نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 3، شماره 1، بهار 1390، ص. 35-25

Journal of Agroecology
Vol. 3, No. 1, Spring 2011, p. 25-35

ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد در کشت مخلوط افزایشی سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و لوبیاچشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) در شرایط آبیاری کامل و کم آبیاری

سارا سنجانی[1*]، سید محمد باقر حسینی[2]، محمد رضا چائی چی[3] و شهرام رضوان بیدختی[4]

تاریخ دریافت: 1389/04/01
تاریخ پذیرش: 1389/09/03

چکیده

به منظور بررسی عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) در کشت مخلوط افزایشی در شرایط کم آبیاری، آزمایشی در مزرعه آموزشی- پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در دولت آباد کرج به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. سطوح مختلف آبیاری در کرت‌های اصلی در چهار سطح: IR_1: آبیاری کامل (شاهد)، IR_2: تنش ملایم در دو مرحله رویشی و زایشی، IR_3: تنش ملایم در مرحله رویشی و شدید در مرحله زایشی، IR_4: تنش شدید در مرحله رویشی و ملایم در مرحله زایشی و الگوی کشت در کرت‌های فرعی در پنج سطح: S_1: کشت خالص سورگوم با وجین کامل، S_2: سورگوم + 15% لوبیا چشم بلبلی، S_3: سورگوم + 30% لوبیا چشم بلبلی، S_4: سورگوم + 45% لوبیا چشم بلبلی، S_5: کشت خالص سورگوم بدون وجین علف‌های هرز در نظر گرفته شدند. بیشترین عملکرد سورگوم بعد از شاهد در شرایط تنش ملایم در مرحله رویشی و زایشی (IR_2) بدست آمد. در بین الگوهای کشت، پس از تیمار سورگوم خالص با وجین، تیمار سورگوم + 45% لوبیا چشم بلبلی بیشترین عملکرد را داشت و اعمال همین تیمار در شرایط تنش ملایم (IR_2) کمترین صدمه را بر میزان عملکرد وارد نمود. بیشترین عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی از تیمار S_4 بدست آمد. بیشترین عملکرد کل سورگوم (عملکرد معادل) از تیمار سورگوم + 45% لوبیا چشم بلبلی بدست آمد. با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط افزایشی سورگوم و لوبیا چشم بلبلی تولید کل را در واحد سطح افزایش می‌دهد. در این آزمایش می‌توان تیمار سورگوم + 45% لوبیا چشم بلبلی را به عنوان بهترین ترکیب کشت به منظور استفاده بهتر از منابع و عملکرد بیشتر توصیه نمود. با توجه به کمبود آب در کشور، وسعت مناطق خشک و نیمه خشک در ایران و کاهش نسبی قابل قبول عملکرد دانه در قبال صرفه جویی مؤثر آب در تیمار تنش ملایم IR_2، می‌توان این نظام آبیاری را به عنوان بهترین روش کم آبیاری برای تولید دانه در کشت مخلوط افزایشی سورگوم و لوبیا چشم بلبلی معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی : تنش رطوبتی، کشت مخلوط، علف هرز، عملکرد معادل

مقدمه

در آغاز قرن بیست و یکم نیاز روزافزون به تأمین غذا همواره انسان را به این تفکر وادار ساخته تا با اتخاذ روش‌ها و تدابیر علمی و فنی حداکثر بهره‌برداری را از منابع موجود در این کرهٔ خاکی بنماید و در این رهگذر چه بسا زیان‌های جبران ناپذیری به محیط زیست خود وارد ساخته و می‌سازد. عملیات کشاورزی رایج، محیط زیست را در مقیاس جهانی تخریب کرده و باعث کاهش تنوع زیستی و اختلال در تعادل اکوسیستم‌های طبیعی شده و سرانجام منابع طبیعی که انسان و کشاورزی به آن وابسته‌اند را به مخاطره انداخته است (Nassiri Mahallati et al., 2001).

از طرفی افزایش جمعیت با کمبود طبیعی آب و مصرف بی‌رویه آن در بخش کشاورزی نسبت به سایر بخش‌ها باعث شده که مشکل آب نمود عینی پیدا کرده و ذهن بسیاری از صاحب نظران را به خود معطوف سازد. این امر به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ایران نیز از جمله کشورهایی است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده است، لذا مشکل کمبود آب یکی از مهمترین مشکلات کشاورزی در ایران است. در این راستا کم آبیاری جایگاه ویژه‌ای پیدا می‌کند و فعالیت های تحقیقاتی در این زمینه به منظور توسعه پایدار کشاورزی و افزایش سطح زیر کشت

1، 2، 3 و 4- به ترتیب دانشجوی دکتری دانشگاه فردوسی مشهد، استادیار و دانشیار دانشکده علوم زراعی و دامی دانشگاه تهران و عضوهیئت علمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دامغان، گروه زراعت، دامغان
(*- نویسنده مسئول: Email: Sanjani20_s@yahoo.com)

اراضی مستعد، لازم و ضروری بـه نظـر مـی‌رسـد. همچنـین کشـت گیاهان مقاوم، شناخت ارتباط کمبود آب، خاک و رشد محصولات در هر مرحله از رشد، بکارگیری روش‌های نوین آبیاری و افزایش بـازده آبیاری در این رابطه مفید و مطلوب خواهد بود. یکـی از راهکارهـای زراعی برای افزایش بهره‌وری از آب انجام کشت مخلوط برای استفاده حداکثر از رطوبت خاک می‌باشد (Alizadeh, 2001). کشت مخلوط نمودی از یک نظام پایدار کشاورزی است که دارای اهمیت فراوانی از جمله استفاده بهینه از منابع مانند نور، آب و عناصر غذایی مـی‌باشـد. همچنین کنترل آفات و بیماری‌ها و کاهش رقابت علـف‌هـای هـرز، کنتـرل فرسـایش و حفـظ حاصـلخیزی خـاک را بـه همـراه دارد (Mazaheri, 1998). تسـفامیکل و ردی (Tesfamicheal & Reddy, 1996) گزارش کردند که در محیطهای با تنش بالا، ثبات عملکرد مخلوط بیشتر از محیطهای با تنش کمتر است.

کشت هر نوع گیاهی به صـورت مخلـوط الزامـاً باعـث افـزایش محصـول نمـی‌شـود بلکـه بـا مطالعـه خصوصـیات فیزیولـوژیکی و مورفولوژیکی می‌توان گیاهانی را برای کشت مخلوط انتخاب نمود تا در ترکیب جدید از شدت رقابت آنها در واحد سطح کاسته شـده و در نتیجه از نهاده‌های رشد بهتر استفاده نماینـد (Mazaheri, 1998). سورگوم دانه‌ای و لوبیا چشم بلبلی نسبت به تـنش خشـکی متحمـل بوده و می‌توان از آنها در مناطق خشک و نیمه‌خشک به عنوان منابع قابل اطمینان تولید دانه و علوفه بهره برد. سورگوم از جمله گیاهـانی است که به خصوص در مراحل ابتدایی رشد، به علف‌های هرز حساس است به طوری که عدم کنترل علف‌های هرز در ایـن مرحلـه باعـث کاهش شدید محصول می‌شود، در عین حال بقولات و از جمله لوبیـا چشم بلبلی که جزو گیاهان پوششی هستند، ضمن جلوگیری از تبخیر آب، روی گونه‌های مختلف علف هرز اثر خفه کنندگی دارنـد (Red Fearn et al., 1999). نیاز آبی لوبیا چشم بلبلی پایین است و دوره رشد کوتاهی دارد و می‌تواند قبل از فرارسیدن زمان کشت محصولات پاییزه حداکثر رشد را بنماید و برداشت شود و از آنجایی که سایه را به خوبی تحمل می کند، به نظـر مـی‌رسـدگونه مناسـبی بـرای کشـت مخلوط با سورگوم باشد. بنابراین کشت مخلوط این دو گیاه انتخـاب مناسبی بـرای افـزایش عملکـرد و پایـداری تولیـد در سیسـتم‌هـای کشاورزی کم نهاده (آب، کود و سم) می‌باشد.

