Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 245-259

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۲۵۹-۲۴۵

ارزیابی برخی شاخص‌های اگروفیزیولوژیک و عملکرد کمی و کیفی در کشت مخلوط کلزا (*Brassica napus* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.)

جواد حمزه‌ئی[1*] و رحمن داودیان[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۱۴

حمزه‌ئی، ج.، و داودیان، ر. ۱۳۹۸. ارزیابی برخی شاخص‌های اگروفیزیولوژیک و عملکرد کمی و کیفی در کشت مخلوط کلزا (*Brassica napus* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱(۱):۲۵۹-۲۴۵.

چکیده

یکی از راهکارهای افزایش ثبات، ایجاد تنوع از طریق به کارگیری نظام‌های چندکشتی است. در این رابطه، کشت مخلوط به عنوان ابزاری سودمند جهت ارتقاء بهره‌برداری از منابع زیست‌محیطی موجود، در مقایسه با بوم نظام‌های زراعی تک‌کشتی مطرح است. بدین منظور، پژوهشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تیمار و سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. تیمارها شامل کشت خالص کلزا (با تراکم‌های ۶۰ و ۸۰ بوته در متر مربع) و نخود (با تراکم‌های ۳۰ و ۴۰ بوته در متر مربع) و کشت‌های مخلوط ۳۰ بوته نخود+ ۶۰ بوته کلزا، ۳۰ بوته نخود+ ۸۰ بوته کلزا، ۴۰ بوته نخود+ ۶۰ بوته کلزا و ۴۰ بوته نخود+ ۸۰ بوته کلزا بودند. صفات سرعت فتوسنتز، عملکرد دانه، اجزای عملکرد، شاخص کلروفیل، درصد و عملکرد روغن و پروتئین و شاخص نسبت برابری زمین اندازه‌گیری و ارزیابی شد. نتایج نشان داد که شاخص کلروفیل و درصد پروتئین کلزا در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود ولی بیشترین سرعت فتوسنتز هر دو گونه گیاهی در کشت خالص مشاهده شد. بیشترین عملکرد دانه کلزا (۳۷۰/۷ گرم در متر مربع) از تراکم ۸۰ بوته کلزا در کشت خالص بدست آمد ولی این تیمار با کشت خالص ۶۰ بوته کلزا اختلاف معنی‌دار نداشت. همچنین، کشت خالص نخود نسبت به کشت مخلوط آن، عملکرد دانه بیشتری داشت. علی‌رغم کاهش عملکرد دانه کلزا و نخود در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، شاخص نسبت برابری زمین سودمندی کشت مخلوط را تأیید کرد، به نحوی‌که در تمام تیمارهای کشت مخلوط نسبت برابری زمین بالاتر از یک بود و بیشترین مقدار این شاخص (۱/۴۶) در کشت مخلوط ۳۰ بوته نخود با ۶۰ بوته کلزا مشاهده شد. لذا چنین می‌توان استنباط کرد که کشت مخلوط کلزا با نخود دارای برتری نسبی در مقایسه با کشت خالص بود و کارایی استفاده از زمین را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: چند کشتی، دانه روغنی، فتوسنتز، لگوم دانه‌ای، نسبت برابری زمین

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) از جمله دانه‌های روغنی با ارزش دنیاست و به عنوان یکی از مناسب‌ترین دانه‌های روغنی شناخته شده است. این گیاه بعنوان دومین منبع روغن گیاهی در جهان بشمار می‌رود (Fatahi Nazad et al., 2013). نخود معمولی یا زراعی (*Cicer arietinum* L.) نیز یکی از سه لگوم مهم در آسیای غربی و آفریقای شمالی است. این گیاه یکساله، زمستانه و مدیترانه‌ای بوده و به‌عنوان محصول سازگار به مناطق نیمه‌خشک در گستره وسیعی از شرایط محیطی مناطق گرمسیری تا سردسیری قابل کشت و کار است (Majnoun Hosseini, 2008). بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت کلزا در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴، ۵۲۲۶۷ هکتار و تولید ۶۸۲۸۰ تن بوده که این آمار برای نخود به‌ترتیب ۵۰۰۱۸۹ هکتار و ۲۷۱۵۷۵ تن گزارش شده است (Agricultural Statistics, 2017).

در سال‌های اخیر با روشن‌تر شدن مشکلات کشاورزی تک‌کشتی از جمله آلودگی آب‌ها، خاک و همچنین کاهش توان تولید زمین‌های

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

(*- نویسنده مسئول: Email: j.hamzei@basu.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v11i1.65192

www.SID.ir

Archive of SID

زراعی، توجه محققین بیش از پیش به حفظ ثبات و باروری نظام‌های تولید کشاورزی معطوف شده است (Ren et al., 2016; Bedoussac et al., 2010). یکی از راهکارهای افزایش ثبات، ایجاد تنوع از طریق به کارگیری نظام‌های چندکشتی است. در این رابطه، از کشت مخلوط به دلیل قابلیت کاهش خسارت آفات و علف‌های هرز، به عنوان ابزاری سودمند جهت افزایش عملکرد یک یا تمام گونه‌های همراه (Weisany et al., 2016) و ارتقاء بهره‌برداری از منابع زیست‌محیطی موجود، در مقایسه با بوم نظام‌های زراعی تک‌کشتی یاد شده است (Franco et al., 2015). سیستم‌های کشت مخلوط شامل دو یا تعداد بیشتری از گونه‌های گیاهی و یا ژنوتیپ‌های مختلف هستند که در زمان و مکان معینی پرورش داده می‌شوند (Li et al., 2014). در حقیقت، با ایجاد تنوع از طریق کشت مخلوط، نظام‌های زراعی به منابع درونی و قابل تجدید خود وابستگی بیشتری پیدا می‌کنند و پایداری آن‌ها افزایش پیدا می‌کند (Banik et al., 2006). کشت مخلوط، عملکرد در واحد سطح را افزایش داده و در مقابل تغییرات قیمت بازار پایداری دارد و ضمن حفظ کیفیت خاک، درآمد کشاورز را نیز افزایش می‌دهد (Ngwira et al., 2012). البته این روش با محدودیت‌هایی نظیر عدم امکان برداشت مکانیکی مواجه است، ولی مزایای آن مانند بهبود حاصلخیزی خاک، جبران زیان اقتصادی ناشی از آسیب یک محصول بر اثر آفت یا خشکسالی، کاهش مصرف نهاده‌هایی مثل کودها و سموم شیمیایی باعث شده که این سیستم به عنوان روشی مناسب در مناطقی که با محدودیت زمین و آب مواجه‌اند به کار برده شود (Eslamizadeh et al., 2015; Fatahi Nazad et al., 2013).

