نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۹، ص. ۵۶۴-۵۵۶

Journal of Agroecology
Vol. 2, No. 4, Winter 2010, p. 556-564

بررسی خصوصیات اکوفیزیولوژیکی کشت مخلوط ارزن دانه‌ای (*Panicum miliaceum L.*) و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.)

احمد قنبری[1*]، محمد نصیرپور[2] و ابوالفضل توسلی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۱/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۰۷/۰۷

چکیده

به منظور بررسی کشت مخلوط ارزن دانه‌ای (*Panicum miliaceum* L.) و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل کشت خالص ارزن، کشت خالص لوبیا، ۲۵ ٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی، ۵۰٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی، ۷۵٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی و ۱۰۰٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس آماری داده‌ها نشان داد که تیمارهای نسبت مختلف کاشت اثر معنی داری (۱٪ > P) بر عملکرد دانه دو گونه، نسبت برابری زمین (LER)، وزن خشک علف هرز، جذب تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR)، دمای خاک و (۵٪ > P) محتوی رطوبت حجمی داشت. بالاترین عملکرد دانه دو گیاه ارزن و لوبیا از کشت خالص آنها بدست آمد. میزان LER در اغلب تیمارهای مخلوط بزرگتر از یک بود که این امر نشان دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص می‌باشد. در خصوص کنترل و مدیریت علف‌های هرز الگوهای مختلف کشت مخلوط نسبت به تک کشتی محصولات برتری نشان دادند، به طوری که کمترین وزن خشک علف‌های هرز از تیمار ۱۰۰٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی بدست آمد. در هر چهار مرحله اندازه گیری PAR، بالاترین میزان PAR از نسبت‌های مختلف کشت مخلوط خصوصاً تیمار ۱۰۰٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی حاصل شد. کمترین میزان دما و کمترین محتوی رطوبت خاک در هر دو مرحله اندازه‌گیری از همین تیمار بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد، کشت مخلوط، کنترل علف هرز، نسبت برابری زمین

مقدمه

با افزایش روز افزون جمعیت جهان و تخریب منابع طبیعی و محدود بودن اراضی مناسب کاشت، افزایش تولیدات غذایی یکی از مشکلات اساسی دنیای امروز به شمار می‌رود. بنابراین به منظور پاسخ به این تقاضای روزافزون منابع غذایی، افزایش عملکرد گیاهان زراعی امری ضروری به نظر می‌رسد (Javanshir et al., 2000). در سیستم‌های کشاورزی معمول و تک کشتی گرچه با بالا بردن افزایش محصول در واحد سطح توانسته‌اند تا حدودی نیازهای غذایی جمعیت رو به افزایش را در برخی نقاط جهان تأمین نمایند، ولی این سیستم‌ها به هزینه و انرژی فراوان ناشی از سوخت‌های فسیلی نیاز دارند (Javanshir et al., 2000). گرایش جدید جامعه جهانی به سمت کشاورزی پایدار در راستای پایین آوردن استفاده از نهاده‌های مختلف خصوصاً نهاده‌های شیمیایی شامل آفت کش‌ها و کودهای شیمیایی می‌باشد (Koocheki, 2001). کشت مخلوط یکی از مولفه‌های کشاورزی پایدار محسوب می‌شود (Koocheki, 2001). کشت مخلوط را می‌توان نوعی کشاورزی فشرده در زمان و مکان به حساب آورد. برای افزایش عملکرد گیاهان زراعی به شکل دیگری نیز می‌توان از عوامل محیطی بهره برد و آن استفاده بهتر از زمان و مکان با بهره‌گیری از سیستم کشت مخلوط می‌باشد (Prins & De Wit, 2005). تسوبو و همکاران (Tsubo et al., 2005) گزارش کردند که کشت مخلوط غلات و لگوم‌ها نقش مهمی در تولید پایدار غذا بوژه درکشورهای در حال توسعه و همچنین کشورهای توسعه یافته مخصوصاً مناطقی که با محدودیت آب روبرو هستند ایفا می‌کنند. محمد و همکاران (Mohammed et al., 2008) در ارتباط با سابقه کشت مخلوط دو گونه ارزن (*Panicum miliaceum* L.) و لوبیاچشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) اظهار داشتند که کشت

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشیار، کارشناس ارشد زراعت و دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: Email: AGB_Ghanbari@yahoo.com)