هدف از انجام این مطالعه تعیین مناسبترین توزیع زمان آبیاری و بهترین ترکیب کشت سورگوم و لوبیا چشم بلبلی به منظـور کـاهش مصرف آب و حفظ عملکرد می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه آموزشی- پژوهشی پـردیس کشـاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در دولت آبادکرج (عرض جغرافیایی 35 درجه و 6 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 50 درجه و 58 دقیقـه شرقی) اجرا شد. این مکان در ارتفاع حدود 1312 متری از سطح دریا قرار دارد. متوسط بارندگی سالیانه منطقه 241 میلی‌متر اسـت. خـاک محل آزمایش لومی رسی و سال قبل از آزمایش به صورت آیش بود. با توجه به اهداف پژوهش، این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی دربرگیرنده سطوح مختلف کم آبیاری در چهار سطح (IR_1: آبیاری کامل (شاهد)؛ IR_2: تنش ملایم در دو مرحله رویشی و زایشی: آبیاری تا مرحله استقرار گیاه (8-6 برگی) و سپس قطع آبیاری تا مرحله 12-10 برگی، آنگاه قطع آبیـاری تـا مرحلـه آغـاز گلـدهی (15ـ10% گلدهی)، مجدداً قطع آبیاری تا مرحله شیری شدن دانه‌هـا (آبیاری در مرحله شیری شدن دانه) و سپس قطـع آبیـاری تـا زمـان برداشت؛ IR3: تـنش ملایـم در مرحلـه رویشـی و شـدید در مرحلـه زایشی: آبیاری کامل تا مرحله استقرار گیاه (8ـ6 برگی) و سپس قطع آبیاری تا مرحله 12-10 برگی، آنگاه قطـع آبیـاری تـا مرحلـه آغـاز گلدهی (15ـ10% گلدهی) و سپس قطع آبیـاری تـا زمـان برداشـت؛ IR4: تنش شدید در مرحله رویشی و ملایم در مرحله زایشی: آبیاری کامل تا مرحله استقرار گیاه (8ـ6 برگی) و سپس قطع آبیاری تا مرحله آغاز گلدهی (15ـ10% گلدهی)، مجدداً قطع آبیاری تا مرحلـه شـیری شدن دانه‌ها و سپس قطع آبیاری تا زمان برداشت) و کرت‌های فرعی دربرگیرنده تیمارهای کشت مخلوط با استفاده از روش افزایشی در 5 سطح بودند (S_1 :کشت خالص سورگوم (با وجین کامل)، S_2: کشـت خالص سورگوم+ 15% لوبیا چشم بلبلی، S_3: کشت خالص سورگوم + 30 % لوبیا چشم بلبلی، S_4: کشت خالص سورگوم + 45% لوبیا چشم بلبلی، S_5: کشت خالص سورگوم (بدون وجین)). تعداد دفعات آبیاری در سطوح مختلف (IR1، IR2، IR3 و IR4) به ترتیب 18، 10، 9 و 9 بار بود که صرفاً بر اساس مراحل نموی گیاه سورگوم صورت گرفـت. منظور از تنش ملایم و تنش شدید، کـاهش کمتـر یـا بیشـتر تعـداد دفعات آبیاری در مراحل نموی مشخص در طول فصل رشد می‌باشد.

هر کرت فرعی شامل شش ردیف کاشت به فاصله 50 سانتی‌متر و به طول 5 متر بود. بین کرت‌های فرعی هم دو ردیف کاشت در نظر گرفته شد. با توجه به اهداف آزمـایش فاصـله کـرت‌هـای اصـلی از یکدیگر دو متر در نظر گرفته شد تا از تأثیر رطوبت احتمالی هر کرت اصلی به کرت اصلی مجاور جلوگیری شود. تـک‌کشـتی سـورگوم بـا تراکم مطلـوب 168000 بوتـه در هکتـار و لوبیـا بـا تـراکم مطلـوب 160000 بوته در هکتار درنظر گرفته شد. تیمارهای افزایشی لوبیا بـا اضافه کردن 15، 30 و 45 درصد از تراکم مطلـوب لوبیـا بـه کشـت خالص سورگوم اجرا شد. در این آزمایش سورگوم رقم کیمیـا و لوبیـا چشم بلبلی رقم مشهد مورد استفاده قرار گرفتند. کشـت بـه صـورت همزمان و در بیست و هفتم اردیبهشت ماه 1385 انجام شد. روز قبل

از اجرای عملیات کاشت، عملیات کوددهی انجام گردید. براساس نیاز کودی سورگوم 250 کیلوگرم در هکتارکود فسفر (سوپر فسفات تریپل) و 300 کیلوگرم در هکتار اوره با ایجاد شیارهایی به عمق 5 سانتی‌متر در وسط پشته‌ها به زمین داده شد. کود اوره به صورت سرک در سه مرحله داده شد: مرحله کاشت، مرحله 3-2 برگی سورگوم و مرحله 7-6 برگی سورگوم. کاشت سورگوم به صورت دستی و به روش خطی (به عمق 5ـ3 سانتی‌متر) در یکطرف پشته صورت گرفت. لوبیاچشم‌بلبلی به صورت کپه‌ای (به عمق 5ـ4 سانتی‌متر) با فواصل متفاوت روی ردیف، در طرف دیگر پشته کشت شد. لوبیا چشم بلبلی در مرحله 3-2 برگی تنک شد. تیمارهای آبیاری بر اساس مراحل نموی گیاه سورگوم اعمال شد (جدول 1). پس از رسیدن سورگوم به مرحله رشد فیزیولوژیک، با رعایت اثر حاشیه دو مترمربع جهت اندازه‌گیری عملکرد از هر کرت برداشت شد. در این مرحله لایه‌ای سیاه رنگ در انتهای دانه‌ها مشاهده می‌شود. پس از برداشت بوته‌ها دانه‌ها به وسیله خرمن‌کوب از پانیکول جدا و توزین شد. قبل از خرمن‌کوبی پانیکول‌ها وزن شدند. سپس مقدار عملکرد دانه براساس 12 درصد رطوبت محاسبه شد. برای تعیین اجزای عملکرد از هر کرت 17 بوته به طور تصادفی انتخاب شد. پس از رسیدن لوبیا چشم‌بلبلی، با رعایت اثر حاشیه به منظور تعیین عملکرد دانه دو مترمربع از هر کرت برداشت شد و دانه‌های موجود توزین شدند. به منظور تعیین اجزای عملکرد 10 بوته بطور تصادفی از هر کرت برداشت شد و تعداد غلاف، تعداد دانه و وزن صد دانه مورد محاسبه قرار گرفت.

