"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و سوم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.4.6.6

اثر نسبت‌های جایگزینی بر صفات گیاهی و ویژگی‌های کیفیت دانه در کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L. Merr) و دان‌سیاه (*Guizotia abyssinica* Cass)

Effect of replacement ratios on plant traits and seed quality properties in intercropping of soybean (*Glycine max* L. Merr) and niger (*Guizotia abyssinica* Cass.)

میثم نامداری[۱]، رحمت عباسی[۲]، همت‌اله پیردشتی[۳] و فائزه زعفریان[۴]

چکیده

نامداری، م.، ر. عباسی، ه. پیردشتی و ف. زعفریان. ۱۴۰۰. اثر نسبت‌های جایگزینی بر صفات گیاهی و ویژگی‌های کیفیت دانه درکشت مخلوط سویا (*Glycine max* L. Merr) و دان‌سیاه (*Guizotia abyssinica* Cass). **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۳ (۴): ۳۸۹ -۳۷۳.**

به‌منظور ارزیابی رقابت گیاه سویا و دان‌سیاه در نسبت‌های کشت مخلوط، آزمایشی در دو سال زراعی (۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل نسبت‌های کشت ۱۰۰ : ۰ ، ۷۵ : ۲۵ ، ۵۰ : ۵۰ ، ۲۵ : ۷۵ و ۰ : ۱۰۰ (به‌ترتیب دان‌سیاه- سویا) به روش جایگزینی بودند. نتایج نشان داد که نسبت‌های کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، تجمع ماده خشک، عملکرد دانه، روغن و پروتئین خام دانه سویا و دان‌سیاه داشتند. بیشترین ارتفاع بوته سویا و دان‌سیاه به ترتیب مربوط به کشت خالص سویا (۰:۱۰۰) و نسبت کشت ۷۵:۲۵ بود. اثر رقابت بر مقدار ماده خشک کل گیاه تا ۹۰ روز پس از کاشت از نوع مکملی مثبت بود و پس از آن به همیاری دو جانبه تغییر یافت. عملکرد کل روغن و پروتئین خام دانه در نسبت‌های کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص گیاه دان‌سیاه (۱۰۰:۰) و کمتر از کشت خالص سویا (۰:۱۰۰) بود. بالاترین نسبت برابری زمین مربوط به نسبت‌های کاشت ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ (به‌ترتیب ۱/۲۸ و ۱/۲۳) بود. نتایج این تحقیق نشان داد افزایش سهم اثر مکملی بر عملکرد دانه در مقایسه با اثر انتخابی نقش مهمی در بهبود کارایی کشت مخلوط دان‌سیاه و سویا داشت و اضافه محصول تولید شده در نسبت‌های کاشت ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ به علت سهم بیشتر بودن اثر مکملی (به‌ترتیب ۷۶/۲ و ۵۹/۷ درصد) بر عملکرد دانه بود. بنابراین انتخاب گیاه دان‌سیاه به عنوان گونه همراه در کشت مخلوط با سویا می‌تواند به ایجاد رابطه همیاری دو جانبه و تعدیل در رقابت کمک نماید.

واژه‌های کلیدی: اثر انتخابی، اثر مکملی، سویا، نسبت برابری زمین و همیاری دو جانبه

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۱ این مقاله مستخرج از پایان نامه دکتری نگارنده اول می‌باشد

۱- دانشجوی دکتری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: r.abasi@sanru.ac.ir)
۳- استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۴- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-06]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.4.6.6]

مقدمه

زراعت به شیوه کشت مخلوط ضمن توسعه پایداری در کشاورزی صنعتی، نقش مهمی در افزایش ثبات و بهره‌وری اکوسیستم ایفا می‌کند، بنابراین اجرای تحقیقات و بررسی روابط مکملی در زراعت گیاهان برای افزایش سازگاری در کشت مخلوط الزامی است (Finley and Ryan, 2018). برای شناسایی جزئیات برهمکنش بین گیاهان، شناخت واکنش‌های گیاهان مجاور مهم بوده و به‌همین دلیل قرار دادن گونه‌های با ساختار فضایی متفاوت در الگوی کشت مخلوط بسیار مهم است (Bedoussac and Justec, 2011). گیاهان بقولاتی می‌توانند بهره‌وری زمین را برای درازمدت حفظ کنند و بنابراین اهمیت ویژه‌ای در کشت مخلوط دارند (Liu *et al.*, 2017). سویا با سطح زیر کشت ۱۲۴ میلیون هکتار و تولید ۳۴۸ میلیون تن، تأمین کننده ۵۶ درصد از کل روغن جهان و مهم‌ترین گیاه بقولاتی محسوب می‌شود (FAO, 2018). یانگ و همکاران (Yang *et al.*, 2018) یکی از دلایل برتری سویا در کشت مخلوط را به نوع تاج‌پوشش گیاهی و قدرت رقابت بیشتر آن در کسب منابع (آب، نور و مواد غذایی) نسبت دادند. رضایی چیانه و همکاران (Rezaie-Chiyaneh *et al.*, 2021) با ارزیابی نسبت‌های کشت مخلوط گیاهان عدس و اسفرزه گزارش دادند که نسبت کشت ۴:۲ دارای بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۶۷) بود و جذب عناصر غذایی توسط اسفرزه در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص آن، بیشتر بود. نامداری و محمودی (Namdari and Mahmoodi, 2013) افزایش عملکرد و اجزای عملکرد سویا و نسبت بالای برابری زمین (۱/۳۹) را درکشت مخلوط ارقام سویا گزارش کردند. نتایج آزمایش کلانتری خندانی (Kalantari Khandani, 2018) نیز نشان داد که نسبت‌های کشت مخلوط سویا و ذرت اثر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد دو گیاه داشت و بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۶۸) مربوط به نسبت کشت ۲۵:۷۵ (سویا- ذرت) بود. نتایج برخی از تحقیقات نشان دهنده افزایش محتوای پروتئین (Ahmadvand and Hajinia, 2019) و روغن دانه (Salari *et al.*, 2020) گیاه مکمل در کشت مخلوط با گیاهان بقولاتی است. نتایج تحقیقات در خصوص گیاهان مکمل در کشت مخلوط نشان داده است که انتخاب گیاهان زراعی با قابلیت‌های متفاوت در جذب منابع در طول زمان و مکان، به‌منظور کاهش رقابت و ایجاد رابطه مکملی ضروری است، بنابراین برای دستیابی به حداکثر رابطه مکملی انتخاب نوع گیاه و الگوی کشت بسیار مهم است. کشت مخلوط گیاهان بقولاتی با گیاهان غیربقولاتی می‌تواند با تامین نیازهای اکولوژیکی مکمل مانند انتقال نیتروژن تثبیت شده، باعث افزایش سودبخشی گونه‌های همراه شود (Stomph *et al.*, 2020).

در حال حاضر، تنها چند گونه از گیاهان زراعی دانه روغنی مانند سویا، کلزا و آفتابگردان در بازارهای جهانی محصولات روغنی مورد توجه هستند و با افزایش مداوم جمعیت، تقاضا برای روغن‌های مرغوب با کیفیت بالا در حال افزایش است. یکی از راه‌های پاسخگویی به این تقاضا، افزایش تولید دانه‌های روغنی رایج و تنوع در استفاده از منابع جدید از طریق توسعه زراعت و افزایش تولید سایر گیاهان دانه‌روغنی مانند گیاه دان‌سیاه است (Yadav *et al.*, 2012). دان‌سیاه (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass) گیاهی دولپه، یک‌ساله از خانواده گل‌ستاره‌ای‌ها با میوه فندقه به رنگ سیاه و میانگین عملکرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار است. دانه دان‌سیاه دارای ۴۵-۳۵ درصد روغن و ۱۸-۲۰ درصد پروتئین است. میانگین طول دوره رشد گیاه دان‌سیاه ۱۵۰ روز است و عمدتا در کشورهای اتیوپی و هند کشت می‌شود (Ranganatha *et al.*, 2016). این گیاه در سال‌های گذشته به عنوان غذای پرندگان به ایران وارد شده و به تازگی مورد توجه برخی از کشاورزان استان‌های کشور

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-06]

