola (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 11(4): 533-542. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Asadi, G.A., Bicharanlou, B., and Bagheri Shirvan, M. 2016. Elimination of irrigation restriction in spring corn planting by relay-intercropping with canola. *Journal of Agroecology*, in Press (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Fallahpour, F., Khorramdel, S., and Jafari, L. 2014a. Intercropping wheat (*Triticum aestivum* L.) with canola (*Brassica napus* L.) and their effects on yield, yield components, weed density and diversity. *Journal of Agroecology* 1(6): 11-20. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Laleghani, B., and Najibnia, S. 2008. Evaluation of intercropping beans and corn production. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7: 605-614. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Borumand Rezazadeh, Z., Jahani. M., and Jafari, L. 2014b. Yield responses of black cumin (*Nigella sativa* L.) to intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.) and bean (*Phaseoluse*

www.SID.ir

Archive of SID

vulgaris L.). *Iranian Journal of Field Crops Research,* 12(1): 1-8. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nourbakhsh, F., and Cheshmi, M. 2016a. Assessment of yield, nitrogen and phosphorus use efficiency in wheat and canola. *Iranian Journal of Field Crops Research,* 15(3): 559-574. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Zarghani, H., Norooziyan, A. 2016b. Comparison of yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.), sesame (*Sesamum indicum* L.) and red bean (*Phaseolus calcaratus*) under different intercropping arrangements. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 14(2): 226-243. (In Persian with English Summary)

Lafond, G.P. 1994. Effects of row spacing, seeding rate and nitrogen on yield of barley and wheat under zero- till management. *Canadian Journal of Plant Science*, 74: 703-711.

Lee, E.A., and Tollenaar, M. 2007. Physiological basis of successful breeding strategies for maize grain yield. *Crop Science,* 47: S202–S215.

Lesoing, G.W., and Francis, A.C. 1999. Strip intercropping effects on yield and yield components of corn, grain sorghum, and soybean. *Agronomy Journal*, 91: 804-813.

Lithourgidis, A.S., Dordas, C.A., Damalas, C.A., and Vlachostergios, D.N. 2011. Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science*, 5(4): 396-410.

Mohammadi, S., Khalil Agdam, N., Khoshnejad, A., Pour yousef, M., and Jalilnejad, N. 2013. Mixed-cropping and its effects on yield and agronomical traits of barley (*Hordeum vulgar* L.) and berseem clover (*Trifolium alexanderium* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*, 7(2): 229-239. (In Persian with English Summary)

Mukhala, E., Juger, J.M., and Vanrensburg, L.D. 1999. Dietary nutrient deficiency in small-scale farming communities in South Africa benefits of intercropping maize and beans. *Nutrition Research*, 19(4): 629-641.

Najibnia, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Porsa, H. 2014. Water capture, and use efficiency and productivity in sole and intercropping of rapeseed (*Brassica napus* L.), bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and corn (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(2): 153-163. (In Persian with English Summary)

Poggio, S.L. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. *Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment*, 109: 48–58.

Pour Tagi, N. 2003. Intercropping corn and common bean. M.Sc. Thesis, University

www.SID.ir

Archive of SID

of Tabriz, Tabriz, Iran. Pp. 90. (In Persian)

Rahimi, M., Mazaheri, D., Khodabande, N., and Heidari Sharif Abad, H. 2002. Study of yield and Component yield of corn and soybean in intercropping. *Pazhouhesh and Sazandegi*, (55): 45-51. (In Persian with English Summary)

Rezvan Beydokhti, S. 2005. Comparison of different intercropping arrangement of corn and bean. MSc Thesis, College of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Shafshak, S.E., Shokre, E.S., and Ahmar, B.A. 1989. Studies on soybean and sunflower intercropping, plant characteristics, yield and yield components of soybean sunflower. *Field Crops Research*, 10: 41-56. (In Persian with English Summary)

Slafer, G.A., and Andrade, F.H. 1991. Changes in physiological attributes of the dry matter economy of bread wheat (*Trtiticum aestivum*) through genetic improvement of grain yield potential at different regions of the world. *Euphytica,* 58:37–49.

Slafer, G.A., and Araus, J.L. 2007. Physiological traits for improving wheat yield under a wide range of conditions. In: Scale and Complexity in Plant Systems Research: Gene-Plant-Crop Relations. pp. 145–154. Spiertz, J.H.J., Struik, P.C., and van Laar, H.H. Springer, Dordrecht.