در این آزمایش سورگوم گیاه اصلی و لوبیا چشم بلبلی به عنوان گیاه همراه در نظر گرفته شد. بنابراین به منظور ارزیابی کشت مخلوط و مقایسه بهتر تیمارها، بر اساس قیمت رایج دو محصول در بازار، عملکرد دانه لوبیاچشم‌بلبلی در هر تیمار با استفاده از معادله‌های 1 و 2 (Agegnehu et al., 2006) تبدیل به عملکرد سورگوم شد و از این طریق عملکرد کل سورگوم در تیمارهای مختلف مورد مقایسه قرار گرفت.

$$EY_{cp} = Y_{cp} \times \frac{P_1}{P_2} \quad \text{(معادله 1)}$$

$$EY_i = Y_s + EY_{cp} \quad \text{(معادله 2)}$$

در این معادلات، EY_{cp}= عملکرد معادل سورگوم بر اساس لوبیا چشم بلبلی (کیلوگرم در هکتار)، Y_{cp}= عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی (کیلوگرم در هکتار)، P_1= قیمت دانه لوبیا چشم بلبلی (واحد پول بر کیلوگرم)، P_2= قیمت دانه سورگوم (واحد پول بر کیلوگرم)، EY_i= عملکرد کل سورگوم در الگوهای کشت مخلوط (کیلوگرم در هکتار)، Y_s= عملکرد دانه سورگوم (کیلوگرم در هکتار). بر اساس قیمت رایج در سال 1385 قیمت هر کیلوگرم دانه سورگوم 2500 ریال و هر کیلوگرم لوبیا چشم بلبلی 12000 ریال در نظر گرفته شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام شد. میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطوح 5 و 1 درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که عملکرد دانه سورگوم به طور معنی‌داری ($P<$ 1%) تحت تأثیر سطوح آبیاری، الگوی کشت و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول 1). مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که با افزایش شدت تنش در مراحل مختلف رشد عملکرد دانه از یک روند کاهشی پیروی نموده و بیشترین عملکرد در تیمار آبیاری کامل (IR_1) و کمترین آن در تیمار IR_4 بدست آمد که نسبت به تیمار شاهد حدود 75 درصد کاهش نشان داد (جدول 2). این در حالی است که کاهش عملکرد در تیمار تنش ملایم در هر دو مرحله رویشی و زایشی (IR_2) نسبت به شاهد فقط 40 درصد بود. همچنین بین تیمارهای IR_3 و IR_4 نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول 2) که علت آن را می‌توان به ویژگی جبرانی اجزای عملکرد در سورگوم نسبت داد. در تیمار تنش شدید در مرحله زایشی (IR_3) کاهش وزن پانیکول و کاهش وزن هزار دانه و در تیمار IR_4 کاهش شدید تعداد دانه و کاهش وزن پانیکول از دلایل افت عملکرد در این تحقیق بودند (جدول 2). با توجه به این نتایج می‌توان چنین گفت که تعداد دانه تأثیر بیشتری بر کاهش عملکرد دانه سورگوم داشت. مطالعات متعددی جهت بررسی اثرات تنش خشکی بر عملکرد دانه سورگوم انجام شده است که در هر یک از آنها بسته به زمان اعمال تنش یکی از اجزای عملکرد بیش از دیگر اجزا تحت تأثیر قرار گرفته است. به طور مثال، سوینی و لام (Sweeney & Lamm, 1993) گزارش کردند که آبیاری در مرحله نه برگی سورگوم باعث افزایش تعداد دانه در هر پانیکول می‌شود، در صورتی که بر وزن دانه تأثیری نداشت؛ اما آبیاری در مرحله پر شدن دانه موجب افزایش 35 درصدی وزن دانه سورگوم شد. در بسیاری از مطالعات دیگر بیان شده است که عدم آبیاری در مراحل انتهایی رشد اثر بیشتری بر وزن دانه نسبت به تعداد دانه دارد (Maman et al., 2004).

در تیمارهای کشت مخلوط بیشترین عملکرد دانه از کشت سورگوم خالص با وجین کامل (S_1) و کمترین عملکرد از کشت سورگوم خالص بدون وجین (S_5) به دست آمد (جدول 2)، به طوری که حضور علف‌های هرز به عنوان یک رقیب موجب کاهش حدود 28 درصد عملکرد دانه نسبت به شاهد شد، این در حالی است که علیرغم افزایش 15 تا 45 درصدی لوبیا چشم بلبلی در داخل سورگوم ضمن کاهش مؤثر جمعیت علف‌های هرز عملکرد سورگوم فقط در حدود 18

درصد کاهش یافت که این امر می‌تواند ناشی از اثرات مثبت حضور لوبیا چشم بلبلی به لحاظ تثبیت نیتروژن در کنار سورگوم باشد و همچنین لوبیا چشم‌بلبلی با ایجاد پوشش در سطح خاک مانع از شستشوی مواد غذایی از خاک می‌شود. حضور لوبیا چشم بلبلی به عنوان یک گیاه همراه در کشت مخلوط و اثرات مثبت آن برگیاه مجاور از طریق تثبیت نیتروژن، پوشش سطح خاک، کاهش علف‌های هرز و ممانعت از شستشوی مواد غذایی خاک در مطالعات دیگری نیز گزارش شده است (Gbehounon & Adango, 2002) که با نتایج این آزمایش موافقت دارد. با افزایش تنش عملکرد دانه در تمامی الگوهای کشت از یک روند کاهشی برخوردار بود. در تیمارهای IR_1، IR_2 و IR_3 بیشترین عملکرد در تیمار سورگوم خالص با وجین کامل و کمترین آن در تیمار سورگوم خالص بدون وجین به دست آمد، اما در تیمار IR_4 با اینکه عملکرد در تیمار سورگوم خالص با وجین بالاتر بود، اما با سایر ترکیب‌های کشت تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول 3). در تیمار کم آبیاری IR_2 اگر سورگوم با هیچ رقیبی مواجه نباشد می‌تواند در حدود 30 درصد نسبت به سایر ترکیبات، عملکرد بیشتری را داشته باشد.

وزن پانیکول سورگوم به طور معنی‌داری ($P<$ 1%) تحت تأثیر سطوح آبیاری، الگوی کشت و اثر متقابل آنها قرار گرفت (جدول 1). با افزایش شدت تنش وزن پانیکول از یک روند کاهشی پیروی کرد و حداقل وزن پانیکول در تمامی ترکیب‌های کشت مخلوط در تیمار آبیاری IR_4 مشاهده شد. در تیمارهای آبیاری IR_1 و IR_2 بین کشت خالص سورگوم بدون وجین و الگوهای کشت مخلوط افزایشی تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول 2) که این امر می‌تواند به علت کنترل مؤثر علف‌های هرز توسط لوبیا چشم بلبلی باشد، اما در تیمارهای کم آبیاری IR_3 و IR_4 تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و این پدیده شاید به این دلیل باشد که در تنش‌های شدید رطوبتی لوبیا چشم بلبلی خود به یک مصرف کننده آب تبدیل می‌شود و نمی‌تواند پوشش مناسبی را ایجاد کند تا از طریق کاهش تبخیر از سطح خاک مانع از اتلاف آب شود و یا حتی نمی‌تواند به طور مؤثری علف‌های‌هرز را کنترل نماید، زیرا در تنش‌های خیلی شدید، علف‌های هرز رقیب قوی تری نسبت به لوبیاچشم‌بلبلی به شمار می‌روند (Nassiri Mahallati et al., 2001). کمتر بودن وزن پانیکول سورگوم در تیمارهای تنش به دلیل خروج کم پانیکول‌ها از غلاف برگ و عقیم شدن سنبله‌ها بود. لیود لو و همکاران (Lud low et al., 1990) گزارش کردند که بارزترین اثر مورفولوژیک کمبود آب پیش از گرده افشانی سورگوم، کاهش میزان خروج پانیکول از غلاف برگ می‌باشد. این کاهش به نوبه خود منجر به افت وزن پانیکول می‌شود که با نتایج این آزمایش در رابطه با ظهور پانیکول و کاهش وزن پانیکول در تیمارهای کم آبیاری مطابقت دارد.