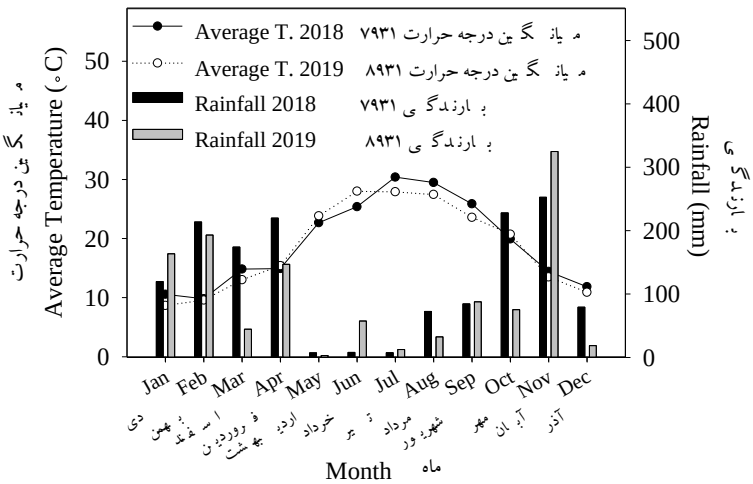
[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.4.6.6]

به‌خصوص استان اصفهان قرار گرفته است (Vaseghi and Davazdahemami, 2016). دان‌سیاه در جوامع علمی به عنوان یک گیاه فراموش شده محسوب شده، اما با وجود پتانسیل بسیار بالا از نظر سازگاری و خصوصیات کیفی، می‌تواند گزینه مناسبی جهت استفاده در کشت مخلوط و رقابت با سایر گیاهان زراعی باشد.

با توجه به اهمیت کارایی استفاده از منابع، الگوی کشت و نوع گیاه در کشت مخلوط، آزمایش حاضر به منظور ارزیابی خصوصیات زراعی، عملکرد و میزان پروتئین و روغن دانه گیاهان سویا و دان‌سیاه در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط در شرایط آب و هوایی ساری اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آمایش طی دو سال زراعی (۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷) در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۰۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۴۳ متر از سطح دریا به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. تغییرات میانگین دما و بارندگی ماهانه محل اجرای آزمایش در شکل یک نشان داده شده است. گیاه دان‌سیاه و سویا رقم ساری (J.K.695) در نسبت‌های کشت ۲۵:۷۵ (سه ردیف دان‌سیاه، یک ردیف سویا)، ۵۰:۵۰ (دو ردیف دان‌سیاه، دو ردیف سویا) و ۷۵:۲۵ (یک ردیف دان‌سیاه، سه ردیف سویا) به همراه کشت خالص هر یک از گیاهان ۰:۱۰۰ (چهار ردیف سویا) و ۱۰۰:۰ (چهار ردیف دان‌سیاه) به روش جایگزینی قرار داده شدند. پس از تهیه بذر گیاهان سویا و دان‌سیاه به‌ترتیب از مرکز تحقیقات شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی شهرستان ساری و شرکت پاکان بذر اصفهان، کاشت در هر دو سال در تاریخ ۱۵ اردیبهشت به‌صورت هیرم‌کاری و به طریقه دستی انجام شد. بذرهای سویا پیش از کاشت با باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم (مایه تلقیح با فرمولاسیون مایع و تراکم سلولی 2×10^{7} تهیه شده از موسسه تحقیقات خاک و آب) تلقیح شدند. تعداد ردیف‌های کاشت در هر کرت ۱۲، فاصله بین ردیف‌ها ۳۵ سانتیمتر، طول ردیف‌ها چهار متر و تراکم نهایی برای هر دو گیاه بطور ثابت، ۲۸ بوته در مترمربع بود (Getinet and Sharma, 1996; Carciochi *et al.*, 2019). ویژگی‌های



شکل ۱- میانگین درجه حرارت و مقدار بارندگی ماهانه محل اجرای آزمایش (۱۳۹۷ و ۱۳۹۸)

Fig. 1. Mean of air temperature and rainfall at the experiment site (2018 and 2019)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.4.6.6]

فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تعیین و بر اساس نتایج تجزیه خاک (جدول ۱) پیش از کاشت در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ مقدار ۹۰ کیلوگرم فسفر و ۶۶ کیلوگرم پتاس و در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ مقدار ۳۳ کیلوگرم فسفر (به‌ترتیب از منابع سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم) به خاک داده شدند. آبیاری گیاهان بصورت قطره‌ای و با اندازه‌گیری پتانسیل ماتریک توسط تانسیومتر در ۰/۴- بار و عملیات وجین به‌صورت دستی در چهار مرحله، از هفت روز پس از سبز شدن با فاصله زمانی ۱۴ روز، انجام شد.

جهت ارزیابی صفات و شاخص‌های گیاهی ۴۵ روز پس از کاشت نمونه‌برداری از بوته‌های تیمارهای کشت خالص و مخلوط (با فاصله زمانی ۱۵ روز) به صورت تخریبی انجام شد. در هر نمونه‌برداری، از تیمار کشت خالص سه بوته و از تیمار کشت مخلوط شش بوته انتخاب و با رعایت اثر حاشیه برداشت و خصوصیات آنها ثبت شد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of the soil at the experiment site

سال Year	عمق Depth (cm)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	بافت Texture	ماده آلی OM (%)	نیتروژن N (%)	فسفر P_2O_5 mg.kg^{-1}	پتاسیم K_2O mg.kg^{-1}	هدایت الکتریکی dS.m^{-1}	اسیدیته pH
۹۷-۱۳۹۶ 2018	0-30	28	39	33	لوم رسی Clay Loam	1.21	0.06	1.3	95	0.51	8.04
۹۸-۱۳۹۷ 2019	0-30	26	40	34		1.83	0.09	4	163	0.61	7.74

جهت تعیین ماده خشک اندام‌های گیاهی نمونه گیاهان برداشت شده در آون با درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشکانده شدند. برداشت محصول در تاریخ پنجم آبان و پس از حذف ۰/۵ متر از دو طرف هر کرت به عنوان اثر حاشیه، با دست و با استفاده از قیچی باغبانی از چهار ردیف میانی و سطحی معادل ۴/۲ مترمربع انجام شد. در مورد کرت‌هایی که به صورت مخلوط کشت شده بودند، هر یک از دو گیاه در یک کرت به طور جداگانه برداشت و بذر آنها به صورت دستی جدا شده و پس از خشکاندن در آون با درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، توزین شدند. جهت تعیین محتوای نیتروژن دانه پس از برداشت محصول و تعیین عملکرد، مقدار ۱۰۰ گرم دانه از هر یک گیاهان در نسبت‌های مختلف کاشت به صورت جداگانه انتخاب و توزین شد. آماده‌سازی نمونه‌ها با استفاده از آسیاب آزمایشگاهی (A11, IKA, rpm 28000) و عبور دادن از الک یک میلی‌متری انجام شده و محتوای نیتروژن دانه با استفاده از دستگاه NDA 701 Dumas Nitrogen Analyzer اندازه‌گیری شد. میزان پروتئین خام دانه سویا و دان سیاه از حاصل‌ضرب مقدار نیتروژن دانه در ضرایب ۵/۵۰ (Mariotti *et al.*, 2008) و ۵/۹۰ (Eklund, 1971) تعیین شد. میزان روغن دانه نیز با استفاده از دستگاه سوکسله (HT-1046) و حلال هگزان (AOCS methode) اندازه‌گیری و عملکرد روغن و پروتئین خام نیز از حاصل ضرب میزان روغن و پروتئین خام دانه در هر یک از نسبت‌های کشت بر مقدار عملکرد دانه محاسبه شد.

نسبت برابری زمین (Mead and Willey, 1980)، اثر خالص، اثر مکملی و اثر انتخابی (Loreau and Hector, 2001) از طریق روابط زیر محاسبه و اثر رقابت در کشت مخلوط نیز با استفاده از مدل هیل و شیماموتو

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.4.6.6]

(Hill and Shimamoto, 1973) تعیین شد.

