Archive of SID

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 1182-1169

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1169-1182

بررسی شاخص‌های رقابتی و عملکرد در کشت مخلوط تأخیری جو (*Hordeum vulgare* L.) با نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط تنش کم‌آبی انتهای فصل

نگین محاویه اسعدی[1]، احسان بیژن‌زاده[2*] و علی بهپوری[3]

تاریخ دریافت: 1397/12/12
تاریخ پذیرش: 1398/04/30

محاویه اسعدی، ن.، بیژن‌زاده، ا.، و بهپوری، ع. 1398. بررسی شاخص‌های رقابتی و عملکرد در کشت مخلوط تأخیری جو *Hordeum vulgare* (L.) با نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط تنش کم‌آبی انتهای فصل. بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (3): 1182-1169.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش کم‌آبی انتهای فصل بر عملکرد و برخی شاخص‌های رقابتی در کشت مخلوط تأخیری جو با نخود آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز در سال زراعی 97-1396 اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل تنش کم‌آبی در دو سطح (آبیاری مطلوب و قطع آبیاری در مرحله شیری شدن دانه جو) به‌عنوان عامل اصلی و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط تأخیری با هشت سطح شامل: کشت خالص جو در آذر و دی‌ماه، کشت خالص نخود در آذرماه و دی‌ماه، کشت مخلوط جو + نخود در آذرماه ، کشت مخلوط جو + نخود در دی‌ماه، کشت مخلوط جو در آذرماه + نخود در دی‌ماه و کشت مخلوط جو در دی‌ماه + نخود در آذرماه به‌روش سری جایگزینی با نسبت 1 به 1 به‌صورت ردیفی به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که تنش کم‌آبی انتهای فصل بر شاخص‌های نسبت برابری زمین کل، نسبت رقابتی و عملکرد نخود اثر معنی‌داری گذاشت. بیش‌ترین و کم‌ترین درصد کاهش عملکرد دانه نخود با 80 و 16/1 درصد در تک‌کشتی‌های نخود دی و نخود آذرماه به‌دست آمد. تنش کم‌آبی باعث افزایش 58 و 25 درصدی نسبت برابری زمین نخود و کل نسبت به شرایط آبیاری مطلوب گردید. در شرایط آبیاری مطلوب و تنش آبی گیاه جو جزء غالب و نخود جزء مغلوب بودند. هم‌چنین در شرایط تنش کم‌آبی کشت مخلوط جو در آذر + نخود در دی‌ماه با نسبت رقابتی 0/68 کم‌ترین میزان نسبت رقابتی را نسبت به سایر تیمارهای نخود داشت به‌گونه‌ای که نخود دی‌ماه می‌تواند برای کشت به‌عنوان گیاه دوم همراه جو آذرماه مناسب باشد. در این آزمایش غالبیت گیاه جو در تمامی الگوهای کشت مخلوط بیش‌تر از غالبیت نخود بود. شاخص بهره‌وری سیستم در تمامی تیمارهای کشت مخلوط مثبت بود. به‌طور کلی، کشت مخلوط جو درآذر + نخود در دی‌ماه در شرایط تنش کم‌آبی به‌دلیل داشتن بالاترین نسبت برابری زمین نخود و کل و هم‌چنین داشتن پایین‌ترین نسبت رقابتی نسبت به سایر تیمارها می‌تواند برای کشت در منطقه داراب توصیه گردد.

واژه‌های کلیدی: شاخص بهره‌وری، عملکرد دانه، نسبت برابری زمین، نسبت رقابتی

مقدمه

امروزه باتوجه به افزایش تخریب منابع آب، خاک و محیط زیست در اثراستفاده بی‌رویه مواد شیمیایی در کشاورزی و روش‌های مدیریت رایج تولید مواد غذایی در جهان، باعث شده است که پژوهشگران توجه بیش‌تری به تولید پایدار محصولات کشاورزی نمایند. اهداف

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش اگرواکولوژی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز
2- دانشیار بخش اگرواکولوژی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز
3- استادیار بخش اگرواکولوژی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

(*- نویسنده مسئول: Email: bijanzd@shirazu.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.79532

www.SID.ir

Archive of SID

مهم کشاورزی پایدار شامل: حاصلخیزی خاک، کنترل فرسایش خاک، کاهش خسارت آفات، بیماری‌ها و علف‌های‌هرز، تثبیت عملکرد در شرایط نامطلوب و افزایش عملکرد در شرایط مطلوب محیطی، افزایش کارایی استفاده از منابع آب، مواد غذایی و نور خورشید در نهایت، ایجاد تنوع و ثبات در اکوسیستم زراعی می‌باشد (Yang et al., 2014).

کشت مخلوط از جمله مهم‌ترین سیستم‌های کشاورزی قابل اجرا در بسیاری از کشورهای در حال توسعه می‌باشد که می‌تواند به‌جهت تنوع محصولات و افزایش سود حاصله در واحد سطح و زمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد (Ibrahim et al., 2014). امروزه سیستم‌های کشت متفاوتی ازجمله تناوب زراعی، کشت‌های تأخیری و کشت مخلوط غلات یک‌ساله با بقولات را برای افزایش تولید در کشاورزی معرفی می‌کنند و کشت مخلوط غلات با بقولات امروزه به‌طور گسترده‌ای در مناطق مختلف جهان توسعه یافته است (Caruthers et al., 2000). در بین سیستم‌های مختلف کشت مخلوط، ترکیب غلات با بقولات از جمله پرکاربردترین این سیستم‌ها در نقاط مختلف دنیا به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه می‌باشد (Amani Machiani et al., 2018). از دیگر جنبه‌های کشت مخلوط به‌ویژه در سیستم‌های مخلوط ردیفی می‌توان به ویژگی‌های اکولوژیک و رقابت بین گیاهان کشت شده در کشت مخلوط اشاره کرد (Vandermer, 1989). عوامل مؤثر در رقابت باید به گونه‌ای کنترل و مدیریت شوند که سبب تداخل بیش از حد در آشیان اکولوژیک گونه‌های مجاور نشده و مانع از ورود دو گیاه در رقابت شدید برای جذب عوامل رشدی هم‌چون نور، آب و مواد غذایی شوند (Lithourgidis et al., 2011). از طرف دیگر رقابت فاکتوری است که می‌تواند روی میزان رشد و عملکرد کشت مخلوط نسبت به کشت خالص تأثیر معنی‌داری داشته باشد (Dhima et al., 2007).