تعداد دانه در پانیکول به طور معنی‌داری ($P<$ 1%) تحت تأثیر سطوح آبیاری، الگوی کشت و اثر متقابل آنها قرار گرفت (جدول 1). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در تیمار آبیاری کامل (1526 دانه) و کمترین آن مربوط به تیمار IR_4 (413/9 دانه) بود که یک کاهش 72 درصدی را نسبت به تیمار شاهد داشت، تیمارهای IR_2 و IR_3 نیزبه ترتیب یک کاهش 52 و 65 درصدی را نسبت به تیمار شاهد نشان دادند (جدول 2). بنابراین در این تحقیق به نظر می‌رسد که تنش آب بعد از شروع تشکیل گل آذین تا زمان خروج گل آذین، تعداد دانه را تحت تأثیر قرار داده است. سوویني و لام (Sweeney & Lamm, 1993) دریافتند که بر خلاف وزن دانه، تعداد دانه در هرپانیکول با آبیاری در مرحله نه برگی نسبت به آبیاری در مراحل بعدی، 31 درصد افزایش یافت. با افزایش شدت تنش بین کشت خالص سورگوم بدون وجین و الگوهای کشت مخلوط در تعداد دانه در پانیکول تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول3)، اما در تیمارهای آبیاری کامل (IR_1) و تنش ملایم در هردو مرحله رویشی و زایشی (IR_2) کشت مخلوط افزایشی نسبت به کشت خالص سورگوم بدون وجین برتری معنی‌داری را در تعداد دانه در پانیکول نشان داد. دلیل این امر را می‌توان چنین بیان داشت که در تنش شدید شاید لوبیا چشم بلبلی قادر به تثبیت نیتروژن نمی باشد و خود برای جذب نهاده‌ها به رقابت با گیاه اصلی می‌پردازد و یا به علت تنش شدید قادر به رشدی مناسب جهت پوشش سطح زمین و کنترل علف‌های هرز نیست.

وزن هزار دانه به طور معنی‌داری ($P<$ 1%) تحت تأثیر سطوح آبیاری و اثر متقابل آن با الگوهای کشت قرار گرفت (جدول1). با توجه به نتایج مندرج در جدول 3 بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار آبیاری کامل با متوسط 35 گرم و کمترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار تنش شدید در مرحله رشد زایشی (IR_3) با متوسط 23/5 گرم بود که یک کاهش 33 درصدی را نسبت به تیمار شاهد داشت و همچنین تیمارهای IR_2 و IR_4 نیز یک کاهش 20 درصدی را نسبت به تیمار شاهد نشان دادند (جدول 2). وجود شرایط تنش و کاهش رطوبت در مرحله پر شدن دانه باعث کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها می‌شود که در نتیجه طول دوره پر شدن دانه‌ها کاهش یافته و مهمترین تأثیر بارز آن بر روی کاهش وزن هزار دانه به عنوان یکی از مهمترین اجزای عملکرد می‌باشد (Narashima & Shivraj, 1998). پتانسیل وزن هر دانه ظاهراً قبل از گرده افشانی تعیین می‌شود، ولی این که دانه بعداً به چه میزانی پر می‌شوند به شرایط زمان پرشدن دانه بستگی دارد. کمبود آب بعد از گرده افشانی عموماً بدان معنی است که دانه‌ها به پتانسیل واقعی خود نمی‌رسند و وزن هزار دانه کاهش می‌یابد. این احتمال وجود دارد که تنش آب فتوسنتز خالص را هم از طریق کاهش سرعت آن و هم از طریق افزایش پیری برگ‌ها، کاهش دهد (Yang et al., 2001). الگوی کشت تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نداشت و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند. با توجه به اثرات متقابل در تمامی الگوهای کشت بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار آبیاری کامل و

کمترین آن مربوط به تیمار IR_3 بود (جدول 3).

عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم بلبلی

با بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس مشخص شد که عملکرد دانه لوبیاچشم‌بلبلی تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری، الگوی کشت و اثر متقابل آنها در سطح احتمال 1% قرار گرفت (جدول4). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه لوبیا مربوط به تیمار آبیاری کامل با متوسط 281/1 کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به تیمار IR_3 با متوسط 104/4 کیلوگرم در هکتار بود که یک کاهش 62 درصدی را نسبت به تیمار شاهد نشان داد (جدول 5). البته این تیمار از لحاظ آماری با تیمار IR_4 تفاوت معنی‌داری نداشت. تیمار IR_2 (تنش ملایم درهر دو مرحله رویشی و زایشی سورگوم) نیز نسبت به تیمار شاهد کاهش 41 درصدی را نشان داد (جدول 5).

جدول 1- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه گیری شده در سورگوم

Table 1- Analysis of variance (mean of square) for measured traits in sorghum

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	وزن پانیکول Panicule weight	تعداد دانه در پانیکول Number of seed per panicule	وزن هزار دانه 1000-seed weight
تکرار Rep.	3	689247.66^{ns}	5555.09 ^{ns}	11649.63^{ns}	21.02^{ns}
سطوح آبیاری Irrigation level	3	123112180.63**	1669046.09 **	5033033.7**	135.62**
خطای اصلی Error	9	605352.27	1770.37	8941.28	16.4
الگوی کشت Cropping pattern	4	3812725.23**	40585.63 **	192571.26**	8.55^{ns}
اثر متقابل I × P	12	440572.21**	6149.46 **	14358.25 **	14.12**
خطای فرعی Error	48	76890.47	414.56	2014.57	3.67
کل Total	79				

ns و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 1% .

ns and ** are non- significant, significant at the 1% probability levels, respectively.

جدول 2- مقایسه میانگین اثرات فاکتور اصلی (سطوح آبیاری) بر عملکرد و اجزای عملکرد در سورگوم

Table 2- Mean comparison of main effect (irrigation rates) on sorghum yield and yield components

صفت Trait / تیمار Treat.	عملکرد دانه سورگوم (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.ha^{-1})	وزن پانیکول (گرم در مترمربع) Panicule weight (g.m^{-2})	تعداد دانه در پانیکول Number of seed per panicule	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)
IR1	7028 a*	860.5 a	1526 a	35.2 a
IR2	4268 b	462.2 b	731.3 b	28.7 b
IR3	2237 c	280.9 c	528.2 c	23.5 c
IR4	1478 c	219.3 d	413.9 d	27.9 b
S1	4576 a	508.6 a	985.8 a	29.4 a
S2	3710 b	468.0 bc	796.8 b	28.9 a
S3	3584 b	475.2 b	750.6 c	29.3 a
S4	3617 b	453.7 c	766.6 bc	28.4 a
S5	3277 c	373.2 d	699.8 d	27.8 a

IR1، IR2، IR3 و IR4 به ترتیب بیانگر آبیاری کامل، تنش ملایم در مرحله رویشی و زایشی، تنش ملایم در مرحله رویشی و شدید زایشی و تنش شدید در مرحله رویشی و ملایم زایشی، حروف S1 ، S2 ، S3 ، S4 و S5 به ترتیب بیانگر سورگوم خالص با وجین، سورگوم + 15 % لوبیا چشم بلبلی، سورگوم + 30% لوبیا چشم بلبلی و سورگوم + 45% لوبیا چشم بلبلی و سورگوم خالص بدون وجین می‌باشند.