مخلوط این دو گونه، کشت غالب در مناطق ساحلی غرب آفریقا و سودان می‌باشد. در این مناطق، ارزن به عنوان گیاه زراعی غالب در تغذیه مردم و لوبیا چشم بلبلی به عنوان منبع غنی از پروتئین مطرح می‌باشد. سایر محققین نیز اظهار داشتند که کشت مخلوط غلات و لگوم در کشاورزی ارگانیک و سنتی از اهمیت خاصی برخوردار است (Prins & De Wit, 2005). در آزمایشی مشخص شد که افزایش نسبت ذرت (*Zea mayz* L.) از ۵۰ به ۶۷ درصد در کشت مخلوط با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، باعث افزایش عملکرد دانه ذرت در حدود ۱۰ درصد شد و کل عملکرد دانه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص افزایش داشته است (Saban et al., 2007). در آزمایشی دیگر مشخص شد زمانی که لوبیا به صورت مخلوط با ذرت کشت شده بود باعث بهبود جذب نیتروژن و فسفر می‌شود که این امر سبب افزایش عملکرد دانه و علوفه ذرت در شرایط کشت مخلوط شده است (Zhang & Li 2003). در سیستم کشت مخلوط ارزن نوتریفید (*Pennisetum glaucum* L.) با ماشک زراعی (*Vicia sativa* L.) این نتایج بدست آمد که عملکرد مخلوط در مقایسه با کشت خالص محصولات، نسبت برابری زمین [1] (LER) بالاتری داشته که این امر به دلیل بهره گیری ارزن از بقایای نیتروژن ماشک و کاهش رقابت بین گونه‌ای است (Sirousmehr et al. 2003). در کشت مخلوط گندم (*Teriticum aestivum* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) (Ghanbari-Bonjar & Lee., 2003)، و در کشت مخلوط ارزن و لوبیا قرمز (Tavassoli et al., 2010) مشاهده شده است که عملکرد گونه غله در کشت مخلوط به مراتب بالاتر از کشت-های خالص بوده است. آنها دلیل این برتری را به کارائی بهتر استفاده از منابع مانند جذب آب، عناصر غذایی و جذب مؤثرتر نور در کانوپی گیاهان تشکیل دهنده زراعت مخلوط نسبت داده‌اند.

در نواحی گرمسیر ایران از جمله سیستان (محل اجرای آزمایش) آب به عنوان یک عامل محدود کننده تولید بوده و استفاده مطلوب از آن در جهت کسب حداکثر تولید از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مطالعه حاضر برای بررسی امکان کشت مخلوط ارزن و لوبیا چشم بلبلی در جهت افزایش عملکرد دانه در واحد سطح اجرا شد. هدف از این آزمایش، بررسی اثر تراکم‌های مختلف در کشت مخلوط ارزن و لوبیا چشم بلبلی بر عملکرد دانه، تعیین محتوی رطوبت خاک در نسبت‌های مختلف کاشت، محاسبه نسبت برابری زمین و میزان تشعشعات فعال فتوسنتزی [2] (PAR) جذب شده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

طرح مطالعه و بررسی کشت مخلوط ارزن و لوبیا چشم بلبلی در منطقه سیستان در اردیبهشت سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در ۳۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان زابل با موقعیت جغرافیایی طول ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و عرض ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی با ارتفاع ۴۸۳ متر از سطح دریا انجام گرفت. آب و هوای منطقه بر اساس طبقه بندی کوپن در اقلیم خشک و بسیار گرم قرار دارد. میانگین دراز مدت بارندگی در منطقه ۶۳ میلی‌متر و میزان متوسط تبخیر سالیانه ۴۰۰۰ میلی‌متر می‌باشد. میانگین دما ۲۳ درجه سانتی‌گراد با حداکثر ۴۹ درجه سانتی‌گراد و حداقل ۷- درجه سانتی گراد است. خاک محل آزمایش دارای بافت لوم-شنی با pH = ۸/۰۱ و EC = ۴/۶ می‌باشد (خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است).

در این مطالعه از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار استفاده گردید. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: کشت خالص ارزن، کشت خالص لوبیا، ۷۵ ٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی، ۵۰٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی، ۲۵٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی و ۱۰۰٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی. تیمارها از طریق روش افزایشی اعمال شدند. هر بلوک شامل شش کرت به ابعاد ۱۸ متر مربع (۳ × ۶) بود. فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین بلوک‌ها دو متر انتخاب شد. در هر کرت شش ردیف کاشت با فاصله ۵۰ سانتی‌متری قرار داشت، و فاصله بوته‌ها بر روی هر ردیف برای لوبیا چشم بلبلی ۱۰ سانتی‌متر و برای ارزن (بر حسب نوع تیمار) ۱۰ سانتی‌متر (۱۰۰ درصد ارزن)، ۱۵ سانتی‌متر (۷۵ درصد ارزن)، ۲۰ سانتی‌متر (۵۰ درصد ارزن) و ۴۰ سانتی‌متر (۲۵ درصد ارزن) در نظر گرفته شد (تراکم ارزن بر مبنای تعداد بوته بر روی هر ردیف انتخاب شد). زمین محل آزمایش در اوایل بهار قبل از کاشت تا عمق ۳۰ سانتی‌متری شخم زده شد. بلافاصله پس از انجام شخم زمین دیسک زده شد و با استفاده از لولر (تسطیح کننده) عملیات تسطیح زمین صورت گرفت و در نهایت به وسیله فاروئر جوی و پشته‌هایی با فاصله ۵۰ سانتی‌متری بر روی زمین ایجاد گردید.

به هنگام آماده سازی زمین مقادیر ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره به کرت‌های آزمایشی مربوطه داده شد. کود سرک در دو مرحله هر بار به میزان ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره به صورت نواری پای بوته‌ها در داخل شیار احداثی به کرت‌های آزمایشی اضافه شد. رقم ارزن دانه‌ای مورد استفاده (K-C.M.9) و لوبیا چشم بلبلی توده محلی زابل با درجه خلوص ۹۹ درصد انتخاب شدند. کشت محصولات همزمان و در تاریخ ۱۵ اردیبهشت انجام گرفت. بلافاصله پس از کاشت محصولات، زمین آبیاری گردید و به دنبال آن به فاصله هر هشت روز، آبیاری صورت گرفت.