این نوع سیستم کشت از فعالیت‌های قدیمی کشاورزی است که در حاشیه کشاورزی مدرن مبتنی بر تک‌کشتی گیاهان زراعی پر محصول در سطح وسیع و مصرف کننده نهاده، قرار گرفته است (Zhang et al., 2010; Li et al., 2014). با این وجود، کشت مخلوط ممکن است بسیاری از مسائل مرتبط با کشاورزی مدرن نظیر آفات و بیماری‌ها، تخریب خاک و زوال محیط زیست را نداشته باشد که اینها به برقراری کشاورزی پایدار و پرحاصل کمک خواهد کرد. در واقع، علت اینکه کشت مخلوط مورد توجه قرار گرفته این است که مطالعات کشت مخلوط بر پایداری کشاورزی، علوم اکولوژیک و محیط‌زیست معطوف شده است (Ehrmann & Ritz, 2014; Li et al., 2014). کشت مخلوط اغلب توسط کشاورزانی که نهاده کم و نیروی کارگری زیادی در اختیار دارند، اجرا می‌شود. تحت این شرایط به عنوان مثال، کشاورزان آمریکای لاتین حدود ۹۰–۷۰ درصد لوبیا را مخلوط با ذرت، سیب زمینی و سایر گیاهان کشت می‌کنند. در آفریقا ۹۸ درصد لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) و ۹۰ درصد لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) به صورت مخلوط پرورش داده می‌شود (Brooker et al., 2015). صفات فیزیولوژیکی گیاهان زراعی برای بهره‌گیری حداکثری از منابع در سیستم‌های کشت مخلوط و خالص برابر است، ولی چالش سیستم کشت مخلوط این است که چگونه ویژگی‌های گونه‌های مختلف گیاهی را در جهت بهبود تولید، تلفیق کند. مطالعات کشت مخلوط بر اثرات متقابل اندام‌های هوایی گونه‌های گیاهی برای نور و فضا و نیز بر اثرات مکملی اندام‌های زیر زمینی معطوف شده است (Ehrmann & Ritz, 2014; Li et al., 2014). برای مثال، کشت مخلوط لگوم با غیرلگوم، ظرفیت فتوسنتزی و کارایی استفاده از تشعشع خورشیدی (Brooker et al., 2015) و آب و عناصر غذایی (Hamzei & Seyedi, 2016) را در مقایسه با تک‌کشتی افزایش می‌دهد. در مناطقی که آب مهمترین محدود کننده تولیدات کشاورزی است، کشت مخلوط اغلب کارایی مصرف آب را افزایش می‌دهد. همچنین، در ۷۹ درصد سیستم‌های در بر گیرنده کشت مخلوط، میزان زیست توده تولیدی ۱/۷ برابر تک-کشتی، گزارش شده است (Brooker et al., 2015). در کل، اگر یک سیستم کشاورزی منابع محدود کننده رشد را بهبود بخشد یعنی گیاهان حداکثر استفاده از حداقل منابع را به عمل بیاورند، میزان تولید افزایش خواهد یافت (Ehrmann & Ritz, 2014; Li et al., 2014). در سیستم‌های کشت مخلوط با دریافت مقدار کم نیتروژن، لگوم‌ها می-توانند تولیدات کشاورزی را افزایش دهند. افزایش محتوی نیتروژن در دسترس در سیستم‌های مخلوط دربرگیرنده لگوم‌ها به رقابت اندک لگوم‌ها برای جذب نیتروژن در مقایسه با غیرلگوم‌ها نسبت داده شده است. افزون بر این، به علت آزادسازی نیتروژن توسط لگوم‌ها به خاک، غیر لگوم‌ها می‌توانند نیتروژن بیشتری نیز دریافت کنند (Li et al., 2013). در پژوهشی، فتوسنتز ذرت (*Zea mays* L.) در کشت مخلوط با لوبیا چشم بلبلی، افزایش یافت و تولید آن ۱۸ درصد در مقایسه با تک‌کشتی بیشتر شد. در این تحقیق، با وجود اینکه بین ذرت و لگوم برای دریافت نور و نیتروژن رقابت وجود داشته، افزایش ارتفاع بوته ذرت و عملکرد آن را به دسترسی بیشتر ذرت به نیتروژن از طریق لگوم همراه و به تبع آن افزایش میزان کلروفیل و در نتیجه افزایش ظرفیت فتوسنتزی ذرت نسبت داده‌اند (Geren et al., 2008). کارایی فتوسنتزی و کربوکسیلاسیون کرچک (*Ricinus communis* L.) در کشت مخلوط با بادام زمینی (*Arachis hypogea* L.) نیز به طور معنی‌داری بیشتر از کشت خالص آن بوده و عملکرد کرچک افزایش یافته است. دلیل این امر را به کاهش رقابت بین گونه‌ای بین کرچک و بادام زمینی در مقایسه با رقابت درون گونه‌ای، افزایش میزان جذب دی‌اکسید کربن و توسعه احتمالی مکانیسم‌های محافظتی برای دستگاه فتوسنتزی گزارش کرده‌اند (Dutra et al., 2017).

کشت مخلوط دانه‌های روغنی با حبوبات می‌تواند کارآیی استفاده از منابع را در مقایسه با کشت خالص افزایش داده و منجر به بهبود عملکرد شود (Hamzei & Babaei, 2017). در میان گیاهان زراعی، حبوبات توانایی و قابلیت سازگاری زیادی در الگوهای کشت مخلوط

www.SID.ir

Archive of SID

دارند و می‌توانند ظرفیت تولید را افزایش دهند. از طرفی، کشت مخلوط حبوبات با دانه‌های روغنی می‌تواند علاوه بر افزایش عملکرد، موجب تثبیت بیولوژیکی نیترون شود که این امر مصرف کود شیمیایی نیتروژنه را کاهش داده و از آلودگی‌های زیست‌محیطی جلوگیری می‌کند. با توجه به مطالب فوق، این آزمایش با هدف بررسی شاخص‌های اگروفیزیولوژیک و عملکرد کلزا و نخود در تک‌کشتی و مقایسه آن با سیستم‌های کشت مخلوط، طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران در دولت آباد کرج (واقع در طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۱۲ متر) در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا گردید. خاک منطقه جزء خاک‌های رسوبی با اسیدیته قلیائی است. بافت خاک از نوع لوم رسی با pH ۷/۷۸ و میانگین بارندگی سالانه منطقه طبق آمار هواشناسی حدود ۲۵۰ میلی‌متر است.

آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کشت‌های خالص کلزا (با تراکم‌های ۶۰ و ۸۰ بوته در متر مربع) و نخود (با تراکم‌های ۳۰ و ۴۰ بوته در متر مربع) و کشت‌های مخلوط شامل ترکیب کاملی از تیمارهای کشت خالص بودند. بنابراین، در طراحی کشت مخلوط از طرح افزایشی استفاده شد. از این رو، هر بلوک در برگیرنده هشت واحد آزمایشی (هشت تیمار) شامل چهار کشت خالص برای دو گونه نخود و کلزا و چهار ترکیب کشت مخلوط با تراکم‌های مختلف دو گونه مورد نظر (۳۰ نخود (ن):۶۰ کلزا (ک)، ۳۰ ن:۸۰ ک، ۴۰ ن:۶۰ ک و ۴۰ ن:۸۰ ک) بود. بنابراین، کشت‌های خالص هر گونه به تنهایی و همچنین به صورت ترکیب با دو تراکم گونه دیگر به‌صورت فاکتوریل مورد بررسی قرار گرفتند. بذر نخود (رقم هاشم) از مرکز جهاد کشاورزی استان همدان و بذر کلزا (رقم هایولا ۴۰۱) از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. عملیات خاک‌ورزی شامل شخم، دیسک و تسطیح قبل از کاشت انجام گرفت. کاشت نخود و کلزا بطور همزمان و در ۲۷ اسفند ماه با دست انجام گرفت. در هر کرت آزمایش شش خط کاشت به طول سه متر با فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تراکم مطلوب نخود (Jalilian et al., 2005) و کلزا (Hamzei, 2011) به‌ترتیب ۴۰ و ۸۰ بوته در متر مربع انتخاب شد و در این آزمایش به دلیل اینکه از طرح افزایشی کشت مخلوط استفاده شد، تراکم مطلوب نخود و کلزا به همراه تراکم متوسط آن‌ها (۳۰ و ۶۰ بوته در متر مربع به ترتیب برای نخود و کلزا) مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به توصیه آزمایشگاه خاک‌شناسی، مقدار ۴۰ (Vaziri Kateshori et al., 2014) و ۱۲۰ (Hamzei, 2011) کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب در کشت خالص نخود (مصرف به هنگام کشت و به عنوان کود استارتر) و کشت‌های خالص و مخلوط کلزا (مصرف در سه مرحله پیش از کاشت، ساقه روی و اوایل گلدهی کلزا) به خاک اضافه گردید. نتایج تجزیه خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارایه شده است.

سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ (میکرومول دی‌اکسید کربن در متر مربع در ثانیه) برای نخود و کلزا با استفاده از دستگاه تحلیل‌گر گاز مادون قرمز (IRGA, model: LCA4, ADC Biosientific Ltd. Hoddeston, UK) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری در محدوده زمانی ساعت ۱۱ صبح تا یک بعد از ظهر انجام شد. در هر واحد آزمایشی سه بار سرعت فتوسنتز توسط دستگاه قرائت و میانگین به عنوان سرعت فتوسنتز و بر حسب میکرومول دی اکسیدکربن در متر مربع در ثانیه ثبت گردید. همانند سرعت فتوسنتز، شاخص کلروفیل برگ هر دو گونه گیاهی نیز پس از مصرف آخرین قسمت نیتروژن، با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج(SPAD502, Minolta, Chicago, Illinois, USA) قرائت گردید (Zhang et al., 2008).

برداشت نهایی نخود و کلزا در ۱۵ تیر ماه ۹۳ انجام گرفت. در این مرحله بوته‌های هر دو گونه گیاهی زرده و بیش از ۹۰ درصد غلاف‌ها آماده برداشت بودند. بدین صورت که پس از حذف اثر حاشیه‌ای از هر چهار طرف واحد آزمایشی، برای تعیین عملکرد نهایی دانه و عملکرد بیولوژیک هر دو گونه گیاهی، دو متر مربع از هر کرت برداشت شد. صفات تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک برای هر دو گونه (نخود و کلزا) اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه نخود و کلزا به‌ترتیب با رطوبت ۱۴ و ۱۲ درصد توزین و ثبت گردید. بخشی از محصول هر کرت جهت تعیین درصد پروتئین و درصد روغن انتخاب شد. درصد پروتئین دانه با استفاده از دستگاه کجلدال (Kjeltec™ 2300 Analyzer Unit, Foss Tecator Company) اندازه‌گیری شد. استخراج روغن دانه کلزا نیز به روش سوکسله (Soxhlet method) و با استفاده از حلال هگزان انجام گرفت. از حاصل ضرب درصد پروتئین و درصد روغن هر کرت در عملکرد دانه همان کرت، عملکرد پروتئین و عملکرد روغن دانه بدست آمد.