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد ندارند.

IR_1, IR_2, IR_3 and IR_4 are normal irrigation (control), moderate moisture stress during vegetative and generative growth, moderate moisture stress during vegetative and severe during generative growth, sever moisture stress during vegetative and moderate during generative growth, respectively. S_1: sole sorghum (weed free), S_2, S_3 and S_4 are additive series of 15, 30 and 45% of sole cowpea seed rate mixed with full sorghum seed rate, S_5: sole sorghum (weeded), respectively. In each column means followed by similar letters are not significantly different (p=5% and 1%).

* Means with different letters are significantly different based on Duncan's multiple range test (α=0.05).

جدول3- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمار های آبیاری و الگوی کشت بر عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم

Table 3- Mean comparison of interaction effects of irrigation and cropping pattern on sorghum yield and yield components

سطوح آبیاری Irrigation	الگوی کشت Cropping pattern	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن پانیکول (گرم در مترمربع) Panicule weight ($g.m^{-2}$)	تعداد دانه در پانیکول Number of seed per panicule	وزن هزار دانه(گرم) 1000-seed weight (g)
IR1	S1	8060 a*	929.8 a	1767 a	37.2 a
IR1	S2	6757 b	873.0 b	1480 b	34.8 a
IR1	S3	7011 b	894.3ab	1468 b	34.5 a
IR1	S4	7139 b	887.0 b	1547 b	35.0 a
IR1	S5	6175 c	718.5 c	1369 c	34.2 a
IR2	S1	5543 d	499.0 de	935.3 d	30.0 b
IR2	S2	4093 e	494.5 de	759.3 e	27.3 bcd
IR2	S3	4012 ef	518.5 d	720.5 e	29.7 b
IR2	S4	4205 e	460.7 e	683.8 e	30.1b
IR2	S5	3488 f	338.1f	558.0 f	26.2 cde
IR3	S1	2910 g	364.8 f	740.0 e	22.9 f
IR3	S2	2364 h	268.0 g	532.5 fg	25.6 cdef
IR3	S3	1946 hi	263.0 g	436.8 hi	24.1 ef
IR3	S4	1970 hi	268.2 g	446.5 ghi	19.9 g
IR3	S5	1993 hi	240.5gh	485.3 fgh	25.0 def
IR4	S1	1792 hij	240.9 gh	500.8 fgh	27.4 bcde
IR4	S2	1625 ijk	236.3 ghi	415.8 hi	28 bcd
IR4	S3	1368 jk	224.9 ghi	377.5 i	28.9 bc
IR4	S4	1155 k	198.9 hi	388.8 i	28.8 bc
IR4	S5	1451ijk	195.6 i	386.8 i	26.1cdef

IR1 ، IR2 ، IR3 و IR4 به ترتیب بیانگر آبیاری کامل، تنش ملایم در مرحله رویشی و زایشی، تنش ملایم در مرحله رویشی و شدید زایشی و تنش شدید در مرحله رویشی و ملایم زایشی، حروف S1، S2، S3، S4 و S5 به ترتیب بیانگر سورگوم خالص با وجین، سورگوم + 15% لوبیا چشم بلبلی، سورگوم + 30% لوبیا چشم بلبلی و سورگوم + 45% لوبیا چشم بلبلی و سورگوم خالص بدون وجین می‌باشند.

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد ندارند.

IR_1, IR_2, IR_3 and IR_4 are normal irrigation (control), moderate moisture stress during vegetative and generative growth, moderate moisture stress during vegetative and severe during generative growth, sever moisture stress during vegetative and moderate during generative growth, respectively. S_1: sole sorghum (weed free), S_2, S_3 and S_4 are additive series of 15, 30 and 45% of sole cowpea seed rate mixed with full sorghum seed rate, S_5: sole sorghum (weeded), respectively.

* Means with different letters are significantly different based on Duncan's multiple range test (α=0.05).

در بسیاری از مطالعات کاهش عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی در اثر تنش خشکی گزارش شده است و علت آن را کاهش تعداد گل‌های بارور و در نتیجه کاهش تعداد غلاف در بوته و همچنین کاهش کل سطح برگ گیاه و کاهش تعداد دانه ذکر کرده‌اند (James et al., 2001; Krasova wade et al., 2006).

کاهش عملکرد دانه لوبیاچشم‌بلبلی در اثر کاهش تراکم آن قابل انتظار بود، اما کاهش عملکرد با کاهش تراکم بوته یک رابطه خطی نداشت (جدول 5). معمولاً لوبیا چشم بلبلی در مخلوط با سورگوم یک گیاه مغلوب محسوب می‌شود و کاهش عملکرد بیشتر آن نسبت به کاهش تراکم ناشی از مغلوب تر بودن آن در تراکم‌های کمتر است. همچنین در تراکم 45 درصدی لوبیا چشم بلبلی، این گیاه با کنترل مؤثر علف‌های هرز در رقابت بهتر عمل می‌کند و به همین دلیل میزان کاهش عملکرد آن کمتر بوده است. نتایج تحقیق نتیر و همکاران (Ntare et al., 1993) نیز نشاندهنده مغلوبیت لگوم (لوبیا) و در نتیجه کاهش عملکردش در مقایسه با یک علف چمنی چهار کربنه (ارزن) در کشت مخلوط است.

عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی با افزایش تنش از یک روند کاهش پیروی کرد، اما در تمامی تیمارهای مخلوط از تیمار دارای 45 درصد لوبیا چشم بلبلی بیشترین عملکرد بدست آمد (جدول 6)، البته این نتیجه قابل انتظار بود، اما میزان کاهش عملکرد در سایر تیمارها از تراکم تبعیت نمی‌کنند و کاهش عملکرد بیشتری نسبت به کاهش تراکم نشان می‌دهند که می‌تواند به دلیل توان رقابتی پایین‌تر لوبیا چشم بلبلی در تراکم‌های کمتر، نسبت به سورگوم و همچنین علف‌های هرز باشد. البته قابل ذکر است که کاهش عملکرد در دو تیمار دارای 15 و 30 درصد لوبیا چشم بلبلی نسبت به تیمار دارای 45 درصد لوبیا چشم بلبلی در تیمار آبیاری کامل کمتر است و این شاید به دلیل فراهمی بیشتر منابع باشد که موجب کاهش رقابت با سورگوم و همچنین علف‌های هرز شده است. شایان ذکر است که در تیمارهای کم آبیاری ملایم در دوره رویشی و زایشی (IR_2) بیشترین تفاوت در عملکرد لوبیا در تراکم کشت 45 درصد لوبیا چشم بلبلی

نسبت به سایر تیمارهای کشت مخلوط افزایشی آن با سورگوم ملاحظه گردید. این پدیده مبین آنست که در این تراکم کشت با فراهم شدن شرایط، لوبیا توانسته است که بیشترین رقابت را با علف‌های هرز نموده و از منابع موجود حداکثر بهره برداری را نماید. در همین تیمار (IR_2- S_4) عملکرد دانه سورگوم نیز نسبت به سایر الگوهای کشت مخلوط بیشتر است که خود مبین ترکیب بهینه تراکم لوبیا چشم بلبلی با سورگوم به منظور مبارزه با علف‌های‌هرز و بهره برداری حداکثر از منابع تولید برای حصول عملکرد اقتصادی در هر دو گیاه می‌باشد.

