نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 10، شماره 2، تابستان 1397، ص. 458-444

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.2, Summer 2018, p. 444-458

تأثیر قطع آبیاری بر عملکرد، شاخص‌های رقابتی و اقتصادی کشت مخلوط جو (*Hordeum* spp.) با حبوبات

سید حسام نیک‌سیرت[1]، احسان بیژن زاده[2*] و روح اله نادری[2]

تاریخ دریافت: 1395/03/03
تاریخ پذیرش: 1395/12/03

نیک‌سیرت، ح.، بیژن‌زاده، ا.، و نادری، ر. 1397. تأثیر قطع آبیاری بر عملکرد، شاخص‌های رقابتی و اقتصادی کشت مخلوط جو (*Hordeum* spp.) با حبوبات. بوم‌شناسی کشاورزی، 10(2): 458-444.

چکیده

به‌منظور ارزیابی شاخص‌های رقابتی و اقتصادی کشت مخلوط ارقام جو (*Hordeum* spp.) با نخود (*Cicer arietinum* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) در رژیم‌های متفاوت آبیاری آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شیراز در سال زراعی 94-1393 اجرا شد. رژیم‌های آبیاری به‌عنوان فاکتور اصلی (آبیاری مطلوب و قطع آبیاری در مرحله شیری شدن دانه جو) و الگوهای مختلف کشت (تک‌کشتی نخود، باقلا، جو نیمروز و جو زهک و کشت مخلوط جو نیمروز+ نخود، جو نیمروز+ باقلا، جو زهک+ نخود و جو زهک+ باقلا با نسبت 1 به 1) به‌عنوان فاکتور فرعی بودند. قطع آبیاری به ترتیب باعث کاهش 20، 43 و 40 درصدی عملکرد دانه ارقام جو، نخود و باقلا و افزایش 1/9، 42 و 20/2 درصدی نسبت برابری زمین جزئی (LER) ارقام جو و حبوبات و نسبت برابری زمین کل شد. شاخص‌های غالبیت (A) و نسبت رقابتی (CR) نشان دادند که در شرایط آبیاری مطلوب، ارقام جو جزء غالب بودند و در شرایط قطع آبیاری، قدرت رقابتی حبوبات افزایش یافت. در شرایط آبیاری مطلوب، شاخص عملکرد از دست رفته واقعی (AYL) ارقام جو، حبوبات و کل به‌ترتیب مثبت، منفی و صفر بود و شاخص سودمندی کشت مخلوط (IA) ارقام جو مثبت و در حبوبات و کل منفی بود. در قطع آبیاری، شاخص عملکرد از دست رفته واقعی و شاخص سودمندی کشت مخلوط ارقام جو، حبوبات و کل، مثبت بود. شاخص نسبت برابری زمین در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از یک بود. شاخص بهره‌وری سیستم (SPI) نیز برای تمامی تیمارهای کشت مخلوط مثبت بود. ارزیابی شاخص نسبت برابری زمین نشان داد که کشت مخلوط جو شش ردیفه زهک + نخود در شرایط کمبود آب نسبت به دیگر الگوهای کشت مورد مطالعه بین 13/8 تا 36 درصد برتری داشت.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، جو شش ردیفه، عملکرد از دست رفته واقعی، نسبت برابری زمین

مقدمه

بیش از 35 درصد زمین‌های جهان، خشک و نیمه‌خشک است، که بارندگی در آن‌ها برای اکثر مصارف کشاورزی ناکافی بوده و یا توزیع نامناسب آن در طول سال باعث ایجاد کمبود آب در برخی از بازه‌های زمانی می‌شود. زمین‌های کشاورزی متأثر از خشکی بیش از 50 درصد کاهش عملکرد نشان می‌دهند (Wood, 2005). مزیت عملکرد گیاهان زراعی در کشت مخلوط اغلب زمانی رخ می‌دهد که ظرفیت هر یک از گونه‌ها در جذب آب و مواد غذایی و استفاده از منابع نسبت به تک‌کشتی هر یک از آن‌ها افزایش پیدا کرده باشد (Oginda & Walker, 2005). اساس بیولوژیکی کشت مخلوط، استفاده مکمل از منابع به‌وسیله دو گیاه زراعی می‌باشد (Borhom, 2001). در زراعت مخلوط که دو یا چند گیاه در مجاورت یکدیگر

1 و 2- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیارگروه اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز
(*- نویسنده مسئول: (Email: bijanzd@shirazu.ac.ir
DOI: 10.22067/jag.v10i2.55828

رشد می‌کنند ممکن است به دلایلی از قبیل متفاوت بودن مورفولوژی گیاهان و یا گریزان بودن ریشه‌های گونه‌های مختلف از یکدیگر، میزان رقابت آن‌ها برای آب کاهش یابد (Mazaheri, 1998). اگر دو گونه دارای رقابت دو طرفه بسیار ضعیفی باشند، آن‌گاه با یکدیگر همراه شده و حضور توأم خواهند داشت که در این صورت عملکرد بالاتری را تولید خواهند کرد (Javanshir et al., 2000). یکی دیگر از جنبه‌های کشت مخلوط به‌ویژه در سیستم‌های مخلوط ردیفی توجه به ویژگی‌های اکولوژیک رقابت ایجاد شده بین گیاهان کشت شده در کشت مخلوط می‌باشد (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 طرفی ارزیابی صحیح اثرات متقابل رقابتی بین گونه‌های گیاهی در کشت‌های مخلوط نیازمند طرح‌های مناسب مزرعه‌ای و روش‌های مطلوب تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌باشد (Beheshti et al., 2010). از شاخص‌های معتبر جهت برآورد میزان رقابت، مزیت نسبی و مزیت اقتصادی کشت مخلوط می‌توان به شاخص‌های نسبت برابری زمین (LER)[1]، غالبیت (A)[2]، نسبت رقابتی (CR)[3]، عملکرد از دست رفته واقعی (AYL)[4] و سودمندی کشت مخلوط (IA)[5] اشاره نمود (Banik et al., 2000; Agegnehu et al., 2006; Dhima et al., 2007). شاخص‌های ریاضی می‌توانند به ساده شدن تحقیقات، تفسیر و نشان دادن نتایج حاصل از صفات رقابت در گیاهان کمک کنند. این شاخص‌ها بیان کننده ویژگی‌های مختلف رقابت در جامعه گیاهی می‌باشند که از جمله این ویژگی‌ها می‌توان به شدت رقابت، اثرات رقابتی و نتیجه رقابت اشاره نمود (Weigelt & Jolliffe, 2003). در برخی مطالعات انجام شده بر روی سیستم‌های کشت مخلوط گزارش شده است که در سیستم‌های کشت مخلوط ارقام جو (*Hordeum* spp.) با باقلا (*Vicia faba* L.) عملکرد سیستم‌های کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی‌ها برتری داشتند (Agegnehu et al., 2006) و در آزمایشی دیگر که بر روی کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.) با نخود (*Cicer arietinum* L.) انجام شد گزارش شد که تیمارهای مخلوط از لحاظ عملکرد محصول مزیتی به تیمارهای کشت خالص نداشتند (Jahansooz et al., 2007). در مطالعه لامعی هروانی (Lamei Harvani, 2013) مشخص شد که کشت مخلوط 75 درصد نخود + 25 درصد جو دارای بالاترین نسبت برابری زمین (1/11)، شاخص بهره‌وری سیستم (2/92)، ضریب تراکم نسبی (1/55) و شاخص مزیت پولی (72/7) بود. در آزمایشی دیگر که بر روی کشت مخلوط نخود با سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) انجام شد نسبت برابری زمین بین 1/23 تا 1/74 بوده است (Rezaei-Chiyaneh & Golinezhad, 2015). با توجه به بحران خشکسالی و کمبود آب در منطقه داراب استان فارس، هدف از انجام این مطالعه، بررسی قطع آبیاری بر عملکرد، شاخص‌های رقابتی و اقتصادی در کشت مخلوط ارقام دو ردیفه و شش ردیفه جو با نخود و باقلا بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز با موقعیت طول جغرافیایی 28 درجه 50 دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی 54 درجه و 30 دقیقه شرقی و با ارتفاع 1180 متری از سطح دریا و میزان بارندگی 194 میلی‌متر در سال زراعی 94-1393 انجام شد. نمونه‌برداری از خاک مزرعه آزمایشی در عمق 30-0 سانتی‌متر صورت گرفت. بافت خاک مزرعه آزمایشی لومی با اسیدیته 7/5، مقدار ماده آلی 0/44 درصد، مقدار نیتروژن 0/03 درصد، فسفر 30 میلی‌گرم بر کیلوگرم و پتاسیم 140 میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل رژیم‌های آبیاری در دو سطح آبیاری مطلوب (I_1) و قطع آبیاری در مرحله شیری شدن دانه (ZGS 71) ارقام جو (I_2) به‌عنوان کرت‌های اصلی و الگوهای مختلف کاشت مانند کشت خالص جو دو ردیفه (B_2) رقم نیمروز (*Hordeum disticum*)، جو شش ردیفه (B_6) رقم زهک (*Hordeum vulgare*)، نخود رقم آزاد (P) و باقلا رقم سرازیری (F) و کشت مخلوط ردیفی شامل: جو نیمروز + نخود (B_2P)، جو زهک + نخود (B_6P)، جو نیمروز + باقلا (B_2F) و جو زهک + باقلا (B_6F) با نسبت 1 به 1 به