در بوم‌نظام کشت مخلوط، هر دو جمعیت گیاهی برای بهره‌برداری از منابع یکسان یا مشابه رقابت دارند. در این خصوص مفاهیم ریاضی می‌توانند به محققان در خلاصه‌بندی، تفسیر و تشریح نتایج رقابت‌های گیاهی کمک کنند این مفاهیم می‌توانند جوانب مختلف رقابت در جوامع گیاهی، از قبیل شدت رقابتی، تأثیرات رقابتی و بازده رقابت را تفسیر کنند، هم‌چنین می‌توانند برای تفسیر اطلاعات پیچیده به محقق کمک کنند و امکان مقایسه نتایج تحقیقات مختلف را فراهم سازند (Lithourgidis et al., 2011). چندین شاخص معتبر از جمله نسبت برابری زمین (LER)[1]، نسبت رقابتی (CR)[2]، بهره‌وری سیستم (SPI)[3] و عملکرد از دست رفته واقعی (AYL)[4] جهت برآورد میزان رقابت، مزیت نسبی در کشت مخلوط به‌کار برده شده است (Lithourgidis et al., 2011; Dabbagh et al., 2011). در مطالعه چاپاگین و رایزمن (Chapagin & Riseman, 2014) مشخص شد که کارایی استفاده از زمین در مقایسه با کشت خالص 32-12 درصد افزایش یافت و بالاترین راندمان کل زمین (5/9 تن در هکتار) و نسبت برابری زمین (1/32) در ترکیب 2:1 جو (*Hordeum vulgare* L.) با نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) حاصل شد. با توجه به گزارش علی‌زاده و همکاران (Alizadeh et al., 2010) کشت مخلوط ردیفی ریحان و لوبیا بر کشت خالص این دو گیاه برتری داشت و بیش‌ترین نسبت برابری زمین (LER= 1/2) در مخلوط ردیفی دو گیاه حاصل شد. لامعی هروانی (Lamei Harvani, 2013) بیان کرد که کشت مخلوط 75 درصد نخود + 25 درصد جو دارای بالاترین نسبت برابری زمین (1/11)، شاخص بهره‌وری سیستم (2/92) و ضریب تراکم نسبی (1/55) بود. هم‌چنین توستی و همکاران (Tosti et al., 2010) با بررسی کشت مخلوط افزایشی ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa* L.) و جو در شرایط آب‌وهوایی مدیترانه‌ای، اظهار داشتند که نسبت‌های مخلوط موجب بهبود نسبت برابری زمین و افزایش کارایی استفاده از منابع در مقایسه با کشت خالص شدند. قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2010) در بررسی کشت مخلوط ذرت (*Zea may* L.) و کدو (*Cucurbita pepo* L.) اظهار داشتند که در کلیه تیمارهای کشت مخلوط نسبت برابری زمین بزرگ‌تر از یک بوده و به کشت خالص برتری داشتند. با توجه به آب‌وهوای گرم‌وخشک منطقه داراب در دوره پر شدن دانه و قطع بارندگی در این زمان و رو به رو شدن با گرمای آخر فصل هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر تنش کم‌آبی انتهای فصل بر عملکرد و شاخص‌های رقابتی در کشت مخلوط تأخیری جو با نخود بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی 97–1396 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز با موقعیت

1- Land equivalent ratio
2- Competitive ratio
3- System productivity index
4- Actual yield loss

www.SID.ir

Archive of SID

طول جغرافیایی 28 درجه 50 دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی 54 درجه و 30 دقیقه شرقی و با ارتفاع 1180 متری از سطح دریا انجام شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجراء شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل تنش کم‌آبی به‌عنوان عامل اصلی در دو سطح یکی آبیاری مطلوب (N) که بوته‌ها تا آخر فصل رشد آبیاری شدند و دیگری قطع آبیاری (S) که از ابتدای شیری شدن دانه جو (ZGS71) (Zadoks et al., 1974) شروع و تا آخر فصل رشد ادامه داشت. هم‌چنین تیمارهای مختلف کشت شامل کشت‌های خالص رقم جو (*Hordeum vulgare* L.) (b)، کشت‌های خالص نخود (*Cicer arietinum* L.) (c) بود که در تاریخ کاشت‌های آذرماه و دی‌ماه به‌صورت تأخیری شامل جو آذر ماه (b_1)، جو دی‌ماه (b_2)، نخود آذرماه (c_1)، نخود دی‌ماه (c_2) و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط ردیفی شامل: جو آذر + نخود آذر (b_1c_1)، جو آذر + نخود دی (b_1c_2)، جودی + نخود آذر (b_2c_1) و جو دی + نخود دی (b_2c_2) با نسبت 1 به 1 به‌عنوان عامل فرعی بودند. رقم مورد استفاده جو زهک و رقم مورد استفاده برای نخود رقم داراب بود. جو رقم زهک جزء ارقام شش‌ردیفه جو می‌باشد که نیمه‌زودرس بوده، دارای ارتفاع بوته 90 سانتی‌متر و با میانگین وزن هزاردانه 35 گرم، مقاوم به ریزش دانه است. هم‌چنین نخود رقم داراب متوسطرس، با ارتفاع بوته 28 سانتی‌متر حالت نیمه‌ایستاده داشته که وزن هزاردانه آن 350 گرم می‌باشد که مساعد برای نواحی گرم‌وخشک است. داده‌های هواشناسی منطقه داراب در جدول 1 آورده شده است.

اندازه کرت‌های اصلی 144 مترمربع و کرت‌های فرعی شش مترمربع بودند. در هر یک از کرت‌های فرعی شش ردیف کاشت با فاصله 30 سانتی‌متر ایجاد شد. کلیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول 2 آورده شده است.

مزرعه در سال قبل از آزمایش به‌صورت آیش بوده و تاریخ کاشت در 15 آذرماه و 15 دی‌ماه صورت گرفت. تراکم کاشت برای گیاه جو 400 بوته در مترمربع و برای نخود 40 بوته در مترمربع در نظر گرفته شد.

میزان آب مورد نیاز برای هرکرت بر اساس ظرفیت زراعی مزرعه (24/5٪ وزنی) محاسبه شد (Grimes et al., 1978). در این روش ابتدا قطعه زمینی به مساحت دو مترمربع مشخص شد و به شکل حوضچه درآمد. سپس این حوضچه به‌طور سنگین آبیاری شد. پس از قطع آبیاری و فروکش کردن آب، در فواصل زمانی هر 12 ساعت یک بار از عمق 0 تا 1 متری توسعه ریشه نمونه‌برداری کرده و مقدار رطوبت آن به‌روش وزنی اندازه‌گیری شد. مقدار رطوبت براساس معادله (1) برابر با رطوبت ظرفیت زراعی می‌باشد (Daneshmand et al., 2006).

نیاز آبی گیاه به‌صورت روزانه با استفاده از میانگین روزانه داده‌های پارامترهای هواشناسی ایستگاه هواشناسی حسن‌آباد داراب و با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (Daneshmand et al., 2006). مراحل محاسبه نیاز آبی گیاه بر اساس گیاه جو به‌طور خلاصه به شرح ذیل می‌باشد.

تبخیر – تعرق گیاه (ET_C) در مراحل مختلف رشد گیاه قبل از هر آبیاری با استفاده از معادله 1 محاسبه شد.

معادله (2) $ET_c = K_c \times ET_o$

ET_c: تبخیر- تعرق گیاه (میلی‌متر در روز)، ET_o: تبخیر– تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر در روز) و K_C: ضریب گیاهی است. تبخیر– تعرق گیاه مرجع ET_o با استفاده از داده‌های روزانه پارامترهای هواشناسی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی حسن آباد داراب به‌دست آمد.

میزان آب آبیاری در هر دور آبیاری با استفاده از معادله 3 محاسبه شد.

معادله (3) $IR = ET_C\ (Ea \times LR)$

در این معادله، IR: میزان آب آبیاری، Ea: راندمان مصرف آب، LR: میزان آبشویی است.

