

Growth characteristics, Yield Components and Yield of lentil (*Lens culinaris* Medik.) in Intercropping with barley

Safar Nasrollahzadeh¹, Adel Dabbagh Mohammadi Nasab¹, Elham Salahi-Khalaf²,
Roghiyeh Farzi-Aminabad^{3*} 

Received: March 12, 2023

Accepted: June 13, 2024

1- Prof., Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2- Master of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

3- PhD Student in Crop Physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

*Corresponding Author: Email: roghiyehfarzi374@gmail.com

Abstract

Background & Objectives: This research was carried out to investigate the growth characteristics, yield components and yield of lentil (*Lens culinaris* Medik.) in intercropping with barley (*Hordeum vulgare* L.).

Materials & Methods: The experiment was conducted in a complete block design with three replications and five treatments at research farm of Faculty of Agriculture, University of Tabriz at 2017. Cropping patterns based on replacement series. Barley was considered the main crop and lentil as a sub-crop. The cropping pattern included: monoculture of barley and lentil and intercropping of these two species with the ratio of 1:1, 3:1 and 5:3. During this experiment, morphological traits, yield components, and yield of lentil and barley were measured.

Results: Plant height, number of tillers, grains per spike, 1000 grains weight, biological yield in barley and plant height, branches per plant and pods per plant in lentil plants were affected by intercropping. In all cropping patterns, the Land equivalent ratio (1:1 1.96, 2:1 1.94, 5:3 1.74), which indicates the relative benefit of intercropping compared to monoculture. The mean of relative crowded coefficient in the different intercropping patterns showed that lentil with a value of 1.054 is a stronger competitor than barley. The relative value for all three patterns of intercropping (1:1 5.44, 2:1 5.38T 5:3 5.30), which indicates the economic benefit of intercropping compared to the monoculture of barley and lentil.

Conclusion: According to the Land Equivalent Ratio and Total Relative Value, the 1:1 intercropping pattern was superior to other patterns and was more beneficial than other intercropping patterns. In this intercropping pattern, the lentil is a stronger competitor more than barley.

Keywords: Barley, Biological yield, Grain yield, Intercropping, Lentil

صفات رشدی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه عدس (*Lens culinaris* L.) در کشت مخلوط با جو

صفر نصراله زاده^۱، عادل دباغ محمدی نسب^۱، الهام صلاحی خلف^۲، رقیه فرضی امین آباد^{۳*} 

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۱	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۴
--------------------------	-------------------------

۱- استاد گروه اکوفیزیولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۲- کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۳- دانشجوی دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
* مسئول مکاتبه: Email: roghiyehfarzi374@gmail.com

چکیده

مقدمه و اهداف: این پژوهش برای بررسی صفات رشدی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه عدس (*Lens culinaris* Medik.) در کشت مخلوط با جو (*Hordeum vulgare* L.) اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و پنج تیمار در سال ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. کشت مخلوط بر اساس سری جایگزینی انجام شد. جو بعنوان محصول اصلی و عدس بعنوان محصول فرعی در نظر گرفته شدند. الگوهای کشت شامل کشت خالص هر دو گونه و کشت مخلوط دو گیاه با نسبت‌های ردیفی ۱:۱، ۱:۳ و ۳:۵ جو و عدس بود. در طی این آزمایش صفات مورفولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد عدس و جو اندازه‌گیری گردید.

یافته‌ها: در این پژوهش ارتفاع بوته، تعداد پنجه، دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیکی در جو و ارتفاع بوته، شاخه‌های فرعی و تعداد نیام در بوته عدس تحت تأثیر کشت مخلوط قرار گرفت. در تمامی الگوهای کشت نسبت برابری زمین به صورت ۱:۱، ۱/۹۶، ۲:۱، ۱/۹۴، ۵:۳، ۱/۷۴ است. این نشان دهنده سودمندی نسبی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است. میانگین ضریب ازدحام نسبی در نسبت‌های کشت مخلوط نشان داد که عدس با مقدار ۱/۰۵۴ رقابت کننده قوی‌تری نسبت به جومی‌باشد. میزان ارزش نسبی برای الگوهای کشت مخلوط (۱:۱، ۵/۴۴، ۲:۱، ۵/۳۸، ۵:۳، ۴/۳۰) نشان‌گر سودمندی اقتصادی کشت مخلوط نسبت به کشت‌های خالص دو گونه است.

نتیجه‌گیری: با توجه به شاخص‌های نسبت برابری زمین و مجموع ارزش نسبی، الگوی کشت مخلوط ۱:۱ بر سایر الگوها برتری داشته و سودمندی بیشتری نسبت به سایر الگوهای کشت مخلوط داشت. در این کشت مخلوط قدرت رقابتی عدس بیشتر از جو می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کشت مخلوط، جو، عدس، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) یکی از مهمترین گیاهان خانواده غلات می باشد و از نظر اقتصادی بعد از گندم، برنج و ذرت در رتبه چهارم جهان قرار دارد (فریرا و همکاران ۲۰۱۶). حبوبات از جهت افزایش حاصلخیزی خاک و تغذیه انسان ها اهمیت زیادی دارند (پارسا و باقری ۲۰۱۳). کشت حبوبات به دلیل تثبیت نیتروژن اتمسفری در خاک، موجب افزایش باروری خاک می شود (والی و همکاران ۲۰۰۷). عدس (*Lens culinaris* Medik.) از مهمترین حبوبات در سیستم های کشت به خصوص در تناوب با گندم یا جو در مناطقی با بارندگی کم تا متوسط محسوب می شود. دانه آن سرشار از پروتئین بوده و کاه آن نیز از ارزشی معادل دانه برخوردار است و از این رو نقش مهمی در تغذیه انسان و دام دارد (موسوی و احمدی ۲۰۰۹). کشت مخلوط یکی از مهمترین سیستم های کشاورزی پایدار می باشد که به دلیل افزایش تنوع زیستی و سود حاصل از آن در واحد سطح و واحد زمان، از اهمیت خاصی برخوردار است (امانی ماچپانی و همکاران ۲۰۱۹). در این سیستم کشاورزی دو یا چند گیاه زراعی به صورت توأم کاشته می شوند و امکان برقراری روابط متقابل بین گیاهان مختلف را فراهم می کند که باعث افزایش عملکرد در واحد سطح، بهبود راندمان استفاده از منابع محیطی مثل نور، آب و خاک شده و باعث کاهش خسارت آفات می شود (کائو و همکاران ۲۰۱۵). از طریق افزایش تنوع گیاهان زراعی در کشت مخلوط، کاهش ریسک تولید و مدیریت علف های هرز، پایداری بوم نظام های زراعی را فراهم می کند و عملکرد اقتصادی و کارایی استفاده از زمین زراعی افزایش می یابد (سیدی و حمزه ئی ۲۰۲۰). کشت همزمان غلات با لگوها به عنوان راهکاری برای سازگاری با محیط زیست می باشد که در این حالت به دلیل استفاده بهتر از نور و بهره گیری از نیتروژن تثبیت شده توسط لگوها برای جز غلات، عملکرد در کشت مخلوط افزایش می یابد (پلوز و همکاران ۲۰۱۲). بر اساس نتایج آزمایش های انجام شده هنگامی که دو گونه مختلف با ارتفاع بوته، پوشش گیاهی و دو الگوی رشد متفاوت به صورت هم زمان در کشت مخلوط قرار گیرند، کمترین رقابت را با یکدیگر ایجاد می کنند این موضوع باعث