1- Land equivalent ratio
2- Photosynthesis active radiation

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک)

Table 1- Soil physical and chemical characteristics of experimental field (soil depth 0-30 cm)

بافت خاک Soil Texture	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$) EC_e ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	پتاسیم ($mg.kg^{-1}$) K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر ($mg.kg^{-1}$) P ($mg.kg^{-1}$)	کلسیم ($mg.kg^{-1}$) Ca ($mg.kg^{-1}$)
لوم – شنی Loam- sand	4.60	8.01	86.86	2.60	12.01

PAR چهار مرتبه در طول فصل رشد (به ترتیب ۳۵، ۴۵، ۵۵ و ۶۵ روز پس از کاشت) اندازه گیری شد. برای اندازه گیری PAR از دستگاه نورسنج[1] (ساخت آمریکا مدل DELTA – T DEVICES) استفاده شد. اندازه گیری نور در فاصله ساعات ۱۴-۱۲ انجام شد (Ghanbari-Bonjar & Lee, 2003). جهت این کار میزان نور در بالای تاج پوشش و سطح خاک در چهار نقطه درون هر کرت به طور تصادفی اندازه گیری و میانگین گرفته شد. درصد تابش فعال فتوسنتزی بر اساس معادله (۱) محاسبه گردید:

$$PAR\% = [1-(PAR_b/PAR_a)] \times 100 \quad \text{معادله (۱)}$$

که در این معادله: PAR_b = نور فعال فتوسنتزی در پایین تاج پوشش و PAR_a= نور فعال فتوسنتزی در سطح تاج پوشش می‌باشد.

جهت بررسی رطوبت خاک از روش اندازه‌گیری رطوبت به روش حجمی استفاده شد. در طی دوره کاشت دو مرتبه (ارزن و لوبیا در مرتبه اول نمونه گیری به ترتیب در مراحله شیری بودن دانه و تشکیل غلاف و در مرتبه دوم نمونه گیری هر دو محصول تقریباً در زمان رسیدگی کامل قرار داشتند) هر مرتبه نمونه‌گیری سه روز پس از آبیاری انجام می‌شد (Tavassoli et al., 2010). از کرت‌های مختلف از عمق ۳۰ سانتی متری، نمونه‌ای به حجم ۱۰۰ سانتی متر مکعب بوسیله رینگ استوانه‌ایی برداشته شده و توزین و سپس به مدت ۴۸ ساعت در آون با درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی گراد قرار داده شد. پس از خشک شدن و توزین مجدد، درصد رطوبت حجمی با استفاده از معادله (۲) به دست آمد (Alizadeh, 2004):

$$P_v = \frac{W_1 - W_2}{V} \times 100 \quad \text{معادله (۲)}$$

که در این معادله: P_V= رطوبت حجمی، V = حجم خاک، W_1= وزن خاک تر و W_2 = وزن خاک خشک می‌باشد.

دمای خاک نیز دو بار در طول فصل رشد (همزمان با نمونه گیری برای تعیین رطوبت خاک) (Tavassoli et al., 2010)، در عمق ۱۰-۰ سانتی متری، توسط دماسنج خاک اندازه گیری شد. برای اندازه‌گیری دمای خاک در سه نقطه هر کرت در عمق ۱۰-۰ سانتی متری دما اندازه گیری و سپس میانگین گرفته شد. دمای خاک نیز در فاصله ساعت ۱۴-۱۲ اندازه‌گیری شد (Ghanbari-Bonjar & Lee, 2003).

در نمونه برداری به منظور تعیین عملکرد دانه (در مرحله‌ای که دانه‌های ارزن در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی قرار داشتند) (Tavassoli et al., 2010) از کرت‌های آزمایشی سه متر طولی و در مجموع ۶ متر مربع از هر کرت برداشت شد. برای ارزیابی کشت مخلوط از LER استفاده گردید. برای محاسبه نسبت برابری زمین از معادله (۳) استفاده شد:

$$LER = Y_{IM}/Y_{SM}+Y_{IB}/Y_{SB} \quad \text{معادله (۳)}$$

که در این معادله: Y_{IM} و Y_{SM}: به ترتیب عملکرد ارزن در مخلوط و تک کشتی و Y_{IB} و Y_{SB}: به ترتیب عملکرد لوبیا در مخلوط و تک کشتی می‌باشد.

در صورتی که LER=۱ باشد کشت مخلوط نسبت به تک کشتی برتری ندارد. در موقعی که LER>۱ باشد کشت مخلوط نسبت به کشت خالص دارای برتری می‌باشد. در حالتی که LER<۱ باشد کشت مخلوط در مقایسه با سیستم تک کشتی از عملکرد کمتری برخوردار است (Willey, 1979).

برای اندازه گیری وزن خشک علف‌های هرز، در زمان برداشت نهایی گیاه ارزن و لوبیا به همان صورت که برای دانه این دو گیاه نمونه برداری صورت گرفت، برای علف‌های هرز نیز نمونه گیری انجام شد (یعنی سه متر طولی و در مجموع ۶ متر مربع از هر کرت). محاسبه وزن خشک علف‌های هرز بدین صورت بود که گونه‌های مختلف علف هرز جمع‌آوری شده، وزن تر آنها محاسبه شد و در نهایت نمونه‌ای از علف‌های هرز به طور تصادفی به وزن ۴۰۰ گرم انتخاب شده و در آون الکتریکی با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید (Ghanbari, et al. 2007).