(رابطه ۱) $LER_a = \left(\frac{Yi_a}{Ym_a}\right) \quad LER_b = \left(\frac{Yi_b}{Ym_b}\right) \quad LER = (LER_a + LER_b)$

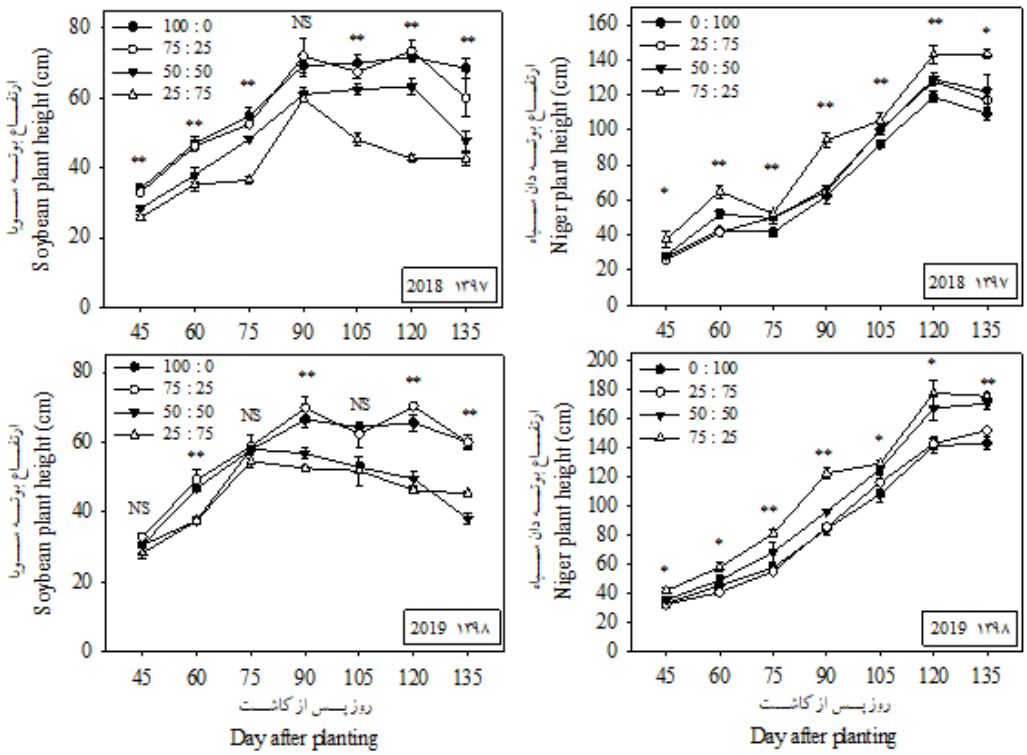
(رابطه ۲) $NE=CE+SE=N\times\Delta\bar{R}Y\times\bar{M}+N\times Cov(\Delta RY,M)$

Y_{ia} و Y_{ib}: به‌ترتیب عملکرد گیاه a و b در کشت مخلوط، Y_{ma} و Y_{mb}: عملکرد گیاه a و b در کشت خالص، NE: اثر خالص، CE: اثر مکملی، SE: اثر انتخابی، N: تعداد گونه در کشت مخلوط، $\Delta\bar{R}Y$: میانگین عملکرد نسبی دو گونه، $\bar{M}$: میانگین عملکرد گیاهان در کشت خالص، $Cov(\Delta RY,M)$: کوواریانس بین عملکرد نسبی در کشت مخلوط و خالص می‌باشند.

تجزیه داده‌ها، شامل آزمون یکنواختی واریانس‌ها، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (۹/۱) انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel و Sigma Plot انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که نسبت‌های کاشت اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته گیاه دان‌سیاه و سویا داشتند (شکل ۲). ارتفاع بوته سویا در سال‌های آزمایش تا ۹۰ روز پس از کاشت (آغاز تشکیل غلاف) افزایش و پس از آن به ثبات رسید. بیشترین ارتفاع بوته سویا مربوط به کشت خالص سویا (۰ : ۱۰۰) و نسبت کشت ۷۵:۲۵ (دان‌سیاه-سویا) بود (شکل ۲). نسبت‌های کاشت ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ (دان‌سیاه-سویا) نیز کمترین مقدار



شکل ۲- ارتفاع بوته گیاهان دان‌سیاه و سویا در طول دوره رشد در تیمارهای نسبت‌های کشت مخلوط

خطوط عمودی روی نقاط نشان دهنده خطای استاندارد هستند

Fig. 2. Plant height soybean and niger during the growing season in intercropping ratio treatments

Vertical bars represent the standard error

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.4.6.6]

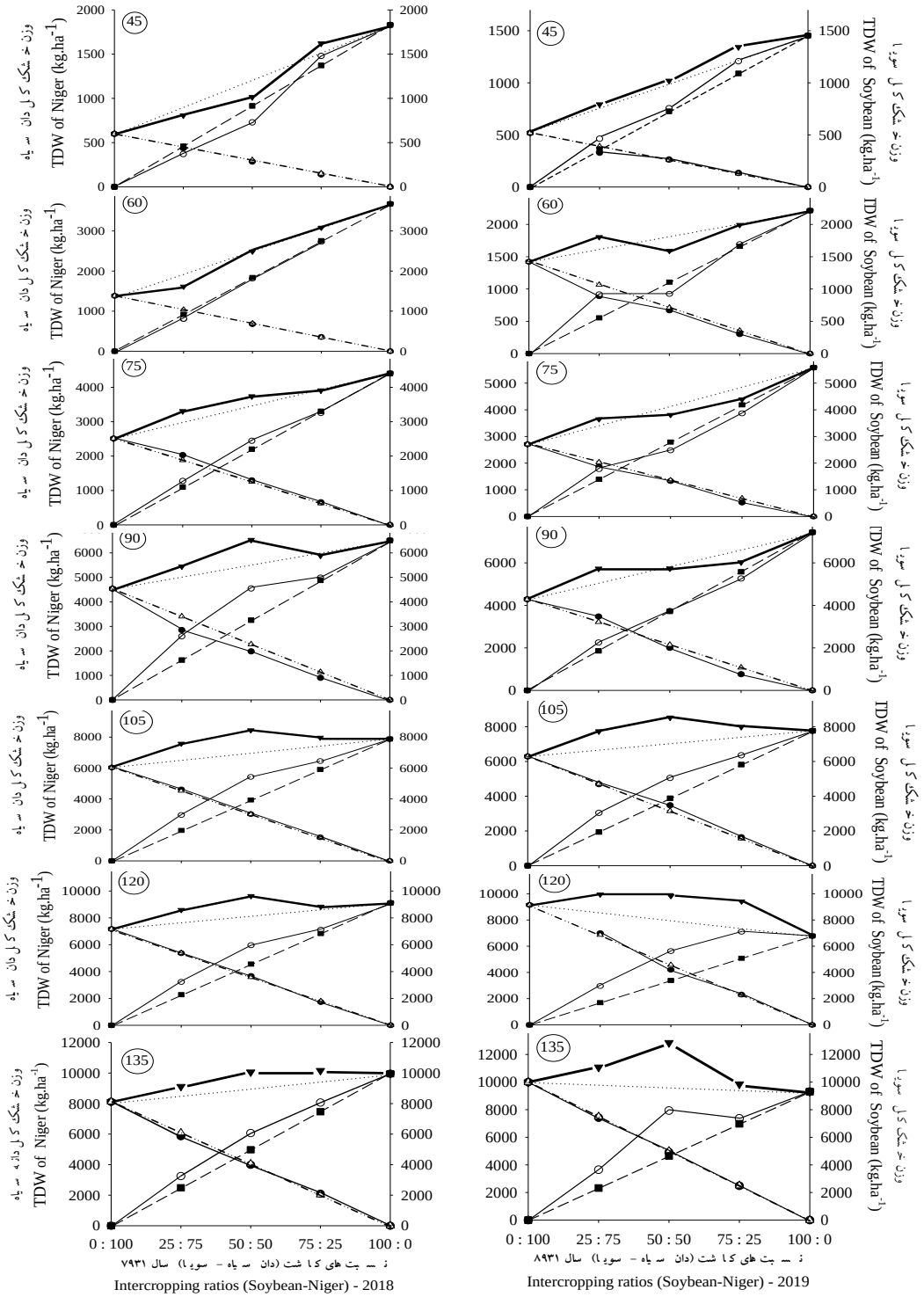
ارتفاع بوته را داشتند. در گیاه دان‌سیاه نیز روند افزایشی ارتفاع بوته تا ۱۲۰ روز پس از کاشت ادامه داشت.بیشترین ارتفاع بوته دان‌سیاه متعلق به نسبت کشت ۷۵:۲۵ (دان‌سیاه-سویا) بود (شکل ۲). مقدار افزایش ارتفاع بوته در این نسبت کاشت به‌ترتیب ۲۰/۴ و ۲۵/۸ درصد بیشتر از کشت خالص دان‌سیاه (۱۰۰ : ۰) بود.افزایش ارتفاع بوته سویا در نسبت کاشت ۲۵:۷۵ می‌تواند مربوط ارتفاع بوته بیشتر گیاه دان‌سیاه باشد. نتایج نشان داد که با کاهش سهم گیاه دان‌سیاه در نسبت‌های کاشت، ارتفاع بوته افزایش یافت، به نحوی که در هر دو سال آزمایش بیشترین ارتفاع بوته مربوط به نسبت‌های کشت ۷۵:۲۵ و ۵۰:۵۰ بود. کمترین ارتفاع بوته نیز مربوط به کشت خالص دان سیاه (۱۰۰ : ۰) بود (شکل ۲). با توجه به رشد بطئی گیاه دان‌سیاه در مراحل ابتدایی رشد نسبت به سویا، به‌نظر می‌رسد که افزایش ارتفاع بوته دان‌سیاه در نسبت کاشت ۷۵:۲۵ مربوط به اثر سایه‌اندازی گیاه سویا است، بنابراین افزایش تعداد ردیف‌های کاشت سویا در نسبت ۷۵:۲۵ می‌تواند ضمن کاهش نفوذ نور به درون پوشش گیاهی باعث افزایش رقابت و کاهش ارتفاع بوته دان‌سیاه شود. کاهش تابش فعال فتوسنتزی و نسبت نور قرمز به قرمز دور باعث ایجاد سازگاری از طریق اختصاص ماده خشک به اندام هوایی و افزایش ارتفاع گیاه زراعی می‌شود (Wu *et al.*, 2017; Yang *et al.*, 2018). افزایش ارتفاع بوته گیاه باقلا در کشت مخلوط با غلات در سایر تحقیقات گزارش شده است (Lithourgidis *et al.*, 2011).