افزایش عملکرد کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص می شود (خان و همکاران ۲۰۰۵). کشت مخلوط برای افزایش محصول یک یا همه گونه های شرکت کننده در کشت با ارزش تلقی می شود و این افزایش به سبب کاهش جمعیت علف های هرز و آفات در کشت مخلوط است (بومن و همکاران ۲۰۰۰). کشت مخلوط لگوها با غلات موجب افزایش ۱۱ درصدی در تثبیت نیتروژن آلی، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، میانگین زیست توده ریشه و کربن آلی خاک می گردد (کانگ و همکاران ۲۰۱۶). بر اساس نتایج نوگشوانتر و کائول (۲۰۱۵) نسبت های مختلف کاشت نخودفرنگی و یولاف به صورت جایگزینی، میزان نیتروژن دانه یولاف با کاهش سهم کاشت آن در الگوی کشت مخلوط افزایش یافت، در حالی که نسبت های کاشت اثری بر میزان نیتروژن در نخودفرنگی نداشت. به طور کلی، استفاده از گیاهان لگوها در تناوب و کشت مخلوط، می تواند روشی جایگزین و پایدار برای تأمین منابع نیتروژن در سیستم های تولیدی کم نهاده در نظر گرفته شود. همچنین گیاهان لگوها موجب افزایش خصوصیات کیفی و جذب عناصر غذایی گیاه همراه در کشت مخلوط با گیاهان لگوها می گردد (سعیدی و همکاران ۲۰۱۸). داودیان و حمزه ئی (۲۰۱۹) در کشت مخلوط کلزا و نخود گزارش کردند که عملکرد دانه در کشت مخلوط دو گونه نسبت به کشت خالص دو گیاه به دلیل استفاده بهتر از منابع برتری داشت. برای تحقق اهداف کشاورزی پایدار، در این پژوهش اثر سودمندی کشت مخلوط در بهبود ویژگی های مورفولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه عدس و جو مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

آزمایش در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار و پنج تیمار در سال ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. این منطقه دارای اقلیم نیمه خشک سرد و فصل خشک طولانی به خصوص در تابستان می باشد. بافت خاک شنی لومی و pH آن در محدوده قلیایی ضعیف تا متوسط قرار دارد. کشت مخلوط بر اساس سری جایگزینی انجام گرفت. جو به عنوان محصول اصلی و عدس به عنوان محصول

اندازه‌گیری عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی

به منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی هر دو گونه، در هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه (ردیف‌های کناری و نیم متر از طرفین ردیف‌های وسطی)، سطحی به اندازه یک متر مربع از هر کرت به طور تصادفی انتخاب شد و پس از برداشت (۳۰ شهریور سال ۱۳۹۶)، عملکرد دانه اندازه‌گیری گردید. برای برآورد عملکرد بیولوژیکی در دو گیاه مورد نظر، ابتدا نمونه‌ها در آونی در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس توزین شدند.

نسبت برابری زمین (LER)

این معیار توسط رابطه زیر و به صورت استاندارد محاسبه شد:

$$LER = (Y_{ij} / Y_{ii}) + (Y_{ji} / Y_{jj})$$

که در آن Y عملکرد در واحد سطح، Y_{ij} و Y_{ji} عملکرد کشت خالص دو گیاه i و j و Y_{ii} و Y_{jj} عملکرد مخلوط‌ها هستند. L_i و L_j مقادیر نسبی LER هستند که معرف نسبت عملکرد گیاهان i و j در کشت مخلوط به کشت خالص آن‌هاست (هاشمی دزفولی و همکاران، ۱۳۷۵).

ضریب ازدحام نسبی (RCC)

این شاخص اولین بار توسط ویت در سال ۱۹۶۰ به کار رفت. این شاخص به نسبت رقابتی ویلی و رائو نیز معروف است. اشکال مختلفی ارائه گردیده است. این ضریب به صورت زیر بیان می‌شود (هارپر، ۱۹۷۷).

$$RCC_{ij} = (Y_{ij} / Y_{ii}) / (Y_{ji} / Y_{jj})$$

در این رابطه i در مخلوط با گونه j و Y_{ji} و Y_{ij} به ترتیب عملکرد گونه‌های i و j در کشت مخلوط Y_{ii} و Y_{jj} به ترتیب عملکرد آن‌ها در کشت مخلوط می‌باشند. اگر $RCC_{ij} = 1$ باشد، دو جزء مخلوط از قابلیت‌های رقابتی یکسانی برخوردارند. اگرچه RCC_{ij} بزرگتر از یک باشد، گونه i از نظر رقابتی برتر از گونه j است. اگر RCC_{ij} کوچکتر از یک باشد، گونه j از نظر رقابتی برتر از گونه i است.

مجموع ارزش نسبی (RVT)

برای برآورد شاخص مجموع ارزش نسبی معادله زیر مورد بهره‌برداری قرار گرفت:

$$RVT = (aP_1 + bP_2) / aM_1$$

در این رابطه a ، قیمت محصول اصلی (سال ۱۳۹۶)، b ، قیمت محصول ثانوی، P_1 و P_2 به ترتیب عملکرد مخلوط محصول اصلی و فرعی، M_1 حداکثر عملکرد خالص

فرعی در نظر گرفته شد. الگوهای کشت شامل کشت خالص هر دو گونه و کشت مخلوط دو گیاه با نسبت‌های ردیفی ۱:۱، ۱:۳ و ۳:۵ جو و عدس بود. پس از مشخص شدن زمین زراعی، کلیه عملیات خاکورزی شامل شخم، دیسک زنی، فارو زنی، کرت بندی و آماده سازی زمین انجام شد. واحدهای آزمایشی برای کشت‌های خالص به طول ۴ و عرض ۲ متر و به طول ۴، ۶ و ۷/۵ متر و عرض ۳، ۴ و ۴ متر به ترتیب برای الگوهای کشت ۱:۱، ۱:۳ و ۳:۵ ایجاد گردیدند. در این آزمایش رقم مورد استفاده برای جو، بومی اهر و برای عدس رقم بیله سوار بود که از مرکز تحقیقات کشاورزی استان کرمانشاه تهیه گردیدند. فواصل بین ردیف‌های کاشت ۲۵ سانتی متر و فواصل بوته‌های جو و عدس روی ردیف به ترتیب ۱ و ۴ سانتی متر در نظر گرفته شد. بذره‌های جو در عمق ۳ سانتی متری و عدس در عمق ۴ سانتی متری کشت گردیدند. تراکم مورد نظر برای جو ۱۰۰ و عدس ۲۵ بوته در مترمربع بود. عملیات کاشت در تاریخ ۱۵ اردیبهشت سال ۱۳۹۶ بود که هر دو گیاه به طور همزمان کاشته شدند. مقدار کود مورد نیاز به صورت نواری مورد استفاده قرار گرفت. بلافاصله بعد از کاشت آبیاری انجام گردید و آبیاری‌های بعدی هم با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه هر هفته یک بار انجام شد. گیاهان سبز شده در مرحله ۵ برگی به منظور تراکم مورد نظر تنک شدند. همچنین وجین علف‌های هرز به صورت منظم و به روش دستی صورت گرفت.

صفات مورد اندازه‌گیری در جو

در مرحله رسیدگی کامل تعداد پنجه در بوته، ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن سنبله و وزن هزار دانه در جو با انتخاب ۵ بوته از هر واحد آزمایشی به طور تصادفی و پس از حذف اثرات حاشیه‌ای (ردیف‌های کناری یک متر و ردیف‌های وسطی نیم متر از طرفین) اندازه‌گیری شد.