پس از اندازه‌گیری میزان آب، آبیاری برای تمام کرت‌ها تا مرحله گل‌دهی به‌صورت یکسان و به‌صورت نشتی انجام شد و در ابتدای شیری شدن دانه جو تیمار قطع آبیاری در کرت‌های تعیین شده متوقف شد. در مجموع، میزان آب مصرفی برای تیمار آبیاری و کشت‌های آذر و دی‌ماه به‌ترتیب با 10 دور آبیاری 5733 و 9 دور 4591 و برای تنش خشکی از اوایل شیری شدن دانه جو برای کشت‌های آذر و دی‌ماه به‌ترتیب با هشت دور آبیاری 4465 و 7 دور آبیاری 4270 مترمکعب در هکتار بود. تنها کود مورد استفاده 60 کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره بود که به‌صورت سرک در سه مرحله کاشت، پنجه‌دهی و ابتدای ساقه رفتن گیاه جو به کرت‌ها اضافه شد. هم‌چنین نمونه‌برداری در مرحله رسیدگی گیاهان زراعی از یک مترمربع در تاریخ 23 اردیبهشت ماه برای تعیین عملکرد انجام گردید. شاخص‌های رقابتی شامل نسبت برابری زمین (LER) (Mead & Willey, 1980)، شاخص نسبت رقابتی (CR) (Dhima et al., 2007) و شاخص بهره‌وری سیستم محاسبه شدند (SPI)

www.SID.ir

Archive of SID

(Agegnehu et al., 2006) (جدول 3). سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

در نهایت، تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS نسخه 9.4 استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها بـا اسـتفاده از آزمـون LSD در

جدول 1- داده‌های هواشناسی شهرستان داراب در سال زراعی 1397- 1396

Table 2- Climatic data of Darab during 2017-2018 growing season

ماه‌ها Months	اردیبهشت May	فروردین April	اسفند March	بهمن February	دی January	آذر December	آبان November	مهر October
حداقل دما Minimum temperature (°C)	16.9	12.1	8.6	4.5	3.3	4.7	9.5	15.9
حداکثر دما Maximum temperature (°C)	34.2	28.6	22.5	21.4	20.1	19.5	27.4	33
متوسط دما Average temperature (°C)	24.5	20.4	15.6	12.9	11.7	12.1	18.5	24.5
بارندگی Rainfall (mm)	1.7	6.4	62	0.4	1.3	26.2	1.9	0.0

جدول 2- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 2- Physical and chemical properties of the experimental soil

عمق Depth (cm)	شن Sand (%)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	کربن الی O.C (%)	اشباع بازی BS (%)	قابلیت هدایت الکتریکی ECe ($dS.m^{-1}$)	واکنش (pH)
0-15	38.12	17.18	44	0.977	8.88	1.092	7.42
15-30	38.16	17.26	44	0.970	8.93	1.090	7.54
عمق Depth (cm)	**نیتروژن N (%)**	**فسفر P ($mg.kg^{-1}$)**	**پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)**	**آهن Fe ($mg.kg^{-1}$)**	**مس Cu ($mg.kg^{-1}$)**	**روی Zn ($mg.kg^{-1}$)**	**منگنز Mn ($mg.kg^{-1}$)**
0-15	0.084	10	320	5.104	1.612	o.564	14.8
15-30	0.084	15	300	7.30	1.63	0.540	14.8

جدول 3- شاخص‌های رقابت در کشت مخلوط

Table 3- Competition indices in intercropping

شاخص Index	معادله Equation
نسبت برابری زمین Land equivalent ratio (LER)	$LER = (Y_{ab} / Y_{aa}) + (Y_{ba} / Y_{bb})$
نسبت رقابتی جو (CR_a) Competitive Ratio$_a$ (CR_a)	$CR_a = (LER_a / LER_b) \times (Z_{ba} / Z_{ab})$
نسبت رقابتی نخود (CR_b) Competitive Ratio$_b$ (CR_b)	$CR_b = (LER_b / LER_a) \times (Z_{ab} / Z_{ba})$
غالبیت جو (A_a) Aggressivity$_a$ (A_a)	$A_a = (Y_{ab} / Y_{aa} \times Z_{ab}) - (Y_{ba} / Y_{bb} \times Z_{ba})$
غالبیت نخود (A_b) Aggressivity$_b$ (A_b)	$A_b = (Y_{ba} / Y_{bb} \times Zb_a) - (Y_b / Y_{aa} \times Z_{ab})$
شاخص بهره‌وری سیستم (SPI) System productivity index (SPI)	$SPI = (Y_{bb}/Y_{aa})\, Y_{ba} + Y_{ab}$
Y_{ab}: عملکرد گیاه (a) در کشت مخلوط Y_{ab}: Yield of plant (a) in intercropping	Z_{ab}: نسبت گیاه (a) در کشت مخلوط Z_{ab}: Rate of plant (a) in intercropping
Y_{ba}: عملکرد گیاه (b) در کشت مخلوط Y_{ba}: Yield of plant (a) in intercropping	Z_{ba}: نسبت گیاه (b) در کشت مخلوط Z_{ba}: Rate of plant (b) in intercropping
Y_{bb}: عملکرد گیاه (b) در کشت خالص Y_{bb}: Yield of plant (b) in sole cropping	Z_{aa}: نسبت گیاه (a) در کشت خالص Z_{aa}: Rate of plant (a) in sole cropping

www.SID.ir

Archive of SID

Y_{aa}: عملکرد گیاه (a) در کشت خالص
Y_{aa}: Yield of plant (a) in sole cropping

Z_{bb}: نسبت گیاه (b) در کشت خالص
Z_{aa}: Rate of plant (a) in sole cropping

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه گیاه جو و نخود نشان داد که عملکرد دانه جو تحت تأثیر الگوهای کشت و عملکرد دانه گیاه نخود به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر برهم‌کنش رژیم‌های کم‌آبیاری و الگوهای کشت قرار گرفت (جدول 4). بیش‌ترین عملکرد دانه جو در کشت مخلوط جو در آذر + نخود در دی‌ماه با عملکرد 4215/7 کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل 1). در این آزمایش به نظر می‌رسد که جو در آذرماه به‌دلیل خصوصیات ظاهری و ارتفاع بیش‌تری که نسبت به نخود در دی‌ماه دارد گیاه غالب بوده و نخود دی‌ماه رقابت کم‌تری با جو ایجاد می‌کند و باعث دسترسی بیش‌تر جو به منابع شده و در نهایت باعث افزایش عملکرد در کشت مخلوط جو آذر + نخود دی‌ماه شد. پیروزی و همکاران (Piroozi et al., 2012) اظهار کردند که کشت مخلوط تأخیری لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) با ذرت (*Zea mays* L.) باعث افزایش عملکرد ذرت نسبت به کشت هم‌زمان و یا کشت تأخیری ذرت در مخلوط ذرت با لوبیا شد. بیش‌ترین عملکرد دانه نخود در شرایط آبیاری مطلوب با 3015/5 کیلوگرم در هکتار در تک‌کشتی نخود دی‌ماه و بیش‌ترین عملکرد دانه نخود در شرایط تنش کم‌آبی با افزایش 37 درصدی نسبت به شرایط آبیاری مطلوب در کشت مخلوط جو در آذر + نخود در دی‌ماه به‌دست آمد (شکل 2). می‌توان گفت که یکی از دلایل افزایش عملکرد دانه نخود در تک‌کشتی نخود دی‌ماه بالاتر بودن تراکم کشت در تک‌کشتی این گیاه باشد که با نتایج نیک سیرت و همکاران (Niksirat et al., 2018) مطابقت داشت. هم‌چنین از دلایل افزایش عملکرد در شرایط تنش کم‌آبی در کشت مخلوط جو در آذر + نخود در دی‌ماه می‌تواند به‌دلیل دارا بودن کم‌ترین رقابت بین گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای و هم‌چنین به‌دلیل استفاده بهینه از عوامل محیطی بالاترین عملکرد نخود را به‌دست آورد. رضایی چیانه و همکاران (Rezaei Chiyaneh et al., 2014) در بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و عدس (*Lens culinaris* L.) در کشت دوم دریافتند که بیش‌ترین عملکرد دو گونه از کشت خالص و کم‌ترین میزان آن‌ها از الگوی کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس با دو ردیف زیره سبز به‌دست آمد. در بررسی عملکرد گیاه داروئی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) در کشت مخلوط با نخود و لوبیا مشخص شد که عملکرد دانه هر سه گیاه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت و میانگین این صفت در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط بالاتر بود (Koocheki et al., 2014). در گیاه نخود تنش کم‌آبی باعث کاهش عملکرد دانه در همه تیمارها به‌جز کشت‌های مخلوط جو آذر نخود آذرماه و جو آذر+ نخود دی‌ماه گردید. در بین الگوهای کاشت گیاه نخود تیمار تک‌کشتی نخود در دی‌ماه و آذرماه به‌ترتیب با 80 و 16/1 درصد بیش‌ترین و کم‌ترین درصد کاهش عملکرد را داشتند (شکل 2).