تعداد غلاف در لوبیا چشم بلبلی و سایر حبوبات از مهمترین اجزای عملکرد و حساس‌ترین جزء عملکرد لوبیا می‌باشد که تحت تأثیر شرایط متغیر محیطی و همچنین اعمال مدیریت‌های مختلف زراعی، تغییرات زیادی را نشان می‌دهد (Rezende & Ramalho, 1994). در این مطالعه تعداد غلاف در بوته لوبیا چشم بلبلی بطور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف کم آبیاری قرار گرفت (جدول 4). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته مربوط به تیمار آبیاری کامل (IR_1) با متوسط 6/8 غلاف در بوته و کمترین آن مربوط به تیمار IR_4 با متوسط 2/7 غلاف در بوته می‌باشد که یک کاهش 60 درصدی نسبت به تیمار شاهد داشت (جدول 5). بین تیمارهای IR_2 وIR_3 تفاوت معنی‌دار آماری مشاهده نشد، اما نسبت به تیمار شاهد یک کاهش 47 درصدی را نشان دادند. بنابراین می‌توان گفت که تنش شدید خشکی در اوایل دوره گلدهی لوبیا چشم بلبلی موجب کاهش تعداد گل‌های بارور و در نهایت کاهش تعداد غلاف شده است. آکاییمپنگ (Akyeampang, 1996) گزارش کرد که تنش خشکی در طی یک دوره 12 روزه پس از بازشدن اولین گل در لوبیاچشم‌بلبلی موجب کاهش عملکرد دانه شده و علت این کاهش را، کاهش تعداد غلاف در بوته لوبیاچشم‌بلبلی بیان کرد. کراسوا وید و همکاران (Krasova wade et al., 2006) کاهش 74 تا 89 درصدی تعداد غلاف در بوته را در اثر اعمال تنش خشکی گزارش نمودند. وزن صد دانه لوبیا یکی دیگر از اجزای عملکرد است که تحت تأثیر عوامل محیطی و ژنتیکی می‌باشد. سطوح مختلف آبیاری اثر معنی‌داری در سطح احتمال 5% بر وزن صد دانه لوبیا چشم بلبلی داشت (جدول 4). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن دانه مربوط به تیمار IR_4 (متوسط 22/2 گرم) می‌باشد که البته با سایر تیمارهای تنش تفاوت معنی‌داری نشان نداد و کمترین وزن صد دانه مربوط به تیمار آبیاری کامل با متوسط 20/1 گرم بود که کاهشی 9 درصدی را نسبت به سایر تیمارها نشان داد (جدول 5). تعداد دانه بیشتر در تیمار آبیاری شاهد باعث کاهش وزن صد دانه شده است و در تیمارهای تنش به علت تعداد دانه محدود، مواد تولیدی صرف پر شدن همان تعداد محدود می‌شود. افزایش وزن صد دانه در شرایط تنش در سایر مطالعات نیز گزارش شده است، اما افزایش وزن دانه در شرایط تنش نمی‌تواند کاهش تعداد غلاف در بوته را جبران کند و در نتیجه عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد (Akyeampang, 1996).

جدول 4- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه گیری شده در لوبیا چشم بلبلی

Table 4- Analysis of variance (mean of square) for measured traits in cowpea

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	وزن صد دانه 100-seed weight
تکرار Rep.	3	1552.39 ^{ns}	6.58 ^{ns}	13.82 ^{ns}
سطوح آبیاری Irrigation	3	77014.28 **	37.47 **	12.38 *
خطای اصلی Error	9	361.85	0.417	3.08
الگوی کشت Cropping pattern	2	19296.81**	1.58 ^{ns}	6.78 ^{ns}
اثرمتقابل I × P	6	5711.34 **	2.93 *	7.32 ^{ns}
خطای فرعی Error	24	194.15	1.12	2.87
کل Total	47			

ns : غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

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

جدول 5- مقایسه میانگین اثرات فاکتورهای اصلی (آبیاری و الگوی کشت) بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم بلبلی

Table 5- Mean comparison of main factors (irrigations and cropping pattern) on cowpea yield and yield components

صفت / تیمار Trait / Treat.	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.ha^{-1})	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	وزن صد دانه (گرم) 100-seed weight (g)
IR1	281.7 a*	6.8 a	20.1 b
IR2	163.6 b	3.7 b	21.9 a
IR3	104.4 c	3.9 b	22.2 a
IR4	120.3 c	2.7 c	22.2 a
S2	151.8 b	5.2 a	21.7 a
S3	143.4 b	4.4 a	22.2 a
S4	207.3 a	4.6 a	20.9 a

IR1 ، IR2 ، IR3 و IR4 به ترتیب بیانگر آبیاری کامل، تنش ملایم در مرحله رویشی و زایشی، تنش ملایم در مرحله رویشی و شدید زایشی و تنش شدید در مرحله رویشی و ملایم زایشی، حروف S2 ، S3 و S4 به ترتیب بیانگر سورگوم + 15% لوبیا چشم بلبلی، سورگوم + 30% لوبیا چشم بلبلی و سورگوم + 45% لوبیا چشم بلبلی می باشند.

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد ندارند.

IR_1, IR_2, IR_3 and IR_4 are normal irrigation (control), moderate moisture stress during vegetative and generative growth, moderate moisture stress during vegetative and severe during generative growth, sever moisture stress during vegetative and moderate during generative growth, respectively. S1: sole sorghum (weed free), S2, S3 and S4 are additive series of 15, 30 and 45% of sole cowpea seed rate mixed with full sorghum seed rate, S5: sole sorghum (weeded), respectively.

* Means with different letters are significantly different based on Duncan's multiple range test (α=0.05).

جدول 6- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح آبیاری و الگوی کشت بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم بلبلی

Table 6- Mean comparison of the interaction effects of irrigation and cropping pattern on cowpea yield and yield components

سطوح آبیاری Irrigation	الگوی کشت Cropping pattern	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.ha^{-1})	تعداد غلاف در بوته Number pod per plant
IR1	S2	272.5 b*	8.0 a
IR1	S3	272.5 ab	7.3 ab
IR1	S4	300.5 a	5.3 bc
IR2	S2	92.5 de	3.5 cd
IR2	S3	106.5 d	3.3 cd
IR2	S4	251.8 b	4.3 cd
IR3	S2	110.0 d	3.7 cd
IR3	S3	99.0 de	3.7 cd
IR3	S4	162.0 c	4.3 cd
IR4	S2	74.0 e	3.3 cd
IR4	S3	96.2 de	2.7 cd
IR4	S4	143.0 c	2.3 d

IR1، IR2 ، IR3 و IR4 به ترتیب بیانگر آبیاری کامل، تنش ملایم در مرحله رویشی و زایشی، تنش ملایم در مرحله رویشی و شدید زایشی و تنش شدید در مرحله رویشی و ملایم زایشی، حروف S2، S3 و S4 به ترتیب بیانگر سورگوم + 15% لوبیا چشم بلبلی، سورگوم + 30% لوبیا چشم بلبلی و سورگوم + 45% لوبیا چشم بلبلی می‌باشند.