صفات مورد اندازه‌گیری در عدس

ویژگی‌های ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و وزن هزاردانه برای عدس با انتخاب ۵ بوته از هر واحد آزمایشی به طور تصادفی و پس از حذف اثرات حاشیه‌ای (ردیف‌های کناری و نیم متر از طرفین ردیف‌های وسطی) در مرحله رسیدگی صورت گرفت.

آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزارهای SPSS و MSTAT-C و رسم نمودار به کمک نرم افزار EXCEL انجام گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان می‌دهد که اثر الگوی کشت بر ارتفاع بوته، تعداد پنجه، وزن هزارانه و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد و طول سنبله در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱).

محصول اصلی است. اگر مقدار RVT، بزرگتر از یک باشد کشت مخلوط دارای مزیت بوده و اگر RVT کوچکتر از یک باشد، کشت خالص دارای مزیت اقتصادی خواهد بود، در صورتی که اگر RVT برابر با یک باشد، این دو روش از نظر اقتصادی مزیتی بر یکدیگر ندارند.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

پیش از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش، آزمون نرمال بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس‌ها انجام گردید تا در صورت نیاز تبدیل مناسب صورت گیرد. تجزیه واریانس داده‌ها بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از

جدول ۱- تجزیه واریانس ارتفاع بوته، تعداد پنجه، طول سنبله و اجزای عملکرد و عملکرد دانه جو تحت تاثیر الگوهای مختلف کشت

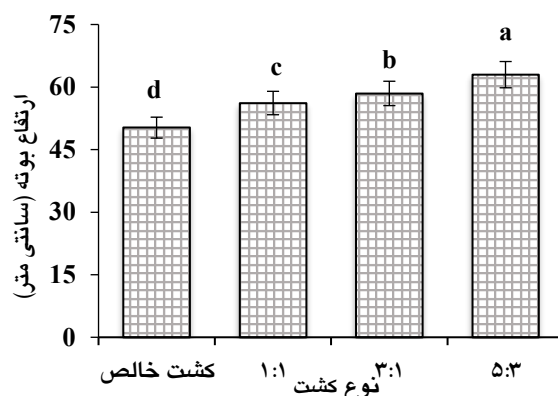
میانگین مربعات									منابع تغییر
عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	وزن هزار دانه	وزن سنبله	تعداد دانه در سنبله	طول سنبله	تعداد پنجه	ارتفاع بوته	درجه آزادی	
۵۳۶۰/۳۱۶	۳/۴۵۲	۰/۳۶	۰/۰۰۱	۰/۰۶۵	۰/۰۱۱	۰/۰۰۹	۰/۲۸۶	۲	تکرار
۶۵۸۹/۴۰۳ ^{NS}	۱۱۴۱۳/۲۴**	۷۷/۱۲۰**	۰/۰۰۸ ^{NS}	۱/۷۴۳**	۰/۴۰۸*	۳/۵۵۶**	۸۳/۷۸۰**	۳	الگوی کشت
۶۰۰/۷۹۵	۱۱/۷۱۶	۰/۰۹۵	۰/۰۰۳	۰/۰۶۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۲۶۲	۶	خطای آزمایشی
۲۰/۸۰	۰/۵۰	۰/۷۴	۴/۹۰	۱/۷۴	۳/۰۹	۱/۴۷	۰/۹۰	-	ضریب تغییرات (%)

NS، ** و * به ترتیب غیر معنی دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

و همکاران (۲۰۰۸). بر اساس نتایج حاصل از پژوهش عبدالهی و همکاران (۲۰۱۳) ارتفاع بوته خود در کشت مخلوط گندم - نخود تحت تأثیر الگوی کشت قرار گرفت و بالاترین ارتفاع بوته از الگوی کشت خالص خود و الگوی کشت مخلوط نواری ۲:۷ نخود-گندم حاصل شد. بر اساس گزارش نظری و همکاران (۲۰۱۷) ارتفاع بوته جو در کشت مخلوط جو - بادام در مقایسه با کشت خالص جو بالاتر بود که به دلیل رقابت گیاهان در کشت مخلوط بر سر نور می‌باشد. کمبود نور در زراعت غلات، موجب ضعیف شدن ساقه و افزایش ارتفاع در این گیاهان می‌شود. همچنین نور رشد و نمو میانگره‌ها و در نتیجه رشد طولی ساقه را محدود می‌سازد، ولی انشعابات ساقه را زیاده‌تر می‌کند. چون نور فعالیت هورمون رشد طولی (اکسین) را کاهش می‌دهد (مجنون حسینی و مظاهری ۲۰۱۱).

ارتفاع بوته

در الگوی کشت ۵:۳ بیشترین ارتفاع بوته (۶۲/۹۷ سانتی‌متر) و در کشت خالص کمترین ارتفاع بوته (۵۰/۲۷ سانتی‌متر) حاصل شد (شکل ۱) که این می‌تواند به دلیل رقابت گیاهان حاضر در کشت مخلوط برای رسیدن به نور باشد. در سیستم کشت مخلوط تأثیر نور با توجه به رقابت درون گونه‌ای و برون گونه‌ای تغییر می‌کند بنابراین، اگر یکی از گیاهان تشکیل دهنده کشت مخلوط بلندتر از دیگری باشد، از نظر نور مؤثر بر فتوسنتز بر دیگری غالب می‌شود و افزایش ارتفاع در گیاه باعث تشکیل برگ‌های جدید با کارایی مصرف نور بیشتر می‌شود (مظاهری ۱۹۹۸). در ارزیابی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی ارتفاع بوته ذرت افزایش می‌یابد و علت آن تأمین بهتر نیتروژن توسط جزء لگوم می‌باشد (هاکان



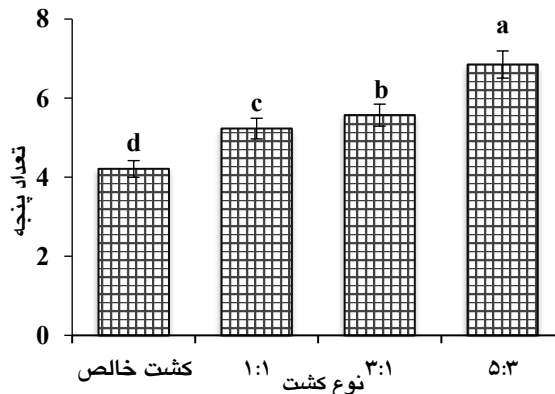
شکل ۱- تغییرات ارتفاع بوته جو در الگوهای مختلف کشت مخلوط با عدس

(۱:۱، ۳:۱ و ۵:۳ به ترتیب نسبت ۱ به ۱، ۳ به ۱ و ۵ به ۳ جو به عدس)

تعداد پنجه

بیشترین تعداد پنجه جو در کشت مخلوط ۵:۳ جو و عدس (۶/۸۵) و کمترین آن مربوط به کشت خالص (۴/۲۱) می باشد (شکل ۲). به نظر می رسد تأمین نیتروژن توسط عدس در کشت مخلوط موجب افزایش تعداد پنجه جو به ویژه در الگوی کشت مخلوط ۵:۳ جو و عدس گردیده است. سیدی و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی کشت

مخلوط نخود و جو اظهار داشتند که تعداد کل پنجه و تعداد کل پنجه های بارور جو در کشت مخلوط بیشتر از تک کشتی بوده است، که این امر می تواند به دلیل افزایش فضا برای توسعه پنجه ها و انشعابات در گیاه جو باشد. بر اساس گزارش های مهدوی مرچ و همکاران (۲۰۱۵)، در کشت مخلوط زنیان و جو، تعداد پنجه جو در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص آن بیشتر می باشد.