Sobkowicz, P. 2006. Competition between triticale and field beans in additive intercrops. *Plant, Soil and Environment*, 52: 42-54.

Taifehnoori, M. 2003. Intercropping of corn and pinto bean. MSc Thesis University of Tabriz, Tabriz, Iran Pp. 83. (In Persian)

Tanzeelur, R., Xin, L., Sajad, H., Shoaib, A., Guopeng, C., Feng, Y., Lilian, C., Junbo, D., Weiguo, L., and Wenyu, Y. 2017. Water use efficiency and evapotranspiration in maize-soybean relay strip intercrop systems as affected by planting geometries. *PLoS ONE,* 12(6).

Tsubo, M., Walker, S., and Mukhala, E. 2001. Comparison of radiation use efficiency of mono/intercropping system with different row orientation. *Field Crops Research*, 71: 17-29.

Tuna, C., and Orak, A. 2007. The role of intercropping on yield potential of common vetch/oat cultivated in pure stand and mixtures. *Journal of Agriculture Biological Science*, 2: 14-19.

Undie, U.L., Uwah, D.F., and Attoe, E.E. 2012a. Effect of intercropping and crop arrangement on yield and productivity of late season maize/soybean mixtures in the humid environment of South Southern Nigeria. *Journal of Agricultural Science*, 4(4): 37-50.

Undie, U.L., Uwah, D.F., and Attoe, E.E. 2012b. Growth and development

www.SID.ir

Archive of SID

of late season maize/soybean intercropping in response to nitrogen and crop arrangement in the forest agro-ecology of South Southern Nigeria. *International Journal of Agricultural Research*, 7: 1-16.

Vandermeer, J., Van Noordwijk, M., Anderson, J., Ong, C., and Perfecto, I. 1998. Global change and multi-species agroecosystems: concepts and issues. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 67: 1-22.

Wezel, A., Bellon, S., Dore, T., Francis, C., Vallod, D., and David, C. 2009. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(4): 503–515.

White, E.M., and Wilson, F.E.A. 2006. Responses of grain yield, biomass and harvest index and their rates of genetic progress to nitrogen availability in ten winter wheat varieties. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 45: 85–101.

Yahuza, I. 2011. Review of radiation interception and radiation use efficiency in intercropping in relation to the analysis of wheat/faba bean intercropping system. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences,* 1(5): 1-15.

Yanka, K.M., and Donka, R.D. 2015. The role of agroecosystems diversity towards sustainability of agricultural systems. 147th EAAE Seminar 'CAP Impact on Economic Growth and Sustainability of Agriculture and Rural Areas'. October 7-8, Sofia, Bulgaria.

Yousefnia, M., Banayan Aval, M., and Khorramdel, S. 2015. Evaluation of radiation use and interception of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) and dill (*Anethum graveolens* L.) intercropping canopy. *Journal of Agroecology*, 7(3): 381-396. (In Persian with English Summary)

Zheng, Y., Zhang, F., and Li, L. 2003. Iron availability as affected by soil moisture in intercropped peanut and maize. *Journal Plant Nutrient*, (26): 2425- 2437.

www.SID.ir

Archive of SID

Evaluation of old and new wheat varieties for their compatibility with canola in additive series of intercropping

A. Koocheki[1*], M. Nassiri Mahallati[1], L. Jafari[2], S. Khorramdel[3], A. Gholizadegan[4]

1. Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad (Corresponding author)
2. Assistant Professor of College of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Iran
3. Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad
4. MSc student of Ferdowsi University of Mashhad

Received: April 2018 - Accepted: August 2019 - DOI: 10.22092/aj.2019.121409.1278

Extended Abstract

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., , Jafari, L., Khorramdel, S., Gholizadegan, A. -Evaluation of old and new wheat varieties for their compatibility with canola in additive series of intercropping
Applied Research in Field Crops Vol 32, No. 02, 2019- Page: 19-21: 130-155(in Persian)