برای مقایسه سودمندی کشت مخلوط در برابر کشت خالص نیز از شاخص نسبت برابری زمین بهره گرفته شد. محاسبه این شاخص طبق فرمول $(Y_{RC}/Y_{RR})+(Y_{CR}/Y_{CC})$ صورت گرفت که در آن Y_{RC} و Y_{RR}: به‌ترتیب عملکرد دانه کلزا در کشت مخلوط و کشت خالص و Y_{CR} و Y_{CC}: به‌ترتیب عملکرد دانه نخود در کشت مخلوط و کشت خالص است (Banik et al., 2006). تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS Ver. 9.1 صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح آماری پنج درصد انجام شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Tabel 1- Soil physical and chemical properties of the experimental site

بافت Texture	pH	هدایت الکتریکی EC	فسفر قابل جذب Available P	پتاسیم قابل جذب Available K	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	نیتروژن کل Total N	کربن آلی Organic C
		($dS.m^{-1}$)	($mg.kg^{-1}$)		(%)				
لوم رسی Clay loam	7.78	0.49	3.6	345	28	43	29	0.07	0.79

نتایج و بحث

قرائت کلروفیل متر و سرعت فتوسنتز کلزا

نتایج تجزیه واریانس نشان دادکه اثر تراکم نخود بر شاخص کلروفیل کلزا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کمترین میزان شاخص کلروفیل کلزا (۳۸/۵۰) از تیمار کشت خالص بدست آمد (جدول ۳). در تراکم‌های ۳۰ و ۴۰ بوته نخود به‌طور معنی‌داری میزان شاخص کلروفیل کلزا افزایش یافت، بطوری‌که تراکم‌های ۳۰ و ۴۰ بوته نخود در مقایسه با کشت خالص کلزا، شاخص کلروفیل کلزا را به ترتیب ۷/۶۷ و ۷/۲۳ درصد افزایش دادند ولی بین تراکم‌های نخود از نظر شاخص کلروفیل کلزا تفاوتی وجود نداشت. از آنجایی که نیتروژن از جمله عناصر ضروری تشکیل دهنده کلروفیل محسوب می‌گردد، از این‌رو، احتمالاً تثبیت نیتروژن توسط نخود، به افزایش میزان کلروفیل کلزا منجر شده است. گزارش شده است که تثبیت نیتروژن توسط خانواده لگوم در کشت مخلوط، می‌تواند شاخص کلرفیل گیاه همراه را افزایش دهد (Ghosh et al., 2006). احتمالاً به دلیل اینکه نیتروژن تثبیت شده توسط لگوم به طور مداوم می‌تواند در اختیار غیرلگوم قرار گیرد، لذا دوام شاخص سبزینگی برگ‌های گیاه زراعی غیر لگوم در کشت مخلوط با لگوم می‌تواند طولانی‌تر شود. در این رابطه، گنارد و همکاران (Génard et al., 2017) در کشت مخلوط کلزا با شبدر و ماشک اظهار داشتند که میزان کلروفیل برگ‌های کلزا در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص آن بود، بطوری‌که در سیستم‌های کشت مخلوط، کلروفیل برگ‌های کلزا دیرتر تجزیه شد و پیری برگ‌ها نیر به تأخیر افتاد و این امر دوام بیشتر سطح برگ و در نتیجه عملکرد بیشتر کلزا را در مقایسه با تک‌کشتی منجر شد.

سرعت فتوسنتز کلزا در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تراکم کلزا و تراکم نخود قرار گرفت. همچنین، اثر متقابل تراکم نخود × تراکم کلزا بر این ویژگی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). به‌طور کلی، سرعت فتوسنتز کلزا در الگوهای کشت مخلوط کمتر از الگوهای کشت خالص بود. بیشترین سرعت فتوسنتز کلزا (۲۵/۳۳ میکرو مول دی اکسید کربن بر متر مربع در ثانیه) متعلق به تیمار کشت خالص ۶۰ بوته کلزا در متر مربع بود. با افزایش تراکم بوته در کشت خالص کلزا و نیز اجرای سیستم کشت مخلوط از میزان سرعت فتوسنتز کاسته شد (جدول ۴). می‌توان دلیل این امر را افزایش سایه‌اندازی برگ‌ها بر یکدیگر دانست. اجرای کشت مخلوط نخود-کلزا و سایه‌اندازی بر روی برگ‌های گیاهان زراعی، احتمالاً کاهش ظرفیت فتوسنتزی آن‌ها را در پی دارد. سایر پژوهشگران در بررسی تأثیر روش‌های مختلف کاشت بر شاخص‌های رشد و عملکرد دانه ذرت گزارش کردند سایه‌اندازی باعث کاهش ظرفیت فتوسنتزی ذرت شد. آن‌ها در اندازه‌گیری سرعت فتوسنتز ذرت در مراحل اولیه رشد، به دلیل محدودیت سطح برگ و حداقل رقابت نوری و سایه‌اندازی بین گیاهان، روندی افزایشی را در مقدار فتوسنتز خالص مشاهده کردند، ولی با رشد گیاهان و افزایش سایه‌اندازی سرعت فتوسنتز با کاهش روبرو گردید. به بیان دیگر، آن‌ها حضور گونه‌های دیگر (علف‌های هرز) و تغییر الگوی کاشت (تغییر شدت سایه‌اندازی برگ‌ها بر روی یکدیگر) را دلیل کاهش ظرفیت فتوسنتزی ذرت و در نتیجه کاهش سرعت فتوسنتز خالص آن ذکر کردند (Sarhaddi et al., 2010) که نتایج پژوهش حاضر را نیز تأیید می کند.

تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه کلزا

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات تراکم نخود و تراکم کلزا بر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته کلزا معنی‌دار بودند (جدول ۲). ولی، اثر متقابل تراکم نخود × تراکم کلزا بر این صفات معنی‌دار نشد (جدول ۲). بیشترین تعداد غلاف در بوته (۶۴/۸۳ غلاف در بوته) و تعداد دانه در بوته (۱۳۳۱ دانه در بوته) کلزا به کشت خالص آن تعلق داشت (جدول ۳). کمترین تعداد دانه در بوته (۷۳۰ دانه در بوته کلزا) از تراکم ۴۰ بوته نخود بدست آمد که در مقایسه با کشت خالص کلزا از ۴۵ درصد کاهش برخوردار بود. کمترین تعداد غلاف در بوته کلزا نیز بدون تفاوت معنی‌دار با تیمار ۳۰ بوته نخود، به تیمار ۴۰ بوته نخود تعلق گرفت (۴۹/۶۷ غلاف در بوته و با کاهش ۲۳ درصدی نسبت به کشت خالص کلزا). در واقع، با انجام کشت مخلوط از تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته کلزا نسبت به تیمار کاشت خالص بطور معنی‌داری کاسته شد (جدول ۳). با افزایش تراکم هر دو گونه در کشت مخلوط نخود و کلزا، چنین به نظر می‌رسد که افزایش رقابت بین

www.SID.ir

Archive of SID

گونه‌ای به کاهش بیشتر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته کلزا منجر شده است. در مقایسه اثر تراکم کلزا بر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته نیز مشخص گردید که با افزایش تراکم کلزا در واحد سطح، از تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته کاسته شد، به طوری‌که بیشترین و کمترین تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته کلزا به‌ترتیب در تراکم‌های ۶۰ و ۸۰ بوته مشاهده شد (جدول ۵). بنابراین، علاوه بر رقابت برون گونه‌ای، افزایش رقابت درون گونه‌ای نیز می‌تواند منجر به کاهش برخی صفات مانند تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته گردد. به‌عبارت دیگر، گیاه به دلیل ایجاد موازنه بین مواد فتوسنتزی حاصل و تسهیم آن بین بخش‌های مختلف متقاضی گیاه، تعدادی از گل‌های تشکیل شده را به‌طور فیزیولوژیکی حذف می‌کند. به علاوه، با افزایش تراکم بوته، گیاه گسترش کمتری یافته و تعداد کمتری شاخه فرعی تولید می‌کند. بنابراین، مجموع این عوامل سبب می‌گردد که با افزایش تراکم بوته، تعداد دانه در بوته کاهش یابد (Pooramir et al., 2010). کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته باقلا در کشت مخلوط با جو نسبت به تک‌کشتی باقلا (Agegnehu et al., 2006) و نیز کاهش تعداد دانه در بوته نخود در کشت مخلوط با کنجد در مقایسه با کشت خالص آن Pooramir et (al., 2010) گزارش شده است. در مقایسه اثر تراکم کلزا بر تعداد دانه در بوته نیز مشخص گردید که با افزایش تراکم کلزا در واحد سطح، از تعداد دانه در بوته کاسته شد، به طوری‌که بیشترین و کمترین تعداد دانه در بوته کلزا به‌ترتیب در تراکم‌های ۶۰ و ۸۰ بوته مشاهده شد (جدول ۵). به‌عبارت دیگر، گیاه به دلیل ایجاد موازنه بین مواد فتوسنتزی حاصل و تسهیم آن بین بخش‌های مختلف متقاضی گیاه، تعدادی از گل‌های تشکیل شده را به‌طور فیزیولوژیکی حذف می‌کند. به علاوه، با افزایش تراکم بوته، گیاه گسترش کمتری یافته و تعداد کمتری شاخه فرعی تولید می‌کند. بنابراین، مجموع این عوامل سبب می‌گردد که با افزایش تراکم بوته، تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته کاهش یابد.