شکل ۲- تغییرات تعداد پنجه جو در الگوهای مختلف کشت مخلوط با عدس

(۱:۱، ۳:۱ و ۵:۳ به ترتیب نسبت ۱ به ۱، ۳ به ۱ و ۵ به ۳ جو به عدس)

طول سنبله

بیشترین طول سنبله در کشت مخلوط ۳:۱ جو و عدس (۸/۲۳۳) به دست آمد که اختلاف معنی داری با کشت خالص و نسبت ۱:۱ جو و عدس نداشت، و کمترین آن به کشت مخلوط ۵:۳ جو و عدس (۷/۳۸۷) تعلق داشت (شکل ۳). طول سنبله بیشتر در اثر تعداد دانه بالاتر در سنبله (شکل ۴) می باشد. زارع فیض آبادی و امام وردیان (۲۰۱۲) در کشت مخلوط ارقام گندم گزارش کردند که بالاترین طول سنبله مربوط به کشت مخلوط پنج رقم گندم (پیشتان، فلات، شیراز، قدس و توس) بود که تفاوت

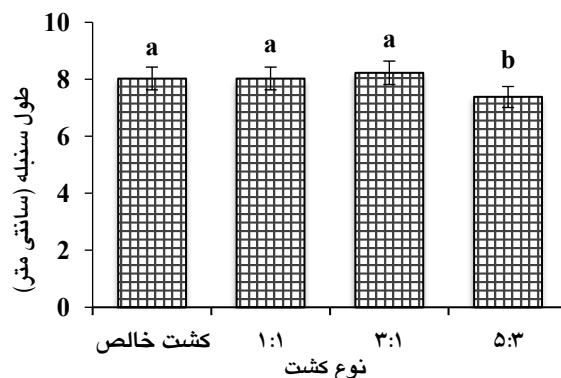
معنی داری با کشت مخلوط چهار رقم (فلات، شیراز، قدس و توس) نداشت.

تعداد دانه در سنبله

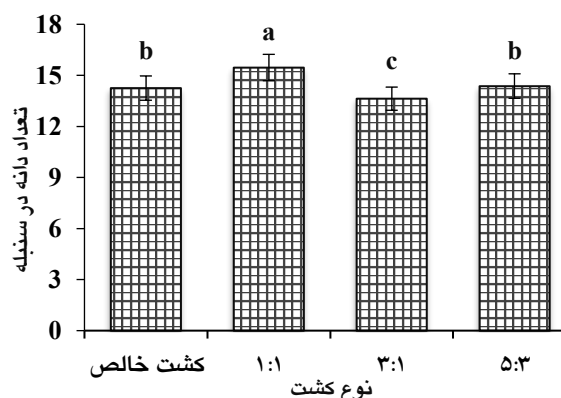
بیشترین تعداد دانه در سنبله مربوط به کشت مخلوط ۱:۱ (۱۵/۴۶)، کمترین آن به کشت ۳:۱ جو و عدس (۱۳/۶۳) اختصاص داشت و از لحاظ آماری اختلاف معنی داری بین کشت خالص و الگو ۵:۳ وجود نداشت (شکل ۴). به نظر می رسد که در کشت مخلوط ۱:۳ جو و عدس به دلیل افزایش نسبت جو و تشدید رقابت درون گونه ای برای منابع مورد نیاز از جمله دریافت

مخلوط بیشتر از کشت خالص بود (کوچکی و همکاران ۲۰۰۹) با این حال، سابکوویز (۲۰۰۶) در کشت مخلوط تریتیکاله با باقلا، گزارش کرد که تعداد دانه در هر سنبله تریتیکاله با افزایش نسبت باقلا به طور معنی داری کاسته می شود که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت ندارد. وی علت این امر را به رقابت دو گونه بر سر منابع محیطی از قبیل نور، آب و مواد غذایی نسبت داد.

تشعشع و مواد پرورده، تعداد گل های بارور و ریزش دانه در سنبله، در نهایت منجر به کاهش دانه در سنبله شده است، در کشت مخلوط ۱:۱ به علت نفوذ بهتر نور درون کانوپی و دریافت بهتر تشعشع توسط برگ ها، تعداد اندام زایشی و نهایتاً تعداد دانه افزایش یافته باشد. در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط ذرت و لوبیا انجام گرفت، مشخص شد که تعداد دانه در بلال ذرت در کشت



شکل ۳- تغییرات طول سنبله جو در الگوهای مختلف کشت مخلوط با عدس (۱:۱، ۳:۱ و ۵:۳ به ترتیب نسبت ۱ به ۳، ۱ به ۵ و ۳ به ۵ جو به عدس)



شکل ۴- تغییرات تعداد دانه در سنبله جو در الگوهای مختلف کشت مخلوط با عدس (۱:۱، ۳:۱ و ۵:۳ به ترتیب نسبت ۱ به ۳، ۱ به ۵ و ۳ به ۵ جو به عدس)

بیشترین و کمترین وزن هزاردانه به ترتیب در تیمارهای ۵:۳ (۴۷/۶۵) و کشت خالص (۳۵/۸۷) به دست آمد (شکل ۵). وزن هزار دانه با تعداد دانه در سنبله مرتبط است و بیشترین وزن دانه در الگوی کشت ۵:۳ است که به دلیل تعداد دانه کمتر (شکل ۴) در این الگوی کشت می باشد که موجب تخصیص مواد پرورده بیشتر بین تعداد دانه کمتر و افزایش وزن دانه ها می شود. صفری قلعه (۲۰۱۰) در بررسی کشت مخلوط ذرت و سویا گزارش کرد که وزن صد دانه ذرت در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. در آزمایشی دیگر که بر روی کشت مخلوط جو و

وزن سنبله

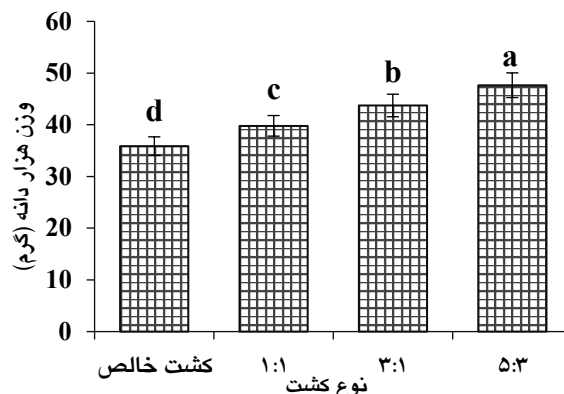
کاشواها و چنل (۱۹۹۷) نیز در کشت مخلوط جو و سویا، علیرغم وزن دانه بیشتر جو در مخلوط نسبت به خالص، اختلاف معنی داری در وزن سنبله حاصل از جو در الگوهای مختلف کشت به دست نیاوردند که با نتایج حاصل از این پژوهش (جدول ۱) مطابقت دارد.

وزن هزاردانه

مقایسه میانگین اثر الگوی کشت بر وزن هزاردانه در جو نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی دار وجود دارد، به طوری که

نخود انجام گرفت، گزارش شد که وزن دانه جو در کشت مخلوط بیشتر از خالص بود (کوچکی و همکاران ۲۰۰۹). با این وجود رضوانی مقدم و همکاران (۲۰۱۲) کاهش

وزن هزاردانه ماش را در کشت مخلوط با سیاهدانه گزارش کردند.