1- Land equivalent ratio
2- Aggressively
3- Competitive ratio
4- Actual yield loss
5- Intercropping advantage

روش جایگزینی و به‌صورت یک ردیف در میان به عنوان کرت‌های فرعی می‌باشند. اندازه کرت‌های اصلی 144 مترمربع و کرت‌های فرعی شش مترمربع و در هر یک از کرت‌های فرعی هشت ردیف کاشت با فاصله 30 سانتی متر ایجاد شد. فاصله رو ردیف برای نخود و باقلا 10 سانتی‌متر و برای ارقام جو 0/7 سانتی‌متر بود.

میزان آب مورد نیاز برای هر کرت بر اساس ظرفیت زراعی خاک مزرعه (14/5 درصد وزنی) و با استفاده از روش گریم و همکاران (Grimes et al., 1978) به‌دست آمد. در این روش ابتدا قطعه زمینی به مساحت دو مترمربع مشخص شد و به شکل حوضچه در آمد. سپس این حوضچه به‌طور سنگین آبیاری شد و روی آن با پلاستیک پوشانده شد. پس از قطع آبیاری و فروکش کردن آب، در فواصل زمانی هر شش ساعت یک‌بار از عمق صفر تا یک متری توسعه ریشه نمونه‌برداری کرده و مقدار رطوبت آن به روش وزنی اندازه‌گیری شد. این عمل آن‌قدر ادامه داده شد تا سرانجام مقدار رطوبت در دو اندازه‌گیری پشت سر هم تقریباً با هم برابر شدند که این مقدار رطوبت بر اساس معادله (1) زیر برابر با رطوبت ظرفیت زراعی می باشد.

معادله (1)

100× [وزن خاک خشک/(وزن خاک خشک –وزن خاک تر)] =مقدار رطوبت در ظرفیت زراعی

نیازآبی گیاه به‌صورت روزانه با استفاده از میانگین روزانه داده‌های پارامترهای هواشناسی ایستگاه هواشناسی حسن آباد داراب و با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (FAO, 2011). مراحل محاسبه نیاز آبی به‌طور خلاصه به شرح ذیل می باشد:

تبخیر-تعرق گیاه (ETc) در مراحل مختلف رشد گیاه با استفاده از معادله (2) محاسبه شد.

معادله (2) $ET_c = K_c . ET_0$

ET_c: تبخیر-تعرق گیاه (میلی‌متر در روز) ، ET_0 : تبخیر-تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر در روز) و K_c: ضریب گیاهی است. تبخیر-تعرق گیاه مرجع ET_0 با استفاده از داده‌های روزانه پارامترهای هواشناسی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی حسن آباد داراب به‌دست آمد.

2- میزان آب آبیاری در هر دور آبیاری با استفاده از معادله (3) محاسبه شد.

معادله (3) $IR = ETc\ (Ea \times LR)$

IR: میزان آب آبیاری،Ea: راندمان مصرف آب، LR: میزان آبشویی.

آبیاری به روش نشتی و با فواصل 12-8 روز انجام شد. برای شرایط آبیاری مطلوب 11 دور آبیاری و میزان 84 مترمکعب به‌وسیله کنتور اندازه گیری و برای شرایط قطع آبیاری هشت دور آبیاری و میزان 69 مترمکعب آب در بین کرت‌های فرعی توزیع شد. بر اساس آزمایش خاک مزرعه، تنها کودی که استفاده شد کود اوره به مقدار 65 کیلوگرم در هکتار بود که به‌صورت سرک در دو مرحله کاشت و ساقه رفتن غلات، به کرت‌ها اضافه شد. تراکم کاشت برای ارقام جو 400 بوته در مترمربع و برای نخود و باقلا 40 بوته در مترمربع بود. نمونه برداری در مرحله رسیدگی گیاهان زراعی در تاریخ 15 اردیبهشت برای گیاه جو، 23 اردیبهشت برای نخود و 2 اردیبهشت 1394 برای گیاه باقلا از 1 مترمربع برای تعیین عملکرد گیاهان زراعی انجام گردید. شاخص‌های رقابتی و اقتصادی مورد استفاده در این مطالعه شامل نسبت برابری زمین (LER) (Mead & Willey,1980)، غالبیت[1] (A) و بهره‌وری سیستم[2] (SPI) (Agegnehu et al., 2006)، شاخص نسبت رقابتی[3] (C) (Dhima et al., 2007)، شاخص از دست دادن عملکرد واقعی[4] (AYL) و سودمندی کشت مخلوط[5] (IA) (Banik et al., 2000) بودند. در این مطالعه Yil: عملکرد حبوبات در کشت مخلوط، Yml: عملکرد حبوبات در تک‌کشتی، Yic: عملکرد ارقام جو در کشت مخلوط، Ymc: عملکرد ارقام جو در تک‌کشتی، Zil: نسبت کشت حبوبات در مخلوط Zic: نسبت کشت ارقام جو در مخلوط P_C: ارزش تجاری گیاه جو وP_I: ارزش تجاری نخود و باقلا می‌باشد. که با استفاده از معادلات 4 تا 15 محاسبه شدند.

