نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۹، ص. ۲۳۵-۲۲۵

Journal of Agroecology
Vol. 2, No. 2, Summer 2010, p. 225-235

اثر کشت مخلوط نواری ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) بر عملکرد ماده خشک و نسبت برابری زمین در شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز

علیرضا کوچکی[۱]، مهدی نصیری محلاتی[۲]، حسن فیضی[۳*]، شهرام امیرمرادی[٤] و فرزاد مندنی[٥]

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/۲۰
تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۱۸

چکیده

به منظور بررسی اثر کشت مخلوط نواری ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) بر عملکرد ماده خشک و نسبت برابری زمین (LER) آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل پنج سطح کشت مخلوط نواری با ۲، ۳، ۴، ۵ نوار و کشت خالص ذرت و لوبیا همراه با دو سطح کنترل و بدون کنترل علف های هرز به صورت طرح بلوک نواری در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که روند تجمع مادهٔ خشک ذرت و لوبیا تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت مخلوط قرار گرفت. بیشترین میزان تجمع مادهٔ خشک در تیمار نوار ۲ ردیفی و کمترین آن در کشت خالص بود، بنابراین با افزایش عرض نوار تجمع مادهٔ خشک به تدریج کاهش یافت. علف های هرز، هم از طریق اثر بر سرعت تجمع ماده خشک و هم از طریق تاثیر بر مقدار تجمع ماده خشک باعث کاهش رشد شدند. عملکرد ماده خشک مخلوط نسبت به کشت خالص در ردیف های حاشیه‌ای در تمامی تیمارها بیشتر از ردیف های مرکزی بود. در ردیف های حاشیه‌ای، وجود علف هرز عملکرد بیولوژیک ذرت، لوبیا و مخلوط را به ترتیب به میزان ۱۸/۷، ۲۳/۵ و ۲۰/۳ درصد نسبت به شرایط عاری از علف هرز کاهش داد. این کاهش در ردیف های مرکزی معادل ۲۹/۶، ۲۱/۳ و ۲۷/۳ درصد بود. در تمامی تیمارهای مخلوط نواری، نسبت برابری زمین بیشتر از کشت خالص(LER>1) بود و با افزایش عرض نوار مقدار آن کاهش یافت. در ردیف های حاشیه‌ای، LER مخلوط در حضور علف های هرز به میزان ۰/۲۹ افزایش یافت که این مقدار در ردیف های مرکزی برابر ۰/۲۱ بود. این امر نشاندهنده توانایی بالقوه کشت مخلوط در رقابت با علف های هرز بدون استفاده از وجین و یا علفکش‌ها است.

واژه‌های کلیدی: تثبیت نیتروژن، رقابت، مدیریت تلفیقی

مقدمه

افزایش تولیدات کشاورزی در طی قرن بیستم حاصل مصرف زیاد نهاده‌های خارجی است، ولی فشردگی کشاورزی موجب ایجاد برخی اثرات جانبی نظیر فرسایش خاک، آلودگی محیطی توسط مواد شیمیایی کشاورزی و مصرف بی‌رویه کودها و ظهور جمعیت‌های علف هرز و آفات مقاوم به مواد شیمیایی گردیده است. تنوع سیستم‌های زراعی، به عنوان راه حلی مناسب جهت رفع برخی از مشکلات کشاورزی مدرن پیشنهاد شده است (Poggio, 2005). در کشورهای در حال توسعه کشت مخلوط نقش مهمی را در تولید غذا و معیشت مردم ایفا می‌کند. در این کشورها سیستم‌های کشت مخلوط اغلب بطور سنتی در مزارع کوچک توسط کشاورزان مدیریت می‌شوند (Walker & Ogindo, 2003؛ Thobatsi, 2009؛Tsubo, 2005). کشت مخلوط به کشت دو و یا تعداد بیشتری محصولات زراعی اطلاق می‌شود که با یکدیگر در یک قطعه زمین و در یک زمان کشت می‌شوند (Xin & Tong, 1986 ; Thobatsi, 2009). معمولاً کشت مخلوط در خاک‌هایی با حاصلخیزی پایین و شرایط کم نهاده در مناطق گرمسیر اجرا می‌شود (Thobatsi, 2009). پذیرش کشت مخلوط به دلیل برتری عملکرد از طریق جذب بیشتر منابع توسط گیاهان نسبت به کشت خالص است این امر، به ویژه هنگامی تحقق می‌یابد که غلات و بقولات باهم کشت شوند (Poggio, 2005).