ارزیابی اثر رقابت دو گیاه دان‌سیاه و سویا بر وزن خشک کل بوته نشان داد که نسبت‌های کاشت باعث افزایش وزن خشک کل بوته در مقایسه با مقادیر پیش‌بینی شده گردیدند (شکل ۳). این موضوع نشان دهنده تسهیل در رقابت بین گونه‌ای از طریق ایجاد رابطه مکملی است. هر چند در مراحل ابتدایی رشد، وزن خشک کل بوته در مقایسه با مقادیر پیش‌بینی شده تفاوت چندانی نداشت، اما در مراحل ۷۵ و ۹۰ روز پس از کاشت، با توجه به افزایش وزن خشک کل گیاه سویا در مقایسه با مقادیر پیش‌بینی شده، رقابت دو گیاه از نوع مکملی مثبت ارزیابی شد، به عبارت دیگر تا مرحله مزبور کاهش ماده خشک دان‌سیاه در الگوی کشت مخلوط در اثر افزایش توان فتوسنتزی گیاه سویا جبران شد. با عبور از مرحله ۹۰ روز پس از کاشت (آغاز غلاف‌دهی سویا) وزن خشک کل دان‌سیاه و سویا در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بیشتر از مقادیر قابل انتظار بود و در نتیجه رقابت دو گیاه به همیاری دو جانبه تغییر یافت (شکل ۳). در این حالت اثر مثبت رقابت باعث می‌شود که دو گیاه مختلف که در مجاورت یکدیگر کاشته می‌شوند، در بهره‌برداری از عوامل محیطی موفق‌تر باشند. افزایش ارتفاع بوته گیاه دان‌سیاه تا مرحله ۱۲۰ روز پس از کاشت می‌تواند یکی از عوامل تغییر نوع رقابت در طول دوره رشد در کشت مخلوط باشد. افزایش وزن خشک کل در کشت مخلوط گیاه بقولاتی توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Lithourgidis *et al.*, 2011; Thapa *et al.*, 2018) در آزمایشات دیگری نیز ایجاد رابطه همیاری دو جانبه بین گیاهان در کشت مخلوط گزارش شده است (Kim *et al.*, 2018; Arshad *et al.*, 2020). به نظر می‌رسد که در گیاه دان‌سیاه در کشت مخلوط با سویا، از طریق کاهش رقابت بین گونه‌ای در مرحله ۱۰۵ روز پس از کاشت، باعث ایجاد رابطه همیاری دو جانبه در الگوی کشت مخلوط شده و این موضوع باعث افزایش افزایش توان فتوسنتزی و ماده خشک کل تا مراحل پایانی رشد شد.

نتایج نشان داد که نسبت‌های کاشت اثر معنی‌داری بر عملکرد روغن گیاه سویا و دان‌سیاه داشتند. بیشترین عملکرد روغن سویا و دان‌سیاه متعلق به کشت خالص هر یک از گیاهان بود و با کاهش سهم هر کدام از گیاهان در نسبت‌های کاشت، عملکرد روغن دانه

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.4.6.6]



شکل ۳- اثر رقابت گیاهان دان‌سیاه و سویا بر وزن خشک کل بوته در تیمارهای نسبت‌های کشت مخلوط

Fig. 3. The effect of competition on niger and soybean total dry weight (TDW) in intercropping ratio treatments

●وزن خشک کل بوته دان‌سیاه ، ○ وزن خشک کل سویا، ▼ مجموع وزن خشک کل دو گیاه، △ وزن خشک پیش‌بینی شده دان‌سیاه، ■وزن خشک پیش بینی شده سویا . اعداد داخل دایره در شکل‌ها تعداد روزهای پس از کاشت هستند

● TDW of niger, ○ TDW of soybean, ▼ TDW of niger and soybean, △ Expected TDW of niger, ■ Expected TDW of soybean. The numbers inside the circles are the days after planting

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-06]

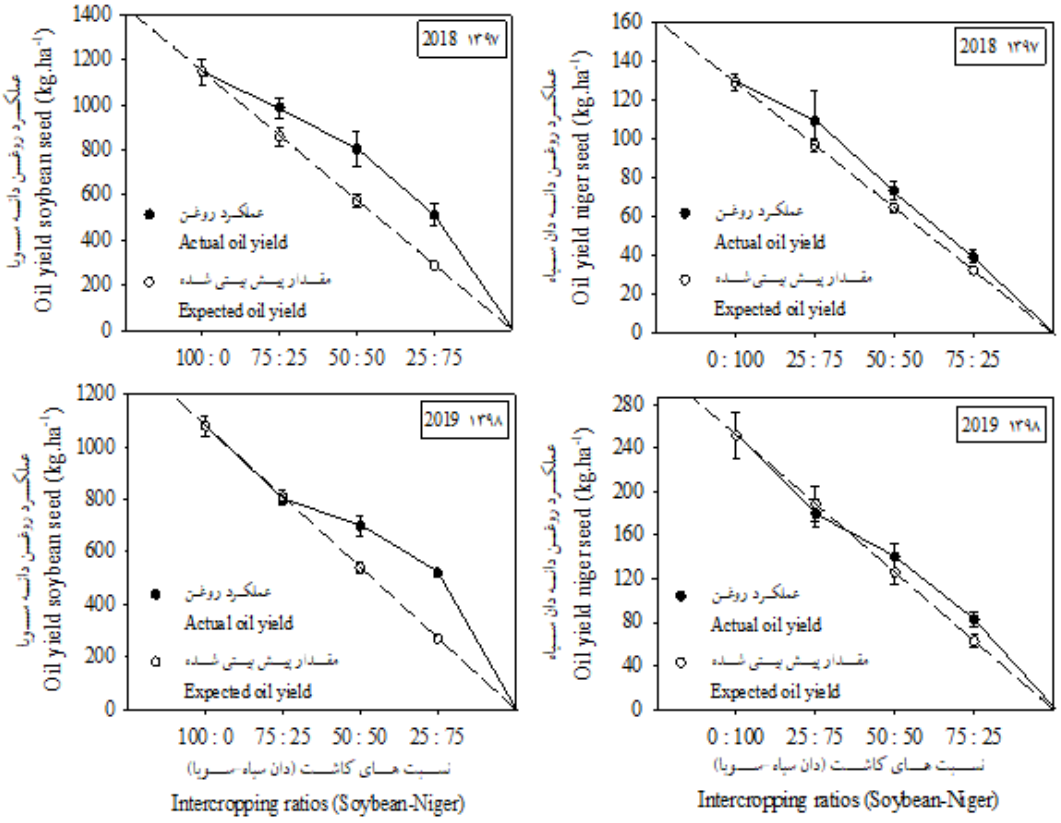
[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.4.6.6]