www.SID.ir

Archive of SID

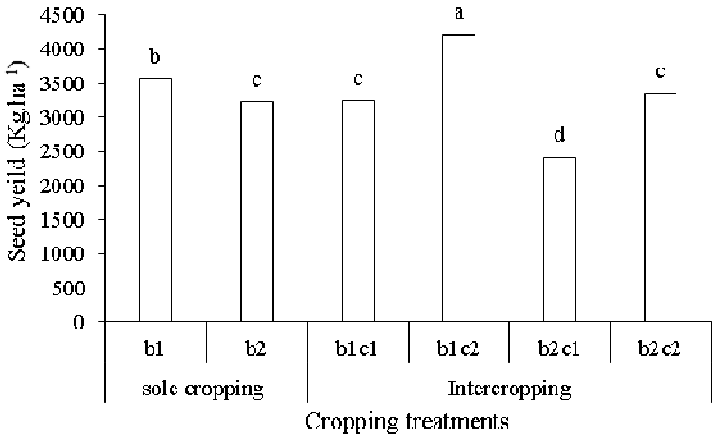
جدول 4- تجزیه واریانس اثر رژیم‌های کم‌آبیاری و الگوهای کاشت بر عملکرد دانه جو و نخود

Table 4- Analysis of variance for effect of low irrigation regimes and cropping patterns on barley and chickpea seed yield

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares	
		عملکرد جو Barley yield	عملکرد نخود Chickpea yield
تکرار Replication	2	317711^{ns}	7934^{ns}
رژیم کم‌آبیاری Low irrigation regime (A)	1	573967^{ns}	203347600^{*}
خطای اصلی Main Error	2	47017	56608
الگوی کاشت مخلوط Intercropping patterns (B)	5	47017^{**}	2386388^{**}
A×B	5	2048095^{ns}	1457546^{**}
خطای B Sub error B	20	327421	9231
ضریب تغییرات CV (%)		17.14	31.9

ns، *و **: به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطوح احتمال 5 و 1 درصد می‌باشند.

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



شکل 1- مقایسه میانگین عملکرد دانه جو در تیمارهای کشت مخلوط با نخود

b_1، b_2، b_1c_1، b_1c_2، b_2c_1 و b_2c_2: به‌ترتیب تک‌کشتی جو آذرماه، جو دی‌ماه، کشت مخلوط جو آذر + نخود آذر، جو آذر + نخود دی، جو دی + نخود آذر، جو دی + نخود دی

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد، دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

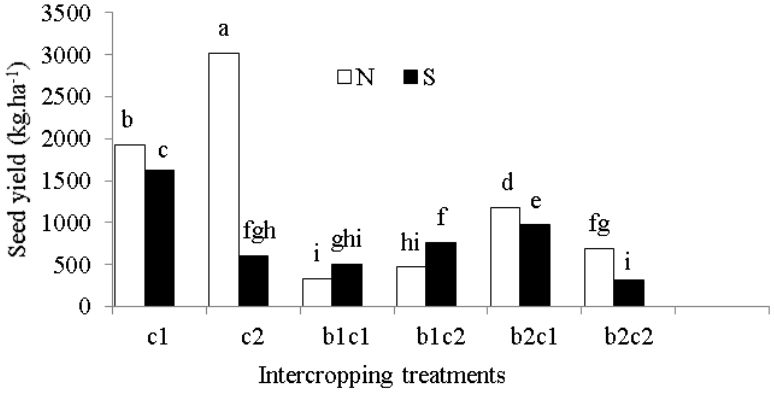
Fig. 1- The mean comparison of seed yield in barely affected as intercropping with chickpea

b_1, b_2, b_1c_1, b_1c_2, b_2c_1 and b_2c_2: were barley in mono cropping on December and January, barley on December + chickpea on December, barley on December + chickpea on January, barley on January + chickpea on December and barley on January + chickpea on January, respectively.

Means with similar letters had no significant difference based on LSD ($p \leq 0.05$) test.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 2- برهم‌کنش تنش کم‌آبی و تیمارهای کشت مخلوط بر عملکرد دانه نخود. N: آبیاری نرمال، S: تنش کم‌آبیاری در مرحله شیری شدن دانه جو

c_1، c_2، b_1c_1، b_1c_2، b_2c_1، b_2c_2: به‌ترتیب تک‌کشتی نخود آذرماه، نخود دی‌ماه، کشت مخلوط جو آذر + نخود آذر، جو آذر + نخود دی، جو دی + نخود آذر، جو دی + نخود دی

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر تیمار برای هر صفت بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد، دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

Fig. 2- Interaction effect of low water stress and intercropping treatments on chickpea grain yield. N: Normal irrigation, S: Drought stress at milk development of barley grain

c_1, c_2, b_1c_1, b_1c_2, b_2c_1 and b_2c_2: were chickpea in mono cropping on December and January, barley on December + chickpea on December, barley on December + chickpea on January, barley on January + chickpea on December and barley on January + chickpea on January respectively.

Means with similar letters had no significant difference based on LSD ($p \leq 0.05$) test.