برای تجزیه واریانس داده‌های بدست آمده از نرم‌افزار SAS استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

- عملکرد دانه ارزن

اثر نسبت‌های مختلف کاشت بر عملکرد دانه ارزن معنی‌دار بود (P < ۱٪). بالاترین عملکرد دانه ارزن (۱۰۲۰/۳۳

1- Sun scan

کیلوگرم در هکتار) از تیمار کشت خالص ارزن بدست آمد و سایر نسبت‌های کاشت با کشت خالص آن تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۲). این برتری می‌تواند از یک طرف به وجود تراکم کمتر گیاهان در تک کشتی‌ها نسبت به کشت‌های مخلوط مرتبط باشد. همچنین در این تیمار میزان رقابت بین گونه‌ای جهت بهره‌وری از منابع محیطی کمتر است. در کشت‌های مخلوط به علت محدودیت‌هایی که برای دو گیاه زراعی ایجاد می‌شود، عملکرد دو گیاه زراعی از کشت خالص آنها کمتر بوده است. همچنین کمترین عملکرد دانه ارزن (۴۱۸ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کشت مخلوط ۲۵٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی بدست آمد (جدول ۲). از علل اصلی کاهش عملکرد دانه در این تیمار، کاهش تراکم گیاه زراعی ارزن است که این موضوع باعث کاهش تعداد پنجه‌های بارور و در نهایت پانیکول ارزن شده است. این مساله با نظر برایان و موترو (Bryan & Moteru, 1978) مطابقت دارد. توسلی و همکاران (Tavassoli et al., 2010) نیز در مطالعه ارزن و لوبیا قرمز مشاهده کردند که عملکرد دانه ارزن و لوبیا در کشت خالص بیشتر از کشت‌های مخلوط است.

- عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی

همانند گیاه ارزن، نسبت‌های مختلف کاشت تأثیر مشابهی بر عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی در سطح ۱ درصد داشت. با توجه به جدول ۲ مشخص شد که بیشترین عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی (۸۱۲/۶۶ کیلوگرم در هکتار) از تیمارکشت خالص لوبیا بدست آمد و بین این تیمار با سایر تیمارها تفاوت معنی داری وجود داشت. این نتیجه دور از انتظار نیست به این دلیل که در این تیمار به دلیل عدم وجود رقابت بین گونه‌ای تمامی منابع موجود در اختیار لوبیا چشم بلبلی قرار گرفته است. بنابراین تحت این شرایط هر بوته، از منابع در دسترس بیشترین بهره‌برداری را کرده که این موضوع می‌تواند یکی از عوامل افزایش عملکرد دانه در واحد سطح باشد. از سوی دیگر در کشت های مخلوط، عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی کاملاً تحت تاثیر تراکم ارزن قرار داشته است و به موازات افزایش تراکم ارزن از عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی کاسته شده است. به همین دلیل کمترین میزان عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی (۴۰۴/۶۶ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۱۰۰٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی بدست آمده است. از سوی دیگر نقش غالبیت ارزن در مقابل لوبیا چشم بلبلی را نباید نادیده گرفت. عموماً در کشت مخلوط غلات و لگوم‌ها، غلات نقش گیاه غالب را ایفا می‌کنند (Mazaheri, 1998). در این شرایط سهم عمده‌ایی از منابع موجود نصیب گیاه غله می‌گردد و در کشت مخلوط ارزن و لوبیا چشم بلبلی نیز ارزن از این قاعده مستثنی نیست. به همین دلیل با افزایش تراکم ارزن، از میزان عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی کاسته شده است. در بررسی عملکرد دانه در کشت مخلوط ارزن علوفه‌ای و لوبیا چشم بلبلی (Hosseini et al., 2000) و در کشت مخلوط گندم و لوبیا چشم بلبلی (Banik et al., 2006) نتایجی مشابهی با این تحقیق گزارش کردند.

مقایسه نسبت برابری زمین بر اساس عملکرد دانه ارزن و لوبیا چشم بلبلی

جدول ۳ مقادیر محاسبه شده نسبت برابری زمین (LER) بر اساس تک کشتی‌های ارزن و لوبیا چشم بلبلی را نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود LER در کلیه کشت‌های مخلوط بیشتر از یک می‌باشد. بیشترین نسبت برابری زمین (LER =۱/۵۲) از تیمار ۱۰۰٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی بدست آمد که ۵۲٪ از نظر عملکرد دانه نسبت به کشت خالص افزایش نشان می‌دهد.

جدول ۲- مقایسه میانگین تیمارهای نسبت‌های مختلف کاشت بر عملکرد دانه ارزن و لوبیا

Table 2- Mean comparison of intercropping treatments on seed yield of millet and cowpea

عملکرد دانه لوبیا Seed yield of cowpea ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه ارزن Seed yield of millet ($kg.ha^{-1}$)	تیمارها Treatments — نسبت‌های اختلاط Intercropping: لوبیا Cowpea	ارزن Millet
707.33 b	418.08 e	100	100
590.66 c	713.33 d	100	50
437.03 d	819.01 c	100	75
404.66 e	996.05 b	100	100
-	1020.33 a	0	100
812.66 a	-	100	0

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت معنی دار (۵٪ >P) آماری هستند

Mean followed by similar letters in each column, are not significantly different at the 5% level of probability.