معادله (4) نسبت برابری زمین کل

$$LER = \left(\frac{Yil}{Yml}\right) + \left(\frac{Yic}{Ymc}\right)$$

معادله (5) غالبیت ارقام جو

$$AC = \left(\frac{Yic}{Ymc.Zic}\right) - \left(\frac{Yil}{Ym.Zill}\right)$$

معادله (6) غالبیت حبوبات

$$AL = \left(\frac{Yil}{Ym.Zill}\right) - \left(\frac{Yic}{Ymc.Zic}\right)$$

معادله (7)

1- Aggressively
2- System productivity index
3- Competitive ratio
4- Actual yield loss
5- Intercropping advantage

شاخص بهره‌وری سیستم $SPI = \left(\frac{Yml}{Ymc}\right) Yil + Yic$

معادله (8)

نسبت رقابتی ارقام جو $CRc = \left(\frac{LERl}{LERc}\right)\left(\frac{Zic}{Zil}\right)$

معادله (9)

نسبت رقابتی حبوبات $CRl = \left(\frac{LERc}{LERl}\right)\left(\frac{Zil}{Zic}\right)$

معادله (10)

عملکرد از دست رفته واقعی کل $AYL = AYLl + AYLc$

معادله (11)

عملکرد از دست رفته واقعی حبوبات

$$AYLl = \left\{\left[\frac{(Yil/Zil)}{(Yml/Zml)}\right] \quad 1\right\}$$

معادله (12)

عملکرد از دست رفته واقعی ارقام جو

$$AYLc = \left\{\left[\frac{(Yic/Zic)}{(Ymc/Zmc)}\right] - 1\right\}$$

معادله (13)

سودمندی کشت مخلوط کل $IA= IAc + IAl$

معادله (14)

سودمندی ارقام جو در کشت مخلوط $IAc= AYLc . Pc$

معادله (15)

سودمندی حبوبات در کشت مخلوط $IAl= AYLl . Pl$

جدول 1- زمان وقوع مراحل مختلف فنولوژیک برای ارقام جو، نخود و باقلا

Table 1- Date of phenological stages for barley cultivars, chickpea and faba bean

مراحل فنولوژی Phenological stages	تاریخ وقوع Date of occurrence					
	جو دو ردیفه (نیمروز) Two rows barley (Nimroz)			جو شش ردیفه (زهک) Six rows barley (Zehak)		
	هفته Week	روز Day	ماه Month	هفته Week	روز Day	ماه Month
آغاز جوانه‌زنی Begins germination	1	9	آذر November	1	7	آذر November
آغاز پنجه زدن Begins tillering	4	30	آذر November	4	27	آذر November
آغاز ساقه‌دهی Begins stem elongation	9	2	بهمن February	8	28	دی December
آغاز گلدهی Begins anthesis	15	11	اسفند March	14	8	اسفند March
آغاز شیری شدن دانه Begins milk development	17	26	اسفند March	17	28	اسفند March
رسیدگی فیزیولوژیک Physiological maturity	21	23	فروردین March	21	26	فروردین March
	نخود Chickpea			باقلا Faba bean		
آغاز جوانه‌زنی Begins germination	3	18	آذر November	2	10	آذر November
آغاز ساقه‌دهی Begins stem elongation	12	26	بهمن February	10	13	بهمن February
آغاز گلدهی Begins anthesis	19	10	فروردین March	16	20	اسفند March
آغاز تشکیل غلاف Beginning pod formation	21	24	فروردین March	17	2	فروردین March
تشکیل دانه Seed formation	22	31	فروردین March	18	8	فروردین March
رسیدگی فیزیولوژیک Physiological maturity	24	15	اردیبهشت May	20	24	فروردین March

قیمت جو، نخود و باقلا با توجه به قیمت‌گذاری سازمان جهاد کشاورزی در سال 1394 به‌ترتیب 9200، 21000 و 35000 ریال برای هر کیلوگرم محاسبه شد (Ministry of Agriculture Jihad.ir, 2015). آنالیز عملکرد دانه ارقام جو، نخود و باقلا به‌صورت جداگانه صورت گرفت. داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار MSTATC ver2.10 (1991) آنالیز شدند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار[1] (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه نشان داد که عملکرد دانه ارقام جو، نخود و باقلا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر برهمکنش رژیم‌های متفاوت آبیاری و الگوهای کشت قرار گرفتند (جدول 2). بیشترین عملکرد دانه ارقام جو، نخود و باقلا به‌ترتیب با میزان‌های 4513، 2266 و 6650 کیلوگرم در هکتار در کشت خالص جو زهک، نخود و باقلا به‌دست آمد (جدول 3) که دلیل آن بالاتر بودن تراکم کشت هر یک از گیاهان در تک‌کشتی‌ها بود. قطع آبیاری باعث کاهش عملکرد دانه تمامی تیمارها شد. همان‌طور که در جدول 3 مشخص است در شرایط قطع آبیاری بین الگوهای کاشت ارقام جو، کشت مخلوط جو زهک + نخود با 13 درصد کمترین میزان کاهش عملکرد را دارا بود و کشت مخلوط جو زهک + باقلا با 27 درصد بیشترین کاهش عملکرد را داشت. در بین الگوهای کاشت حبوبات نیز تک‌کشتی نخود و باقلا به‌ترتیب با 56 و 44 درصد بیشترین کاهش عملکرد و کشت مخلوط جو زهک + نخود با 22 درصد و جو نیمروز + باقلا با 31 درصد کمترین کاهش عملکرد را داشتند. انطباق تنش خشکی با مرحله زایشی، طول مدت گلدهی و پرشدن دانه را کاهش داده و در نتیجه باعث کاهش تعداد دانه، متوسط وزن دانه و عملکرد دانه در واحد سطح می‌گردد (Ghasemi Golezani et al., 2010). طولانی‌تر بودن طول دوره رشد نخود (163 روز) و از طرفی تاریخ گلدهی دیرتر در این گیاه (10 فروردین) نسبت به جو نیمروز، جو زهک و باقلا باعث شد تا این گیاه از اوایل مرحله گلدهی تا انتهای رشد خود را در شرایط تنش خشکی سپری کند (جدول 1) و این موضوع باعث کاهش شدید عملکرد به خصوص در تک‌کشتی این گیاه شد.

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رژیم‌های آبیاری و الگوهای کاشت بر عملکرد دانه ارقام جو، نخود و باقلا

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for barley cultivars, chickpea and faba bean yield under irrigation regimes and cropping patterns

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی ارقام جو df of barley cultivars	درجه آزادی حبوبات df of legumes	عملکرد ارقام جو Barley cultivars yield	عملکرد نخود Chickpea yield	عملکرد باقلا Faba bean yield
تکرار Replication	2	2	22650 ^{ns}	505 ^{ns}	2938 ^{ns}
رژیم آبیاری Irrigation regime (A)	1	1	3030500 **	1843200 **	11890938 **
خطای A Error A	2	2	60042	450	1938
الگوی کاشت Cropping patterns (B)	5	2	5492857 **	956872 **	16085272 **
A×B	5	2	121874 **	464316 **	2001438 **
خطای B Error B	20	8	17402	5761	34480
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)			16	16/5	15/5

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و معنی‌داری در سطح یک درصد می‌باشند.

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

1- Least significant difference

این در حالی است که گیاه باقلا از مرحله دانه‌بندی در معرض تنش‌خشکی قرار گرفت، ولی با توجه به مقاومت پایین‌تر این گیاه نسبت به ارقام جو و نخود به شرایط کم آبی میزان کاهش عملکرد آن در تک‌کشتی و کشت مخلوط این گیاه نسبت به ارقام جو بیشتر بود. کشت‌های مخلوط به‌دلیل متفاوت بودن سیستم ریشه‌ای ارقام جو، نخود و باقلا آب را از لایه‌های مختلف خاک جذب کرده و از طرفی پلکانی بودن سایه‌انداز این تیمارها باعث شده تا پوشش گیاهی در سطح زمین افزایش یافته و از تبخیر آب جلوگیری کند (Mazaheri, 1998).