کاهش یافت (جدول ۳). عملکرد روغن دانه سویا با کاهش سهم این گیاه در مقایسه با مقادیر پیش‌بینی شده افزایش داشت. این مقدار در نسبت کاشت ۲۵:۷۵ (دان‌سیاه–سویا) در سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به‌ترتیب ۷۸/۴ و ۹۳/۰ درصد بود (شکل ۴). این نتایج در خصوص گیاه دان سیاه نیز صادق بود و عملکرد روغن دانه در نسبت کاشت ۷۵:۲۵ (دان‌سیاه–سویا) در سال‌های آزمایش به‌ترتیب ۲۲/۶ و ۳۱/۰ درصد در مقایسه با مقادیر پیش‌بینی شده افزایش داشت. تسهیل در رقابت از طریق ایجاد رابطه مکملی نقش مهمی در افزایش کارایی استفاده از منابع، عملکرد دانه و روغن گیاه سویا و دان‌سیاه در تیمار مذکور داشت. عملکرد روغن دانه در سال‌های آزمایش در کلیه نسبت‌های کاشت مخلوط بیشتر از کشت خالص گیاه دان‌سیاه (۱۰۰:۰) و کمتر از کشت خالص گیاه سویا (۰:۱۰۰) بود. هر چند در سال ۱۳۹۷ عملکرد روغن دانه در نسبت کشت ۷۵:۲۵ (دان‌سیاه–سویا) با میانگین ۹۸۷/۷ کیلوگرم در هکتار، تفاوت معنی‌داری با کشت خالص سویا (۱۰۰:۰) نداشت (جدول ۲). نسبت‌های کاشت ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ (دان‌سیاه–سویا) نیز در سال‌های آزمایش تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. این موضوع می‌تواند به دلیل افزایش ۴۰/۴ و ۲۹/۴ درصدی عملکرد روغن دانه گیاه سویا در مقایسه با مقادیر پیش‌بینی شده باشد. علاوه‌بر آن با توجه به اینکه افزایش دمای هوا در مراحل پر شدن دانه گیاه سویا می‌تواند باعث کاهش مقدار روغن و افزایش مقدار پروتئین دانه شود (Nakagawa *et al.*, 2020)، یکی دیگر از عوامل افزایش عملکرد روغن دانه سویا در سال ۱۳۹۷ می‌تواند اختلاف میانگین دمای هوا در زمان دانه‌بندی و پر شن دانه‌ها در ماه‌های مرداد و شهریور باشد. نسبت‌های کاشت اثر معنی‌داری بر درصد روغن دانه سویا نداشتند. نتایج نشان داد که نسبت‌های کاشت اثر معنی‌داری بر میزان روغن دانه گیاه دان‌سیاه در سال ۱۳۹۸ داشتند (جدول ۲). تیمار کشت خالص گیاه دان‌سیاه و نسبت کاشت ۵۰:۵۰ (دان‌سیاه–سویا) به ترتیب با میانگین ۴۴/۹ و ۴۰/۹ درصد دارای بیشترین و کمترین میزان روغن دانه بودند. نتایج نشان داد که با کاهش سهم گیاه دان‌سیاه در نسبت‌های کشت مخلوط، محتوای روغن دانه گیاه دان‌سیاه کاهش یافت. برخی از پژوهشگران کاهش محتوای روغن دانه در کشت مخلوط را به نوع تاج‌پوشش و نفوذ کمتر نور نسبت دادند (Kumar *et al.*, 2002; Lithourgidis *et al.*, 2011; Kong *et al.*, 2016)، بنابراین معنی‌دار نبودن تفاوت بین میزان روغن دانه سویا در نسبت‌های کشت مخلوط می‌تواند مربوط به رابطه مکملی مثبت باشد. همانطور که اشاره شد گیاه سویا در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بدلیل نوع تاج‌پوشش از قابلیت تولید مواد فتوسنتزی بیشتری برخوردار بود، بنابراین به نظر می‌رسد که گیاه سویا در نسبت‌های کشت مخلوط کمتر تحت تاثیر سایه‌انداز تاج‌پوشش گیاه همراه قرار گرفته است.

نسبت‌های کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر عملکرد پروتئین خام گیاهان سویا و دان‌سیاه در سال‌های آزمایش داشتند (جدول ۴). با کاهش سهم گیاه سویا در نسبت‌های کشت مخلوط، عملکرد پروتئین خام سویا کاهش یافت، هر چند مقدار آن در نسبت کاشت ۷۵:۲۵ (دان‌سیاه–سویا) در سال ۱۳۹۷ تفاوت معنی‌داری با کشت خالص و در سال ۱۳۹۸ با نسبت کاشت ۵۰:۵۰ نداشت (جدول ۴). کاهش عملکرد پروتئین خام دانه سویا در سال ۱۳۹۷ در مقایسه با سال ۱۳۹۸ می‌تواند مربوط به افزایش دمای هوا در طی دوره پر شدن دانه‌ها باشد. در گیاه دان‌سیاه نیز بهبود عملکرد دانه در سال دوم در مقایسه با سال اول به دلیل ویژگی‌های شیمیایی خاک و عدم تفاوت میانگین دمای هوا در مهرماه می‌تواند دلیل افزایش عملکرد پروتئین دانه دان‌سیاه باشد. مقایسه عملکرد پروتئین خام گیاه سویا با مقادیر پیش‌بینی شده نیز نشان داد که با کاهش سهم گیاه سویا در کشت مخلوط مقدار آن افزایش یافت. بیشترین افزایش مربوط به نسبت کاشت ۲۵:۷۵ (دان‌سیاه–سویا)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.4.6.6]



شکل ۴- عملکرد روغن دانه گیاهان دان‌سیاه و سویا در تیمارهای نسبت‌های کشت مخلوط

خطوط عمودی روی نقاط نشان دهنده خطای استاندارد هستند

Fig. 4. Oil yield of soybean and niger in intercropping ratio treatments

Vertical bars represent the standard error

جدول ۲- مقایسه میانگین میزان روغن دانه دان‌سیاه و سویا در تیمارهای نسبت‌های کشت مخلوط

Table 2. Mean comparison of seed oil content of soybean and niger in intercropping ratio treatments

نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios (Soybean-Niger)	روغن دانه دان‌سیاه Niger seed oil content (%) ۱۳۹۷ 2018	۱۳۹۸ 2019	روغن دانه سویا Soybean seed oil content (%)
0 : 100	35.3 a±1.27	44.9 a±0.93	-
25 : 75	38.3 a±1.79	42.5 b±0.49	22.5 a±0.78
50 : 50	36.3 a±1.72	40.9 c±0.47	22.6 a±0.29
75 : 25	35.7 a±1.49	42.7 b±0.85	22.7 a±0.75
100 : 0	-	-	22.8 a±1.98
LSD (0.05)	2.77 ns	1.06 **	1.17 ns

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

ns, * and **: Not significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. اعداد پس از میانگین‌ها انحراف استاندارد هستند

Means in each column followed by similar latter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test. Values are means±standard deviation

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.4.6.6]

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد روغن دانه دان‌سیاه و سویا در تیمارهای نسبت‌های کشت مخلوط

Table 3. Mean comparison of oil yield of soybean and niger in intercropping ratio treatments

نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios (Soybean-Niger)	عملکرد روغن دانه (۱۳۹۷) Oil yield (kg.ha^{-1}) (2018)		عملکرد روغن دانه (۱۳۹۸) Oil yield (kg.ha^{-1}) (2019)	
	Niger دان‌سیاه	Soybean سویا	Niger دان‌سیاه	Soybean سویا
0 : 100	128.5a ±19.11	-	251.3a ±42.80	-
25 : 75	108.9a ±30.95	511.2c ±94.03	179.9b ±25.91	520.5d ±27.13
50 : 50	72.8b ±19.61	805.2b ±105.99	140.4c ±23.62	698.4c ±77.27
75 : 25	39.4c ±5.80	987.7ab ±90.64	82.3d ±13.19	799.5b ±29.38
100 : 0	-	1146.8a ±113.42	-	1078.7a ±75.75
LSD (0.05)	26.04 **	191.86 **	41.70 **	80.30 **

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

ns, * and **: Not significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. اعداد پس از میانگین‌ها انحراف استاندارد هستند

Means in each column followed by similar latter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test. Values are means±standard deviation