کشت مخلوط در بسیاری از نقاط دنیا به دلیل برخی از مزیت‌های نسبی آن مانند ثبات بیشتر عملکرد (Jensen,1996)، کارایی بالاتر استفاده از زمین و نیروی کارگر (Ofori & Stern, 1987; Thobatsi, 2009)، افزایش توانایی رقابتی در کنترل علف های هرز

۱ و ۲- به ترتیب استاد و دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: hasanfeizi@yahoo.com)

(Thobatsi, 2009 ; Hauggaard-Nielsen et al., 2001)، بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک به دلیل افزایش تثبیت نیتروژن حاصل از جزء بقولات (Jensen, ; Hauggaard-Nielsen et al., 2001 1996) و نیز برخی امتیازات دیگر کشت می شود. تا حدودی اکثر نتایج منتشر شده در زمینه کشت مخلوط که با برتری عملکرد همراه شده است، مخلوط بقولات با غیربقولات بوده است (Morris & Garrity, 1993). از مهمترین فواید کشت مخلوط افزایش تولید در واحد سطح نسبت به تک کشتی، به دلیل استفاده بهتر از عوامل محیطی مانند نور، آب و مواد غذایی موجود در خاک است (Banik et al., 2006).

ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) از جمله گیاهانی هستند که سطح زیر کشت بالایی را در کشور دارند و در اکثر مناطق به صورت تک کشتی تولید می‌شوند. تحقیقات نشان می‌دهد که کشت مخلوط این دو گیاه متعلق به دو خانواده بقولات و غلات، موجب افزایش تولید، حداکثر کارایی استفاده از منابع و نیز افزایش بهره وری سیستم کشت می‌گردد (Chen et al., 2004; West & Griffith, 1992). در این گونه سیستم‌های کشت، رقابت برون گونه ای که در آن دو گیاه بر روی یکدیگر اثرات متقابل دارند، مشاهده می شود. این رقابت شامل رقابت اندام‌های هوایی و اندام های زیرزمینی است که نقش مهمی را در تعیین ساختار و پویایی جوامع گیاهی در کشاورزی به عهده دارد (Callaway, 1998 ; Aerts, 1999).

کشت مخلوط به عنوان یکی از راهکارهای مدیریت تلفیقی علف های هرز همراه با اثر کمتر بر محیط در مقایسه با علفکش‌های شیمیایی است. هجوم علف های هرز، کاهش شدید عملکرد در گیاهان زراعی را موجب می‌شود و در شرایط کشت خالص ذرت، ۶۰-۴۰ درصد تلفات گزارش شده است (Thobatsi, 2009). سرکوب علف های هرز و کاهش رشد علف هرز بر اثر تداخل گیاه زراعی به عنوان یک عامل تعیین‌کننده برتری عملکرد کشت مخلوط قلمداد می‌گردد. حضور گیاه زراعی، سلسله مراتب[1] گونه‌های اجتماع علف هرز را تغییر می‌دهد. به عبارت دیگر، اضافه کردن گونه دوم گیاه زراعی به کشت خالص توزیع بیوماس بین گونه‌ها در اجتماع علف های هرز را تغییر خواهد داد (Poggio, 2005). استفاده از بقولات به عنوان گیاه پوششی در کشت مخلوط و کاربرد کود نیتروژنه جهت رشد سریعتر گیاه و پوشش بهتر زمین موجب سرکوب علف های هرز می‌گردد. کشت مخلوط ذرت و سویا (*Glycine max* L.) علف های هرز را نسبت به ذرت خالص ۳۹ درصد کاهش داد (Thobatsi, 2009). در مخلوط ذرت و سویا، ویل و مک فادن (Weil & Mc fadden, 1991) وجود ذرت (بویژه در تراکم های بالا) را موجب کاهش جمعیت علف‌های هرز در اوایل فصل رشد بیان کرده‌اند. در آزمایشی توباتسی (Thobatsi, 2009) نشان داد که کشت مخلوط ذرت با سه گونه مختلف لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) موجب کاهش وزن خشک علف هرز به میزان ۸۹، ۱۷ و ۱۵ درصد بسته به عادت رشد سه رقم لوبیا نسبت به کشت خالص ذرت گردید. همچنین، اولاسانتان و همکاران (Olasantan et al., 1994) دریافتند که کشت مخلوط کاساوا (*Malva sylvestris* L.) با کاربرد کود نیتروژنه بالاترین شاخص سطح برگ و جذب نور را بدست می‌دهد و از اینرو بهترین کنترل علف هرز، بالاترین جذب نیتروژن توسط گیاه، بالاترین عملکرد دانه و نسبت برابری زمین[2] (LER) را ایجاد می‌کند. در آزمایشی بومان و همکاران (Baumann et al., 2003) نشان دادند که کشت مخلوط پیاز (*Allium cepa* L.) و کرفس (*Apium graveolens* L.) گزینه مناسبی برای کاهش رشد علف‌های هرز و حفظ بهره وری است.