جدول 3- مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام جو، نخود و باقلا تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری و الگوهای کاشت

Table 3- Mean comparison for barley cultivars, chickpea and faba bean yield under different irrigation regimes and cropping patterns

تیمارها Treatments	عملکرد ارقام جو Barley cultivars yield ($kg.ha^{-1}$)		عملکرد نخود Chickpea yield ($kg.ha^{-1}$)		عملکرد باقلا Faba bean yield ($kg.ha^{-1}$)	
	I_1	I_2	I_1	I_2	I_1	I_2
B_2	4070 ^{b*}	3330 ^{c}				
B_6	4513 ^{a}	3470 ^{c}				
P			2266 ^{a}	993 ^{c}		
F					6650 ^{a}	3700 ^{b}
B_2P	2000 ^{fg}	1640 ^{i}	1150 ^{b}	733 ^{d}		
B_6P	2400 ^{d}	1990 ^{fg}	1050 ^{bc}	820 ^{d}		
B_2F	2163 ^{ef}	1875 ^{gh}			2666 ^{c}	1840 ^{d}
BF	2350 ^{de}	1710 ^{hi}			2983 ^{c}	1883 ^{d}
LSD (5%)	224.7		142.9		349.6	

I_1: آبیاری مطلوب، I_2: قطع آبیاری در مرحله شیری شدن دانه جو. B_2، B_6، P، F به‌ترتیب تک‌کشتی جو نیمروز، جو زهک، نخود و باقلا و B_2P، B_6P، B_2F، B_6F به‌ترتیب کشت مخلوط جو نیمروز + نخود، جو زهک + نخود، جو نیمروز + باقلا و جو زهک + باقلا.

*میانگین‌هادارای حروف مشترک برای هر جزء بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5% معنی‌داری نمی‌باشند.

I_1: Full irrigation, I_2: Cutting off irrigation at milk development of barley. B_2, B_6, P and F are represented Nimroz barley, Zehak barley, chickpea and faba bean monocropping, respectively and B_2P, B_6P, B_2F and B_6F are represented Nimrooz barley + chickpea, Zehak barley + chickpea, Nimroz barley + faba bean and Zehak barley + faba bean intercropping, respectively.

* Means by the same letters for each component are not significant by LSD (%).

نتایج تجزیه واریانس شاخص نسبت برابری زمین نشان داد که LER حبوبات و کل به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری و الگوهای کاشت و LER ارقام جو تحت تأثیر الگوهای کاشت قرار گرفتند (جدول 4). قطع آبیاری به‌ترتیب باعث افزایش 1/9، 42 و 20/2 درصدی LER ارقام جو، حبوبات و کل نسبت به شرایط آبیاری مطلوب شد. با توجه به این که شاخص نسبت برابری زمین در هر یک از گیاهان از نسبت عملکرد گیاهان در تیمار کشت مخلوط به عملکرد گیاهان در تک‌کشتی محاسبه می‌شود (Goosh, 2004)، کاهش 56 و 44 درصدی عملکرد دانه تک‌کشتی نخود و باقلا در شرایط قطع آبیاری باعث شد تا LER حبوبات از 0/45 در شرایط آبیاری مطلوب به 0/64 در شرایط قطع آبیاری برسد و افزایش LER حبوبات در شرایط قطع آبیاری باعث افزایش LER کل از 0/98 در شرایط آبیاری مطلوب به 1/18 در شرایط قطع آبیاری شد (جدول 5). بیشترین میزان LER ارقام جو در کشت‌های مخلوط جو نیمروز + باقلا و جو زهک + نخود در شرایط آبیاری مطلوب و کشت مخلوط جو زهک + نخود در شرایط قطع آبیاری برابر با 0/57 و بیشترین میزان LER حبوبات و کل در کشت مخلوط جو زهک + نخود در شرایط قطع آبیاری به‌ترتیب 0/83 و 1/4 بود (جدول 5). افزایش جذب عناصر غذایی و آب به وسیله سیستم ریشه‌ای متفاوت در کشت مخلوط (Stolz & Nadeau, 2014) و از طرفی افزایش LER حبوبات در شرایط قطع آبیاری باعث شد تا LER کل افزایش یابد. گزارش شده است که در شرایط تنش‌زا ممکن است شاخص نسبت برابری زمین بالاتر از یک باشد (Morris & Garrity, 1993). در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط گندم و باقلا تحت

شرایط آبیاری متفاوت انجام شد، میزان نسبت برابری زمین بر اساس عملکرد زیست‌توده و دانه در تمامی کشت‌های مخلوط و شرایط آبیاری بالاتر از یک بود (Ren et al., 2016). در آزمایشی دیگر که روی کشت مخلوط ذرت و سویا تحت سطوح مختلف تنش خشکی انجام شد، نسبت برابری زمین در تمامی کشت‌های مخلوط بالاتر از یک بود، ولی این میزان با افزایش سطوح تنش خشکی کاهش یافت (El-sherif & Ali, 2016).