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد ندارند.

IR_1, IR_2, IR_3 and IR_4 are normal irrigation (control), moderate moisture stress during vegetative and generative growth, moderate moisture stress during vegetative and severe during generative growth, sever moisture stress during vegetative and moderate during generative growth, respectively. S1: sole sorghum (weed free), S2, S3 and S4 are additive series of 15, 30 and 45% of sole cowpea seed rate mixed with full sorghum seed rate, S5: sole sorghum (weeded), respectively.

* Means with different letters are significantly different based on Duncan's multiple range test (α=0.05).

ارزیابی مخلوط

بهترین روش تجزیه و تحلیل کشت مخلوط همراه با علف هرز، مقایسه عملکرد گیاه زراعی اصلی با مقادیر یا تراکم های گیاه زراعی دیگر در شرایط وجود علف هرز و بدون علف هرز است (Vandermeer, 1989). با توجه به نتایج جدول (7) عملکرد کل سورگوم به طور معنی‌داری (P<1%) تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری، الگوی کشت و اثر متقابل آنها قرار گرفت. به طور کلی عملکرد کل سورگوم با افزایش تنش رطوبتی در تیمار های آبیاری، از یک روند کاهشی برخوردار بود. تیمار کم آبیاری IR_2 یک کاهش 41 درصدی را نسبت به شاهد داشت که نسبت به سایر تیمارها تفاوت کمتری را با شاهد نشان داد (جدول 8). کاهش عملکرد گیاهان زراعی در اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد در بسیاری از مطالعات

گـزارش شـده اسـت (James et al., 2001; Mary et al., 2001).

بیشترین عملکرد کل سورگوم از تیمار سورگوم خالص بـا وجـین (S_1) بدست آمد که البته تفاوت معنی‌داری با تیمار سورگوم به همـراه 45% لوبیا چشم بلبلی (S_4) نشان نداد (جدول 8). تیمار سورگوم بدون وجین (S_5) کمترین عملکرد را داشت و کاهشی 30 درصدی نسبت به تیمار$_4$ S نشان داد. از تمـامی تیمارهـای کشـت مخلـوط افزایشـی عملکرد بیشتری نسبت به تیمار سورگوم خالص بدون وجین حاصـل شد (جدول 8). با توجه به این نتایج می‌توان نتیجه گرفت که تمامی تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص سورگوم برتری دارند، زیرا علاوه بر کنترل مؤثر علف‌های‌هرز، عملکـرد کـل بیشـتری نیـز نسبت به کشت خالص بدون وجین سورگوم تولید کردنـد. همچنـین بعضی از تیمارهای کشت مخلوط عملکردی برابر با تیمار سورگوم بـا وجین کامل (که با هیچ رقیبی مواجه نبود) داشتند که در واقع مبـین آن است که میزان تولید در واحد سطح افزایش یافته است. این پدیده شاید به دلیل استفاده مؤثرتر از منابع رشدی در کشت مخلوط نسـبت به کشت خالص باشد. افزایش عملکرد در کشت مخلـوط نسـبت بـه کشت خالص در بسیاری از مطالعات گزارش شده اسـت (Nielson et al., 2003; Tsubo et al., 2003). اسـتفاده مـؤثر از منـابع رشدی در کشت مخلوط نسبت به کشت خـالص و همچنـین اثـرات غیرمستقیمی که کشت مخلوط بر کنتـرل علـف‌هـای هـرز دارد، از دلایل عمده این نتیجه ذکـر شـده‌انـد (Banik et al., 2006). در بررسی که اسـوالد و همکـاران (Oswald et al., 2002) بـر روی کشت مخلوط ذرت با گیاهان همراه از قبیل لوبیاچشم‌بلبلی به منظور کنترل علف‌های هرز انجام دادند، گزارش کردند که تولید کل در واحد سطح در تمامی ترکیب‌های مخلوط بیشتر از تک کشتی ذرت بـوده، همچنین علف‌های هرز نیز کنترل شده و بیشترین درآمد ناخالص نیز از ترکیب‌های کشت مخلوط بدست آمـده اسـت. در کشـت مخلـوط افزایشی جو و باقلا با افزایش درصد تراکم باقلا اگرچه عملکـرد جـو مقداری کاهش یافت، اما عملکرد کل افزایش یافت و علف‌های‌هـرز نیز به طـور مـؤثری کنتـرل شـدند (Agegnehu et al., 2006). بررسی اثر متقابل سطوح آبیاری و الگوهای مختلف کشت نشـان داد که عملکرد کل سورگوم در تیمار سورگوم خالص + 45% لوبیا چشـم بلبلی (S_4) در تمامی تیمارهای آبیاری از سایر ترکیـب‌هـای مخلـوط بیشتر بود، البته در تیمار آبیاری شاهد و IR_4 تفاوت معنـی‌داری بـین ترکیب‌های مخلوط مشاهده نشـد (جـدول9). در تمـامی تیمـارهـای آبیاری به استثنای تیمار IR_4، تیمارهای کشت مخلوط عملکـرد کـل بالاتری نسبت به سورگوم خالص بدون وجین داشتند کـه شـاید بـه دلیل کنترل علف‌های هرز و استفاده مؤثرتر از منابع باشـد. در تیمـار IR_1 نیز عملکـرد کـل در ترکیـب‌هـای مخلـوط معـادل عملکـرد در سورگوم خالص با وجین بود. همچنین در تیمارهای IR_3 وIR_4 تفاوت معنی‌داری بین ترکیب‌های مخلوط و تیمار سورگوم خالص بـا وجـین که با هیچ رقیبی مواجه نبوده است، مشاهده نشد. این نتیجه شاید به دلیل استفاده مؤثر از منابع رشدی و در نتیجه پایداری بیشتر عملکرد در شرایط تنش‌های محیطی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص باشـد. در ایـن رابطـه تسـفامیکل و ردی (Tesfamicheal & Reddy (1996) گزارش کردند که در محیط‌های با تنش بالا، ثبات عملکرد مخلوط بیشتر از محیط‌های با تنش کمتر است.

جدول 7- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد کل (معادل) سورگوم

Table 7- Analysis of variance (mean of square) for equivalent yield in sorghum

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد کل سورگوم (EYi) Sorghum Equivalent yield
تکرار Rep.	3	503741.99 ^{ns}
سطوح آبیاری Irrigation level	3	143083293.96**
خطای اصلی Error	9	725180.39
الگوی کشت Cropping pattern	4	4777967.04 **
اثر متقابل I × P	12	757417.05**
خطای فرعی Error	48	81930.34
کل Total	79	

** معنی دار در سطح احتمال 1 درصد ns: غیر معنی دار

ns and ** are non- significant and significant at the 1% probability levels, respectively.

جدول 8- مقایسه میانگین اثرات فاکتور های اصلی (الگوی کشت و سطوح آبیاری) بر عملکرد کل (معادل) سورگوم

Table 8- Mean comparison of main factors effects (cropping pattern and irrigation levels) on equivalent yield in sorghum

تیمار Treat.	صفت Trait / عملکرد کل سورگوم (EY_i) (کیلوگرم بر هکتار) Sorghum equivalent yield ($kg.ha^{-1}$)
S1	4576 a*
S2	4366 ab
S3	4275 b
S4	4212 a
S5	3277 c
IR1	7839 a
IR2	4560 b
IR3	2708 c
IR4	1779 d

IR1، IR2، IR3 و IR4 به ترتیب بیانگر آبیاری کامل، تنش ملایم در مرحله رویشی و زایشی، تنش ملایم در مرحله رویشی و شدید زایشی و تنش شدید در مرحله رویشی و ملایم زایشی، حروف S2، S3 و S4 به ترتیب بیانگر سورگوم + 15% لوبیا چشم بلبلی، سورگوم + 30% لوبیا چشم بلبلی و سورگوم + 45% لوبیا چشم بلبلی می‌باشند.