اثرات تراکم نخود و تراکم کلزا بر وزن هزار دانه کلزا معنی‌دار بودند (جدول ۲). بیشترین و کمترین وزن هزار دانه کلزا به‌ترتیب به تیمارهای کشت مخلوط و خالص تعلق گرفت (جدول ۳). اجرای کشت مخلوط نخود و کلزا باعث افزایش وزن هزار دانه کلزا شد. در میان تراکم‌های کاشت کلزا نیز تراکم ۸۰ بوته در متر مربع دارای وزن هزار دانه بالاتری نسبت به تراکم ۶۰ بوته بود (جدول ۵). به نظر می‌رسد افزایش تعداد دانه در بوته در تراکم ۶۰ بوته کلزا تحت تأثیر افزایش رقابت درون گونه‌ای سبب شده که وزن هزار دانه به طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای کشت مخلوط و تراکم ۸۰ بوته در متر مربع کلزا کاهش یابد. شاید بتوان دلیل این امر را کاهش فراورده‌های فتوسنتزی اختصاص یافته به دانه‌ها در کشت خالص کلزا دانست. افزایش وزن دانه گیاهان زراعی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Hamzei et al., 2014; Hamzei et al., 2012).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تراکم در کشت مخلوط با نخود بر برخی ویژگی‌های کلزا

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for the effect of density in intercropping with chickpea on some rapeseed properties

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	سرعت فتوسنتز Photosynthesis rate	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	درصد روغن %oil	عملکرد روغن Oil yield	درصد پروتئین %Protein	عملکرد پروتئین Protein yield
تکرار Replication	2	0.50^{ns}	24.22**	126*	201931**	0.42**	156016*	21166**	0.07^{ns}	3905**	13.95**	1512**
تراکم نخود Chickpea density	2	18.00*	134.05**	360**	584189**	0.15**	367294**	26288**	4.74^{ns}	5842**	1.63*	818**
تراکم کلزا Rapeseed density	1	6.72^{ns}	2.00**	200*	338390**	0.04*	77356^{ns}	2427*	2.88^{ns}	269*	0.22^{ns}	120*
تراکم نخود × تراکم کلزا Chickpea density × rapeseed density	2	0.22^{ns}	0.50*	15^{ns}	5602^{ns}	0.02^{ns}	113740*	2534*	0.54^{ns}	596*	0.01^{ns}	93*
خطای آزمایش Error	10	4.43	0.08	25	14763	0.01	23399	458	2.22	111	0.24	21
ضریب تغییرات CV (%)	--	5.19	3.53	8.89	12.36	3.33	10.22	7.49	3.49	8.62	3.51	8.12

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم در کشت مخلوط بر برخی ویژگی‌های کلزا و نخود

Table 4- Mean comparisons for the effect of density on some properties of rapeseed and chickpea

نخود			کلزا					
عملکرد پروتئین Protein yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد دانه Seed yield ($g.m^{-2}$)	شاخص کلروفیل Chlorophyll reading	عملکرد پروتئین Protein yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد روغن Oil yield ($g\ m^{-2}$)	عملکرد دانه Seed yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($g.m^{-2}$)	سرعت فتوسنتز Photosynthesis rate ($\mu mol.CO_2.m^{-2}.s^{-1}$)	تراکم نخود × تراکم کلزا Chickpea density × Rapeseed density
–	–	–	67.67[a]	149.7[a]	348[a]	1694[ab]	25.33[a*]	C_0R_1
–	–	–	71.60[a]	164.5[a]	371[a]	1841[a]	24.33[b]	C_0R_2
48.62[b]	135.0[b]	43.75[a]	52.26[b]	108.5[b]	260[b]	1487[bc]	18.00[c]	C_1R_1
36.20[d]	101.3[d]	43.25[ab]	41.03[c]	85.6[c]	203[b]	1083[d]	17.00[d]	C_1R_2
39.29[cd]	110.7[cd]	44.16[a]	57.98[b]	119.9[b]	283[b]	1501[bc]	16.00[e]	C_2R_1
45.13[bc]	127.0[bc]	43.00[ab]	50.02[b]	104.8[bc]	247[b]	1365[c]	16.00[e]	C_2R_2
69.69[a]	190.7[a]	36.83[c]	–	–	–	–	–	C_1R_0
71.34[a]	196.0[a]	36.33[c]	–	–	–	–	–	C_2R_0

C_0, C_1 و C_2: به‌ترتیب نخود با تراکم صفر، ۳۰ و ۴۰ بوته در متر مربع وR_0،R_1 و R_2: به‌ترتیب کلزا با تراکم صفر، ۶۰ و ۸۰ بوته در متر مربع

C_0, C_1 and C_2: 0, 30 and 40 chickpea plant per m^2, respectively and R_0, R_1 and R_2: 0, 60 and 80 rapeseed plant per m^2, respectively

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on LSD test.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تراکم نخود بر عملکرد کمی و کیفی و اجزای عملکرد کلزا و تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و عملکرد بیولوژیک نخود

Table 3- Means comparisons for the effect of chickpea density on chlorophyll index, number of grain per plant, 1000-seed weight and %protein of rapeseed and pod number per plant, seed number per plant and biological yield of chickpea

نخود			کلزا					
عملکرد بیولوژیک Biological yield ($g\ m^{-2}$)	تعداد دانه در بوته Seed number perplant	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	درصد پروتئین % Protein	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	شاخص کلروفیل Chlorophyll reading	تراکم نخود (بوته در متر مربع) Chickpea density (plants m^{-2})
–	–	-	19.20[b]	4.50[b]	1331[a]	64.83[a]	38.50[b*]	0
398.8[b]	17.66[a]	16.33[a]	19.91[a]	4.78[b]	887[b]	54.50[b]	41.70[a]	30
488.4[a]	15.00[b]	13.33[b]	20.21[a]	4.76[b]	730[c]	49.67[b]	41.50[a]	40

§ میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

§ Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on LSD test.

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد بیولوژیک و دانه کلزا

اثر تراکم نخود و نیز اثر متقابل تراکم نخود × تراکم کلزا این ویژگی راتحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). بیشترین و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک به ترتیب به میزان ۱۸۴۱/۳ و ۱۰۸۳/۰ گرم در متر مربع از کشت خالص ۸۰ بوته کلزا و تراکم ۳۰ بوته نخود × تراکم ۸۰ بوته کلزا به دست آمد. در تیمارهای کشت مخلوط، عملکرد بیولوژیک کلزا بطور معنی‌داری نسبت به تیمارهای خالص کاهش یافت (جدول ۴). به عبارت دیگر، عملکرد بیولوژیک کلزا با افزایش رقابت بین گونه‌ای میان نخود و کلزا در کشت مخلوط بطور معنی‌داری کاهش یافت. پور امیر و همکاران (Pooramir et al., 2010) نیز با ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد کنجد و نخود در کشت مخلوط اظهار کردند که کشت مخلوط کنجد نسبت به کشت خالص آن عملکرد بیولوژیک کمتری داشت. کاهش عملکرد بیولوژیک در اکثر مطالعات کشت مخلوط گزارش شده است (Campiglia et al., 2014; Crusciol et al., 2014).

اثر تراکم نخود، تراکم کلزا و نیز اثر متقابل تراکم نخود × تراکم کلزا بر عملکرد دانه کلزا معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه کلزا (۳۷۰/۷ گرم در متر مربع) در تیمار کشت خالص با تراکم ۸۰ بوته در متر مربع بدست آمد، ولی این تیمار با تیمار کشت خالص با تراکم ۶۰ بوته در متر مربع (۳۴۸ گرم در متر مربع) اختلاف معنی‌دار نداشت. کمترین میزان این ویژگی (۲۰۳ گرم در متر مربع) هم در کشت مخلوط ۳۰ بوته نخود با ۸۰ بوته کلزا مشاهده شد (جدول ۴). کشت مخلوط ۳۰ بوته نخود با ۸۰ بوته کلزا نسبت به تیمار کشت خالص کلزا با تراکم ۸۰ بوته، کاهش ۴۲ درصدی عملکرد دانه را در پی داشت. در تیمارهای کشت مخلوط با ایجاد رقابت درون و بین گونه‌ای میان نخود و کلزا کاهش معنی‌دار عملکرد دانه کلزا مشاهده شد. حمزه ئی و سیدی (Hamzei &Seyedi, 2012) کاهش عملکرد کلزا را در کشت مخلوط با گندم و پور امیر و همکاران (Pooramir et al., 2010) نیز از کاهش عملکرد کنجد و نخود در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی گزارش کردند. در مطالعات دیگر نیز کاهش عملکرد دانه در کشت مخلوط گیاهان زراعی تأیید شده است (Fuente et al., 2014; Hamzei & Seyedi, 2014; Yanet al., 2014).