با توجه به این که در خصوص اثر عرض‌های مختلف کشت مخلوط نواری ذرت- لوبیا در کنترل علف های هرز مطالعه زیادی انجام نگرفته است، هدف از این آزمایش تعیین بهترین عرض نوار در کشت مخلوط ذرت- لوبیا به لحاظ عملکرد ماده خشک و نسبت برابری زمین اجزاء و مخلوط و چگونگی تاثیر آنها بر علف های هرز بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر مشهد (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۹۸۵ متر) در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ انجام شد. متوسط بارندگی سالیانه ۲۸۶ میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه در این منطقه به ترتیب ۴۲ و ۲۷/۸- درجه سانتی‌گراد است. آماده سازی زمین شامل شخم نیمه عمیق، سپس دیسک و کودپاشی (۳۰ تن کود دامی پوسیده در هکتار) در بهار صورت گرفت. آزمایش به صورت سیستم کم نهاده اجرا و از مصرف هر گونه مواد شیمیایی (کودهای شیمیایی و آفتکش‌ها) در هنگام آماده سازی زمین و طی فصل رشد خودداری شد.

تیمارهای آزمایشی شامل شش سطح نواری به صورت ۲، ۳، ۴ و ۵ ردیف کاشت ذرت و لوبیا در هر کرت و کشت‌های خالص آنها بودند. در عرض نوار ۲ (کاشت دو ردیف ذرت و سپس دو ردیف لوبیا) هر ردیف لوبیا از یک طرف به ذرت و هر ردیف ذرت از یک طرف با لوبیا مجاور بود، بنابراین حاشیه و مرکز در عرض نوار ۲ یکی بود. در

1 - Hierarchy

2 - Land Equivalent Ratio (LER)

عرض نوار ۳ (کاشت سه ردیف ذرت و سه ردیف لوبیا) دو ردیف ذرت و لوبیای مجاور هم به عنوان حاشیه و ردیف وسطی هر گیاه به عنوان مرکز در نظر گرفته شد. بقیه عرضهای دیگر نیز به همین روش انجام شد.

عامل علف هرز در دو سطح عاری از علف هرز و عدم کنترل علف هرز بود که جهت اعمال آن، هر بلوک به صورت نواری به دو قسمت تقسیم گردید (موازی با جهت بلوک‌ها). یک قسمت از آنها در طی فصل رشد با استفاده از وجین به صورت عاری از علف هرز نگه داشته شد و در قسمت دوم، وجین و عملیات کنترل علف های هرز صورت نگرفت و به عنوان تیمار علف هرز قلمداد گردید. بنابراین، طرح آزمایشی به صورت بلوک نواری و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. در این آزمایش از ذرت علوفه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ و لوبیای رقم درخشان استفاده شد. ابعاد هرکرت آزمایشی به صورت ۸ متر طول و ۷/۵ متر عرض بود. تیمارهای مورد آزمایش به صورت جایگزینی در آنها اعمال شدند. فاصله ردیف‌های کاشت ذرت و لوبیا به ترتیب ۷۵ و ۳۵ سانتیمتر و فاصلهٔ بوته‌ها بر روی ردیف ۱۲ و ۲۰ سانتیمتر بود، بگونه‌ای که در تمام تیمارهای کشت مخلوط دو سوم هر کرت به ذرت و یک سوم دیگر آن به لوبیا مربوط بود. بذرها بصورت دستی و در عمق یکسان، بر روی ردیف‌ها در نیمه دوم اردیبهشت ماه، کاشته شد. تراکم نهایی در تیمارهای کشت خالص به ترتیب برای ذرت و لوبیا ۱۱۱ و ۱۴۳ هزار بوته در هکتار بود. در مورد کشت مخلوط نیز نصف این تراکم برای هر گیاه در نظر گرفته شد، در نتیجه تراکم نهایی تیمارهای کشت مخلوط با توجه به جایگزینی بودن طرح، با کشت خالص یکسان بود.