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد ندارند.

IR_1, IR_2, IR_3 and IR_4 are normal irrigation (control), moderate moisture stress during vegetative and generative growth, moderate moisture stress during vegetative and severe during generative growth, sever moisture stress during vegetative and moderate during generative growth, respectively. S1: sole sorghum (weed free), S2, S3 and S4 are additive series of 15, 30 and 45% of sole cowpea seed rate mixed with full sorghum seed rate, S5: sole sorghum (weeded), respectively.

* Means with different letters are significantly different based on Duncan's multiple range test (α=0.05).

جدول 9- مقایسه میانگین اثر ات متقابل سطوح آبیاری و الگوی کشت بر عملکرد کل (معادل) سورگوم

Table 9- Mean comparison of interaction of main effects (irrigation level and cropping pattern) on equivalent yield of sorghum

سطوح آبیاری Irrigation	الگوی کشت Cropping pattern	عملکرد کل سورگوم (EY_i) (کیلوگرم بر هکتار) Sorghum equivalent yield ($kg.ha^{-1}$)
IR1	S1	8060 a*
IR1	S2	8199 a
IR1	S3	8316 a
IR1	S4	8447 a
IR1	S5	6175 b
IR2	S1	5543 c
IR2	S2	4252 e
IR2	S3	4534 ed
IR2	S4	4982 d
IR2	S5	3488 f
IR3	S1	2910 fg
IR3	S2	3035 g
IR3	S3	2421 gh
IR3	S4	3179 f
IR3	S5	1993 hi
IR4	S1	1792 i
IR4	S2	1980 hi
IR4	S3	1830 hi
IR4	S4	1841 hi
IR4	S5	1451 i

IR1، IR2، IR3 و IR4 به ترتیب بیانگر آبیاری کامل، تنش ملایم در مرحله رویشی و زایشی، تنش ملایم در مرحله رویشی و شدید زایشی و تنش شدید در مرحله رویشی و ملایم زایشی، حروف S2، S3 و S4 به ترتیب بیانگر سورگوم + 15% لوبیا چشم بلبلی، سورگوم + 30% لوبیا چشم بلبلی و سورگوم + 45% لوبیا چشم بلبلی می باشند.

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد ندارند.

IR_1, IR_2, IR_3 and IR_4 are normal irrigation (control), moderate moisture stress during vegetative and generative growth, moderate moisture stress during vegetative and severe during generative growth, sever moisture stress during vegetative and moderate during generative growth, respectively. S1: sole sorghum (weed free), S2, S3 and S4 are additive series of 15, 30 and 45% of sole cowpea seed rate mixed with full sorghum seed rate, S5: sole sorghum (weeded), respectively.

* Means with different letters are significantly different based on Duncan's multiple range test (α=0.05).

منابع

1- Alizadeh, A. 2001. Drought and necessity of increase in water productivity. Quarterly Science-Extension of Aridity and Agricultural Drought 2: 3-8.
2- Agegnehu, G., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and land use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. European Journal of Agronomy 25: 202-207.
3- Akyeampong, E. 1996. Some responses of cowpea to drought stress. Congress: potentials of drilling vegetable in farming systems of sub sahara African workshop. pp: 141-159.
4- Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and Weed smothering. European Journal of Agronomy 24: 325-332.
5- Gbehounou, G., and Adango, E. 2002. Trap crops of *Striga hermonthica*: in vitro identification and effectiveness *in situ*. Crop Protection 22: 395 – 404.
6- James, R. F., Carl, R.C., and Philip, J.B. 2001. Drought-stress effects on branch and main stem seed yield and yield components of determinate soybean. Crop Science 41: 797-763.
7- Krasova-Wade, T., Diouf, O., Ndoye, I., Elimane sal, C., Braconnier, S., and Neyra, M. 2006. Water condition effects on rhizobia competition for cowpea nodule occupancy. African Journal of Biotechnology 5: 1457-1463.
8- Lud low, M.M., Santamaria, J.M., and Fukai, S. 1990. Contribution of osmotic adjustment of grain yield in sorghum (*sorghum bicolor*) under water limited conditions. II. Water stress after anthesis. Australian Journal of Agricultural Research 41: 67-78.
9- Maman, N., Mason, S.C., Lyon, D.J., and Dhungana, P. 2004. Yield components of pearl millet and grain sorghum across environments in the Central Great Plains. Crop Science 44: 2138-2145
10- Mary, J.G., Jeffrey, C.S., Katherine, O.B., and Edward, S. 2001. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. Crop Science 41: 327-335.
11- Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Second edition. Tehran University Press. 262 pp. (In Persian)
12- Narashima Rao, C.L., and Shivraj, A. 1998. Effect of water stress on grain growth of glossy and non glossy varieties of grain sorghum. Indian Journal of Agricultural Science 58: 770 – 773.
13- Nassiri Mahllati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghadam, P., and Beheshti, A. 2001. (Translation). Agroecology. Ferdowsi University Press. Pp: 15. (In Persian)
14- Nielson, Hauggaard, H., Jornsgaard, B., and Steen, J.E. 2003. Legume-Cereal intercropping system as a weed management tool. In: Proceeding of the 4th Europe. Weed Research Society, Workshop: Crop Weed Competition Interaction. Universita Tusca, Viterbro, Italy, 10-12th April.
15- Ntare, B.R., Williams, J.H., and Bationo, A. 1993. Physiological determinants of cowpea seed yield affected by phosphorus fertilizer and sowing dates intercrop with millet. Field Crops Research 53: 151-158.
16- Oswald, A., Ransom, J.K., Kroscel, J., and Sauerborn, J. 2002. Intercropping control *Striga* in maize based farming system. Crop Protection 21: 367-374.
17- Red Fearn, D., Bextun, D.R., and Devin, T.E. 1999. Sorghum intercropping effects on yield, morphology and quality of forage soybean. Crops Science Society of America 39: 1380-1384.
18- Rezende, G.D., and Ramalho, M.A. 1994. Competitive ability of maize and common bean cultivars intercropped in different environments. Journal of Agriculture Science 123: 185-190.
19- Sweeney, D.W., and Lamm, F.R. 1993. Timing of limited and N-injection for grain sorghum. Irrigation Science 14: 35-39.
20- Tesfamicheal, N., and Reddy, M.S. 1996. Maize/bean intercropping effects on component yield, land use efficiency and net-returns at Awassa and Melkassa. Proceedings of the 1st Conference of the Agronomy and Crop Physiology Society of Ethiopia. Addisababa, Ethiopia, pp. 51-55.
21- Tsubo, M., Mukhala. E., Ogindo, H., Walker, S. 2005. Productivity of maize-bean intercropping in a semi-arid region of South Africa. Water Search 29: 381-388.
22- Vandermeer, J. 1989. The Ecology of intercropping Department of Biology university of Michigan. U.S.A. University Press Cambridge.
23- Yang, J., Zhang, J., Wang, Z., Zhu, Q., and Liu, L. 2001. Water deficit induced senescence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filling. Agronomy Journal 93: 196-206.