– این برتری می‌تواند به این دلیل باشد که در این تیمار ارزن با پوشش مناسب از تبخیر آب و رشد علف های هرز جلوگیری نموده و نقش گیاه غالب را داشته است. تیمارهای مخلوط افزایشی ۵۰٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی و ۷۵٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی به ترتیب با مقدار LER برابر ۱/۴۱ و ۱/۳۸ پس از تیمار ۱۰۰٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی بیشترین مقادیر LER را دارند. کمترین نسبت برابری زمین (LER =۱/۲۸) نیز از تیمار افزایشی ۲۵٪ ارزن +۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی حاصل شد. در اینجا ارزن نتوانسته است پوشش مناسبی را در سطح خاک ایجاد کند و از رشد علف‌های هرز جلوگیری نماید. بنابراین همان طور که مشاهده می شود در کلیه تیمارها LER بیش از واحد گردیده است.

قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2007) نیز در کشت مخلوط ذرت با خیار (*Cucumis sativus* L.) با نسبت‌های کاشت مختلف، بیشترین عملکرد کل میوه و بالاترین LER را از تیمار مخلوط افزایشی ۱۰۰٪ ذرت +۱۰۰٪ خیار به دست آوردند. در آزمایشی دیگر شتی و رائو (Shetty & Rao, 1981) تراکم گیاهان زراعی در زراعت مخلوط سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و دال عدس (*Cajanus Cajan* L.) را تغییر داده و مشاهده کردند با افزایش تراکم گیاه زراعی، میزان LER افزایش یافت. ژانگ (Zhang, 2007) در کشت مخلوط گندم و پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) نشان دادند که نسبت مخلوط ۶۵٪ پنبه + ۳۵٪ گندم دارای عملکرد بالاتری (LER=۱/۳۹) نسبت به تک کشتی دو گیاه می‌باشد که این افزایش عملکرد را می‌توان به دلیل بالاتر بودن جذب نور، کنترل بهتر علف‌های هرز و کمتر بودن رقابت بین گونه‌ای نسبت به درون گونه‌ای نسبت داد.

– وزن خشک علف‌های هرز

تاثیر نسبت‌های مختلف کاشت بر وزن خشک علف‌های هرز معنی دار بود (P < ۱٪). جدول ۴ مقایسه میانگین تیمارهای نسبت‌های مختلف کاشت بر وزن خشک علف‌های هرز را نشان می-دهد. با توجه به جدول در بین تیمارهای نسبت‌های مختلف کاشت کمترین میزان وزن خشک علف‌های هرز (۷۳۰/۱ کیلوگرم درهکتار) از تیمار کشت مخلوط ۱۰۰٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی بدست آمد و بین این تیمار با دیگر تیمارهای کشت مخلوط وکشت خالص ارزن و لوبیا چشم بلبلی تفاوت معنی داری مشاهده شد. بیشترین میزان وزن خشک علف‌های هرز (۱۲۱۷/۵۶ کیلوگرم درهکتار) نیز از تیمار کشت خالص لوبیا چشم بلبلی حاصل شد و تفاوت معنی داری بین این تیمار با تیمار کشت خالص ارزن مشاهده نشد. با توجه به نتایج بدست آمده از جدول ۴ می‌توان اظهار داشت که تیمارهای کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از قدرت کنترل علف هرز بالاتری برخوردار هستند. این برتری می‌تواند به افزایش تراکم گیاهان در کشت‌های مخلوط نسبت داده شود، به طوری که با افزایش سهم ارزن در سیستم‌های کشت مخلوط از وزن خشک علف‌های هرز کاسته شده است و در تیمار کشت مخلوط ۱۰۰٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی به کمترین مقدار خود رسیده است. در بررسی کشت مخلوط گندم و باقلا (Ghanbari-Bonjar & Lee, 2003)، ارزن و لوبیا قرمز (Tavassoli et al., 2010) و در کشت مخلوط سورگوم و لوبیا چشم بلبلی (Sanjani et al., 2009) نشان دادند که با افزایش تراکم گیاهی در مخلوط، وزن علف‌های هرز به پایین‌تر از سطح به دست آمده از کشت خالص هر یک از آنها رسید. موحدی دهنوی و همکاران (Movahhedi Dehnavi et al., 2001) نیز نشان دادند که وزن خشک علف‌های هرز در تیمارهای افزایشی به علت افزایش تراکم و پوشش گیاهی کاهش می‌یابد. آلفورد و همکاران (Alford et al., 2003) در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا بر کنترل علف‌های هرز به نتایج مشابه دست یافتند.

جدول ۳- نسبت برابری زمین بر اساس عملکرد دانه

Table 3- LER based on seed yield

تیمارها Treatment		عملکرد نسبی ارزن Relative yield of millet (RY_m)	عملکرد نسبی لوبیا Relative yield of cowpea (RY_b)	نسبت برابری زمین LER
نسبت‌های اختلاط Intercropping				
ارزن Millet	لوبیا Cowpea			
25	100	0.409d*	0.870a	1.279d
59	100	0.699c	0.730b	1.429b
75	100	0.802b	0.540c	1.342c
100	100	0.976a	0.500d	1.476 a

*میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت معنی دار (P < ۱٪) آماری هستند.