نسبت برابری زمین (LER)

نتایج تجزیه واریانس شاخص نسبت برابری زمین نشان داد که برهم‌کنش رژیم‌های کم‌آبیاری و الگوهای کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر LER نخود و کل داشت (جدول 5). تنش کم‌آبی به‌ترتیب باعث افزایش 58 و 25 درصدی LER نخود و کل نسبت به شرایط کم‌آبیاری مطلوب شد (جدول 6). بیش‌ترین میزان LER نخود و کل در کشت مخلوط جو در آذر + نخود در دی‌ماه در شرایط تنش کم‌آبی به‌ترتیب 1/46 و 2/45 بود (جدول 6). کشت زود هنگام گیاه جو در آذرماه و تأخیر در کاشت گیاه نخود در دی‌ماه باعث شده است که گیاه نخود در زمانی کشت شود که جو آذرماه در اوایل فصل رشد سریع‌تر استقرار یافته و به مرحله رشد رویشی رسیده و کاشت نخود در دی‌ماه باعث کم‌تر شدن رقابت برون‌گونه‌ای بین این دو گیاه و در نهایت افزایش LER گردیده است. بنابراین در این تیمار گیاه نخود با توجه به نسبت برابری زمین در نخود و کل از فواید کشت مخلوط با جوسودمندی بیش‌تری برده است. افزایش جذب عناصر غذایی و آب به‌وسیله سیستم ریشه‌ای متفاوت در کشت مخلوط (Stolz & Nadeau, 2014) و از طرفی، افزایش LER نخود در شرایط تنش آبی باعث شد که LER کل افزایش یابد که با نتایج نیک سیرت و همکاران (Niksirat et al., 2018) در بررسی کشت مخلوط جو با حبوبات مطابقت داشت. هم‌چنین نیک سیرت و همکاران (Niksirat et al., 2018) در مطالعه‌ای بر روی کشت مخلوط جو با حبوبات در شرایط تنش آبی گزارش کردند که بیش‌ترین میزان LER ارقام جو در کشت‌های مخلوط جو نیمروز + باقلا و جو + نخود در شرایط آبیاری مطلوب و کشت مخلوط جو زهک + نخود در شرایط تنش کم‌آبی برابر با 0/57 و بیش‌ترین میزان LER حبوبات و کل در کشت مخلوط جو زهک + نخود در شرایط تنش کم‌آبی به‌ترتیب 0/83 و 1/4 به‌دست آمد. در آزمایشی دیگر که روی کشت مخلوط ریحان و ذرت انجام گردید نسبت LER در همه الگوهای کشت مخلوط بیش‌تر از یک به‌دست آمد (Mabudi & Salmasi, 2017). زانگ و همکاران (Zhang et al., 2007) در مطالعه‌ای روی کشت مخلوط تأخیری گندم و پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) گزارش کردند که همه تیمارهای کشت مخلوط باعث افزایش نسبت برابری زمین

www.SID.ir

Archive of SID

شدند که در میان آن‌ها آرایش‌های کاشت 3:1، 3:3، 4:3 بالاترین نسبت برابری زمین (LER =1/39) را نشان دادند که در مقایسه با آرایش 6:2 با LER =1/28 اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. هم‌چنین در این آزمایش می‌توان بیان کرد که یکی از دلایل افزایش LER در کشت مخلوط جو در آذر + نخود در دی‌ماه افزایش عملکرد در این تیمار نسبت به سایر تیمارها در شرایط تنش کم‌آبی باشد (شکل 2). از طرفی افزایش LER در این تیمار نسبت به سایر تیمارها می‌تواند به این علت باشد که کشت زود هنگام گیاه جو در آذرماه و تأخیر در کاشت گیاه نخود در دی‌ماه باعث شده است که گیاه نخود در زمانی کشت شود که جو در آذرماه در اوایل فصل رشد سریع‌تر استقرار یافته و به مرحله رشد رویشی رسیده و کاشت نخود در دی‌ماه باعث کم‌تر شدن رقابت برون‌گونه‌ای بین این دو گیاه و در نهایت افزایش LER گردیده است.

شاخص غالبیت (A)

نتایج تجزیه واریانس شاخص غالبیت نشان داد که برهم‌کنش رژیم‌های کم‌آبیاری و الگوهای کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر شاخص غالبیت گیاه جو و نخود داشت (جدول 5). در این آزمایش غالبیت گیاه جو در تمامی الگوهای کشت مخلوط بیش‌تر از غالبیت گیاه نخود بود. با توجه به اینکه ضریب غالبیت گونه با علامت مثبت بیانگر غالبیت آن گونه در الگوهای مختلف کشت مخلوط است (Eslami Khalili et al., 2011). در این آزمایش گیاه جو به‌دلیل داشتن ضریب غالبیت مثبت از توانایی رقابتی بالاتری نسبت به گیاه نخود برخوردار بوده است (جدول 5) که با نتایج مجتبایی زمانی و نوروزی (Mojtabaie Zamani & Norouzi, 2017) در آزمایشی که بر روی الگوهای مختلف کشت مخلوط جو با باقلا انجام دادند مطابقت داشت. حداکثر غالبیت جو با 0/84، 0/82 و 0/75 به‌ترتیب در کشت‌های مخلوط جو + نخود در آذر، جو در آذر + نخود در دی و جو + نخود در دی‌ماه در شرایط کم‌آبیاری مطلوب و حداکثر غالبیت نخود با 0/13- و 0/19- به‌ترتیب در کشت‌های مخلوط جو در آذر + نخود در دی‌ماه در شرایط تنش کم‌آبی و جو در دی + نخود در آذرماه در شرایط کم‌آبیاری مطلوب به‌دست آمدند (جدول 6).

جدول 5- تجزیه واریانس اثر رژیم‌های کم‌آبیاری و الگوهای کاشت بر نسبت برابری زمین، نسبت رقابتی، غالبیت و شاخص بهره‌وری سیستم کشت مخلوط جو با نخود

Table 5- Analysis of variance for effect of low irrigation regimes and cropping patterns on land equivalent ratio, competitive Ratio, Aggressivity and system productivity index of barley and chickpea intercropping

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares							
		نسبت برابری زمین Land equivalent ratio			نسبت رقابتی Competitive ratio		غالبیت Aggressivity		شاخص بهره‌وری سیستم System productivity index
		جو Barley	نخود Chickpea	کل Total	جو Barley	نخود Chickpea	جو Barley	نخود Chickpea	SPI
تکرار Replication	2	0.0047^{ns}	0.0017^{ns}	0.057^{ns}	0.5^{ns}	0.8643^{ns}	0.117^{ns}	0.117^{ns}	385457^{*}
رژیم کم‌آبیاری Low irrigation regime (A)	1	0.023^{ns}	1.052^{**}	0.764^{**}	0.02^{*}	50.243^{*}	0.582^{ns}	0.582^{ns}	189113476^{ns}
خطای A Error A	2	0.0832	0.0031	0.067	0.023	1.923	0.043	0.043	589232
الگوی کاشت Cropping patterns (B)	3	0.012^{ns}	0.37^{**}	0.518^{**}	0.3382^{**}	7.419^{**}	0.068^{**}	0.068^{**}	56904^{*}
A×B	3	0.019^{ns}	0.564^{**}	0.547^{**}	0.6067^{**}	10.920^{**}	0.191^{**}	0.191^{**}	2567996^{ns}
خطای B Error B	12	0.0066	0.0067	0.012	0.013	0.359	0.007	0.007	78103
CV (%)		8.47	16.33	7.57	22.14	18.72	15.69	15.69	13

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح 5 و 1 درصد می‌باشند.