نتایج تجزیه واریانس شاخص غالبیت نشان داد که برهمکنش رژیم‌های آبیاری و الگوهای کاشت اثر معنی‌داری بر شاخص غالبیت ارقام جو و حبوبات داشت (جدول 4). جو نیمروز در کشت مخلوط جو نیمروز + باقلا در شرایط آبیاری مطلوب با شاخص غالبیت 6/48+ بیشترین میزان غالبیت و جو زهک در جو زهک + نخود در شرایط قطع آبیاری با شاخص غالبیت 12/64- بیشترین میزان مغلوبیت را در بین تیمارهای کشت مخلوط ارقام جو داشتند. گیاه نخود در تیمار جو زهک + نخود در شرایط قطع آبیاری با شاخص غالبیت 12/64+ بیشترین میزان غالبیت و گیاه باقلا در تیمار جو نیمروز + باقلا در شرایط آبیاری مطلوب با شاخص غالبیت 6/48- مغلوب‌ترین جزء حبوبات بودند (جدول 5). با توجه به اندازه‌گیری شاخص غالبیت در این آزمایش گیاه نخود جزء غالب،گیاه باقلا جزء مغلوب و ارقام جو زمانی که با باقلا کشت شده‌اند جزء غالب و زمانی که با نخود کشت شده‌اند جزء مغلوب می‌باشند. در آزمایشی دیگر 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). نتایج تجزیه واریانس شاخص نسبت رقابتی نشان داد که برهمکنش رژیم‌های آبیاری و الگوهای کاشت اثر معنی‌داری بر شاخص نسبت رقابتی ارقام جو و حبوبات داشت (جدول 6). شاخص CR همانند شاخص A نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب ارقام جو به جز تیمار جو نیمروز + نخود که دارای شاخص CR به میزان 0/99 بوده است سایر تیمارها CR بالاتر از یک داشتند که نشان می‌دهد این گیاهان جزء غالب در تیمارهای کشت مخلوط بودند (جدول 5). با توجه به این‌که سرعت رشد محصول (CGR) و جذب منابع در مرحله گلدهی گیاهان زراعی در حداکثر خود قرار دارد (Jafari et al., 2013)، می‌توان نتیجه گرفت نزدیک بودن تاریخ گلدهی بین ارقام جو با باقلا (جدول 1) باعث افزایش رقابت بین دو گونه در جذب منابع شد. این در حالی است که تاریخ گلدهی دیرتر در گیاه نخود باعث شد تا مرحله گلدهی این گیاه که مصادف با حداکثر جذب منابع می‌باشد، با مرحله پر شدن دانه‌های جو که جذب منابع در حال کاهش یافتن است (جدول 1) مصادف شود و رقابت بین این دو جزء کاهش یابد. با توجه به این‌که در شرایط آبیاری مطلوب آب کافی برای هر دو جزء وجود دارد و از طرفی توانایی جذب نیتروژن تثبیت شده در حبوبات از طریق ریشه می‌باشد (Parsa & Bagheri, 2008) می‌توان نتیجه گرفت که رقابت اصلی بین ارقام جو با نخود و باقلا بر سر جذب نور می‌باشد. ارقام جو با سرعت رشد اولیه بالاتر نسبت به نخود و باقلا همواره در طول فصل رشد بر روی نخود و باقلا سایه‌اندازی داشته و یک برتری در جذب نور نسبت به این گیاهان داشتند (Hamzei & Seyedi, 2013) و این موضوع عامل اصلی در غالبیت ارقام جو در شرایط آبیاری مطلوب بود. این در حالیست که پس از اعمال قطع آبیاری گیاه نخود و باقلا به ارتفاع نهایی خود رسیده بودند و رقابت برای جذب نور کاهش یافته و رقابت شدیدی بر سر جذب آب بین دو جزء در کشت مخلوط به‌وجود آمده است. با توجه به این‌که گیاه نخود و جو به عنوان گیاهان مقاوم به خشکی محسوب می‌شوند در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به باقلا که مقاومت کمتری به خشکی دارند برتری داشته‌اند (Emam, 2007; Parsa & Bagheri, 2008). در تیمارهای جو نیمروز+ نخود و جو زهک+ نخود در شرایط قطع آبیاری گیاه نخود به‌وسیله سیستم ریشه‌ای عمیق‌تر نسبت به جو توانسته است آب را از لایه‌های زیرین که از دسترس جو خارج شده است استفاده کرده و نسبت به ارقام جو برتری پیدا کرده و جزء غالب در این تیمارها بود. دیما و همکاران (Dhima et al., 2007) در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط ماشک (*Vicia sativa* L.) با غلات انجام داده بودند به این نتیجه رسیدند که زمانی که ماشک با جو و یولاف (*Avena sativa* L.) به‌صورت مخلوط کشت می‌شوند CR غلات بالاتر از یک بوده و غلات جزء غالب در تیمارهای کشت مخلوط بودند و زمانی که ماشک با تریتیکاله (x*Triticosecale* Wittmack) و گندم به‌صورت مخلوط کشت می‌شوند گیاه ماشک جزء غالب در تیمارهای کشت مخلوط بود.

نتایج تجزیه واریانس شاخص SPI نشان داد که الگوهای کاشت اثر معنی‌داری بر این صفت داشت (جدول 4). بیشترین میزان شاخص بهره‌وری سیستم در تیمارهای جو نیمروز + نخود و جو زهک + نخود به‌ترتیب به‌میزان‌های 6867 و 6851 به‌دست آمد (شکل 1). به‌طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت نظام‌های کشت مخلوط جو با نخود از

شاخص بهره‌وری سیستم بالاتری نسبت به تیمارهای کشت مخلوط جو با باقلا برخوردار بوده است. بالا بودن شاخص نسبت برابری زمین در تیمارهای جو نیمروز + نخود و جو زهک + نخود عامل اصلی در بالا بودن شاخص SPI در این تیمارها بود. لیتهورگیدیس و همکاران (Lithourgidis et al., 2011) در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط نخود با گندم، چاودار (*Secale cereale* L.) و تریتیکاله انجام داده بودند به این نتیجه رسیدند که بیشترین شاخص بهره‌وری سیستم در تیمارهای کشت مخلوط 80 درصد نخود + 20 درصد تریتیکاله و 80 درصد نخود + 20 درصد گندم به‌دست آمد،که دلیل بالاتر بودن شاخص بهره‌وری سیستم را در این تیمارها بالاتر بودن میزان LER و ضریب تراکم نسبی در این تیمارها بیان کردند.

نتایج تجزیه واریانس شاخص عملکرد از دست رفته واقعی نشان داد که برهمکنش رژیم‌های آبیاری و الگوهای کاشت اثر معنی‌داری بر AYL ارقام جو، حبوبات و کل داشتند (جدول 6). نتایج نشان داد که میزان AYL ارقام جو به غیر از تیمارهای جو نیمروز + نخود در شرایط آبیاری مطلوب و جو نیمروز + نخود در شرایط قطع آبیاری، در تمامی تیمارها مثبت بوده‌اند که بیانگر افزایش عملکرد این تیمارها نسبت به تیمارهای تک‌کشتی ارقام جو بود. همچنین نتایج نشان داد که AYL حبوبات در شرایط آبیاری مطلوب تنها در تیمار جو نیمروز + نخود مثبت بوده است و در شرایط قطع آبیاری به غیر از تیمار جو نیمروز + باقلا تمامی تیمارها شاخص AYL مثبت داشته‌اند (جدول 7).

می‌توان نتیجه گرفت که حبوبات در شرایط قطع آبیاری موفق‌تر از شرایط آبیاری مطلوب بوده‌اند که علت آن را می‌توان به کاهش شدید عملکرد تک‌کشتی نخود و باقلا در شرایط قطع آبیاری نسبت داد که در این شرایط تیمارهای کشت مخلوط توانسته‌اند به‌صورت مکملی از منابع موجود به خصوص آب استفاده کرده و از کاهش عملکرد شدید جلوگیری کنند (Ghosh, 2004).

جدول 4- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رژیم‌های آبیاری و الگوهای کاشت بر نسبت برابری زمین، غالبیت و شاخص بهره‌وری سیستم کشت مخلوط ارقام جو با نخود و باقلا

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) for land equivalent ratio, aggresivity and system productivity index under irrigation regimes and cropping patterns of barley with chickpea and faba bean

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio			غالبیت Aggressively		شاخص بهره‌وری سیستم System productivity index
		ارقام جو Barley cultivars	حبوبات Legumes	کل Total	ارقام جو Barley cultivars	حبوبات Legumes	
تکرار Replication	2	0.001^{ns}	0.007^{ns}	0.006^{ns}	0.17^{ns}	0.4^{ns}	3113232^{ns}
رژیم آبیاری Irrigation regime (A)	1	0.003^{ns}	0.21^{**}	0.23^{**}	0.34^{**}	344^{**}	2098050^{ns}
خطای A Error A	2	0.0001	0.001	0.001	0.14	0.7	2783778
الگوی کاشت Cropping patterns (B)	3	0.006^{**}	0.06^{**}	0.07^{**}	140^{**}	420^{**}	24809816^{**}
A×B	3	0.001^{ns}	0.03^{**}	0.03^{**}	54^{**}	162^{**}	1749254^{ns}
خطای B Error B	12	0.001	0.001	0.002	0.21	5.6	3282853
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		**6.46**	**5.78**	**3.84**	**3.17**	**3.2**	**5.5**

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج و معنی‌داری در سطح یک درصد می‌باشند.