نمونه برداری از دو هفته پس از کاشت تا مرحله رسیدگی به صورت تصادفی از ردیف‌های مرکزی (در هر کرت و برای هر کدام از گیاهان دو بوته) جهت محاسبات تغییرات وزن خشک برداشت شد. جهت تعیین اثر حاشیه (ردیف‌های کناری ذرت و لوبیا)، دو بوته از هر گیاه و از هر تیمار برداشت و سپس بطور جداگانه مادهٔ خشک آنها اندازه گیری شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها در آونی با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت زمان کافی قرار گرفتند. مزیت نسبی کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص برای هر عرض نوار تعیین و از طریق نسبت برابری و با استفاده از معادله (۱) محاسبه گردید (Banik et al., 2006):

$$LER = Yij/Yii + Yji/Yjj$$

Yii و Yjj به ترتیب عملکرد ذرت و لوبیا در کشت خالص و Yij و Yji به ترتیب عملکرد ذرت و لوبیا در کشت مخلوط است. داده‌های آزمایش توسط نرم افزار MSTATC تجزیه و تحلیل آماری و نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای Slide Write و Excel رسم شدند. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

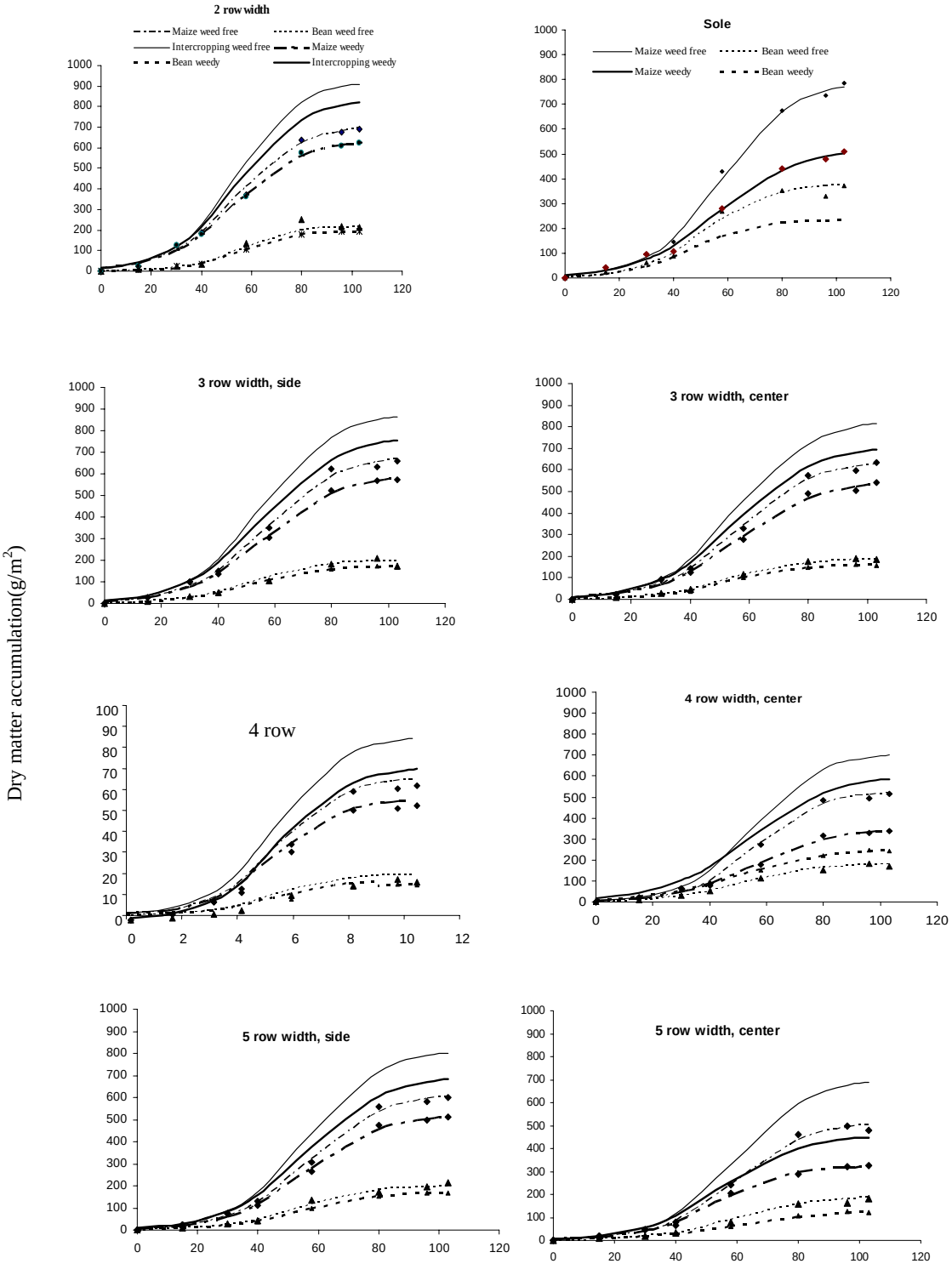
نتایج و بحث

روند تجمع مادهٔ خشک

روند تغییرات تجمع ماده خشک در بین تیمارهای مختلف در ابتدای دوره رشد به دلیل کوچک‌تر بودن گیاهان اختلاف قابل ملاحظه‌ای نداشت و اغلب نمودارها بر هم منطبق بودند، ولی از حدود ۳۰ روز پس از کاشت، تجمع مادهٔ خشک وارد مرحلهٔ رشد خطی شد و به سرعت شروع به افزایش کرد. در حدود ۸۰ روز پس از کاشت نیز (مرحلهٔ حصول حداکثر مادهٔ خشک)، به حداکثر میزان خود رسید و سپس تا حدودی روند ثابتی را نشان داد (شکل ۱). نتایج نشان داد که تجمع مادهٔ خشک ذرت و لوبیا تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت مخلوط قرار می‌گیرد. بیشترین میزان تجمع مادهٔ خشک به تیمار نوار ۲ ردیفی (مجموع تجمع مادهٔ خشک ذرت و لوبیا،۹۱۰ گرم در متر مربع) و کمترین آن به کشت خالص (به ترتیب۷۷۰ و ۳۷۰/۵ گرم در متر مربع برای ذرت و لوبیا) اختصاص داشت، بنابراین با افزایش عرض نوار تجمع مادهٔ خشک به تدریج کاهش یافت (شکل ۱). در کل،کشت مخلوط