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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 6- مقایسه میانگین نسبت برابری زمین، غالبیت، نسبت رقابتی و شاخص بهره‌وری سیستم تحت رژیم‌های متفاوت کم‌آبیاری و الگوهای کاشت

Table 6- The mean comparison of land equivalent ratio, aggressivity, competitive ratio and system productivity indices under different low irrigation regimes and cropping patterns

رژیم کم‌آبیاری Deficit irrigation regimes	الگوی کاشت Cropping patterns	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio			غالبیت Aggressivity		نسبت رقابتی Competitive ratio		شاخص بهره‌وری Productivity index
		جو Barley	نخود Chickpea	کل Total	جو Barley	نخود Chickpea	جو Barley	نخود Chickpea	کل Total
N	b_1c_1	1.01	0.17	1.18	0.84	-0.84	0.17	5.85	2138.3
	b_1c_2	1.05	1.15	1.20	0.82	-0.82	0.15	6.9	3540.7
	b_2c_1	0.94	0.60	1.55	0.35	-0.19	0.65	1.54	2451.4
	b_2c_2	0.97	0.22	1.20	0.75	-0.75	0.23	4.2	3525.3
S	b_1c_1	0.30	0.30	1.13	0.51	-0.51	0.38	2.69	1048.8
	b_1c_2	1.46	1.46	2.45	0.13	-0.13	1.5	0.68	738.1
	b_2c_1	0.54	0.54	1.57	0.52	-0.52	0.52	1.9	2179.4
	b_2c_2	0.52	0.52	1.41	0.34	-0.34	0.58	1.72	587.9
LSD (5%)		ns	0.13	0.24	0.19	0.28	0.22	1.33	680.77

N: آبیاری نرمال، S: تنش کم‌آبی در مرحله شیری دانه جو

b_1c_1، b_1c_2، b_2c_1، b_2c_2: به‌ترتیب کشت مخلوط جو آذر + نخود آذر، جو آذر + نخود دی، جو دی + نخود آذر، جو دی + نخود دی

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر تیمار برای هر صفت بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد، دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

N: Normal irrigation and S: low water stress at milk development of barley grain

b_1c_1, b_1c_2, b_2c_1 and b_2c_2: were barley on December + chickpea on December, barley on December + chickpea on January, barley on January + chickpea on December and barley on January + chickpea on January, intercropping, respectively.

Means with similar letters had no significant differences based on LSD ($p \leq 0.05$) test.

متقیان و همکاران (Motaghian et al., 2013) در بررسی که روی عملکرد ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و کنجد (*Seasamum indicum* L.) در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی و شاخص‌های رقابتی انجام دادند گزارش کردند که حداکثر غالبیت کنجد در کشت مخلوط 75 درصد ریحان + 25 درصد کنجد با غالبیت 0/85 و حداکثر ضریب غالبیت ریحان در کشت مخلوط 0/50 ریحان + 0/50 درصد کنجد با غالبیت 0/19 به‌دست آمد. مطابق با نتایج پژوهش حاضر در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط نخود و گندم تحت مقادیر مختلف نیتروژن انجام شد در تمامی تیمارها گندم جزء غالب و نخود جزء مغلوب بود (Mashhadi et al., 2015).

شاخص نسبت رقابتی (CR)

نتایج تجزیه واریانس شاخص نسبت رقابتی نشان داد که برهم‌کنش رژیم‌های کم‌آبیاری و الگوهای کشت مخلوط دارای اثر معنی‌داری بر شاخص نسبت رقابتی گیاه جو و نخود داشت (جدول 5). در شرایط تنش کم‌آبی گیاه جو همه تیمارها به‌جز کشت مخلوط جو در آذر + نخود در دی‌ماه که دارای نسبت رقابتی به‌میزان 1/5 بوده است سایر تیمارها نسبت رقابتی کم‌تر از یک داشتند که نشان می‌دهد که گیاه جو در این تیمارها جزء غالب بوده است (جدول 6). بالاتر بودن نسبت رقابتی جو در تیمار جو در آذر + نخود در دی‌ماه در مقایسه با گیاه نخود می‌توان به‌دلیل بالا بودن ضریب غالبیت در این تیمار باشد به گونه‌ای که جو در آذرماه در رقابت توانمندتر از نخود عمل کرده است و با توجه به تراکم بالای این گیاه در واحد سطح، ارتفاع بیش‌تر جو در آذرماه و سایه‌اندازی این گیاه بر روی گیاه نخود در طول فصل رشد باعث برتری این گیاه در جذب نور و آب شده است و در نتیجه باعث بالاتر شدن میزان نسبت رقابتی در جو نسبت نخود گردیده است که با نتایج مجتبایی زمانی و همکاران (Mojtabaie Zamani & Norouzi, 2017) در کشت مخلوط جو با باقلا مطابقت داشت. حمزه‌ئی و سیدی (Hamzei & Seyedi, 2012) در کشت مخلوط جو با نخود گزارش کردند که گیاه جو در طول فصل رشد بر روی گیاه نخود سایه‌اندازی داشته و یک برتری در جذب نور نسبت به گیاه نخود داشته است. هم‌چنین در شرایط تنش

www.SID.ir

Archive of SID

کم‌آبی همه تیمارهای کشت مخلوط نخود به جز کشت مخلوط جو در آذر + نخود در دی‌ماه با میزان 0/68 از نسبت رقابتی بالاتر از یک برخوردار بودند (جدول 6). در این آزمایش به‌دلیل کم‌تر بودن میزان نسبت رقابتی نخود در دی‌ماه در کشت مخلوط جو در آذر + نخود در دی‌ماه می‌توان گفت که نخود در دی‌ماه در این تیمار جزء مغلوب بوده و از میزان رقابت برون گونه‌ای کم‌تری برخوردار بوده است و می‌تواند به‌صورت مخلوط برای کشت با گیاه جو در آذرماه مناسب باشد.

شاخص بهره‌وری سیستم (SPI)