درصد و عملکرد روغن و پروتئین کلزا

اثر تراکم نخود و تراکم کلزا و نیز اثر متقابل تراکم نخود × تراکم کلزا بر عملکرد روغن معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین و کمترین عملکرد روغن (به‌ترتیب ۱۶۴/۴۳ و ۸۵/۶۲ گرم در متر مربع) به‌ترتیب در کشت خالص کلزا با تراکم ۸۰ بوته و کشت مخلوط ۳۰ بوته نخود با ۸۰ بوته کلزا مشاهده شد. تیمار کشت مخلوط ۳۰ بوته نخود با ۸۰ بوته کلزا نسبت به تیمار برتر کاهش ۴۸ درصدی در این ویژگی را نشان داد (جدول ۴). مهمترین دلیل تغییرات عملکرد روغن به تغییر در عملکرد دانه مربوط می‌شود (Gao et al., 2010).

اثر تراکم نخود و تراکم کلزا و نیز اثر متقابل تراکم نخود × تراکم کلزا بر ویژگی عملکرد پروتئین کلزا معنی‌دار شد، درحالی‌که تنها اثر تراکم نخود بر صفت درصد پروتئین دانه کلزا معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین درصد پروتئین کلزا در تیمار ۴۰ بوته نخود بدست آمد که با تیمار ۳۰ بوته نخود تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۳). کشت خالص کلزا نسبت به کشت مخلوط کلزا- نخود دارای درصد پروتئین دانه کمتری بود. دلیل این امر به توانایی تثبیت نیتروژن توسط نخود بر می‌گردد (Ghosh et al., 2006). بیشترین و کمترین عملکرد پروتئین (۷۱/۶۰ و ۴۱/۰۳ گرم در متر مربع) به‌ترتیب به تیمارهای کشت خالص کلزا و کشت مخلوط ۳۰ بوته نخود با ۸۰ بوته کلزا تعلق گرفت (جدول ۴). همانند عملکرد روغن، مهمترین دلیل افزایش و کاهش عملکرد پروتئین نیز به افزایش و کاهش عملکرد دانه باز می‌گردد.

شاخص کلروفیل و سرعت فتوسنتز نخود

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شاخص کلروفیل نخود تحت تأثیر تراکم کلزا و اثر تراکم نخود × تراکم کلزا قرار گرفت (جدول ۶). با اجرای کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری شاخص کلروفیل نخود افزایش یافت. بطوری‌که، کمترین میزان شاخص کلروفیل نخود در تیمارهای کشت خالص بدست آمد (جدول ۴). دلیل افزایش میزان کلروفیل در تراکم‌های زیاد و در حالت کشت مخلوط، افزایش سایه‌اندازی می‌باشد. به عبارت دیگر، گیاه زراعی در شرایط سایه‌اندازی برای به دام انداختن هر چه بیشتر نور برای تولید فتوآسمیلات میزان کلروفیل برگ خود را افزایش می‌دهد (Lin et al., 2007; Agegnehu et al., 2006). قوش و همکاران (Ghosh et al., 2006) نیز میزان کلروفیل برگ را در تراکم‌های بالای کشت خالص سویا و سورگوم و در تمامی تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تراکم‌های پایین تک‌کشتی بالاتر گزارش کردند و علت این امر را به سایه‌اندازی گیاهان روی همدیگر و نیتروژن تثبیت شده توسط سویا در کشت مخلوط نسبت دادند. از این رو، به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر نیز به موازات افزایش تراکم در کشت‌های خالص و مخلوط، به دلیل افزایش سایه‌اندازی در کانوپی و احتمالاً تثبیت نیتروژن توسط نخود، میزان کلروفیل برگ افزایش یافته است که این نتایج پیش‌تر از این نیز توسط حمزه‌ئی (Hamzei, 2012) در مطالعه کشت مخلوط جو و گاودانه مورد تأیید قرار گرفته است. سرعت فتوسنتز نخود در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تراکم کلزا قرار گرفت، ولی اثر تراکم نخود و نیز اثر متقابل تراکم نخود × تراکم کلزا بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۶).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦- تجزیه واریانس اثر تراکم نخود و تراکم کلزا بر برخی ویژگی‌های نخود در کشت مخلوط با کلزا

Table 6- Analysis of variance of chickpea and rapeseed density on some chickpea properties at intercropped with rapeseed

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	سرعت فتوسنتز Photosynthesis rate	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در بوته Seeds numer per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	درصد پروتئین Protein percentage	عملکرد پروتئین Protein yield
تکرار Replication	2	77.16**	18.00**	28.17*	82.66**	109.50*	62343 **	31^{ns}	2.10^{ns}	0.65^{ns}
تراکم نخود Chickpea density	1	0.05^{ns}	2.00^{ns}	32.00*	32.00**	24.50^{ns}	36181**	22^{ns}	0.32^{ns}	0.77^{ns}
تراکم کلزا Rapeseed density	2	24.66**	84.50**	129.50**	270.50**	194.00**	102976**	11318**	1.38^{ns}	1607.81**
تراکم نخود × تراکم کلزا Chickpea density × rapeseed density	2	1.55*	0.50^{ns}	3.50^{ns}	3.50^{ns}	8.66^{ns}	5282^{ns}	948**	0.06 ^{ns}	126.66*
خطای آزمایش Error	10	0.36	1.20	5.77	2.66	20.16	2353	103	5.07	19.44
ضریب تغییرات CV (%)	--	1.75	8.01	16.37	9.99	3.75	10.93	7.05	6.26	8.52

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ٥- مقایسه میانگین اثر تراکم کلزا در کشت مخلوط بر وزن هزار دانه، تعداد دانه در بوته و عملکرد بیولوژیک نخود و بر تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه کلزا و تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه کلزا

Table 5- Means comparisons for the effect of rapeseed density in intercropping on 1000-seed weight, number of grain per plant and biological yield of chickpea and number of grain per plant and 1000-seed weight of rapeseed and number of grain per plant and 1000-seed weight of rapeseed

نخود						کلزا		
تراکم کلزا (بوته در متر مربع) Rapeseed density (plant.m^{-2})	سرعت فتوسنتز Photosynthesis rate (μmol.CO_2.m^{-2}.s^{-1})	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در بوته N. seeds plant^{-1}	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (g.m^{-2})	تعداد دانه در بوته N. seeds plant^{-1}	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)
0	18.00^{a§}	20^{a}	24.00^{a}	250.2^{b}	592.8^{a}	-	-	-
60	11.50^{b}	12.50^{b}	13.50^{b}	258.2^{a}	390.5^{b}	1120^{a}	59.67^{a}	4.63^{b}
80	11.50^{b}	11.50^{b}	11.50^{b}	260.2^{a}	347.5^{b}	846^{b}	53.00^{b}	4.73^{a}

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on LSD test.

www.SID.ir

Archive of SID

بیشترین سرعت فتوسنتز نخود متعلق به تیمار کشت خالص نخود بود (۱۸ میکرو مول دی اکسید کربن بر متر مربع در ثانیه). با انجام کشت مخلوط از سرعت فتوسنتز نخود بطور معنی‌داری کاسته شد (جدول ۵). در سیستم‌های کشت مخلوط سایه‌اندازی برگ‌ها بر یکدیگر باعث کاهش جذب نور می‌گردد که همین عامل باعث کاهش ظرفیت فتوسنتزی آن‌ها می‌شود (Sarhaddiet al., 2010).

تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه نخود

نتایج تجزیه واریانس مربوط به تعداد غلاف در بوته و دانه در بوته نخود نشان داد که اثر تراکم نخود و تراکم کلزا بر این صفات معنی‌دار شد، ولی اثر متقابل آن‌ها بر این ویژگی‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها بیانگر این بود که با افزایش تراکم نخود از ۳۰ به ۴۰ بوته در متر مربع، تعداد غلاف در بوته نخود ۱۵ درصد کاهش یافت و این تفاوت از نظر آماری معنی‌داری بود. بین کشت خالص نخود و کشت مخلوط با تراکم‌های ۶۰ و ۸۰ بوته در متر مربع کلزا با نخود نیز از نظر تعداد غلاف در بوته نخود اختلاف معنی‌داری وجود داشت. به طوری‌که، کشت خالص نخود با تعداد ۲۰ غلاف در بوته در بالاترین سطح قرار داشت و کمترین تعداد غلاف در بوته که معادل ۱۱/۵۰ غلاف در بوته بود، بدون تفاوت معنی‌دار با تراکم ۶۰ بوته کلزا و با ۴۳ درصد کاهش، از تراکم ۸۰ بوته کلزا حاصل شد (جدول ۵). این امر حاکی از این است که با افزایش تراکم کلزا و در نتیجه افزایش رقابت بین گونه‌ای تعداد غلاف در بوته نخود به طور معنی‌داری کاهش یافته است. به عبارتی، با افزایش تراکم کلزا و افزایش سایه‌اندازی، گیاه نخود بیشتر انرژی خود را صرف رشد رویشی کرده و در نتیجه انرژی کمتری جهت تشکیل و رشد غلاف‌ها باقی می‌ماند. افزون بر این، در تراکم‌های بالاتر به دلیل رقابت درون بوته‌ای بر سر فتوآسمیلات‌ها، میزان ریزش گل‌های تشکیل شده افزایش یافته و بنابراین از تعداد غلاف در بوته کاسته می‌شود (Hamzei, 2012). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش تراکم بوته نخود تعداد دانه در بوته نخود کاهش یافت، بطوری‌که، بیشترین تعداد دانه در بوته در تراکم ۳۰ بوته نخود بدست آمد (۱۷/۶۶ دانه در بوته) (جدول ۳). دوسا و استین Dusa & Stan, (2013) بیان داشتند که در کشت‌های متراکم کمبود مواد غذایی قابل دسترس سبب افزایش ریزش گل‌ها در حین تلقیح یا پس از آن می‌گردد. در بررسی اثر تراکم بوته کلزا بر تعداد دانه در بوته نخود نیز بیشترین میزان تعداد دانه در بوته نخود در کشت خالص نخود مشاهده شد و با اجرای سیستم کشت مخلوط بطور معنی‌داری تعداد دانه در بوته نخود کاهش یافت (جدول ۵). حمزه ئی و سیدی Hamzei & (Seyedi, 2012) و اکرامت و همکاران (Ekramet al., 2010) نیز در کشت مخلوط نخود و جو، کاهش اجزای عملکرد از جمله تعداد غلاف و دانه در بوته نخود را در کشت مخلوط گزارش کردند.

وزن هزار دانه نخود نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر تراکم کلزا قرار گرفت، ولی اثر تراکم نخود و اثر متقابل تراکم نخود × تراکم کلزا بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۶). با توجه به جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) مشخص شد که تیمار کشت مخلوط نخود با ۸۰ بوته کلزا دارای بیشترین وزن هزار دانه نخود بود (۲۶۰/۱۶ گرم) که دلیل آن می‌تواند تعداد کمتر دانه در بوته در این تیمار و افزایش سهم مواد پرورده گیاهی اختصاص یافته به دانه‌ها باشد. گائو و همکاران (Gao et al., 2010) در بررسی اثر تراکم‌های مختلف بوته بر عملکرد گندم اعلام کرد هرگاه گیاه تحت شرایط تنش‌های محیطی از جمله تراکم‌های بالا قرار گیرد، به دلیل کاهش جذب منابع غذایی و توسعه کمتر دستگاه فتوسنتزی گیاه، منابع تأمین ذخایر بذری کاهش یافته که در نتیجه آن اندازه بذر وزن دانه کاهش می‌یابد.

عملکرد بیولوژیک و دانه نخود

اثر تراکم نخود و کلزا بر عملکرد بیولوژیک نخود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند، ولی اثر متقابل این تیمارها عملکرد بیولوژیک نخود را تحت تأثیر قرار نداد (جدول ۶). به طوری‌که، تراکم ۴۰ بوته نخود دارای عملکرد بیولوژیک بالاتری نسبت به تراکم ۳۰ بوته بود (جدول ۳). همچنین تحت تأثیر تراکم‌های کلزا، عملکرد بیولوژیک نخود بطور معنی‌داری نسبت به کشت خالص آن کاهش یافت (جدول ۵). کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک نخود (۳۴۷/۵ گرم در متر مربع) به تراکم ۸۰ بوته کلزا تعلق داشت که البته کاهش معنی‌داری نسبت به تراکم۶۰ بوته کلزا نداشت، ولی این دو تیمار بطور معنی‌داری از نظر عملکرد بیولوژیک از کشت خالص نخود کمتر بودند (جدول ۵). به نظر می‌رسد بر اثر افزایش رقابت در کشت مخلوط و کاهش منابع محیطی عملکرد گونه‌ها در کشت مخلوط کاهش می‌یابد که در این مطالعه نیز این موضوع تحقق یافت. پژوهشگران دیگر نیز اعتقاد دارند که عملکرد بیولوژیک گیاهان به طور معنی‌داری در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی کاهش می‌یابد که دلیل آن افزایش رقابت بین گونه‌ای در این سیستم کاشت است (Fuente et al., 2014; Dusa & Stan, 2013).

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۶) اثر تراکم نخود بر عملکرد دانه این گیاه معنی‌دار نبود، ولی این ویژگی در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثر تراکم کلزا و اثر متقابل تراکم نخود × تراکم کلزا قرار گرفت. کمترین عملکرد دانه (۱۰۱/۳ گرم در متر مربع) در تیمار ۳۰ بوته نخود با ۸۰ بوته کلزا بدست آمد (جدول ۴)، همچنین با این که بیشترین میزان عملکرد دانه نخود در تیمار کشت خالص با تراکم ۴۰ بوته در متر مربع بدست آمد (۱۹۶گرم در متر مربع) ولی این تیمار با تیمار کشت خالص نخود با تراکم ۳۰ بوته در متر مربع اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴). تیمار کشت خالص با تراکم ۴۰ بوته نخود

www.SID.ir

Archive of SID

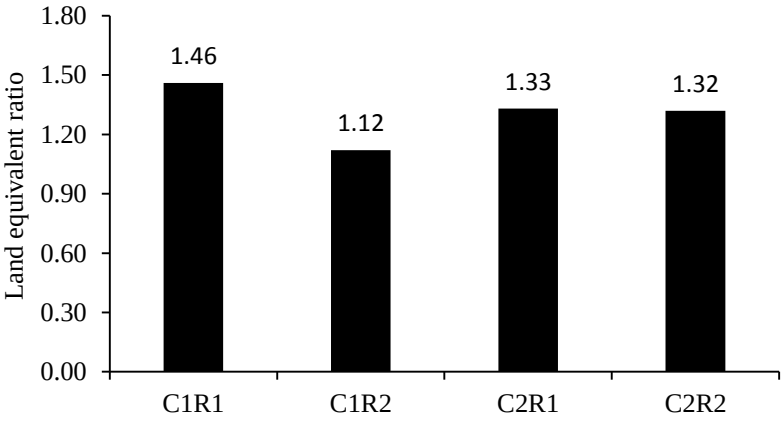
نسبت به تیمار ۳۰ بوته نخود + ۸۰ بوته کلزا، افزایش ۴۳/۵۴ درصدی از نظر عملکرد دانه را نشان داد. کاهش عملکرد دانه گیاهان زراعی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Fuente et al., 2014; Hamzei & Seyedi, 2014; Yanet al., 2014).

درصد و عملکرد پروتئین نخود

درصد پروتئین دانه نخود تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ولی اثر تراکم کلزا و اثر متقابل تراکم نخود در تراکم کلزا بر عملکرد پروتئین نخود معنی‌دار شد (جدول ۶). بیشترین و کمترین عملکرد پروتئین نخود (۷۱/۳۴ و ۳۹/۲۹ گرم در متر مربع) به‌ترتیب در تیمار کشت خالص با تراکم ۴۰ بوته و تیمار ۳۰ بوته نخود + ۸۰ بوته کلزا بدست آمد. ولی، بین تراکم ۴۰ و ۳۰ بوته نخود از نظر عملکرد پروتئین تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۴). افزایش رقابت برای منابع محیطی و کاهش عملکرد دانه در تیمارهای کشت مخلوط، باعث کاهش این صفت شده است (Gao et al., 2010).