نسبت به کشت خالص دارای تجمع مادهٔ خشک بیشتری بود. این موضوع می‌تواند به دلیل جذب نور بیشتر توسط کانوپی کشت باشد (شکل ۱). محققان دیگر نیز افزایش تجمع مادهٔ خشک را در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی گزارش کرده‌اند (Hossienpanahi, 2008; Rostami et al., 2010). افزایش مادهٔ خشک گیاهان زراعی در سیستم‌های کشت مخلوط، اغلب از طریق بهبود ظرفیت گونه‌های مخلوط برای افزایش جذب و مصرف فیزیولوژیک منابع توسط آنها حاصل می‌شود (Jahansooz et al., 2007).

علف‌های هرز هم از طریق اثر بر شیب تجمع ماده خشک و هم از طریق تاثیر بر مقدار تجمع ماده خشک موجب کاهش رشد گیاهان شدند. هنگامی که گیاهان ذرت و لوبیا در کنار علف های هرز رشد کردند، روند افزایش تجمع ماده خشک در هر دو گیاه نسبت به گیاهان رشدکننده در شرایط عاری از علف هرز کاهش یافت و با سرعت کمتری افزایش یافت، بنابراین دیرتر به حداکثر ماده خشک تولیدی رسیدند (شکل۱).

همچنین، میزان ماده خشک تولیدی در تیمارهای علف هرز نسبت به تیمارهای عاری از علف هرز در کلیه تیمارهای مخلوط و کشت خالص به شدت کاهش یافت. البته میزان افت ماده خشک در تیمار کشت خالص بیشتر از تیمارهای مخلوط و در گیاهان حاشیه‌ای کمتر از گیاهان مرکزی بود. اثر منفی وجود علف هرز به ویژه در عرض نوارهای ۴ و ۵ ردیفی و در ردیف های مرکزی بسیار مشهود بود.



شکل۱- اثر تیمارهای کشت مخلوط بر روند تجمع مادهٔ خشک کل ذرت و لوبیا طی روزهای بعد از کاشت در شرایط کنترل و عدم کنترل علف هرز در خطوط حاشیه و مرکزی.

Fig. 1- The effect of intercropping treatments on maize and bean total dry weights at days after planting in weedy and weed free plots in the side and central rows.

کشت خالص ذرت نسبت به کشت خالص لوبیا بر اثر قرارگرفتن در معرض علف های هرز، افت بیشتر ماده خشک را به ویژه در ردیف های مرکزی نشان داد. این امر نشان می‌دهد که ذرت نسبت به لوبیا در کشت مخلوط بیشتر سود می‌برد. کاهش ماده خشک ناشی از علف های هرز در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط توسط توباتسی (Thobatsi, 2009) نیز گزارش شده است.