نتایج تجزیه واریانس شاخص SPI نشان داد که برهم‌کنش رژیم‌های کم‌آبیاری و الگوهای کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر این صفت داشتند (جدول 5). بیش‌ترین میزان شاخص بهره‌وری سیستم به‌ترتیب با 3540/7 و 3525/3 در تیمارهای کشت مخلوط جو در آذر + نخود در دی و جو + نخود در دی‌ماه در شرایط کم‌آبیاری مطلوب و کم‌ترین میزان شاخص بهره‌وری سیستم به‌ترتیب با 738/1، 1048/8 و 587/9 در تیمارهای جو در آذر + نخود در دی، جو + نخود در آذر و جو + نخود در دی‌ماه در شرایط تنش کم‌آبی به‌دست آمد (جدول 6). موسی‌پور و همکاران (Mosapour et al., 2015) در بررسی اثر زمان کاشت بر شاخص‌های رقابتی در کشت مخلوط زنیان و اسفرزه گزارش کردند که تیمار 25 درصد اسفرزه + 100 زنیان و 50 درصد اسفرزه + 100 زنیان (به‌ترتیب با 10237 و 10429 بیش‌ترین شاخص بهره‌وری سیستم و تیمار 100 درصد اسفرزه + 100 درصد زنیان با 8742 کم‌ترین میزان شاخص بهره‌وری سیستم را داشتند هم‌چنین آن‌ها گزارش کردند که تاریخ کاشت 20 بهمن نسبت به تاریخ کاشت 20 دی‌ماه از لحاظ میزان این شاخص برتری داشت. لیتهور جیدیس و همکاران (Lithourgidis et al., 2011) در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط نخود با گندم، چاودار و تریتیکاله انجام دادند گزارش کردند که بیش‌ترین شاخص بهره‌وری سیستم در تیمارهای کشت مخلوط 80 درصد نخود + 20 درصد تریتیکاله و 80 درصد نخود + 20 درصد گندم به‌دست آمد. در پژوهش حاضر بیش‌ترین شاخص بهره‌وری سیستم در کشت‌های مخلوط نخود دی‌ماه حاصل شد که این نشان‌دهنده سودمندی تیمارهای کشت مخلوط نخود دی‌ماه نسبت به سایر تیمارها می‌باشد. مطابق با نتایج این آزمایش نخزری مقدم و همکاران (Nakhzari Moghaddam et al., 2017) افزایش شاخص بهره‌وری سیستم را در تیمارهای کشت مخلوط گزارش کردند.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که بیش‌ترین میزان شاخص نسبت برابری زمین در کشت مخلوط جو آذر + نخود دی‌ماه در شرایط تنش کم‌آبی به‌دست آمد. تنش کم‌آبی باعث افزایش 58 و 25 درصدی LER نخود و کل نسبت به شرایط کم‌آبیاری مطلوب گردید. هم‌چنین می‌توان گفت که در این آزمایش تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تیمارهای تک‌کشتی برتری داشتند. در شرایط تنش کم‌آبی انتهای فصل تیمار جو در آذر + نخود در دی‌ماه با نسبت رقابتی 0/68 کم‌ترین رقابت بین‌گونه‌ای را نسبت به سایر تیمارهای کشت مخلوط را داشت. در شرایط تنش کم‌آبی بیش‌ترین میزان رقابت در کشت مخلوط جو + نخود در آذرماه به‌دست آمد. در شرایط تنش کم‌آبی بیش‌ترین میزان شاخص بهره‌وری سیستم با 2179/4 در کشت مخلوط جو در دی + نخود در آذرماه در شرایط کم‌آبیاری مطلوب به‌دست آمد. در این آزمایش ضریب غالبیت مثبت از توانایی رقابتی بالاتری نسبت به گیاه نخود برخوردار بوده است. از نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط تنش کم‌آبی استفاده از کشت مخلوط تأخیری جو در آذر همراه با نخود در دی‌ماه به‌دلیل دارا بودن کم‌ترین رقابت بین‌گونه‌ای نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای و بیش‌ترین نسبت برابری زمین و هم‌چنین به‌دلیل استفاده بهینه از عوامل محیطی بالاترین عملکرد نخود را به‌دست آورد که می‌تواند برای ایجاد پایداری و ثبات تولید در افزایش بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی به‌طور قابل ملاحظه‌ای مؤثر باشد.

استفاده از کشت مخلوط تأخیری به‌دلیل کاهش رقابت بین‌گونه‌ای نسبت به رقابت درون‌گونه ای از طریق استفاده بهینه از عوامل محیطی موجب بهبود عملکرد و اجزاء عملکرد هر دو گونه زراعی می‌شود. با توجه به اینکه در این آزمایش نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط به‌ویژه تیمارهای دی‌ماه بالاتر بوده است به نظر می‌رسد که انجام کشت مخلوط تأخیری در منطقه داراب در راستای رسیدن به کشاورزی پایدار و ایجاد پایداری و ثبات تولید و افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی راهگشا باشد. هم‌چنین با توجه به افزایش شدت خشکسالی در ایران و به‌خصوص شهرستان داراب پیشنهاد می گردد که این آزمایش با

www.SID.ir

Archive of SID

سطوح تنش آبی بیش‌تر به‌صورت اعمال تیمار قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد گیاه و نسبت‌های مختلف تراکم دو گیاه در کشت مخلوط در مدت دو سال انجام گردد.

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. Agronomy Journal 25: 202-207.

Alizadeh, Y., Koocheki A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Evaluation of radiation use efficiency of intercropping of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and herb sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 2(1): 94-104. (In Persian with English Summary)

Amani Machiani M., Javanmard A., Morshedloo, M.R., and Maggi, F. 2018. Evaluation of yield, essential oil content and compositions of peppermint (*Mentha piperita* L.) intercropped with faba bean (*Vicia faba* L.). Journal of Cleaner Production 171: 529-537.

Caruthers, K., Pithviraj, B., Cloutier, D., Martin, R.C., and Smith, D.L. 2000. Intercropping corn with soybean, lupin and forages: yield component response. European Journal of Agronomy 12: 103-115.

Chapagain, T., and Riseman, A. 2014. Barley-pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. Field Crops Research 166: 18-25.

Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Amon, T., and Kaul, H.P. 2011. Competition and yield in intercrops maize and sunflower for biogas. Industrial Crops and Products 34: 1203-1211.

Daneshmand, AR., Shirani Rad, A.H., and Ardakani, M.R. 2006. Evaluation of water deficit stress on tolerance of spring rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes. Journal of Agronomy Research 1: 48-60.

Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. Field Crops Research 100: 249-256.

Eslami Khalili, F., Pirdashti, H., and Motaghian, A. 2011. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) yield in different density and mixture intercropping via competition indices. Journal of Agroecology 3(1):94-105. (In Persian with English Summary)

Ghanbari, A., Ghadiri, H., Ghaffari Moghadam, M., and Safari, M. 2010. Evaluation of intercropping maize (*Zea mays* L.) and squash (*Cucurbita pepo* L.) and effect on weeds control. Iranian Journal of Crop Science 41(1): 43-55. (In Persian with English Summary)

Grimes, D.W., Yamada, H., and Hughes, S.W. 1987. Climate-normalized cotton leaf water potentials for irrigation cheduling. Agriculture and Water Management 12: 293-304.

Hamzei, J., Seyedi, M., Ahmadvand, G., and Abutalebian, M.A. 2012. The effect of additive intercropping on weed suppression, yield and yield component of chickpea and barley. Journal of Crop Production and Processing 2(3): 43-56 (In Persian with English Summary)

Ibrahim, M., Ayub, M., Maqbool, M.M., Nadeem, S.M., Haq, T., Hussain, S., Ali, A., and Lauriault, L.M. 2014. Forage yield components of irrigated maize-legume mixtures at varied seed ratios. Field Crops Research 169:140-144.

Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Borumand Rezazadeh, Z., Jahani, M., and Jafari, L. 2014. Yield responses of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) to intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.) and bean (*Phaseoluse vulgaris* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12(1): 1-8. (In Persian with English Summary)

Lamei Harvani, J. 2013. Assessment of dry forage and crude protein yields, competition and advantage indices in mixed cropping of annual forage legume crops with barley in rainfed conditions of Zanjan province. Iranian Journal of Seed and Plant Production 29(2): 169-183. (In Persian with English Summary)

Lithourgidis, A.S., Vlachostergios, D.N., Dordas, C.A., and Damalas, C.A. 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. European Journal of Agronomy 34: 287-294.

Mabudi Bilesuar, H., and Zehtab Salmasi, S. 2017. Evaluation of yield and advantages of corn (*Zea mays* L.) and sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) intercropping. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 27(1): 1-11.

Mashhadi, T., Nakhzari, A., and Sabouri, H. 2015. Investigation of competition indices in intercropping of wheat (*Triticum aestivum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) under nitrogen consumption. Journal of Agroecology 7: 344-355. (In Persian with English Summary)

Mead, R., and Willey, R.W. 1980. The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields for intercropping.

www.SID.ir

Archive of SID

Experimental Agriculture 16: 217-228.