Mean followed by similar letters in each column, are not significantly different at the 1% level of probability.*

جدول ٤- مقایسه میانگین تیمار نسبت‌های مختلف کاشت بر وزن خشک علف‌های هرز
Table 4- Mean comparison intercropping treatments on weed dry weight

تیمارها Treatments		وزن خشک علف‌های هرز dry weight of weeds ($kg.ha^{-1}$)
نسبت‌های اختلاط Intercropping		
ارزن Millet	لوبیا Cowpea	
25	100	998.8 d
50	100	892.4 c
75	100	815.4 d
100	100	730.1 e
100	0	1152.8 a
0	100	1217.5 a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت معنی دار (۱٪ > P) آماری هستند.
Mean followed by similar letters in each column, are not significantly different at the 1% level of probability.

آنها علت کاهش تراکم علف هرز را به ترکیب مکملی گیاهان زراعی در مخلوط، که باعث افزایش توان رقابتی گیاهان زراعی با علف های هرز می‌شود نسبت دادند. ساماراجیوا و همکاران (Samarajeewa et al., 2006) در کشت مخلوط ارزن به عنوان گیاه همراه با سویا (*Glycine max* L.) گزارش کردند که ارزن به سبب قدرت پنجه زنی بالا قادر است از رشد علف‌های هرز به طور چشمگیری ممانعت به عمل آورده و در کاهش جمعیت آنها مؤثر باشد.

- جذب تشعشع فعال فتوسنتزی

جذب تشعشع فعال فتوسنتزی تحت تاثیر سیستم‌های کشت قرار گرفت (۵٪ > P). میزان تابش فعال فتوسنتزی (PAR) جذب شده در تیمار ۱۰۰٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی در بالاترین میزان خود بود و بین این تیمار با سایر تیمارهای کشت مخلوط و کشت های خالص ارزن و لوبیا چشم بلبلی تفاوت معنی داری وجود داشت (جدول ۵). این روند نشان می‌دهد که در مراحل اولیه رشد (۳۵ روز بعد از کاشت)، تیمار ۱۰۰٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی قادر است (PAR) را به طور مؤثرتری (۵۲٪) نسبت به کشت خالص ارزن (۲۲٪) و لوبیا چشم بلبلی (۲۸٪) و کشت‌های مخلوط جذب نماید. در مرحله دوم اندازه‌گیری (۴۵ روز بعد از کاشت) که گیاهان در مراحل میانی رشد خود قرار داشتند و کانوپی گیاهان تقریباً بسته شده بود، کشت‌های مخلوط در مقایسه با کشت‌های خالص لوبیا چشم بلبلی و ارزن (PAR) را بطور معنی داری بیشتر جذب نمودند. در مرحله سوم اندازه‌گیری (۵۵ روز بعد از کاشت) که گیاهان در مراحل نهایی رشد خود قرار داشتند و کانوپی گیاهان بسته شده بود کشت‌های مخلوط و بخصوص تیمار۱۰۰٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی هم چنان در مقایسه با کشت‌های خالص لوبیا چشم بلبلی و ارزن PAR را بطور معنی داری (۸۱٪) بیشتر جذب می‌نمایند. در مرحله چهارم اندازه‌گیری PAR (۶۵ روز بعد از کاشت) با توجه به این موضوع که ارزن و لوبیا چشم بلبلی در مراحل انتهایی رشد خود قرار داشتند و سطوح فتوسنتزکننده آنها رو به زوال بود. بنابراین، میزان جذب (PAR) در حد چشمگیری کاهش یافت (جدول ۵). علت بالا بودن جذب تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) در کانوپی کشت‌های مخلوط نسبت به تک کشتی‌ها می‌تواند به دلیل اختلاف در آرایش شاخ و برگ و شکل کانوپی در گیاه ارزن و لوبیا باشد. نوری که توسط ارزن جذب نمی‌شود، در پایین کانوپی توسط لوبیا جذب و موجب افزایش راندمان جذب (PAR) می‌شود. نتایج مشابهی در مورد افزایش جذب بیشتر (PAR) در کشت مخلوط، توسط محققان دیگر گزارش شده است. قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2007)، در تحقیق روی کشت مخلوط ذرت و خیار و تأثیر آن بر کنترل علف‌های هرز نتیجه گیری کرد که بیشترین میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی مربوط به تیمار۱۰۰٪ ذرت + ۱۰۰٪ خیار می‌باشد که این برتری می‌تواند به دلیل تراکم زیاد و پوشش سطح زمین می‌باشد. در تحقیقات انجام شده توسط قنبری- بونجار و لی (Ghanbari-Bonjar & Lee, 2003) مشاهده شد که در کشت مخلوط گندم و باقلا، تشعشعات فعال فتوسنتزی با کارایی بیشتری نسبت به کشت خالص جذب می گردد، چرا که تشعشعات خورشیدی که ممکن است به خاطر رشد کم گندم در ابتدای فصل و پیری باقلا در انتهای فصل به هدر رود، می تواند با کشت مخلوط گندم و باقلا با کارایی بیشتری مورد استفاده قرار گیرد. توسلی و همکاران (Tavassoli et al., 2010) در کشت مخلوط ارزن و لوبیا قرمز نتایج مشابهی با این آزمایش گزارش کردند.