عملکرد ماده خشک

نتایج نشان داد که نوار ۲ ردیفی بیشترین عملکرد ماده خشک را در ذرت و لوبیا و مخلوط داشت و با افزایش عرض نوار بیوماس کاهش می‌یابد. عملکرد ماده خشک مخلوط نسبت به کشت خالص در ردیف های حاشیه‌ای در تمامی تیمارها بیشتر بود، به طوری که نوار۲ ردیفی با عملکرد ماده خشک ۸۵۳/۵ گرم در مترمربع بیشترین و لوبیای خالص با ۳۰۵/۴ گرم در مترمربع کمترین عملکرد را نشان دادند (جدول ۱). در ردیف های حاشیه‌ای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص ذرت در کلیه تیمارهای ۲، ۳، ۴، و ۵ ردیفی، عملکرد ماده خشک را به میزان ۲۳/۵، ۱۴/۴، ۱۰/۸ و ۷/۸ درصد افزایش داد. این افزایش متناسب با افزایش تعداد ردیف، روند کاهشی نشان داد. ولی در ردیف‌های مرکزی این مقادیر برابر ۲۳/۵، ۱۰، ۱۱- و ۲۰/۵- درصد شد. از آنجایی که آزمایش به صورت جایگزینی بود. بنابراین اضافه کردن لوبیا به صورت ۴ یا ۵ ردیف بجای ذرت، در ردیف های مرکزی، موجب کاهش شدید کل ماده خشک تولیدی در واحد سطح گردید. به عبارت دیگر، عملکرد ماده خشک به سمت کشت خالص لوبیا سوق پیدا کرد. سودمندی کشت مخلوط بویژه در نوارهای ۴ و ۵ ردیفی به شدت کاهش یافت (جدول۱). افزایش عملکرد ماده خشک در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی را می‌توان به افزایش فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت زیستی نیتروژن توسط لوبیا نسبت داد. از آنجا که نیتروژن یکی از عناصر غذایی موثر بر میزان فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و در نتیجه میزان تجمع ماده خشک گیاهان است، بنابراین حضور لوبیا در کنار ذرت به افزایش تجمع مادهٔ خشک کل در کانوپی کشت مخلوط منجر شد. در تیمارهای کشت مخلوط، سهم نسبی ذرت در افزایش عملکرد مادهٔ خشک بیشتر از لوبیا بود که این نتایج یافته‌های دیگر محققان را تأیید می‌کند (Anil et al., 1998; Wall et al., 1991).

میانگین عملکرد ماده خشک مخلوط در ردیف های حاشیه‌ای و مرکزی نیز نشان داد که فقط نوار ۲ و ۳ ردیفی در شرایط مخلوط نسبت به خالص ذرت، موجب سودمندی عملکرد ماده خشک شدند (جدول۱)، بنابراین افزایش تعداد ردیف نوارهای در کشت مخلوط مناسب به نظر نمی‌رسد.

جدول۱ - اثر عرض نوار بر ماده خشک نهایی (گرم در مترمربع) لوبیا، ذرت و مخلوط(کل) در نوارهای کناری، داخلی و میانگین آنها

Table 1- Effect of strip width on maize and bean dry matter yields ($g.m^{-2}$) in the side and central rows

تیمار Treatment	Side حاشیه			Center مرکز			Mean میانگین		
	ذرت Maize	لوبیا Bean	کل Total	ذرت Maize	لوبیا Bean	کل Total	ذرت Maize	لوبیا Bean	کل Total
نوار۲ ردیفی Two Strip Width	651.6 b*	201.9 b	853.5 a	651.6 b	201.9 b	853.5 a	651.6 b	201.9 b	853.5 a
نوار۳ ردیفی Three Strip Width	618.2 c	172.3 c	790.5 b	588.3 c	171.5 c	759.8 b	603.3 c	171.9 c	775.2 b
نوار۴ ردیفی Four Strip Width	592.9 d	172.9 c	765.8 b	425.6 d	186.8 bc	612.4 d	509.2 d	179.8 c	689.1 c
نوار۵ ردیفی Five Strip Width	554.7 e	190.1 b	744.8 c	400.2 e	149.2 d	549.4 e	477.4 e	169.6 cd	647.1 d
ذرت خالص Sole maize	691.0 a	0 d	691.0 a	691.0 a	0 e	691.0 c	691.0 a	0 d	691.0 c
لوبیا خالص Sole bean	0 f	305.4 a	305.4 e	0 f	305.4 a	305.4 f	0 f	305.4 a	305.4 e

* میانگین‌ها دارای حروف مشابه در هر ستون به لحاظ آماری (دانکن ۵ درصد) معنی‌دار نیستند.

*Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan´s Multiple Range Test.

ادهیامبو و آریگا (Odhiambo & Ariga, 2001) نیز اظهار کردند که نوار ۲ و ۱ ردیفی در کشت مخلوط ذرت- لوبیا عملکرد دانه ذرت را به ترتیب ۵۱ و ۶۱ درصد افزایش می‌دهد. در این بررسی عملکرد دانه نسبت به کشت خالص ذرت حدود ۷۸ درصد بهبود یافت. وجود اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی ذرت و لوبیا در کنار یکدیگر به افزایش رشد هر یک از گیاهان به تنهایی منجر می‌گردد (Rostami et al., 2010). بر اساس نتایج حاصل از آزمایش حاضر اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی ذرت و لوبیا فقط تا نوار ۳ ردیفی مشهود بود. رضوان بیدختی (Rezvan-bidokhti, 2004) نیز گزارش کرده است که هرچه از سمت کشت مخلوط ردیفی به سمت کشت مخلوط نواری پیش می‌رویم، عملکرد مادهٔ خشک به تدریج کاهش می‌یابد.

در کل، حضور علف های هرز به شدت موجب کاهش عملکرد بیولوژیک گیاهان گردید. در ردیف های حاشیه‌ای، وجود علف هرز عملکرد بیولوژیک ذرت , لوبیا و مخلوط را به ترتیب به میزان ۱۸/۷، ۲۳/۵ و ۲۰/۳ درصد نسبت به شرایط عاری از علف هرز کاهش داد. این میزان در ردیف های مرکزی معادل ۲۹/۶، ۲۱/۳ و ۲۷/۳ درصد بود (جدول۲). در نتیجه، کاهش عملکرد ناشی از فشار علف های هرز در ردیف‌های مرکزی بیشتر از حاشیه‌ای و در لوبیا بیشتر از ذرت بود.

در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، به دلیل رقابت برون گونه‌ای بالاتر، همراه با اثر تکمیل کنندگی گونه‌ها، موجب بهبود توانایی رقابت کانوپی مخلوط در مقابل علف های هرز می‌گردد و در نهایت به کاهش تراکم و بیوماس علف هرز و افزایش عملکرد گیاهان مخلوط منجر می‌شود (Banik et al., 2006) که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی دارد. در سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) نیز کاهش ۲۸ درصدی عملکرد در حضور علف های هرز گزارش شده است (Sanjani, 2007).

بیشترین عملکرد ماده خشک در ردیف های حاشیه‌ای در شرایط عاری از علف هرز و نوار ۲ ردیفی به میزان ۹۰۳/۴ گرم در متر مربع و کمترین آن در شرایط وجود علف هرز و در کشت خالص لوبیا به میزان ۲۴۰/۵ گرم در مترمربع بدست آمد (جدول۳). در کشت خالص ذرت و لوبیا علف های هرز موجب کاهش عملکرد ماده خشک به ترتیب به میزان ۲۹/۶ و ۵۳/۹ درصد شد. ولی، با اعمال کشت مخلوط میزان کاهش عملکرد مخلوط در نوار ۲ ردیفی بر اثر وجود علف هرز به ۱۴/۲ درصد نسبت به خالص تقلیل یافت. با افزایش عرض نوار میزان سودمندی مخلوط در رقابت با علف های هرز کاهش یافت (جدول۳). سنجانی (Sanjani, 2007) نیز گزارش کرد که عملکرد بیولوژیک سورگوم خالص بدون وجین حدود ۲۰ درصد نسبت به تیمار وجین کاهش می‌یابد.

در ردیف های مرکزی فقط نوار۲ و ۳ ردیفی در هر دو شرایط عاری و علف هرزی سودمندی عملکرد ماده خشک نسبت به کشت خالص ذرت را نشان دادند. وجود علف‌های هرز در عرض نوار۵ در ردیف‌های مرکز، عملکرد ماده خشک مخلوط را به میزان ۴۶/۶ درصد نسبت به شرایط عاری از علف هرز کاهش داد، ولی این کاهش در ردیف‌های حاشیه ۲۰/۴ درصد بود. به عبارت دیگر قرار گرفتن ذرت و لوبیا به صورت مخلوط در کنار یکدیگر به مقدار ۲۶ درصد در کنترل علف های هرز موثر بوده است.