نسبت برابری زمین

با وجود اینکه عملکرد دانه کلزا و نخود در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی آن‌ها کاهش یافت، ولی بازده کل زمین در مقایسه با تک‌کشتی در تمامی حالت‌های کشت مخلوط بیشتر از یک بود که نشان دهنده برتری کلیه الگوهای کشت مخلوط نخود و کلزا نسبت به تک کشتی آن‌ها است. میزان LER در محدوده ۱/۱۲ تا ۱/۴۶ قرار داشت (شکل ۱). کمترین (۱/۱۲) و بیشترین (۱/۴۶) میزان LER به‌ترتیب در تیمارهای کشت مخلوط ۳۰ بوته نخود با ۸۰ بوته کلزا و کشت مخلوط ۳۰ بوته نخود با ۶۰ بوته کلزا بدست آمد و الگوهای کشت ۴۰ بوته نخود با ۸۰ بوته کلزا و ۴۰ بوته نخود با ۶۰ بوته کلزا به‌ترتیب با نسبت برابری زمین معادل ۱/۳۲ و ۱/۳۳ در حدواسط کشت‌های مخلوط فوق قرار گرفتند. به عبارت دیگر، کشت‌های خالص هر یک از گونه‌ها نیاز به ۴۶–۱۲ درصد زمین اضافی نسبت به کشت مخلوط دارند تا عملکردی معادل یک هکتار کشت مخلوط تولید کنند. علت برتری کشت مخلوط دو گونه نسبت به تک‌کشتی آن‌ها را می‌توان به اثرات مکملی آن‌ها در استفاده بهینه از منابعی نظیر نیتروژن و آب و به تبع آن کاهش تقاضا برای نهاده‌های خارجی نسبت داد (Aminifar et al., 2016). در کل، مشخص گردید کشت مخلوط ۳۰ بوته نخود با ۶۰ بوته کلزا با داشتن بیشترین LER (۱/۴۶)، منجر به صرفه‌جویی ۴۶ درصدی در زمین زراعی می‌شود. در کشت‌های مخلوط نخود با جو (Hamzei & Seyedi, 2015)، آفتابگردان با لوبیا (Hamzei & Seyyedi, 2016) و ذرت با لوبیا چشم بلبلی (Eskandari & Alizadeh-Amraie, 2016) نیز برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی و بهبود استفاده از زمین و منابع گزارش شده است.



شکل ۱- شاخص نسبت برابری زمین در الگوهای مختلف کشت مخلوط نخود و کلزا

C_1 و C_2: به‌ترتیب نخود با تراکم ۳۰ و ۴۰ بوته در متر مربع و R_1 و R_2: به‌ترتیب کلزا با تراکم ۶۰ و ۸۰ بوته در متر مربع

Fig. 1- Land equivalent ratio in different intercropping patterns of chickpea and rapeseed

C_1 and C_2: 30 and 40 chickpea plant per m^2, respectively and R_1 and R_2: 60 and 80 rapeseed plant per m^2, respectively.

نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد پایداری عملکرد اقتصادی از اهداف مهم فعالیت‌های پژوهشی و همچنین سیستم‌های توسعه یافته می‌باشد. برای رسیدن به این هدف، کشت مخلوط نقش اساسی را بازی می‌کند و گیاهانی نظیر کلزا و نخود از این نظر مستثنی نیستند. در این مطالعه، شاخص کلروفیل و درصد پروتئین کلزا در کشت مخلوط بیشتر از کشت

www.SID.ir

Archive of SID

خالص بود، ولی بیشترین سرعت فتوسنتز هر دو گونه گیاهی در کشت خالص مشاهده شد. بیشترین عملکردهای دانه، بیولوژیک و روغن کلزا نیز بدون تفاوت معنی‌دار با تراکم ۶۰ بوته کلزا، از تراکم ۸۰ بوته آن در کشت خالص بدست آمد. در مورد نخود نیز نتایج مشابه با کلزا بود، به طوری‌که بیشترین عملکردهای دانه و پروتئین نخود بدون تفاوت معنی‌دار با تراکم ۳۰ بوته نخود، از تراکم ۴۰ بوته آن در کشت خالص بدست آمد. در کل، علی‌رغم کاهش عملکردهای دانه کلزا و نخود در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص آن‌ها، نسبت برابری زمین در تمامی الگوهای کشت مخلوط بیشتر از یک بود. بطوری‌که بیشترین (۱/۴۶) میزان LER در تیمار کشت مخلوط ۳۰ بوته نخود با ۶۰ بوته کلزا حاصل شد که می‌تواند در مقایسه با تک‌کشتی هر یک از گونه‌های کلزا و نخود، ۴۶ درصد کارایی استفاده از زمین را افزایش دهد.

منابع

Agegnehu, G., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and land use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. European Journal of Agronomy 25: 202–207.

Agricultural Statistics. 2017. Report on the production of crops in the 2016–2017 growing seasons. Ministry of Agriculture – Jahad, Tehran, Iran. (In Persian)

Aminifar, J., Ramroudi, M., Galavi, M., and Mohsenabadi, G.R. 2016. Assessment of cotton (*Gossypium* spp.) productivity in rotation with intercropping of sesame (*Sesamum indicum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 18(2): 120-134. (In Persian with English Summary)

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy 24: 325-332.

Bedoussac, L., and Justes, E. 2010. Dynamic analysis of competition and complementarityfor light and N use to understand the yield and the protein content of a durum wheat–winter pea intercrop. Plant and Soil 330: 37-54.

Brooker, R.W., Bennett, A.E., Cong, W.F., and Daniell, T.J. 2015. Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. New Phytologist 206: 107–117.

Campiglia, E., Mancinelli, R., Radicetti, E., and Baresel, J.P. 2014. Evaluating spatial arrangement for durum wheat (*Triticum durum* Desf.) and sub clover (*Trifolium subterraneum* L.) intercropping systems. Field Crops Research 169: 49–57.

Crusciol, C.A.C., Nascente, A.S., Mateus, G.P., Pariz, C.M., Martins, P.O., and Borghi, E. 2014. Intercropping soybean and palisade grass for enhanced land use efficiency and revenue in a no till system. European Journal of Agronomy 58: 53–62.

Dutra, W.F., Melo, A.S., and Durta, A.F. 2017. Photosynthetic efficiency, gas exchange and yield of castor bean intercropped with peanut in semiarid Brazil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 21: 106-110.

Dusa, E.M., and Stan, V. 2013. The effect of intercropping on crop productivity and yield quality of oat grain leguminous species pea and lentil cultivated in pure stand and mixtures in the organic agriculture system. European Scientific Journal 21: 69-78.

Ekram, A.M., Sharaan, A.N., and EL-Sherif, A.M. 2010. Effect of intercropping patterns on yield and its components of barley, lupin or chickpea grown in newly reclaimed soil. Egyptian Journal of Applied Science 25: 437-452.

Ehrmann, J., and Ritz, K. 2014. Plant: soil interactions in temperate multi-cropping production systems. Plant and Soil 376: 1–29.

Eskandari, H., and Alizadeh-Amraie, A. 2016. Evaluation of growth and species composition of weeds in maize-cowpea intercropping based on additive series under organic farming condition. Journal of Agroecology 8: 227-240. (In Persian with English Summary)

Eslamizadeh, A., Kashani, A., Siyadat, S.A., Modhej, A., and Lak, S. 2015. Study of soybean forage at different planting dates intercropped with corn. Walia Journal 31: 108-112.

Fatahi Nazad, A., Siadat, A., Esfandiari, M., Moghadasi, R., and Moazi, A. 2013. Effect of phosphorus fertilizer on yield, oil and protein in canola in dryland under soil phosphorus fertility groups. Crop Physiology 18: 83-100.

Franco, J.G., King, S.R., Masabni, J.G., and Volder, A. 2015. Plant functional diversity improves short-term yields in a low-input intercropping system. Agriculture, Ecosystems and Environment 203: 1–10.

www.SID.ir

Archive of SID

Fuente, E.B., Suárez, S.A., Lenardis, A.E., and Poggio, S.L. 2014. Intercropping sunflower and soybean in intensive farming systems.Evaluating yield advantage and effect on weed and insect assemblages. NJAS- Wageningen Journal of Life Science 165: 1–6.

Gao, Y., Duan, A., Qiu, X., Liu, Z., Suna, J., Zhang, J., and Wang, H. 2010. Distribution of roots and root length density in a maize/soybean strip intercropping system. Agricultural Water Management 98: 199–212.

Geren, H., Avcioglu, R., Soya, H., and Kir, B. 2008. Intercropping of corn with cowpea and bean: Biomass yield and silage quality. Biotechnology 22: 4100–4104.

Génard, T., Etienne, P., Diquélou, S., Yvin, J.-C., Revellin, C., and Laîné, P. 2017. Rapeseed-legume intercrops: plant growth and nitrogen balance in early stages of growth and development. Heliyon 3: 1-20.

Ghosh, P.K., Manna, M.C., Bandyopadhyay Ajay, K.K., Tripathi, A.K., Wanjari, R.H., Hati, K.M., Misra, A.K., Acharya, C.L., and Subba Rao, A. 2006. Interspecific interaction and nutrient use in soybean/sorghum intercropping system. Agronomy Journal 98: 1097–1108.

Hamzei, J. 2011. Seed, oil, and protein yields of canola under combinations of irrigation and nitrogen application. Agronomy Journal 103: 1152–1158.

Hamzei, J. 2012. Evaluation of yield, SPAD index, landuse efficiency and system productivity index of barley (*Hordeum vulgare*) intercropped with bitter vetch (*Vicia ervilia*). Journal of Crop Production and Processing 2(4):79-92. (In Persian with English Summary)

Hamzei, J., and Babaei, M. 2017. Study of quality and quantity of yield and land equivalent ratio of sunflower in intercropping series with bean. Journal of Agroecology 8: 490-504. (In Persian with English Summary)

Hamzei, J., and Seyedi, M. 2016. Energy use and input–output costs for sunflower production in sole and intercropping with soybean under different tillage systems. Soil and Tillage Research 157: 73–82.