جدول ۵- مقایسه میانگین تیمار نسبت‌های مختلف کاشت بر جذب تشعشعات فعال فتوسنتزی (PAR) (٪)

Table 5- Mean comparison of intercropping treatments on PAR (%)

تشعشعات فعال فتوسنتزی PAR				تیمارها Treatments	
مرحله چهارم The fourth sampling	مرحله سوم The third sampling	مرحله دوم The second sampling	مرحله اول The first sampling	نسبت‌های اختلاط Intercropping	
				لوبیا Cowpea	ارزن Millet
47 bc	68 c	47 d	32 c	100	25
49 abc	73 b	52 c	40 b	100	50
55 ab	75 b	56 b	41 b	100	75
56 a	81 a	62 a	52 a	100	100
43 c	65 d	41 e	28 d	100	0
40 c	55 e	37 f	22 e	0	100

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت معنی دار (۵٪ > P) آماری هستند

Mean followed by similar letters in each column, are not significantly different at the 1% level of probability

- رطوبت حجمی خاک

هر دو مرحله اندازه‌گیری رطوبت حجمی خاک به طور معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد تحت تاثیر نسبت‌های مختلف کاشت قرار گرفت. در هر دو مرحله اندازه‌گیری، در بین تیمارهای نسبت‌های مختلف کاشت کمترین مقدار رطوبت خاک از سیستم‌های کشت مخلوط بدست آمد و بین سیستم‌های کشت مخلوط با سیستم‌های کشت خالص تفاوت معنی‌داری وجود داشت. با توجه به جدول ۶، کمترین مقدار محتوی رطوبت حجمی خاک در هر دو مرحله اندازه‌گیری از تیمار کشت مخلوط ۱۰۰٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی و بالاترین مقدار آن در هر دو مرحله اندازه‌گیری از کشت خالص ارزن حاصل شد. اصولاً مخلوط گیاهانی با سیستم ریشه‌ای متفاوت باعث حداکثر جذب آب و مواد غذایی می‌شود. مقدار کمتر رطوبت خاک در تیمارهای کشت مخلوط در مقایسه با تک کشتی‌ها نمی‌تواند به دلیل تبخیر رطوبت از سطح خاک باشد بلکه وجود تراکم بالای گیاهان در کشت مخلوط و تشکیل یک کانوپی فشرده‌تر سبب افزایش تعرق از سطح جامعه گیاهی و در نتیجه جذب بیشتر آب از سطح لایه‌های مختلف خاک می‌شود. قنبری-بونجار و لی (Ghanbari-Bonjar & Lee, 2003) در بررسی کشت مخلوط گندم و باقلا، و توسلی و همکاران (Tavassoli et al., 2010) در کشت مخلوط ارزن و لوبیا قرمز نشان دادند که کشت‌های مخلوط در مقایسه با تک کشتی محصولات می‌تواند از حجم بیشتری از آب خاک با کارایی بالاتر بهره‌برداری کند. به عبارتی اگر اجزای کشت مخلوط از نظر خصوصیات ریشه‌ای متفاوت باشند، در این صورت، کشت مخلوط می‌تواند از آب موجود در خاک به نحو کارآمدتری استفاده نماید. بالاتر بودن محتوی آب خاک در سیستم‌های کشت خالص خصوصاً کشت خالص ارزن در مقایسه با سیستم‌های کشت مخلوط می‌تواند علاوه بر تراکم کمتر گیاهان، به سیستم ریشه‌ای سطحی‌تر گیاه ارزن نسبت به لوبیا ارتباط داده شود (Mazaheri, 1998).

- اندازه گیری دمای خاک

نسبت‌های مختلف کاشت اثر معنی داری بر هر دو مرحله اندازه‌گیری دمای خاک داشتند (۱٪ > P). با توجه به جدول ۶ در هر دو مرحله اندازه‌گیری دمای خاک، بیشترین میزان دمای خاک از کشت خالص ارزن و کمترین مقدار آن از تیمار کشت مخلوط ۱۰۰٪ ارزن + ۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی بدست آمد و بین سیستم‌های کشت مخلوط با کشت خالص تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت. دلیل پایین‌تر بودن دمای خاک در الگوهای مختلف کشت مخلوط نسبت به تک کشتی‌ها می‌تواند به دلیل جذب بیشتر نور بوسیله کشت مخلوط در مقایسه با تک کشتی‌ها در طی فصل رشد باشد، بنابراین جذب بیشتر نور توسط تاج پوشش باعث افزایش سایه و کاهش دمای خاک می‌شود. به عبارتی میکروکلیمای درون کانوپی سیستم های کشت به دلیل تغییر دمای کانوپی به علت سایه اندازی، تغییر می‌یابد. توسلی و همکاران (Tavassoli et al., 2010) در تحقیقی روی کشت مخلوط ارزن و لوبیا قرمز نتایجی مشابه با این آزمایش گزارش کردند.

جدول ٦- مقایسه میانگین تیمار نسبت‌های مختلف کاشت بر درصد رطوبت حجمی و دمای خاک

Tale 6- Mean comparison of intercropping treatments on volumetric moisture percentage and soil temperature

تیمارها Treatmnts		رطوبت حجمی خاک Volumetric moisture of soil (%)		دمای خاک Soil temperature (Centigrade degree)	
نسبت‌های اختلاط Intercropping					
ارزن Millet	لوبیا Cowpea	اندازه‌گیری اول First measurement	اندازه‌گیری دوم Second measurement	اندازه‌گیری اول First measurement	اندازه‌گیری دوم Second measurement
25	100	12.1 c	11.2 c	24.8 c	23.4 b
50	100	7.6 d	6.8 d	23.3 d	21.5 c
75	100	6.7 e	6.2 e	23.3 d	21.6 c
100	100	5.4 f	5.1 f	21.3 e	19.4 d
0	100	15.9 b	13.7 b	25.3 b	25.4 a
100	0	16.0 a	14.2 a	28.4 a	25.5 a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون فاقد تفاوت معنی دار (۰/۰۱ > P) آماری هستند.