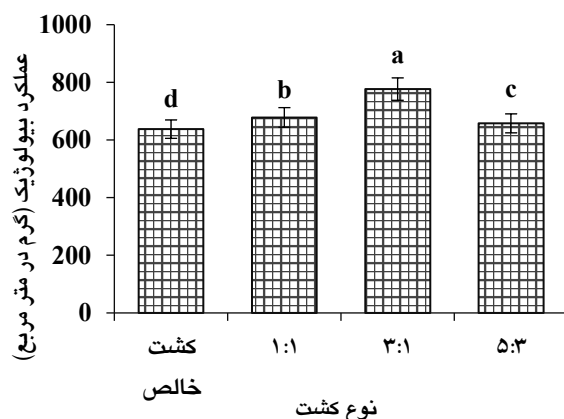
شکل ۵- تغییرات وزن هزار دانه جو در الگوهای مختلف کشت مخلوط با عدس

(۱:۱، ۳:۱ و ۵:۳ به ترتیب نسبت ۱ به ۳، ۱ به ۵ و ۳ به ۵ جو به عدس)

عملکرد بیولوژیک

بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیکی جو به ترتیب مربوط به کشت مخلوط ۳:۱ جو و عدس (۷۷۶/۵) و کشت خالص (۶۳۷/۵) بود (شکل ۶). به نظر می‌رسد مهمترین عامل در کاهش عملکرد بیولوژیکی در کشت خالص، افزایش رقابت درون گونه‌ای باشد. همچنین، کاهش عملکرد بیولوژیک در کشت خالص به دلیل کم شدن ارتفاع بوته (شکل ۱)، کاهش تعداد پنجه در بوته (شکل ۲)، تعداد دانه در سنبله (شکل ۴) و وزن هزاردانه (شکل ۵) در این سیستم کشت می‌باشد. بنابر گزارش دانایی فر و همکاران (۲۰۰۱)، با افزایش تراکم بوته، ماده خشک تولیدی در تک کشتی و کشت مخلوط افزایش می‌یابد. به عقیده آن‌ها بالا بودن تعداد بوته در واحد سطح به ویژه در مورد گیاهان علوفه‌ای، میکروکلیمای مناسبی به وجود آورده و به افزایش عملکرد ماده خشک کل منجر

می‌شود. شهریور و همکاران (۱۹۹۶)، در تحقیقی پیرامون اثر تراکم و آرایش کاشت بر عملکرد کمی و کیفی علوفه در زراعت مخلوط شبدر برسیم و جو علوفه‌ای اظهار داشتند که در کلیه تراکم‌های کشت مخلوط با افزایش تراکم، عملکرد ماده خشک افزایش می‌یابد و حداکثر عملکرد ماده خشک به مخلوط ۵۰:۵۰ جو و شبدر مربوط می‌شود. چایی چی و دریایی (۲۰۰۶) با بررسی تیمارهای کشت خالص و مخلوط یونجه و سورگوم گزارش کردند که تیمار ۲۵ درصد یونجه و ۷۵ درصد سورگوم دارای بیشترین عملکرد در سه سال انجام آزمایش بود. قابلیت تولید کل در واحد سطح زمین در بسیاری از موارد در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص است (نادی و هاگوس ۲۰۰۸). شاکر کوهی و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که کشت مخلوط جو و باقلا موجب بهبود رشد و عملکرد در گیاه باقلا گردید.



شکل ۶- تغییرات عملکرد بیولوژیکی جو در الگوهای مختلف کشت مخلوط با عدس

(۱:۱، ۳:۱ و ۵:۳ به ترتیب نسبت ۱ به ۳، ۱ به ۵ و ۳ به ۵ جو به عدس)

عملکرد دانه

زمانی اتفاق می افتد که رقابت برون گونه ای مهم تر و شدیدتر از رقابت درون گونه ای باشد. همچنین به دلیل افزایش تعداد پنجه در کشت مخلوط (شکل ۲) امکان عدم باروری پنجه ها و ریزش دانه ها در کشت مخلوط (شکل ۴) موجب عدم معنی داری محصول دانه در کشت مخلوط گردیده است.

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر الگوهای مختلف کاشت بر عملکرد دانه جو معنی دار نیست (جدول ۱). با این حال بیشترین عملکرد دانه جو در کشت خالص و کمترین آن در نسبت ۵:۳ جو و عدس حاصل شد. افزایش عملکرد دانه در کشت خالص

جدول ۲- تجزیه واریانس ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد نیام در بوته و عملکرد و اجزای عملکرد دانه عدس تحت تاثیر کشت مخلوط

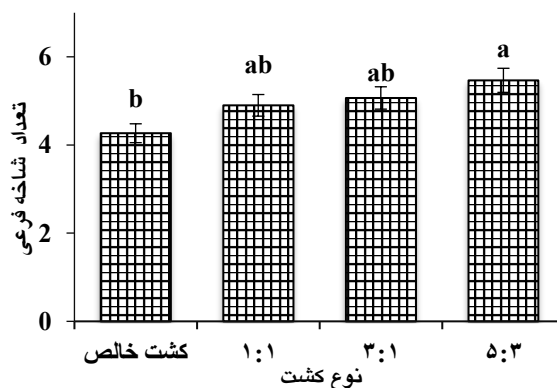
میانگین مربعات								
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	شاخه فرعی	نیام در بوته	دانه در نیام	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
تکرار	۲	۵/۶۶۳	۰/۹۰۸	۵۰/۰۰۳	۰/۰۰	۸/۳۳	۸۸۱/۰۱	۴/۰۸۳
الگوی کشت	۳	۱۱/۱۲۸ ^{ns}	۰/۷۵*	۲۷/۰۰۱*	۰/۰۱۲ ^{ns}	۹/۵۳ ^{ns}	۶۱۷/۱۵ ^{ns}	۱/۴۱ ^{ns}
خطا آزمایش	۶	۵/۳۰۰	۰/۱۶۸	۸/۱۵۳	۰/۰۶۲	۵/۵۲۶	۲۶۳/۹۳	۲۲/۴۱
CV (%)	-	۷/۹۶	۸/۳۱	۱۳/۲۱	۱۹/۹۶	۴/۳۹	۶/۲۸	۳/۵۷

ns و * به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪

تعداد شاخه فرعی

تجزیه واریانس داده های مربوط به تعداد شاخه های فرعی عدس نشان داد که اثر الگوهای کاشت روی این ویژگی در سطح احتمال ۵٪ معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده های آزمایش نشان داد که بیشترین تعداد شاخه فرعی مربوط به تیمار ۵:۳ (۵/۴۶۷) و کمترین آن به کشت خالص (۴/۲۶۷) اختصاص داشت (شکل ۷).

نامداری و محمودی (۲۰۱۲) گزارش کردند که طویل شدن ساقه و کاهش تعداد شاخه های فرعی در محیط های سایه دار، به تاثیر نسبت نور قرمز به قرمز دور مربوط می شود و با کاهش این نسبت ارتفاع بوته افزایش و از تعداد شاخه های فرعی کاسته می شود و این امکان وجود دارد که افزایش ارتفاع بوته و کاهش تشکیل شاخه های فرعی تحت تاثیر نور قرمز به قرمز دور، علامت هشدار دهنده ای در آستانه رقابت برای نور باشد.