در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ (به‌ترتیب با میانگین ۹۷/۲ و ۸۳/۱ درصد) بود. این روند در خصوص عملکرد پروتئین خام گیاه دان‌سیاه نیز صادق بود و مقدار آن در نسبت کاشت ۷۵:۲۵ (دان‌سیاه-سویا) در سال‌های آزمایش به ترتیب ۲۳/۷ و ۵۴/۰ درصد نسبت به مقادیر پیش‌بینی شده افزایش یافت (شکل ۵). به‌نظر می‌رسد که بهبود وضعیت نیتروژن گیاه دان‌سیاه در الگوی کشت ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ (دان‌سیاه-سویا) نقش مهمی در افزایش میزان پروتیئن خام دانه گیاه دان‌سیاه نسبت به مقدار پیش‌بینی شده داشته است. بطور کلی میزان نیتروژن در واحد سطح برگ و تخصیص آن به فرآیند فتوسنتزی به عوامل محیطی از جمله میزان نور و غلظت دی‌اکسیدکربن وابسته است و گیاه در اثر کاهش میزان نور دریافتی برای دسترسی به نیتروژن، پروتئین بیشتری به عوامل برداشت نور به منظور به حداکثر رساندن فعالیت آنزیم روبیسکو اختصاص می‌دهد (Kumar *et al.*, 2002). با نزدیک شدن به مراحل انتهایی رشد، افزایش فعالیت پروتئاز و انتقال مجدد نیتروژن می‌تواند در بهبود میزان پروتئین دانه‌ها موثر باشد (Kong *et al.*, 2016). بنا بر نتایج برخی از

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین خام دانه دان‌سیاه و سویا در تیمارهای نسبت‌های کشت مخلوط

Table 4. Mean comparison of crude protein yield of soybean and niger in intercropping ratio treatments

نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios (Soybean-Niger)	عملکرد پروتئین خام دانه (۱۳۹۷) Crude protein yield (kg.ha^{-1}) (2018)		عملکرد پروتئین خام دانه (۱۳۹۸) Crude protein yield (kg.ha^{-1}) (2019)	
	Niger دان‌سیاه	Soybean سویا	Niger دان‌سیاه	Soybean سویا
0 : 100	31.4a ±3.26	-	66.1a ±14.99	-
25 : 75	23.5b ±5.59	372.9c ±69.72	53.6ab ±11.28	503.6c ±27.13
50 : 50	18.6b ±3.85	509.9b ±103.49	46.3b ±10.69	754.4b ±100.01
75 : 25	9.7c ±1.89	650.3a ±79.10	25.4c ±3.49	886.0b ±166.42
100 : 0	-	756.3a ±135.75	-	1099.6a ±172.37
LSD (0.05)	4.35**	132.51**	13.15**	149.52**

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

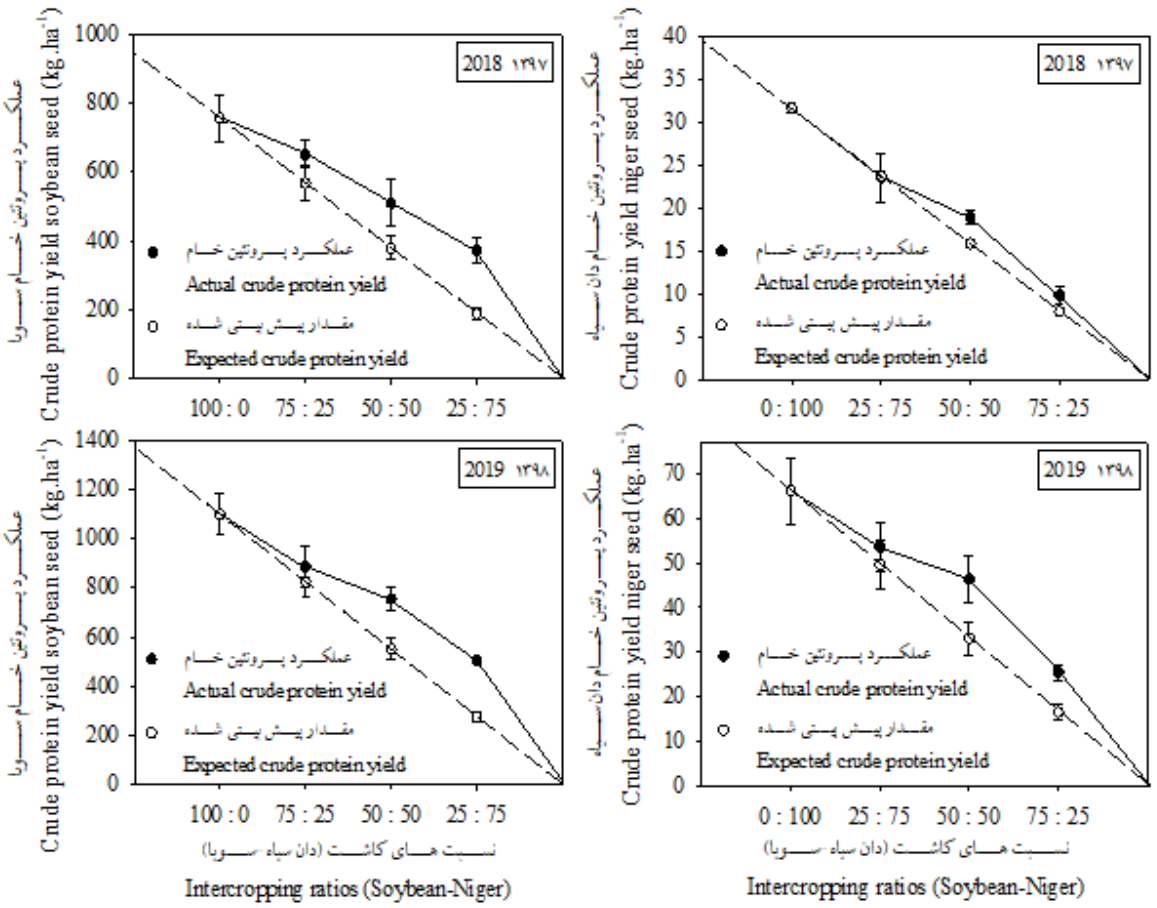
ns, * and **: Not significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. اعداد پس از میانگین‌ها انحراف استاندارد هستند

Means in each column followed by similar latter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test. Values are means±standard deviation

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.4.6.6]



شکل ۵- عملکرد پروتئین خام دانه گیاهان دان‌سیاه و سویا در تیمارهای نسبت‌های کشت مخلوط خطوط عمودی روی نقاط نشان دهنده خطای استاندارد هستند

Fig. 5. Crude protein yield of soybean and niger in intercropping ratio treatments

Vertical bars represent the standard error

پژوهشگران در کشت مخلوط لوبیاقرمز- جو، عملکرد پروتئین خام لوبیا قرمز در کشت خالص به دلیل غالبیت گیاه جو بیشتر از کشت مخلوط بوده است (Vlachostergios *et al.*, 2015). در مقابل افزایش عملکرد پروتئین خام نخودفرنگی در کشت مخلوط نخودفرنگی-یولاف در مقایسه با کشت خالص و افزایش غالبیت و توانایی رقابت گیاه بقولاتی در کشت مخلوط نیز توسط برخی از محققان گزارش شده است (Baxevanos *et al.*, 2017). افزایش جذب عناصر غذایی از طریق تسهیل در رقابت بین گونه‌های گیاهی نقش مهمی در افزایش مقدار نیتروژن جذب شده دارد و این موضوع باعث افزایش محتوای پروتئین خام دانه سویا و دان‌سیاه به ترتیب در نسبت‌های کشت ۲۵:۷۵ و ۷۵:۲۵ (دان‌سیاه-سویا) در مقایسه با مقادیر پیش‌بینی شده گردید.