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

جدول 5- مقایسه میانگین نسبت برابری زمین، غالبیت و نسبت رقابتی تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری و الگوهای کاشت

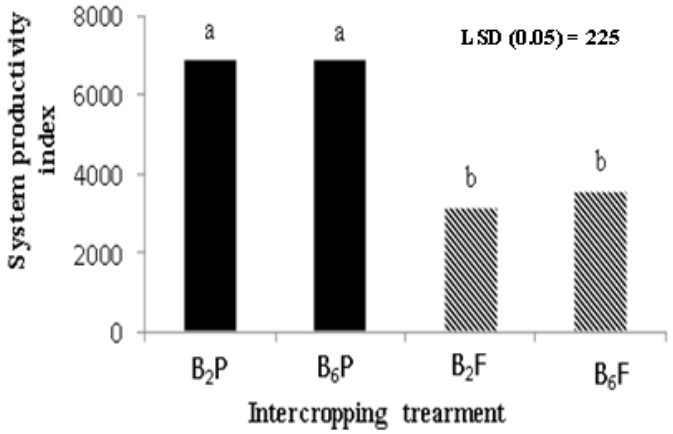
Table 5- The mean comparison for land equivalent ratio, aggressively and competitive ratio yield under different irrigation regimes and cropping patterns

رژیم آبیاری Irrigation regimes	الگوی کاشت Cropping patterns	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio			غالبیت Aggressively		نسبت رقابتی Competitive ratio	
		ارقام جو Barley cultivars	حبوبات Legumes	کل Total	ارقام جو Barley cultivars	حبوبات Legumes	ارقام جو Barley cultivars	حبوبات Legumes
I_1	B_2P	0.49	0.51	1	-0.68	+0.68	0.99	1.02
	B_6P	0.57	0.46	1.03	+3.41	-3.41	1.22	0.83
	B_2F	0.57	0.40	0.97	+6.48	-6.48	1.34	0.76
	B_6F	0.55	0.45	0.97	+3.72	-3.72	1.16	0.87
I_2	B_2P	0.49	0.74	1.23	-8.56	+8.56	0.67	1.42
	B_6P	0.57	0.83	1.4	-12.64	+12.64	0.7	1.44
	B_2F	0.56	0.5	1.06	+3.29	-3.29	1.13	0.88
	B_6F	0.52	0.51	1.03	+0.48	-0.48	1.03	0.98
LSD (5%)		**ns**	**0.06**	**0.08**	**0.81**	**1.21**	**0.20**	**0.21**

I_1: آبیاری مطلوب، I_2: قطع آبیاری در مرحله شیری شدن دانه جو. B_2، B_6، P، F به‌ترتیب تک‌کشتی جو نیمروز، جو زهک، نخود و باقلا و B_2P، B_6P، B_2F، B_6F به‌ترتیب کشت مخلوط جو نیمروز + نخود، جو زهک + نخود، جو نیمروز + باقلا و جو زهک + باقلا.

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5% معنی‌داری نمی‌باشند.

I_1: Full irrigation, I_2: Cutting off irrigation at milk development of barley. B_2, B_6, P and F are represented Nimroz barley, Zehak barley, chickpea and faba bean monocropping, respectively and B_2P, B_6P, B_2F and B_6F are represented Nimrooz barley + chickpea, Zehak barley + chickpea, Nimroz barley + faba bean and Zehak barley + faba bean intercropping, respectively.



شکل 1- مقایسه میانگین شاخص بهره‌وری سیستم در تیمارهای کشت مخلوط ارقام جو با نخود و باقلا

B_2P، B_6P، B_2F، B_6F به‌ترتیب کشت مخلوط جو نیمروز + نخود، جو زهک + نخود، جو نیمروز + باقلا و جو زهک + باقلا. میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح یک درصد، دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

Fig. 1- The mean comparison for system productivity index on barley cultivar with chickpea and faba bean intercropping

B_2P, B_6P, B_2F and B_6F are represented Nimrooz barley + chickpea, Zehak barley + chickpea, Nimroz barley + faba bean and Zehak barley + faba bean intercropping, respectively.

نتایج شاخص AYL کل نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب تنها تیمارهای B_2P و B_6F شاخص AYL مثبت داشته‌اند این درحالیست که در شرایط قطع آبیاری تمامی تیمارهای کشت مخلوط شاخص AYL مثبت داشته‌اند (جدول 7). به طور کلی، در تیمارهای

جو نیمروز + نخود، جوزهک + نخود و جو زهک + باقلا در شرایط آبیاری مطلوب و جو نیمروز + نخود در شرایط قطع آبیاری ارقام جو با داشتن AYL مثبت نسبت به حبوبات که دارای AYL منفی بودند گیاه غالب بوده‌اند و در تیمار جو نیمروز + نخود در شرایط آبیاری مطلوب و قطع آبیاری حبوبات با داشتن AYL مثبت گیاهان غالب بوده‌اند و درکشت‌های مخلوط جو زهک + نخود و جو زهک + باقلا در شرایط قطع آبیاری جزء جو به همراه جزء حبوبات هر دو دارای AYL مثبت بوده‌اند (جدول 7) که نشان می‌دهد هر دو گیاه در رقابت با یکدیگر سود برده و این رقابت باعث افزایش عملکرد هر دو جزء شده است .(Ahmadi et al., 2010) در آزمایشی دیگر که بر روی کشت مخلوط بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) و غلات متفاوت انجام شد، غلات با داشتن شاخص AYL مثبت جزء غالب در تیمارهای کشت مخلوط بودند (Ghosh, 2004).

جدول 6- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رژیم‌های آبیاری و الگوهای کشت بر عملکرد از دست رفته واقعی، نسبت رقابتی و سودمندی کشت مخلوط

Table 6- Analysis of variance (mean of squares) for actual yield loss, competitive ratio and intercropping advantage under irrigation regimes and cropping patterns

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد از دست‌رفته واقعی Actual yield loss			نسبت رقابتی Competitive ratio		سودمندی کشت مخلوط Intercropping advantage		
		ارقام جو Barley cultivars	حبوبات Legumes	کل Total	ارقام جو Barley cultivars	حبوبات Legumes	ارقام جو Barley cultivars	حبوبات Legumes	کل Total
تکرار Replication	2	0.001^{ns}	0.002^{ns}	0.02^{ns}	0.03^{ns}	0.019^{ns}	117^{ns}	7536^{ns}	8465^{ns}
رژیم آبیاری Irrigation regime (A)	1	0.007^{**}	0.93^{**}	0.78^{**}	0.53^{**}	0.6**	5709^{**}	6316056^{**}	5902181^{**}
خطای A Error A	2	0.0002	0.0001	5×10^{-6}	0.005	0.002	23.75	1768	14.52
الگوی کاشت Cropping patterns (B)	3	0.05^{**}	0.25^{**}	0.14^{**}	0.19^{**}	0.24^{**}	42391^{**}	1707182^{**}	1341620^{**}
A×B	3	0.01^{**}	0.11^{**}	0.18^{**}	0.042^{**}	0.086^{**}	8252^{**}	291442^{**}	394115^{**}
خطای B Error B	12	0.001	0.001	0.001	0.013	0.014	220	1533	2243
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		31.40	23	17.50	10.92	11.39	15.33	21.10	16.31

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج و معنی‌داری در سطح یک درصد می‌باشند.