شکل ۷- تغییرات تعداد شاخه فرعی عدس در الگوهای مختلف کشت مخلوط با جو

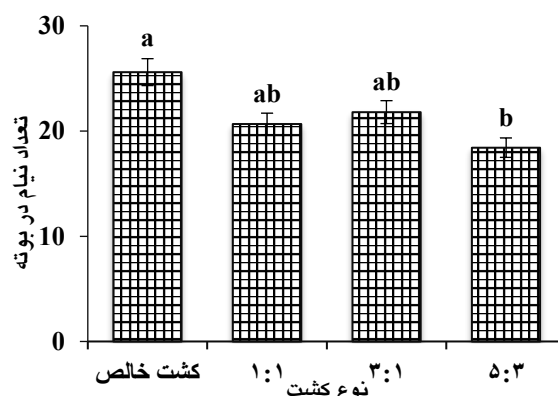
(۱:۱، ۳:۱ و ۵:۳ به ترتیب نسبت ۱ به ۳، ۱ به ۵ و ۳ به ۵ جو به عدس)

تعداد نیام در بوته

بر اساس جدول تجزیه واریانس اثر الگوهای مختلف کشت بر تعداد نیام در بوته عدس در سطح

تعداد خورجین در کلزا نیز معنی‌دار گزارش شده است (نامداری و محمودی ۲۰۱۲). عدم معنی‌داری تعداد دانه در نیام، وزن هزاردانه و محصول دانه (جدول ۲) می‌تواند به دلیل سایه اندازی گیاه جو و افزایش رقابت درون گونه‌ای برای استفاده از منابع محیطی باشد که موجب ریزش دانه‌ها در کشت مخلوط شده است.

احتمال پنج درصد معنی‌دار است (جدول ۲). بیشترین و کمترین تعداد نیام در بوته عدس به ترتیب در کشت خالص با میانگین (۲۵/۶۰) و تیمار ۵:۳ جو و عدس با میانگین (۱۸/۴۲) به دست آمد (شکل ۸). تعداد نیام در بوته یکی از اجزای مهم عملکرد می‌باشد، زیرا نیام از یک طرف در برگیرنده تعداد دانه بوده و از طرف دیگر تأمین کننده مواد فتوسنتزی مورد نیاز برای دانه‌ها می‌باشد. اثر نسبت‌های مختلف کاشت بر تعداد غلاف در بوته خود و



شکل ۸- تغییرات نیام در بوته عدس در الگوهای مختلف کشت مخلوط با جو

(۱:۱، ۳:۱ و ۵:۳ به ترتیب نسبت ۱ به ۱، ۳ به ۱ و ۵ به ۳ جو به عدس)

می‌باشد. همچنین کمترین آن مربوط به کشت مخلوط لوبیا با ۵۰ درصد رقم مبارکه (۰/۹۱) بود. در مخلوط با ۱۰۰ درصد رقم تایلندی و مبارکه نسبت برابری زمین بزرگتر از یک نشانگر سودمندی این مخلوط است. در هر دو مخلوط ریحان بیشترین جزء LER را دارا بود، به عبارت دیگر عملکرد نسبی ریحان در این ترکیب‌ها بیشتر از لوبیا بود که می‌توان چنین نتیجه گرفت که کشت مخلوط ریحان با لوبیا اثر مثبتی روی ریحان داشته است. شریفی و همکاران (۲۰۰۶) با ارزیابی تولید علوفه در کشت مخلوط سورگوم و لوبیا چشم بلبلی بالاترین نسبت برابری زمین را (۱/۱۸) در الگوی ۳:۱ ذرت و آفتابگردان به دست آوردند. لگوم‌ها با ریشه‌های عمیق خود آب و عناصر غذایی را از لایه‌های عمیق‌تر خاک تخلیه کرده و از این طریق باز چرخه عناصر آبشویی شده به سطح خاک صورت می‌گیرد. همچنین این گیاهان دارای قابلیت تثبیت نیتروژن اتمسفری هستند. مقدار ازت تثبیت شده توسط بقولات در کشت مخلوط غلات و بقولات به گونه گیاهی، مورفولوژی، تراکم بقولات در کشت مخلوط، نوع مدیریت و توانایی رقابتی دو گروه گیاهی بستگی دارد (افووری و استرن ۱۹۸۷). گزارش

نسبت برابری زمین (LER)

تمامی الگوهای کاشت دارای نسبت برابری زمین بالای ۱ بودند و بالاترین نسبت برابری زمین در الگوی کشت ۱:۱ جو و عدس (۱/۹۶) و کمترین آن در نسبت ۵:۳ جو و عدس (۱/۷۴)، حاصل شد (جدول ۳). نتایج حاصل از LER نشان دهنده سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در این آزمایش می‌باشد. این نسبت بر اساس سطح زمین زیر کشت محاسبه می‌گردد و از طریق آن مشخص می‌شود که برای به دست آوردن مقدار محصولی که از یک هکتار کشت مخلوط عاید می‌شود، چه مقدار از زمین به صورت زراعت تک کشتی مورد نیاز است تا همان مقدار محصول برداشت شود. اگر نسبت برابری زمین برابر ۱ باشد، در این حالت زراعت مخلوط و خالص به دلیل داشتن عملکرد یکسان بر یکدیگر برتری ندارند. این در حالی است که نسبت برابری زمین بالای ۱ نشان دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص می‌باشد (مظاهری ۱۹۹۴). نصراله زاده و همکاران (۲۰۲۴)، گزارش کردند که بیشترین نسبت برابری زمین، مربوط به کشت‌های مخلوط لوبیا با ۱۰۰ درصد رقم تایلندی (۱/۴۴) و لوبیا با ۱۰۰ درصد رقم مبارکه (۱/۳۹)

شده است که کشت مخلوط جو و ماشک گل خوشه‌ای به دلیل استفاده بهتر از منابع موجود مانند نور، آب و مواد غذایی نسبت به کشت خالص دو گیاه برتری دارد. در همین تحقیق کشت مخلوط افزایشی در مقایسه با کشت مخلوط جایگزینی موفق عمل نموده است (آگنهو و همکاران ۲۰۰۶). همچنین لامعی هروانی (۲۰۱۲) نشان داد که کشت مخلوط خمر به کشت خالص این گیاه ارجحیت دارد. به علاوه کشت مخلوط این گیاه با جو به دلیل برتری در عملکرد ماده خشک، نسبت برابری زمین و مزیت اقتصادی به کشت مخلوط با تریتکاله ترجیح داده می‌شود. بر اساس نتایج حاصل از پژوهش نامداری و همکاران (۲۰۲۱) بالاترین نسبت برابری زمین از کشت مخلوط ۲۵:۷۵ ارزن و سویا به دست آمد که در نتیجه تسلط رقابتی گیاه سویا در کشت مخلوط بود. نخ زری مقدم (۲۰۱۳) در بررسی عملکرد و کیفیت محصول کشت مخلوط جو و خردل دریافت که کشت مخلوط جو با نسبت بالای خردل باعث افزایش عملکرد علوفه، عملکرد پروتئین

و ارتفاع بوته نسبت به کشت خالص جو شد که از این نظر برتر از کشت خالص جو بود. وجود خردل در کشت مخلوط با جو می‌تواند تنوع را افزایش دهد و باعث پایداری بیشتر اکوسیستم زراعی شود. تولید بالای خردل حاکی از آن است که خردل می‌تواند جایگزین مناسبی برای جو در تناوب باشد. علت این برتری را می‌توان به همزیستی یونجه یکساله و جو نسبت داد. سایر محققین نتایج مشابهی را در زمینه کشت مخلوط گراس با لگوم گزارش کرده‌اند (قنبری و همکاران ۲۰۱۰). در بررسی تراکم‌های مختلف جو و ماشک گل خوشه‌ای نسبت برابری زمین بین ۱/۳۲ و ۱/۱ یعنی افزایش حدود ۳۲ و ۱۰ درصد در عملکرد کشت مخلوط نسبت به کشت خالص به دست آمد. در ترکیب‌های افزایشی با افزایش نسبت ماشک گل خوشه‌ای، عملکرد نسبی جز جو کاهش یافت که این ممکن است به علت رقابت برون گونه‌ای بین جو و ماشک باشد.