Introduction: Wheat breeders have been constantly striving to develop new varieties with improved productivity and yield as well as higher resistance to pests and diseases. These varieties are being released frequently and replace the existing ones on the basis of their performance under open-field conditions. Intercropping has been widely applied to reduce soil erosion and water loss, to restore ecological balance, to improve radiation and nutrient use efficiency (Awal *et al.,* 2006; Brooker *et al.,* 2015), to raise land equivalent rate and to increase economic benefits (Gliessman, 1995). Therefore, intercropping is regarded as more productive than monoculture in terms of land use efficiency. Higher nutrient uptake and better water use efficiency have also been suggested as additional advantages associated with intercropping, however, they are needed to be evaluated for each different combination of crops used in intercropping systems. The objective of the present work was to determine the competitiveness of old and new wheat cultivars in mixed intercropping with canola in additive series and also to evaluate the yield, yield components, radiation use efficiency and land equivalent ratio of the wheat/ canola intercropping under climatic conditions of Mashhad.

Materials and Methods: This experiment was conducted as factorial layout based on a randomized complete block design with three replications at the agricultural research station of Ferdowsi university of Mashhad, Iran during two growing

Email address of the corresponding author: akooch@um.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

seasons of 2014-2015 and 2015-2016. The first and the second factors were wheat varieties (the old: Roshan and Tabasi and the new: Parsi and Sirvan) and mixed intercropping ratios of wheat and canola in additive series (0:100, 25:100, 50:100, 75:100, 100:100 and 100:0), respectively. The investigated traits were as follows: seed, biological and straw yield of wheat and number of pods per plant, number of seeds per plant, 1000-seed weight, seed, biological and straw yield of canola, radiation use efficiency based on seed yield and total dry matter per area of land

The advantage of intercropping over monoculture was evaluated by using land equivalent ratio (LER). It is one of the common way of measuring yield advantages of intercrops over monoculture. LER is defined as the relative land area under monoculture that is required to produce the same yield achieved in the intercrop. LER for the wheat-canola intercrop was computed on the basis of seed yield in both monoculture and intercrop, as the sum of partial LER value for wheat and canola. The statistical software program SAS 9.1 was used to perform analysis of variance. All the means were compared according to least significant test ($p \leq 0.05$)

Results and Discussion: The results showed that the highest wheat yield and yield components, except for 1000-seed weight, were obtained under monoculture. By increasing the proportion of canola to 75%, a significant decrease was observed in seed yield and biological yield of wheat. There was a significant increase in seed yield of new wheat varieties compared to Tabasi as an old variety while the biological yield was not affected by the variety. As compared to the other wheat variety, in the presence of the new variety Sirvan, seed and biological yield and radiation use efficiency of canola were significantly increased. However, among the different wheat varieties, there was no significant difference in radiation use efficiency. The maximum land equivalent ratio (1.41) was achieved with 25% canola+100% wheat.

Conclusion: The results revealed that the yields of wheat and canola were significantly affected by mixed intercropping ratios and wheat varieties in which the yield of both crops was reduced due to competition. However, due to the distinct characteristics of these two crop plants in terms of water consumption and utilization of radiation and nutrient resources, land use efficiency was increased in their intercrop. Radiation use efficiency and land equivalent ratio indices indicate that the intercropping of old and new wheat varieties and canola is more efficient that their monoculture. New varieties of wheat appear to perform better when intercropped with canola. However, there were no significant differences in radiation use efficiency and land equivalent ratio between the old and the new wheat varieties.

www.SID.ir

Archive of SID

Acknowledgement: This research (32693) was funded by Vice Chancellor for Research of Ferdowsi University of Mashhad, which is hereby acknowledged.

Keywords: Mixed intercropping, radiation use efficiency, additive replacement, oil crops, Poaceae

References

Awal, M.A., Koshi, H., and Ikeda, T. 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. *Agricultural and Forest Meteorology*, 139: 74–83.

Brooker, R.W., Bennett, A.E., Cong, W.F., Daniell, T.J., George, T.S., Hallett, P.D., Hawes, C., Iannetta, P.P.M., Jones, H.G., Karley, A.J., Li, L., McKenzie, B.M., Pakeman, R.J., Paterson, E., Sch€ob, C., Shen, J., Squire, G., Watson, C.A., Zhang, C., Zhang, F., Zhang, J., and White, P.J. 2015. Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytologist*, 206: 107–117.

Gliessman, S.R. 1995. Agroecology, researching the ecological basis for sustainable agriculture. Springer-Verlag, New York, Inc. 380 pp.

www.SID.ir