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

نتایج تجزیه واریانس شاخص سودمندی کشت مخلوط نشان داد که برهمکنش رژیم‌های آبیاری و الگوهای کاشت اثر معنی‌داری بر شاخص IA ارقام جو و حبوبات و مجموع داشتند (جدول 6). بیشترین میزان IA ارقام جو، حبوبات و کل به‌ترتیب در تیمارهای جو نیمروز + باقلا در شرایط آبیاری مطلوب و جو زهک + نخود و جو زهک + نخود در شرایط قطع آبیاری به میزان‌های 210+، 1373+ و 1508+ به‌دست آمد (جدول 7). ارقام جو تنها در تیمارهای جو نیمروز + نخود در شرایط آبیاری مطلوب و قطع آبیاری سودمندی منفی داشتند که در هر دو شرایط آبیاری گیاه نخود نسبت به جو نیمروز برتری داشت. در شرایط آبیاری مطلوب ارقام جو در سایر تیمارها دارای IA مثبت و حبوبات دارای IA منفی بودند که نشان می‌دهد در این شرایط ارقام جو نسبت به حبوبات برتری داشتند. در شرایط قطع آبیاری حبوبات تنها در کشت مخلوط جو نیمروز + باقلا در شرایط قطع آبیاری IA منفی و در سایر تیمارها IA مثبت داشتندکه نشان می‌دهد در شرایط

کمبود آب حبوبات نسبت به ارقام جو برتری داشتند. به طور کلی، در تیمارهای جو نیمروز + باقلا، جو زهک + باقلا و جو زهک + نخود افزایش سودمندی ارقام جو نتوانسته است سودمندی منفی حبوبات را جبران کرده و سودمندی کل در این تیمارها منفی بود. در کشت مخلوط جو نیمروز + نخود در شرایط آبیاری مطلوب و قطع آبیاری افزایش سودمندی نخود و در کشت مخلوط جو نیمروز + باقلا در شرایط آبیاری مطلوب افزایش سودمندی جو توانسته‌اند کاهش سودمندی جزء مقابل را جبران کرده و در مجموع سودمندی مثبت داشته‌اند. در کشت‌های مخلوط جو زهک + نخود و جو زهک + باقلا در شرایط قطع آبیاری هر دو جزء با داشتن سودمندی مثبت توانسته‌اند از منابع به‌صورت مکمل استفاده کرده و عملکرد خود را افزایش دهند. رضائی چیانه و گلی‌نژاد (Rezaei-Chiyaneh and Golinezhad, 2015) در کشت مخلوط سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) با نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) گزارش کردند که مثبت بودن سودمندی کشت مخلوط در تیمارهای کشت مخلوط به دلیل استفاده بهتر از منابع موجود مانند آب، نور و عناصر غذایی می‌باشد.

جدول 7- مقایسه میانگین عملکرد از دست رفته واقعی و سودمندی کشت مخلوط تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری و الگوهای کاشت

Table 7- The mean comparisons fo actual yield loss and intercropping advantage indices under different irrigation regimes and cropping patterns

رژیم آبیاری Irrigation regimes	الگوی کشت Cropping patterns	عملکرد از دست‌رفته واقعی Actual yield loss			سودمندی کشت مخلوط Intercropping advantage		
		ارقام جو Barley cultivars	حبوبات Legumes	کل Total	ارقام جو Barley cultivars	حبوبات Legumes	کل Total
I_1	B_2P	- 0.019	+ 0.079	+ 0.061	- 17	+ 166	+ 149
	B_6P	+ 0.065	- 0.118	- 0.053	+ 59.49	- 247	- 187
	B_2F	+ 0.228	- 0.253	- 0.025	+ 210	- 886	- 676
	B_6F	+ 0.106	- 0.089	+ 0.017	+ 97.37	- 312	- 214
I_2	B_2P	- 0.65	+ 0.447	+ 0.411	- 59.96	+ 1213	+ 1153
	B_6P	+ 0.148	+ 0.654	+ 0.802	+ 135	+ 1373	+ 1508
	B_2F	+ 0.126	- 0.008	+ 0.119	+ 116	- 28	+ 88
	B_6F	+ 0.038	+ 0.076	+ 0.114	+ 34.83	+ 265	+ 287
LSD (5%)		**0.600**	**0.057**	**0.054**	**26.42**	**69.67**	**84.25**

I_1: آبیاری مطلوب، I_2: قطع آبیاری در مرحله شیری شدن دانه جو. B_2، B_6، P، F: به‌ترتیب تک‌کشتی جو نیمروز، جو زهک، نخود و باقلا و B_2P، B_6P، B_2F، B_6F: به‌ترتیب کشت مخلوط جو نیمروز + نخود، جو زهک + نخود، جو نیمروز + باقلا و جو زهک + باقلا.

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی-دار در سطح احتمال پنج درصد معنی‌داری نمی‌باشند.

I_1: Full irrigation, I_2: Cutting off irrigation at milk development of barley. B_2, B_6, P and F are represented Nimroz barley, Zehak barley, chickpea and faba bean monocropping, respectively and B_2P, B_6P, B_2F and B_6F are represented Nimrooz barley + chickpea, Zehak barley + chickpea, Nimroz barley + faba bean and Zehak barley + faba bean intercropping, respectively.

نتیجه‌گیری

اندازه‌گیری شاخص‌های رقابتی و اقتصادی نشان داد که تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تیمارهای تک‌کشتی برتری داشتند. به‌طوری‌که در شرایط آبیاری مطلوب کشت مخلوط جو نیمروز + نخود با توجه به شاخص‌های غالبیت و نسبت رقابتی دارای ضعیف‌ترین رقابت بین گونه‌ای بود و این موضوع باعث شد تا بیشترین شاخص عملکرد از دست رفته واقعی و سودمندی کشت مخلوط در این تیمار به‌دست آمد. از طرفی بیشترین میزان شاخص نسبت برابری زمین در کشت مخلوط جو زهک + نخود به‌دست آمد. در شرایط قطع آبیاری بیشترین رقابت بین دو جزء در تیمار کشت مخلوط جو زهک + نخود به‌دست آمد، ولی این رقابت باعث بهبود سودمندی این تیمار شده است به نحوی که هر دو جزء دارای شاخص نسبت برابری زمین بالاتر از 0/5 و شاخص‌های عملکرد از دست رفته واقعی و سودمندی کشت مخلوط مثبت بودند و بیشترین میزان شاخص نسبت برابری زمین، شاخص بهره‌وری سیستم، عملکرد از دست رفته واقعی و سودمندی کشت مخلوط مجموع نیز در این تیمار به‌دست آمد. از این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط قطع آبیاری استفاده از نظام‌های کشت مخلوط جو شش ردیفه زهک همراه با نخود راهکاری مناسب و با ثبات‌تر در راستای تولید حبوبات و جو نسبت به نظام‌های تک‌کشتی می‌باشد.

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.

Ahmadi, A., Dabbagh Mohammdi Nasab, A., Zehtab Salmai, S., Amini, R., and Janmohammadi, H. 2010. Evaluation of yield and advantage indices in barley and vetch intercropping. Sustainable Agriculture and Production Science 20(2): 76-87. (In Persian with English Summary)

Banik, P., Sasmal, T., Ghosal, P.K., and Baghchi, D.K. 2000. Evaluation of mustard *(Brassic campestris var Toria)* and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row replacement series system. Journal of Agronomy and Crop Science 185: 9-14.

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghase, S.S. 2006. Wheat and chikpea intercropping systems in additive series experiment: advantages and smothering. Agronomy Journal 24: 324-332.

Beheshti, A.R., Soltanian, B., and Sadrabadi, R. 2010. Investigation of density and different sowing rates on grain and biological yield in intercropping of grain sorghum and bean. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 1-11. (In Persian with English Summary)

Borhom, T.I.H. 2001. Studies on water requirements for some crops under different cropping system. MSc Thesis. Faculty Agriculture of Cairo University, Egypt.