Mojtabaie Zamani, M., and Norouzi, S.H. 2017. Evaluation of different intercropping patterns of barley (*Hordeum vulgare* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) through competitive and Economic indices. Journal of Crop Production and Processing 7(3): 145-158. (In Persian with English summary)

Mosapour, H., Ghanbari, A., Sirousmehr, A.R., and Asgharipour, M.R. 2015. Effect of sowing time on seed yield, advantage and competitive indices in ajwain (*Carum copticum* L.) and isabgol (*Plantago ovata* Forsk.) intercropping. Iranian Journal of Crop Sciences 17(2): 139-152. (In Persian with English Summary)

Motaghian, A., Pirdashti, H., Akbarpour, V., Sarajpour, G., Yahgoubi Khanghahi, M., and Shariatnejad, S. 2013. Evaluation of basil (*Ocimum basilicum* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) yield in different intercropping mixturesvia competition indices. Journal of Agroecology 5(3): 243-254. (In Persian with English Summary)

Nakhzari Moghaddam, A., Dehghanpour Inchehbron, O., and Rahemi Karizaki, A. 2017. The effects of nitrogen levels and intercropping pattern on forage yield and competition indices of barley and pea. Journal of Plant Production Research 9(1): 199-214. (In Persian with English Summary)

Niksirat, H., Biganzadeh, E., and Naderi, R. 2018. Effect of cutting off irrigation on yield and competition and economic indices of intercropping barley (*Hordeum* spp.) with legumes. Journal of Agroecology 10(2): 444-458. (In Persian with English Summary)

Piroozi, B., Hosseini, S.M.B., Mazaheri, D., and Heidari, H. 2012. Evalution of sowing time and intercropping on vegetative and reproductive traits of bean (*Phaseolus vulgaris*) and biological yield of forage maize (*Zea mays*). Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi) 104: 62-68. (In Persian with English Summary)

Rezaei-Chianeh, E., Tajbakhsh, M., Valizadegan, O., and Banaei-Aai, F. 2014. Evaluation of different intercropping patterns of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and lentil (*Lens culinars* L.) in double crop. Journal of Agroecology 5(4): 462-472. (In Persian with English Summary)

Stolz, E., and Nadeau, E. 2014. Effect of intercropping on yield, weed incidence, forage quality and soil residual N inorganically grown forage maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.). Field Crops Research 169: 21-29

Tosti, G., Benincasa, P., and Giuiducci, M. 2010. Competition and Facilitation in Hairy vetch- Barley intercrops. Italian Journal of Agronomy Rivista di Agronomia 3: 239-247.

Vandermeer, J. 1989. The Ecology of Intercropping. Cambridge University Press, Cambridge, UK pp 67.

Yang F, Huang S., Gao, R., Liu, W., Yong, T., Wang, X., Wu, X., and Yang, W. 2014. Growth of soybean seedling in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red: far- red ratio. Field Crops Research 155: 245-253.

Zadokes, J.C., Chang, T.T., and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research 14: 415-421.

Zhang, L., Van der werf, W., Zhang, S., Li, B., and Spiertz, J.H.J. 2007. Growth, yield and quality of wheat & cotton in relay strip intercropping system. Field Crops Research 103: 178-188.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 1169-1182

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 1182-1169

Evaluation of Seed Yield and Competitive Indices in Relay Intercropping of Barley (*Hordeum vulgare* L.) with Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Late Season Low Water Stress

N. Mohavieh Asadi[1], E. Bijanzadeh[2*] and A. Behpouri[3]

Submitted: 03-03-2019
Accepted: 21-07-2019

N., Mohavieh Asadi, Bijanzadeh, E., and Behpouri, A. 2019. Evaluation of seed yield and competitive indices in relay intercropping of barley (*Hordeum vulgare* L.) with chickpea (*Cicer arietinum* L.) under late season low water stress. Journal of Agroecology. 11(3): 1169-1182.

Introduction

Intercropping is an old cropping practice, possibly as old as the settled agriculture, and is widespread especially in low-input cropping systems. One of the most popular intercropping practices is the cultivation of certain annual legumes with cereals. Intercropping is the production of greater yield on a given piece of land by making more efficient use of the available growth resources using a mixture of crops of different rooting ability, canopy structure, height, and nutrient requirements based on the complementary utilization of growth resources by the component crops. Several indices such as Land Equivalent Ratio (LER), Competitive Ratio (CR) and Aggressivity (A) have been developed to describe the competition and the economic advantage in intercropping. The objective of this study was the evaluation of seed yield and competitive indices in relay intercropping barley (*Hordeum vulgare* L.) with chickpea (*Cicer arietinum* L.) under late-season water stress.

Material and Methods

An experiment was carried out as a split-plot based on a randomized complete block design with three replicates at the College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University during 2017-2018 growing season. The cropping systems included two factors. The main factor was two irrigation regimes including cutting off irrigation at the beginning of the milk development stage and normal irrigation. The subfactor was 8 different combinations of relay intercropping consisted of monoculture of Zehak six-rowed barley cultivar (b), monoculture of Darab chickpea cultivar (c) sole cropping of barley on December and January (b_1, b_2), sole cropping of chickpea on December and January (c_1, c_2), and different combinations of relay intercropping consisted of intercropping of barley+ chickpea on December (b_1c_1), intercropping of barley + chickpea on January (b_2c_2), intercropping of barley on December +chickpea on January (b_1c_2), intercropping of barley on January+chickpea on December (b_2c_1) and cultivation of barley on January+ chickpea on January (b_2c_2) with a ratio of 1:1. Eventually, seed yield and competitive indices were measured. Competitive indices were including land equivalent ratio (LER), competitive ratio (CR), aggressivity (A) and system productivity index (SPI). Analysis of variance (ANOVA) was performed using SAS v. 9.4 software and the means compared by LSD test at 5% probability level.

Results and Discussion

The results showed that the late-season low water stress had a significant effect on all studied traits and the highest and lowest percentage reduction of grain yield was obtained in chickpea mono-cropping in December

1-MSc student of Agroecology Department, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Iran
2-Associate Professor of Agroecology Department, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz Universit, Iran
3-Assistant Professor of Agroecology Department, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Iran
(*- Corresponding author Email: bijanzd@shirazu.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.79532

www.SID.ir

Archive of SID

(80%) and January (16.1%), respectively. Low water stress increased by 58% and 25% LER of chickpea and total compared to the normal irrigation conditions, respectively. Under low water stress and normal irrigation conditions, barley was dominant species and at low water stress condition competitive power of legumes increased. Also, under low water stress conditions, barley on December+chickpea in January treatment showed the highest CR (0.68) compared to other treatments. In this experiment aggressivity of barley plant was higher in all cropping patterns than chickpea. Finally, SPI was positive in all intercropping treatments.

Conclusion

The result of the present study showed that the highest LER and SPI were obtained in intercropping of barley in December + chickpea in January under low water stress conditions. It can be concluded that intercropping treatments were superior to mono-cropping treatments especially in intercropping of barley in December+ chickpea in January when plants exposed to water stress. Overall, relay intercropping of chickpea in January with barley in December is the best and useful option in grain yield improvement and can be applied by farmers in semi-arid areas such as south regions of Iran.

Keywords: Competitive ratio, Grain yield, Land equivalent ratio, Productivity index

www.SID.ir