جدول ۳- میزان نسبت برابری زمین در کشت‌های مخلوط

نسبت برابری زمین (LER)	نوع کشت مخلوط
۱/۹۶	۱:۱
۱/۹۴	۳:۱
۱/۷۴	۵:۳

ضریب ازدحام نسبی (RCC)

ضرایب ازدحام نسبی، در جدول ۴ نشان داده شده است. ضریب ازدحام نسبی در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط حاکی از این واقعیت بود که با افزایش نسبت عدس، قدرت رقابتی جو به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. این مسئله می‌تواند به دلیل تحمل و قدرت مناسب رقابتی عدس باشد، که در کشت مخلوط چندان تحت تأثیر جو قرار نگرفته است. بالاترین مقدار ضریب ازدحام برای جو در ترکیب ۱ ردیف جو و یک ردیف عدس مشاهده شد. همچنین بالاترین مقدار RCC برای عدس نیز در تیمار کشت با نسبت کاشت پنج ردیف جو و سه ردیف عدس مشاهده شد. در کل میانگین ضریب ازدحام نسبی در نسبت‌های کشت مخلوط نشان داد که عدس رقابت کننده قوی‌تری نسبت به جو می‌باشد. این ضریب مشخص

کننده میزان رقابت بین گیاهان است که با استفاده از روش جایگزینی به صورت مخلوط کشت شده‌اند (مظاهری ۱۹۹۸). چنانچه این ضریب برای گونه‌ای بیشتر از یک باشد، نشان دهنده توان رقابتی بالای این گونه در کشت مخلوط است. چنانچه این ضریب برابر یک باشد نشان دهنده برابر بودن رقابت درون و برون گونه‌ای است و اگر کوچکتر از یک باشد نشانه تداخل در آشیان دو گیاه و ایجاد رقابت بین گونه‌ای میان دو گیاه می‌باشد و کشت آن‌ها در قالب یک سیستم کشت مخلوط قابل توصیه نمی‌باشد. در این شرایط با افزایش تراکم، بهره‌برداری از منابع و شرایط محیطی کاهش یافته و آشیان اکولوژیکی گونه‌ها تنگ‌تر می‌شود.

جدول ۴- میزان ضریب ازدحام نسبی برای روش‌های کشت مخلوط در جو و عدس

نوع کشت مخلوط	ضریب ازدحام نسبی جو به عدس K_B	ضریب ازدحام نسبی عدس به جو K_L
۱:۱	۰/۹۴۷	۱/۰۵۶
۳:۱	۰/۹۴۳	۱/۰۶۰
۵:۳	۰/۷۳۴	۱/۳۶۰
میانگین	۰/۹۵۷	۱/۰۵۴

مجموع ارزش نسبی (RVT)

میزان ارزش نسبی برای روش‌های مختلف کشت مخلوط در این پژوهش محاسبه گردید. میزان ارزش

نسبی برای هر سه الگوی کشت مخلوط بالاتر از ۱ بود، که این نشان‌دهنده سودمندی اقتصادی کشت مخلوط نسبت به کشت‌های خالص دو گونه است (جدول ۵).

جدول ۵- میزان مجمع ارزش نسبی در کشت مخلوط

نوع کشت مخلوط	مجموع ارزش نسبی (RVT)
۱:۱	۵/۴۴
۳:۱	۵/۳۸
۵:۳	۴/۳۰

تغییر در کارایی بیولوژیکی گیاه سویا در کشت مخلوط شود (نامداری و همکاران، ۲۰۲۱). رضائی چپانه و همکاران (۲۰۱۱) در کشت مخلوط ذرت و باقلا مجموع ارزش نسبی را مورد بررسی قرار دادند آن‌ها گزارش کردند که RVT محاسبه شده تأییدی بر میزان سودمندی و نسبت برابری زمین در کشت مخلوط است.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه تبریز جهت مساعدت‌های مالی و از همکاران محترم دانشکده کشاورزی جهت پیشبرد این پژوهش نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

الگوی کشت مخلوط ۱ : ۱ عدس و جو (۵/۴۴) بیشترین سودمندی اقتصادی و الگوی کشت ۳ : ۱ جو و عدس کمترین سودمندی (۴/۳۰) به خود اختصاص داد. عدس علاوه بر ایجاد تنوع در اکوسیستم کشت مخلوط با جو، باعث ایجاد پایداری در تولید، افزایش درآمد اقتصادی کشاورزی و بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی به طور قابل ملاحظه‌ای داشت. در کشت مخلوط سویا و ارزن، گیاه ارزن با ایجاد تعادل در رقابت بین گونه‌ای از طریق افزایش سهم مکمل، نقش قابل توجهی در افزایش سودمندی کشت مخلوط دارد و رقابت این گیاه در طی مراحل مختلف رشد می‌تواند باعث

منابع مورد استفاده

- Abdulahi A, Nasrolahzadeh S, Dabbagh Mohammadi A, Zehtab Salmasi S and Pourdad SS. 2013. Study on Effect of Weed Interference and Nitrogen Fertilizer on Performance of Chickpea in Intercropping with Wheat. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 23 (4): 86-100.
- Amani Machiani M, Rezaei-Chiyaneh E, Javanmard A, Maggi F and Morshedloo MR. 2019. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed yield and qualitative-quantitative production of the essential oils from fennel (*Foeniculum vulgare* L.) and dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in intercropping system under humic acid application. Journal of Cleaner Production, 235: 112-122. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.241>