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

El-Sherif, A., and Ali, M.M. 2015. Effect of deficit irrigation and soybean/maize intercropping on yield and water use efficiency. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 44: 777-794.

Emam, Y. 2007. Creal Production. 3rd Edition. Shiraz University Press, Shiraz, Iran 190 pp. (In Persian)

Food and Agriculture Organization, FAO. 2011. Crop production statistics, http://www.fao.org/docrep/010/ah864e/ah864e00.htm.

Ghosh, P.K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut- cereal fodder intercropping system in the semi- arid tropics of India. Field Crops Research 88: 227-237.

Ghasemi Golezani, K., Zaferani Moatar, P., Reay, Y., and Mohamadi, A. 2010. Response of pinto bean cultivars to water deficite at reproductive stage. Journal of Food, Agriculture and Environment 8: 801-804.

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., and Seyedi, M. 2013. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) intercropping systems using advantageous indices of interference conditions. Journal of Agriculture Science 6(9): 1-12. (In Persian with English Summary)

Jafari, H., Ebrahimpoor, F., and Niroomand, A. 2013. Crop Physiology. Payame Noor University Press. Tehran, Iran 180 pp. (In Persian)

Jahansooz, M.R., Yunusa, I.M., Coventry, D.R., Palmer, A.R., and Eamus, D. 2007. Radiation and water-use associated with growth and yield of wheat and chickpea in sole and mixed crops. European Journal of Agronomy 26: 275-282.

Javanshir, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Hamidi, A., and Gholipour, M. 2000. Ecology of Intercropping. Puplications Mashhad University Jihad, Mashhad, Iran 217 pp. (In Persian)

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 mater yield, nitrogen content, and competition in pea–cereal intercropping systems. European Journal of Agronomy 34: 287-294.

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)

Mazaheri, D. 1998. Intercropping. University of Tehran Press, Tehran, Iran (Second Edition) 262 pp. (In Persian)

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

Experimental Agriculture 16: 217-228.

Ministry of Agriculture Jihad.Ir. 2015. Available at: web site www.maj.ir. (Verified 6 December 2016)

Morris, R.A., and Garrity, D.P. 1993. Resource captur and utilization in intercropping: water. Field Crops Research 34: 303- 317.

Ogindo, H.O., and Walker, S. 2005. Comparsion of measured changes in seasonal soil water content by rained maize- bean intercrop and component cropping in semi arid region in South Africa. Physics and Chemistry of the Earth 30: 799- 808.

Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Pulses. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran 522 pp. (In Persian)

Rezaei-Chiyaneh, E., and Gholinezhad, E. 2015. Agronomic characteristics of intercropping of additive series of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Agroecology 7: 381-396. (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.

Vandermer, J. 1989. The Ecology of Intercropping. Combrige University Press, UK 67 pp.

Weber, E., and Bleiholder H. 1990. Explanations of the BBCH decimal codes for the growth stages of maize, rape, faba beans, sunflowers and peas-with illustrations. Gesunde Pflanzen 42: 308-321.

Weigelt, A., and Jolliffe, P. 2003. Indices of plant competition. Journal of Ecology 91: 707-720.

Wood, A.J. 2005. Eco-physiological adaptations to limited water environment. In: M.A. Janks, and P.M. Hasegave (Eds). Plant Abiotic strees. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK p. 1-13.

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.2, Summer 2018, p. 444-458

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 10، شماره 2، تابستان 1397، ص. 458-444

Effect of Cutting off Irrigation on Yield and Competition and Economic Indices of Intercropping Barley (*Hordeum* spp.) with Legumes

H. Niksirat[1], E. Bijanzadeh[2*], R. Naderi[2]

Submitted: 23-05-2016
Accepted: 21-02-2017

Niksirat, H., Bijanzadeh, E., and Naderi, R. 2018. Effect of cutting off irrigation on yield and competition and economic indices of intercropping barley with legumes. Journal of Agroecology. 10(2): 444-458.

Introduction

Intercropping is an old and widespread practice used in low input cropping systems in many areas of the world. Intercropping systems, especially those employing cereals with legumes, have several major advantages such as higher total yield and better land use efficiency yield stability of the cropping system, better utilization of light, water, and nutrients. The reasons for the higher yield in such systems is that the intercropped species do not compete exactly for the same growth resource niche and thereby tend to use the available resources in a complementary way. Several indices such as land equivalent ratio (LER), competitive ratio (CR), aggressivity (A), actual yield loss (AYL), and intercropping advantage (IA) have been developed to describe the competition and the economic advantage in intercropping. With respect to drought stress in late season of Sothern Iran and the importance of intercropping to reach stability and sustainability in production, the aim of this study was to assess the changes in yield and competition and economic indices of intercropping barley with legumes under late season drought stress.

Materials and Methods

A field experiment was conducted to evaluate the competitive and economic indices of intercropping barley cultivars with pea and fababean under different irrigation regimes at College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University during 2014 growing season. Treatments were included two levels of irrigation regimes (full irrigation and cutting off irrigation at milk development of barley) and 8 cropping treatments consisted of monoculture of Nimroz tow-rowed barley, Zehak six-rowed barley, pea and fababean and intercropping of Nimroz+pea, Nimroz+fababean, Zehak+pea and Zehak+fababean with a ratio of 1:1 which laid out as split plot arrangement in randomized complete block design with three replicates. Competitive and economic indices were including land equivalent ratio (LER), competitive ratio (CR), aggressivity (A), actual yield loss (AYL), intercropping advantage (IA), and system productivity index (SPI). Analysis of the variance was performed using MSTATC ver 2.10 software (1991) and the mean comparisons were performed by LSD test at 5% probability level.

Results and Discussion

Analysis of variance showed that irrigation regimes and cropping treatments had significant effect on barley and legume yields, LER_{total}, A_{total}, SPI, CR, AYL_{total}, and IA_{total}. Cutting off irrigation, decreased 20, 43 and 40% barley cultivars, pea and fababean yield, respectively and increased 1.9, 42 and 20% LER of cereals, legumes and total, respectively. Also, under cutting of irrigation, intercropping of Zehak+pea had the lowest yield loss (13%) while Zehak+fababean had the highest yield loss (27%) among the intercropping treatments. A and CR indices showed that in full irrigation conditions, barley cultivars were dominant species and at drought stress condition competitive power of legumes increased. In full irrigation, actual yield loss indices of barley cultivars, legumes and total was positive, negative and zero, respectively and intercropping advantage indices of barley cultivar was positive and in legumes and total was negative. Likewise, AYL and IA indices, in cereals, legumes and total were positive. The maximum grain yield in barley cultivars, pea and fababean was obtained at sole cropping treatments, while LER of all intercropping treatments was higher than 1. SPI for all of the intercropping treatments was positive.

1 and 2- MSc student and Associate Professor, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: bijanzd@shirazu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v10i2.55828

Conclusion

Evaluating competitive and economic indices showed that intercropping systems of six-rowed Zehak barley cultivar with pea was advantageous than sole cropping system under drought stress condition because of betterland use efficiency and better economics than the other mixtures examined. This mixture could be economically and environmentally promising in the development of sustainable crop production and thus can be adopted by farmers for maximization of economic yields especially under drought stress condition.

Keywords: Actual yield loss, Intercropping advantage, Land equivalent ratio, Six-rowed barley