Hamzei, J., and Seyedi, M. 2015. Evaluation of the effects of intercropping systems on yield performance, land equivalent ratio and weed control efficiency. Agriculture Research 4: 202–207.

Hamzei, J., and Seyedi, S.M. 2014. Soil physicochemical characteristics and land use efficiency in cereal-legume intercropping systems. Water and Soil 24: 261-271. (In Persian with English Summary)

Hamzei, J., and Seyedi, S.M. 2012. Determination of the best intercropping combination of wheat and rapeseed based on agronomic indices, total yield and land use equivalent ratio. Crop Production and Processing 2: 109-119. (In Persian with English Summary)

Hamzei, J., Seyedi, M., Ahmadvand, G., and Aboutalebian, M.A. 2012.Effect of additive intercropping on weed suppression, yield and component yield of chickpea and barley. Crop Production and Processing 3: 43-56. (In Persian with English Summary)

Jalilian, J., Modarres Sanavy, S.A.M., and Sabaghpour, S.H. 2005. Effect of plant density and supplemental irrigation on yield, yield components and protein content of four chickpea (*Cicer arietinum*) cultivars under dry land condition. Journal of Agricultural Science and Natural Resource 12(5): 1-9. (In Persian with English Summary)

Li, L., Tilman, D., Lambers, H., and Zhang, F.S. 2014. Biodiversity and overyielding: insights from below-ground facilitation of intercropping in agriculture. New Phytologist 203: 63–69.

Lin, C.W., Chen, Y.B., Huang, J.J., and Tu, S.H. 2007. Temporal variation of plant height, plant cover and leaf area index in intercropped area of Sichuan, China. Chinese Journal of Ecology 26: 989- 994.

Majnoun Hosseini, N. 2008. Agronomy and Production of Legume. Jihad Daneshgahi Press. Tehran, Iran. 284 pp. (In Persian)

Ngwira, A.R., Aune, J.B., and Mkwinda, S. 2012. On-farm evaluation of yield and economic benefit of short term maize legume intercropping systems under conservation agriculture in Malawi. Field Crops Research 132: 149–157.

Pooramir, F., Koocheki, A.R., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2010. Assessment of sesame and chickpea yield and yield components in the replacement series intercropping. Iranian Journal of Fied Crops Research 8: 747-757. (In Persian with English Summary)

Ren, Y., Liuc, J., Wangd, Z., and Zhanga, S. 2016. Planting density and sowing proportions of maize–soybean intercropsaffected competitive interactions and water-use efficiencies on theLoess Plateau, China. European Journal of Agronomy 72: 70–79.

Sarhaddi, M., Zand, E., Baghestani, M.A., and Mohtasebi, R. 2010. Investigating on the effect of different corn planting

www.SID.ir

Archive of SID

method on weed management, corn growth indices and yield. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi) 88: 78-86. (In Persian with English Summary)

Vaziri Kateshori, S., Daneshvar, M., Sohrabi, A., and Nazarian Firoz Abadi F. 2014. Effects of foliar application of P, Zn and Fe on grain yield and yield components of chick pea. Journal of Crop Inprovement 15(2): 17-30. (In Persian with English Summary)

Weisany, W., Zehtab-Salmasia, S., Raeia, Y., Sohrabib, Y., and Ghassemi-Golezani, K. 2016. Can arbuscular mycorrhizal fungi improve competitive ability of dill + common bean intercrops against weeds? European Journal of Agronomy 75: 60–71.

Yan, S., Du, X., Wu, F., Li, L., Li, C., and Meng, Z. 2014. Proteomics insights into the basis of interspecific facilitation for maize (*Zea mays*) in faba bean (*Vicia faba*)/ maize intercropping. Journal of Proteomics 109: 111-124.

Zhang, J., Blackmer, A.M., Ellsworth, J.W., and Koehler, K.J. 2008. Sensitivity of chlorophyll meters for diagnosing nitrogen deficiencies of corn in production agriculture. Agronomy Journal 100: 543–550.

Zhang, F., Shen, J., Zhang, J., Zuo, Y., Li, L., and Chen, X. 2010. Rhizosphere processes and management for improving nutrient use efficiency and crop productivity:implications for China. Advances in Agronomy 107: 1–32.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 245-259

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۲۵۹-۲۴۵

Evaluarion of Agrophysiological Indices and Yield Performance in Canola/Chickpea Intercropping

J. Hamzei[1*] and R. Davoudian[2]

Submitted: 19-06-2017
Accepted: 05-01-2018
Hamzei, J., and Davoudian, R. 2019. Evaluarion of Agrophysiological Indices and Yield Performance in anola/Chickpea Intercropping. Journal of Agroecology. 11(1):245-259.

Introduction:
One of the ecological strategies for increasing of stability is diversity creation by multiple cropping. So, intercropping is an advantage approach for utilization from environmental resource in comparison with monoculture. Intercropping, which is defined as growing two or more species simultaneously in the same field during a growing season, has been considered as an important strategy to develop sustainable production systems, particularly those which aim to limit external inputs such as chemical fertilizer and herbicide. Intercropping is a sustainable cropping practice that has been successfully implemented in agroecosystems. In 79% of biodiversity experiments, biomass production in species diverse systems was on average, 1.7 times higher than in monoculture. Biodiversity enhancement can increase productivity and other ecosystem functions through replacement and complementarity effects. Complementarity effects occur when intercropped plants with complementary traits interact positively to increase productivity, and here genuine yield gains are possible. Thus, it was aimed to evaluate the agrophysiological traits, and yield of canola intercropped with chickpea in different plant densities.

Materials and methods:
Ecophysiological aspects of chickpea-canola intercropping were assessed at the Agricultural Research Station, Faculty of Agriculture (latitude 35°34'N, longitude 50°57'E), University of Tehran, during 2014 growing season. The area lies at an altitude of 2010 m.a.s.l. The mean annual rainfall was 256 mm. The mean maximum and minimum temperatures were 27.5°C and 8°C, correspondingly. The soil type of the experimental site was clay loam with pH of 7.78. Irrigation of the entire experiment was done with an overhead sprinkler system on a weekly basis until soil had reached field capacity. Experiment was done as factorial layout bases on a randomized complete block design with three replications and eight treatments. Treatments were sole cropping of rapeseed (60 and 80 plants m^{-2}; 60R and 80R), sole cropping of chickpea (30 and 40 plants m^{-2}; 30C and 40C) and additive intercropping based on combination of the two species (30C+60R, 30C+80R, 40C+60R, 40C+80R). The crops' seeds were sown simultaneously. Leaf chlorophyll reading was measured in the youngest expanded leafs using an SPAD-502 (Minolta). The Photosynthetic CO_2 assimilation was measured with a portable leaf chamber and an open-system infrared gas analyzer (IRGA). At the final harvest, plants were cut at ground level and seeds were separated by manual threshing. Grain productivity was used to calculate land equivalent ratio (LER). LER was calculated to measure efficiency of intercropping compared to pure cropping (Banik et al., 2006). SAS vs. 9.1 procedures and programs were used for analysis of variance (ANOVA) calculations. Least significant differences (LSD) test was use for means comparison at 5% probability level.

Results and discussion:
Results indicated that chlorophyll reading and protein percentage for canola in intercropping treatment with chickpea were more than its sole cropping. However, photosynthetic rate for both species in sole cropping was more than intercropping. The highest canola grain yield (370.7 g m^{-2}) was achieved at sole cropping with 80 plants m^{-2} but this treatment had not significant difference with canola sole cropping with 60 plants m^{-2}. Also, chickpea sole cropping in comparison with

1 and 2- Associate Professor and Former M.Sc. Student, Department of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: j.hamzei@basu.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

intercropping treatments had higher grain yield. Although, grain yields of canola and chickpea at sole cropping treatments decreased in comparison with intercropping, but evaluation of land equivalent ratio (LER) confirmed higher advantage of intercropping. At all of the intercropping treatments, LER was higher than one and the highest value for LER (1.46) was revealed at '30 plants m^{-2} chickpea+60 plants m^{-2} canola' treatment. In fact, when the value of land equivalent ratio is less than 1, the intercropping affects the growth negatively and yield of crops grown in mixtures but when the value of LER is more than 1, the intercropping favors the growth and yield of the crops. Moreover, the total land equivalent ratio was higher in intercropping system compared to the sole cropping system, indicating the advantage of intercropping over sole cropping in utilizing environmental resources for crop growth.

Conclusion; In general, chickpea/canola intercropping had relative advantage in comparison with sole cropping and increased land use efficiency. So that, results indicated that intercropping of medium density of chickpea (30 plants m^{-2}) with medium density of canola (60 plants m^{-2}) may give better overall yield and income than sole cropping of canola and chickpea.

Acknowledgments:
We would like to thank the funding from Faculty of Agriculture, Tehran University, Iran.

Keywords: Grain legume, Land equivalent ratio, Multiple cropping, Oil seed, Photosynthetic

www.SID.ir