نتایج نشان داد که در نسبت‌های کشت مخلوط با کاهش سهم گیاه دان‌سیاه و سویا، عملکرد دانه در مقایسه با مقدار پیش‌بینی شده افزایش یافت (جدول ۵). عملکرد دانه گیاه سویا در نسبت کاشت ۲۵:۷۵ (دان‌سیاه-سویا) ۸۷/۹ درصد بیشتر از مقدار پیش‌بینی شده بود. مقدار این افزایش در نسبت‌های کاشت ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ (دان‌سیاه-سویا) نیز به‌ترتیب ۳۸/۲ و ۷/۹ درصد بود. این نتایج در

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.4.6.6]

گیاه دان‌سیاه نیز صادق بود و عملکرد دانه گیاه دان‌سیاه در نسبت‌های کاشت ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ (دان‌سیاه–سویا) به‌ترتیب ۳۰/۷، ۱۷/۹ و ۱/۶ درصد در مقایسه با مقادیر پیش‌بینی شده افزایش یافت (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد دانه گیاهان دان‌سیاه و سویا در تیمارهای نسبت‌های کشت مخلوط

Table 5. Mean comparison of seed yield of soybean and niger in intercropping ratio treatments

نسبت‌های کشت مخلوط Intercropping ratios (Soybean-Niger)	Niger دان‌سیاه		Soybean سویا		مجموع Total
	عملکرد مشاهده شده Actual yield	عملکرد پیش‌بینی شده Expected yield	عملکرد مشاهده شده Actual yield	عملکرد پیش‌بینی شده Expected yield	
0 : 100	462.3a±125.59	462.3a±125.59	-	-	462.3e±125.59
25 : 75	352.5b±97.05	346.7b±94.19	2333.1d±439.46	1241.3d±190.14	2685.7d±486.21
50 : 50	272.7c±87.77	231.1c±62.79	3432.6c±734.48	2482.6c±380.29	3705.3c±777.91
75 : 25	151.1d±48.51	115.5d±31.39	4021.6b±593.83	3723.9b±570.44	4172.7b±626.27
100 : 0	-	-	4965.2a±760.59	4965.2a±760.59	4965.2a±760.59
LSD (0.05)	53.09**	25.68**	423.14**	159.52**	375.78**

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

ns, * and **: Not significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. اعداد پس از میانگین‌ها انحراف استاندارد هستند

Means in each column followed by similar latter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test. Values are means±standard deviation

جدول ۶- مقایسه شاخص‌های کارایی کشت مخلوط دان‌سیاه–سویا در در تیمارهای نسبت‌های کشت مخلوط

Table 6. Mean comparison of intercropping efficiency indices of soybean-niger in intercropping ratio treatments

شاخص‌های کارایی کشت مخلوط Intercropping efficiency indices		گیاه Crop	نسبت‌های کشت (دان‌سیاه–سویا) Planting ratios (Soybean-Niger)		
			75 : 25	50 : 50	25 : 75
LER	نسبت برابری زمین	Soybean سویا	0.81	0.69	0.47
		Niger دان‌سیاه	0.33	0.59	0.76
		Total مجموع	1.14	1.28	1.23
Net Effect		اثر خالص	333.20	991.55	1097.63
Complementarity Effect		اثر مکملی	392.08	756.22	656.02
Selection Effect		اثر انتخابی	-58.88	235.33	441.61

نتایج نشان داد که کلیه نسبت‌های کاشت، دارای نسبت برابری زمین بالاتر از یک بودند و این نشان دهنده برتری کشت مخلوط بر کشت خالص گیاهان سویا و دان‌سیاه است (جدول ۶). طبق نتایج بدست آمده در دو سال آزمایش نسبت کشت ۵۰:۵۰ در مقایسه با سایر نسبت‌های کاشت دارای بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۲۸) بود. نسبت‌های کشت ۲۵:۷۵ و ۷۵:۲۵ (دان‌سیاه–سویا) نیز به ترتیب با میانگین ۱/۲۳ و ۱/۱۴ در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. افزایش نسبت برابری زمین در کشت مخلوط نخود- بالنگو (Maghsoudi *et al.*, 2020) و عدس- اسفرزه (Rezaie-Chiyaneh *et al.*, 2021) توسط سایر محققان نیز گزارش شده است.

نتایج ارزیابی اجزای اثر خالص در کشت مخلوط نشان داد که عملکرد دانه در کلیه نسبت‌های کشت مخلوط به علت سهم بیشتر اثر مثبت رابطه مکملی گیاه دان‌سیاه و سویا در مقایسه با تسلط رقابتی و اثر انتخابی بود (جدول ۶). بیشترین سهم رابطه مکملی مربوط به نسبت کاشت ۷۵:۲۵ (دان‌سیاه–سویا) بود. نکته حائز اهمیت منفی بودن شاخص تسلط رقابتی در این نسبت

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.4.6.6]

کاشت است که نشان دهنده افزایش بهره‌وری در نسبت کاشت ۷۵:۲۵ (دان‌سیاه-سویا) به‌دلیل تولید بیشتر محصول توسط گونه‌ای است که دارای عملکرد کشت خالص کمتری است، بنابراین ایجاد رابطه مکملی در استفاده از منابع نقش مهمی در افزایش تولید گیاه دان‌سیاه در نسبت کشت مذکور داشته است. این موضوع یکی از مهم‌ترین دلایل افزایش ۱۴ درصدی نسبت برابری زمین در نسبت کشت ۷۵:۲۵ (دان‌سیاه-سویا) است. در نسبت‌های کاشت ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ (دان‌سیاه- سویا) به ترتیب ۷۶/۲ و ۵۹/۷ درصد از عملکرد دانه مربوط به اثر مکملی و تسهیل در رقابت بین گونه‌ای در الگوی کشت مخلوط بود (جدول ۶).

نتیجه‌گیری

انتخاب دان‌سیاه به عنوان گونه همراه در کشت مخلوط با سویا از طریق ایجاد رابطه همیاری دو جانبه و تسهیل در رقابت، باعث افزایش ماده خشک، عملکرد روغن و پروتئین دانه نسبت به مقادیر پیش‌بینی شده گردید. نسبت‌های کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر میزان روغن دانه سویا نداشتند، اما میزان روغن دان‌سیاه در نسبت‌های کشت مخلوط کمتر از کشت خالص (۱۰۰:۰) (در سال ۱۳۹۸) بود. نتایج نشان داد که با کاهش سهم گیاه سویا در الگوی کشت مخلوط سهم رابطه مکملی در افزایش عملکرد دانه کاهش و سهم تسلط رقابتی افزایش یافت، اما در مجموع تسلط رقابتی در نسبت‌های کشت مخلوط سهم کمتری در مقابل رابطه مکملی بین گیاهان داشت و این موضوع نشان دهنده تسهیل در رقابت بین‌گونه‌ای و استفاده بهینه از عوامل محیطی توسط گیاه دان‌سیاه و سویا در کشت مخلوط است. بر اساس نتایج این آزمایش نسبت کاشت ۵۰:۵۰ به دلیل در اختیار داشتن بالاترین شاخص کارایی و بهره‌وری (۱/۲۸) می‌تواند الگوی مناسبی در کشت مخلوط گیاه دان‌سیاه – سویا باشد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از راهنمایی ارزنده جناب آقای دکتر میراحمد موسوی شلمانی در پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای و همچنین مساعدت آقای دکتر حجت قربانی واقعی عضو هیئت علمی دانشگاه گنبد کاووس و مدیر عامل شرکت اندیشه ورزان آب نما گستر صمیمانه تشکر می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Ahmadvand, G. and S. Hajinia. 2019. Effect of intercropping on water use efficiency, yield quantity and quality of millet and soybean in irrigation regimes. Iran. J. Field Crop Sci. 49 (4): 97-113. (In Persian with English abstract).

AOCS. 1997. Official methods and recommended practice of the American Oil Chemists Society (5th Ed). Washington, DC: AOCS, Champaign, III.

Arshad, M., R. Nawaz, S. Ahmad, G. shad, F. Faiz, N. Ahmed, M. Irchad and S.L. Ranamukhaarachchi. 2020. Growth, yield and nutritional performance of sweet sorghum and legumes in sole and intercropping influenced by type of legume, nitrogen level and air quality. Polish J. Environ. Stud. 29 (1): 533-543.

Baxevanos, D., I.T. Tsialtas, D.N. Vlachostergios, I. Hasjigeorgiou, C. Dordas and A. Lithourgidis. 2017. Cultivar competitiveness in pea-oat intercrops under Mediterranean conditions. Field Crops Res. 214: 94-103.

Bedoussac, L. and E. Justec. 2011. A comparison of commonly used indices for evaluating species interactions

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.4.6.6]

and intercrop efficiency: Application to durum wheat–winter pea intercrops. Field Crops Res. 124: 25-36.

Carciochi, W.D., R. Schwalbert, F.H. Andrade, G.M. Corassa, P. Carter, A.P. Gasper, J. Schmidt and A. Ciampitti. 2019. Soybean seed yield response to plant density by yield environmental in north America. Agron. J. 111 (4): 1-10.

Eklund, A. 1971. Biological evaluation of protein quality and safety of a lipoprotein concentrate from Niger seed (*Guizotia Abyssinica* Cass). Acta Physiol. Scand. 82: 229-235.

FAO, 2018. FAOSTAT, F. Available at: http://faostat3.fao.org.