Mean followed by similar letters in each column, are not significantly different at the 0.01 level of probability

منابع

1- Alizadeh, A. 2004. Soil, Water, Plant Relationship. Astan-e Ghods-e Razavi Press. pp. 470. (In Persian)
2- Alford, C.M., Kral, J.M., and Miller, D.S. 2003. Intercropping irrigated corn with annual legumes for forage in the high plains. Agronomy Journal 95: 520-525.
3- Banik, P., Midya, A., Sarkar, B. K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systemes in additive series experiment: Advantages and Somthering. European Journal of Agronomy 24: 324-332.
4- Bryan, W.B., and Moteru, M.B. 1987. Intercropping maize with climbing bean, cowpeas and velvet beans. Journal of Agronomy and Crop Science 159: 245-250.
5- Ghanbari-Bonjar, A., and Lee, H.C. 2003. Intercropped wheat (*Triticum aestivum* L.) and bean (*Vicia faba L.*) as whole-crop forage: effect of harvest time on forage yield and quality. Grass and Forage Science 58 (1): 28–36.
6- Ghanbari, A., Ghadiri, H., and Jokar, M. 2007. Effect of intercropping of maize and cucumber on controlling weeds. Pajouhesh & Sazandegi in Agronomy and Horticulture 73: 193-199. (In Persian with English Summery)
7- Hosseini, S.M.B., Mazaheri, D., Jahansouz, M., and Yazdi Samadi, B. The effects of nitrogen levels on yield and yield components of forage millet (*Pennisetum americanum*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) in intercropping system. Pajouhesh & Sazandegi in Agronomy and Horticulture. 16 (59): 60-67. (In Persian with English Summery)
8- Javanshir, A., Dabbagh, A. and Hamidi, A. 2000. The ecology of intercropping. Jahad-e Daneshgahi of Mashhad Press. p: 222. (In Persian)
9- Koocheki, A. 2001. Sustainable Agriculture. Jahad-e Daneshgahi of Mashhad Press. pp. 316. (In Persian)
10- Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Press of Tehran University. Pp. 341. (In Persian)
11- Mohammed, I.B., Olufajo, O., Singh, B., Miko, S., and Mohammed, S.G. 2008. Growth and development of components of millet/cowpea intercrop in northern Nigeria. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science.
12- Movahhedi Dehnavi, M. Mazaheri, D., and Bnkesaz, A. 2001. Effect of bean on weed control maize. Journal of Biaban 6 (2): 71-85. (In Persian with English Summery)
13- Prins, U., and De Wit, J. 2005. Intercropping Cereals and Grain legumes: A Farmers Perspective: Louis Bolk Institute, Livestock Department, Netherland.
14- Saban, Y., Mehmt, A., and Mustafa, E. 2007. Identification of advantage of Maize- Legume Intercropping over Solitary Cropping through Competition Indices in the Esat Mediterranean Region. Turkish Journal of Agriculture 32: 111 – 119.
15- Samarajeewa, K.B.D.P., Takatsugu, H., and Shinyo, O. 2006. Finger millet (*Eleucine corocanal L.* Gaertn) as a cover crop on weed control, growth and yield of soyabean under diffrent tillage systems. Soli and Tillage Research 90: 93-99.
16- Sanjani, S., Hosseini, M.B., Chaichi, M.R. and Rezvan Beidokhti, S. 2009. Effect of additive intercropping sorghum: cowpea on weed biomass and density in limited irrigation system. Iranian Journal of Agronomy Research 7 (1): 85-95. (In Persian with English Summery)
17- Shetty, S.V.R. and Rao, A.N. 1981. Weed management studies in sorghum/pigeonpea and pearl millet/grandunt intercrop systems. Some observations, in Proc, Lnt, Workshop intercropping. ICRISAT. Hydarabad, India. Pp. 238-248.

18- Sirousmehr, A., Javanshir, A., Rahimzadeh Khoye, F., and Moghaddam, M. 2003. Pearl millet and common vetch intercropping. Journal of Biaban 2: 250-263. (In Persian with English Summery)
19- Tavassoli, A. Ghanbari, A., Ahmadi, M. M., and Heydari, M. 2010. The effect of fertilizer and manure on forage and grain yield of millet (*panicum miliaceum*) and bean (*phaseolus vulgaris*) in intercropping. Iranian Journal of Agronomy Research 8 (2): 96-114. (In Persian with English Summery)
20- Tsubo, M., Walker, S., and Ogindo, H.O. 2005. Simulation model of cereal – legume intercropping systems for semi – arid regions. Field crops Research 93 (1): 10-22.
21- Willey, R.W. 1979. Intercropping-its importance and research needs. Part-1. Competition and yield advantages. Field Crops Research 32: 1-10.
22- Zhang, L. 2007. Productivity and resource use in cotton and wheat relay intercropping. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands. With summaries in English, Dutch and Chinese, 198 pp.
23- Zhang, F.S., and Li, L. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient use efficiency. Plant and Soil 248: 305-312.