- Agegehu G, Ghizam 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. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.05.002>
- Baumann DT, Kropff MJ and Bastiaans L. 2000. Intercropping leeks to suppress weed. *Weed Research*, 40: 359-374. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2000.00197.x>
- Cao S, Luo H, Jin M, Jin S, Duan X, Zhou Y, Chen W, Liu T, Jia Q, Zhang B, Huang J, Wang X, Shang X and Sun Z. 2015. Intercropping influenced the occurrence of stripe rust and powdery mildew in wheat. *Crop Protection*, 70: 40-46. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.12.008>
- Chai Chi MR and Daryaei F. 2006. Evaluation of forage yield in sole and intercropping of sorghum and alfalfa. Pp. 77. In: *Proceedings of the First National Forage Crops Congress of Iran*.
- Danaeifar E, Kashani A, Nourmohammadi Gh, Nabati Ahmadi D and Siadat A. 2001. Effects of Plant density and sowing compounds on forage yield and quality in Ahvaz weather conditions. *Pazhouhesh va Sazandegi*, 51: 50-53 (In Persian with English abstract).
- Ghanbari A, Nasirpour M and Tavassoli A. 2010. Evaluation of ecophysiological characteristics of intercropping of millet (*Panicum miliaceum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.). *Journal of Agroecology*, 4: 556-564.
- Ferreira JR, Pereira JF, Turchetto C, Minella E, Consoli L and Delatorre CA. 2016. Assessment of genetic diversity in Brazilian barley using SSR markers. *Genetics and Molecular Biology*, 39(1): 86-96. <https://doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2015-0148>
- Hakan G, Riza A, Hikmat S and Behcet K. 2008. Intercropping of corn with cowpea and bean: Biomass yield and quality. *African Journal of Biotechnology*, 22: 4100-4104.
- Davoodian R and Hamzei J. 2019. Evaluation of advantage and yield quality in rapeseed (*Brassica napus* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) intercropping under nitrogen fertilizer. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 29(4): 19-36. (In Persian with English Abstract).
- Harper JL. 1977. *Population Biology of Plants*. New York, NY: Academic Press, 892 p.
- Khan M, Khan R, Wahab A and Rashid A. 2005. Yield and yield components of wheat as influenced by intercropping of chickpea, Lentil and rapeseed in different proportions. *Pakistan Journal of scientific and Industrial*, 42: 1-3.
- Koocheiki A, Lalehgani B and Najibnia S. 2009. Evaluation of productivity in bean and corn intercropping. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 14 (2): 605- 614.
- Kong L, Xie Y, Hu L, Feng B and Li S. 2016. Remobilization of vegetative nitrogen to developing grain in wheat, review. *Field crop Research*, 196: 134-144. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.06.015>
- Kushwaha HS and Chandel AS. 1997. Effect of nitrogen on yield, yield attributes and quality of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) intercropping with soybean (*Glycine max* L.). *Indian Journal of Agronomy*, 42: 205-209.
- Lamei Harvani J. 2012. Technical and Economical Evaluation of Mixed Cropping Grass Pea with Barley and Triticale under Dryland Conditions in Zanjan. Province. *Journal of Crop Production and Processing*, 2 (4): 93-103. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.22518517.1391.2.4.8.4>
- Mazaheri D and Majnoun Hoseini N. 2011. *Fundamental of Agronomy*. University of Tehran Press, Tehran, Iran 412 pp. (In Persian with English Abstract).
- Mazaheri D. 1994. Intercropping is a way to increase sustainable yield. 3th congress of agricultural sciences and plant breeding, 238-248.
- Nadi LA and Haque I. 2008. Forage legume-cereal systems: improvement of soil fertility and agricultural production with special reference to Sub Saharan Africa. <https://hdl.handle.net/10568/50013>

- Nakhzari Moghaddam A. 2013. The yield and forage quality of intercropping barely and mustard in different planting dates. *Crop production*, 5(4): 173-190.
- Namdari M and Mahmoudi S. 2012. Evaluation of yield and productivity indices in planting ratios of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and canola (*Brassica napus* L.) inter cropping. *Iranian journal of crop sciences*, 14(4): 346-357. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.15625540.1391.14.4.4.1>
- Namdari N, Abbasi R, Pirdashti H and Zaefarian F. 2021. Effect of Competition on Nitrogen Status in Soybean (*Glycine max* L.) and Millet (*Panicum miliaceum* L.) Intercropping under Low Input Agricultural System. *Journal of Sustainable Agriculture and Production science*, 32 (2): 31-46. <https://doi.org/10.22034/saps.2021.46009.2681>
- Nasrollahzadeh S, Zehtab Salmasi S, Haghverdi S and Farzi-Aminabad R. 2024. Study of Morphological Characteristics, Grain Yield and some Evaluation Indices of beans and basil intercropping. *Journal of agricultural science and sustainable production*, 34 (1): 21-39. <https://doi.org/10.22034/saps.2023.52569.2926>
- Nazari M, Abbasi Surki A and Fallah S. 2017. Evaluation of the Effect of Agroforestry and Conventional System on Yield and Yield Components of Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agroecology*, 9 (1): 198-216.
- Neugschwandtner RW and Kaul HP. 2015. Nitrogen uptake, use and utilization efficiency by oat-pea intercrops. *Field Crop Research*, 179: 113-119. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.04.018>
- Mahdavi Marj T, Ghanbari A and Asgharipour MR. 2015. Intercropping of barely and ajwain under different levels of manure and chemical fertilizers, 1 (4): 63-78.
- Mousavi SK and Ahmadi A. 2009. Response of chickpea yield and yield components to sowing date, seed rate and weed interference at Lorestan province dry land condition. *Journal of plant protection*, 23(2): 1- 13. (In Persian with English Abstract).
- Ofori f and stern WR. 1987. Cereals-legume intercropping systems *Advance Agronomy*, 41:41-90.
- Parsa M and Bagheri A. 2013. Pulses. Publications by Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Abstract).
- Pelzer E, Bazot M, Makowski D, Corre- Hellou G, Naudin C, Al rifai M, Baranger E, Bedoussac L and Biarnes V, Boucheny P, Carrouee B, Dorvillez D, Foissy D, Gailard B, Gouchard L, Mansard MC and Oman B. 2012. Pea- wheat intercrops in low- input conditions combine high economic performances and low environmental impacts. *European Journal of Agronomy*, 40: 39-53. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.01.010>
- Rezaei-Chianeh E, Dabbagh Mohammadi Nassab A, Shakiba MR, Ghassemi Golezani K and Aharizad S. 2011. Intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) at different plant population densities. *African Journal of Agricultural Research*, 7: 1786-1793.
- Rezvani moghadam P and Moradi R. 2012. Assessment of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essential oil of cumin and fenugreek, 43 (2): 217-230. <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2012.28484>
- Saedi M, Raei Y, Amini R, Taghizadeh A and Pasban Eslam B. 2018. Evaluation of yield and protein content of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in intercropping with Faba bean (*Vicia faba* L.) under biological and chemical fertilizers. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 28(4): 247-260. (In Persian with English Abstract).
- Safari Ghaleh S. 2010. Evaluation of yield and advantages of maize and soybean intercropping. Master thesis. University of Tabriz, Iran.
- Seyedi M and Hamzei J. 2020. Effect of conservation tillage and intercropping with beans and soybeans on weed competition, production potential and water and nitrogen use efficiency of sunflower. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(1): 1-17. (In Persian with English Abstract). <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24764310.1399.30.1.1.2>

- Seyedi M, Hamzeai J, Ahmadvand G, Abutalebiyan MA. 2010. Assessment of weed control and crop production in intercropping chick pea and barley. *Journal of Crops and Weeds*, 14: 1–16.
- Shahrivar R, Kashani A and Nourmohammadi Gh. 1996. Effect of plant density and planting pattern on forage yield and quality of bersim clover/barley intercropping in Ahvaz weather conditions. *Proceeding of the 4th Iranian Congress of Crop Sciences*, 23-25 Aug. 1996. Industrial University of Esfahan, Iran (In Persian with English Abstract).
- Shaker-Kouhi S, Nasrollahzadeh S, Ghassemi-Golezani K and Najafi N. 2020. Morpho-physiological Changes of Rotated Barley and Faba bean plants in Response to Nickel Toxicity and Chemical and Biological Fertilization. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31 (2): 199-215. <https://doi.org/10.22034/saps.2021.13158>
- Sharifi Y, Aghaalikhani M, Modarres Sanavy AM and Soroushzadeh A. 2006. The effect of mixing ratio and plant density on forage production in sorghum/cowpea intercropping. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 37-1(2): 363-370 (In Persian with English abstract).
- Sobkowicz P. 2006. Competition between triticale (*Triticum scalewitt* L.) and field beans (*Vicia faba* L.) in additive intercrops. *Plant. Soil. Environ*, 52: 42-54.
- Walley FL, Clayton GW, Miller PR, Carr PM and Lafond G. 2007. Nitrogen economy of pulse crop production in the northern Great Plains. *Agronomy Journal*, 99:1710-1718. <https://doi.org/10.2134/agronj2006.0314s>
- Zare Feizabadi A and Emamverdian A. 2012. Effect of mixed cropping on yield and agronomic characteristics of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agroecology*, 4 (2): 144-150.