Finley, K.A.B. and M.R. Ryan. 2018. Advancing intercropping research and practices in industrialized agricultural landscapes. Agriculture, 8 (80): 1-24.

Getinet, A. and S.M. Sharma. 1996. Niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben, International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

Hill, J. and Y. Shimamoto. 1973. Methods of analyzing competition with special reference to herbage plants. J. Agric. Sci. 81(1): 77-89.

Kalantari Khandani, S. 2018. Effects of replacement series on qualitative and quantitative yield and land equivalent ratio in maize-soybean cultivars intercropping. J. Appl. Crop Res. 31 (119): 21-45. (In Persian with English abstract).

Kim, J., Y. Song, D.W. Kim, M. Fiaz and C.H. Kwon. 2018. Evaluating different inter row distance between corn and soybean for optimum growth, production and nutritive value of intercropped forages. J. Animal Sci. Tech. 60 (1): 1-6.

Kong, L., Y. Xie, L. Hu, B. Feng and S. Li. 2016. Remobilization of vegetative nitrogen to developing grain in wheat, review. Field Crop Res. 196: 134-144

Kumar, P.A., M.A.J. Parry, R.A.C. Mitchell, A. Ahmad and Y.P. Abrol. 2002. Photosynthesis and nitrogen use efficiency. *In:* Foyer, C.H. and G. Noctor (Eds.). Photosynthetic nitrogen assimilation and associated carbon and respiratory metabolism. Kluwar Academic Publishers, Netherlands.

Lithourgidis, A.S., D.N. Vlachostergios, C.A. Dordas and C.A. Damalas. 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea–cereal intercropping system. Eur. J. Agron. 34: 287-294.

Liu, Y.C., X. Qin, J. Xiao, L. Tang, C.Z. Wei, J.J. Wei and Y. Zheng. 2017. Intercropping influences component and content change of flavonoids in root exudates and nodulation of Faba bean. Plant Int. 12 (1): 187-192.

Loreau, M. and A. Hector. 2001. Partitioning selection and complementarity in biodiversity experiments. Nature, 412: 72–76.

Maghsoudi, A., E. Eizadi and E. Molaei. 2020. Evaluating yield and land equivalent ratio in mixcropping of balangu (*Lallemantia royleana* Benth.) and chickpea (*Cicer aritinum* L.) affected by weed competition. Iran.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.4.6.6]

J. Pulses Res. 10 (2): 90-103. (Persian with English abstract)

Mariotti, F., D. Tome and P.P. Mirand. 2008. Converting nitrogen into protein beyond 6.25 and Jones factors. Food Sci. Nutr. 48: 177-184.

Mead, R. and R.W. Willey. 1980. The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields for intercropping. Exp. Agric. 16: 217–228.

Nakagawa, A.C.S., N. Ario, Y. Tomita, S. Tanaka, N. Murayama, C. Mizuta, M. Lwayalnoue and Y. Ishibashi. 2020. High temperature during soybean seed development differentially alters lipid and protein metabolism. Plant Prod. Sci. 23 (4): 504-512.

Namdari, M. and S. Mahmoodi. 2013. Evaluation of grain yield and yield components in intercropping of dwarf and tall cultivars of soybean (*Glycine max* L.). Iran. J. Crop Sci. 15 (1): 1-11. (In Persian with English abstract).

Ranganatha, A.R.G., A.K. Panday, R. Bisen, S. Jain and S. Sharma. 2016. Niger. *In:* S.K. Gupta (Ed). Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production, Opportunities and Constraints. Academic Press, London. UK.

Rezaie-Chiyaneh, E., J. Jalilian, S.M. Seyyedi, M. Barin, E. Ebrahimian and R. Keshavarz Afshar. 2021. Isabgol (*Plantago ovata*) and lentil (*Lens culinaris*) intercrop responses to arbuscular mycorrhizal fungi inoculation. Biol. Agric. Hort. 37 (2): 125-140.

Salari, F., S. Khalesro, G. Heidari and H. Ghobari. 2020. Comparison of quantitative and qualitative traits of safflower and chickpea in replacement and additive intercropping systems. Iran. J. Field Crop Sci. 51 (3): 129-138. (In Persian with English abstract).

Stomph, T., C. Dordas, A. Baranger, J. de Rijk, B. Dong, J. Evers, C. Gu, L. Li, J. Simon, E.S. Jensen, Q. Wang, Y. Wang, Z. Wang, H. Xu, C. Zhang, L. Zhang, W. Zhang, L. Bedoussac and W.V. Werf. 2020. Designing intercrops for high yield, yield stability and efficient use of resources: Are there principles? *In:* D.L. Sparks (Ed). Advances in Agronomy. Academic Press, London. UK.

Thapa, R., H. Poffenberger, K.L. Tully, V.J. Ackroyd, M. Kramer and B. Mirsky. 2018. Biomass production and nitrogen accumulation by hairy vetch–cereal rye mixtures: A meta-Analysis. Agron. J. 110 (4): 1197-1208.

Vaseghi, A. and S. Davazdahemami. 2016. Evaluation of agronomical, phonological and quality characters of niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) as a new oil plant in different sowing date in Isfehan region. J. Oil Plants Prod. 2 (2): 77-92.

Vlachostergios, D.N., C.A. Dordas and A.S. Lithourgidis. 2015. Forage yield, protein concentration and interspecific competition in red pea-cereal intercrops. Exp. Agric. 51 (4): 635-650.

Wu, Y., W. Gong and W. Yang. 2017. Shade inhibits leaf size by controlling cell proliferation and enlargement in soybean. Sci. Reports. 7: 9259.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.4.6.6]

Yadav, S., S. Kumar, Z. Hussain, P. Suneja, M.A. Nizar and M. Dutta. 2012. *Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass: An untapped oilseed resource for the future. Biomass Bioenergy. 43: 72-78.

Yang, F., Y. Fan, X. Wu, Y. Cheng, Q. Liu, L. Feng, J. Chen, Z. Wang, X. Wang and T. Yong. 2018. Auxin-to-gibberellin ratio as a signal for light intensity and quality in regulating soybean growth and matter partitioning. Front. Plant Sci .9: 56-68.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.4.6.6]

Effect of replacement ratios on plant traits and seed quality properties in intercropping of soybeans (*Glycine max* L. Merr) and niger (*Guizotia abyssinica* Cass.)

Namdari, M.[1], R. Abbasi[2], H. Pirdashti[3] and F. Zaefarian[4]

ABSTRACT

Namdari, M., R. Abbasi, H. Pirdashti and F. Zaefarian. 2022. Effect of replacement ratios on plant traits and seed quality properties in intercropping of soybeans (*Glycine max* L. Merr) and niger (*Guizotia abyssinica* Cass). **Iranian Journal of Crop Sciences. 23(4): 373-389. (In Persian).**

A field experiment was conducted to evaluate the competition of soybean intercropped with niger in different planting ratios using randomized complete block design with four replications at Sari agricultural sciences and natural resources university in 2018 and 2019. The intercropping ratios were 0:100, 25:75, 50:50, 75:25, and 100:0 (soybean:niger, respectively) using the replacement series. Results showed that intercropping significantly affected plant height, total dry matter accumulation at different growth stages, seed yield, oil, and crude protein yield of both crops. The highest plant height of soybean and niger was obtained in sole cropping of soybean and 75:25 planting ratio, respectively. The impact of competition on total dry matter accumulation up to 90 days after planting was positive and complementarity effect that changed to mutual cooperation after this stage. In addition, oil yield and crude protein yield of soybean and niger seeds in planting ratios were higher than niger (100: 0) and less than soybean in the sole cropping of soybean (100: 0). The maximum amounts of LER (1.28 and 1.23) were obtained in 50:50 and 75:25 intercropping ratios, respectively. Results showed that the complementarity effect between niger and soybean on seed yield in all intercropping ratios was greater than the selection effect. The increases in seed yield in intercropping ratio 50:50 and 25:75 was due to the largest share of the complementarity effect (76.2% and 59.7%, respectively) in seed yield. Therefore, selecting niger as a companion species in intercropping with soybean would lead to mutual cooperation relationship and mitigate the effect of competition.

Key words: Mutual cooperation, Complementarity effect, Selection effect, Land Equivalent Ratio and Soybean

Received: May, 2021 Accepted: September, 2021

1. PhD Student, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
2. Assistant Prof., Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran (Corresponding author) (Email: rabasi@ut.ac.ir)
3. Professore, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
4. Assoc. Prof., Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-06]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1400.23.4.6.6]