کشت مخلوط از طریق افزایش پوشش زمین، افزایش رقابت، سرعت رشد اولیه بیشتر و سایه‌اندازی و القای خواب ثانوی در بذر علف‌های هرز، به نحو بارزی میزان هجوم علف های هرز را کاهش می‌دهد (Shippers & Kropff, 2001). همچنین، بانیک و همکارن (Banik et al., 2006) کاهش ۴۳ درصدی عملکرد گندم خالص و ۵۹ درصد عملکرد نخود خالص (*Cicer arietinum* L.) را در حضور علف های هرز نسبت به تیمار دوبار وجین گزارش کرده‌اند.

جدول۲ - اثر تیمارهای کنترل و بدون کنترل علف های هرز بر عملکرد ماده خشک (گرم در مترمربع) لوبیا، ذرت و مخلوط (کل) در حاشیه و مرکز نوارها و میانگین آنها

Table 2- Effect of weeding treatments on maize and bean dry matter yields (g m^{-2}) in the side and central rows.

تیمار Treatment	حاشیه Side			مرکز Center			میانگین Mean		
	ذرت Maize	لوبیا Bean	کل Total	ذرت Maize	لوبیا Bean	کل Total	ذرت Maize	لوبیا Bean	کل Total
کنترل علف هرز Weed free	562.4 a*	192.0 a	754.5 a	516.9 a	185.4 a	702.3 a	539.7 a	188.7 a	728.4 a
بدون کنترل علف هرز Weedy	473.7 b	155.5 b	627.1 b	398.9 b	152.8 b	551.7 b	435.2 b	154.2 b	589.4 b

* میانگین‌ها دارای حروف مشابه در هر ستون به لحاظ آماری (دانکن ۵ درصد) معنی‌دار نیستند.

*Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan´s Multiple Range Test.

جدول۳ - اثر متقابل عرض نوار و کنترل علف هرز بر عملکرد ماده خشک (گرم بر مترمربع) لوبیا، ذرت و مخلوط (کل) در حاشیه و مرکز نوارها و میانگین آنها

Table 3- Interaction between strip width and weed treatments on maize and bean dry matter yields ($g.m^{-2}$) in the side and central rows

تیمار Treatment		حاشیه Side			مرکز Center			میانگین Mean		
		ذرت Maize	لوبیا Bean	کل Total	ذرت Maize	لوبیا Bean	کل Total	ذرت Maize	لوبیا Bean	کل Total
کنترل علف هرز Weed free	نوار۲ ردیفی Two Strip Width	690.9b	212.4c	903.4a	691b	212.4bc	903.4a	691b	212.4c	903.4a
	نوار۳ ردیفی Three Strip Width	662.2c	174.5ef	836.7b	635.9c	185.4cde	821.3b	649c	180def	829b
	نوار۴ ردیفی Four Strip Width	641.4cd	180.5de	821.9b	516.5f	168.3ef	684.9d	578.9e	174.4ef	753.4d
	نوار۵ ردیفی Five Strip Width	599.4ef	214.5c	813.7bc	477.2g	176def	653.2e	538.3f	195.2d	733.5de
	ذرت خالص Sole maize	780.7a	0 g	780.7d	780.7d	0 h	780.7c	780.7a	0 h	780.7c
	لوبیا خالص Sole bean	0 i	370.3a	370.3i	0 i	370.3a	370.3a	0 i	370.3a	370.3i
بدون کنترل علف هرز Weedy	نوار۲ ردیفی Two Strip Width	612.3de	191.4d	791.1cd	593.3d	191.4cde	784.7c	596.5de	191.4de	788c
	نوار۳ ردیفی Three Strip Width	574.2fg	170.1ef	477.3e	540.8e	157.5f	698.3d	557.5f	163.8f	721.3e
	نوار۴ ردیفی Four Strip Width	544.4g	165.3f	709.8f	334.7h	205.2cd	540g	439.6g	185.2de	624.8f
	نوار۵ ردیفی Five Strip Width	510h	165.8f	675.8g	323.2h	122.3g	445.6h	416.6h	144g	560.7h
	ذرت خالص Sole maize	610.3ef	0 g	601.1d	601.1d	0 h	601.1f	601.1d	0 h	601.1g
	لوبیا خالص Sole bean	0 i	240.5b	240.5b	0 i	240.5b	240.5b	0 i	240.5b	240.5b

* میانگین‌ها دارای حروف مشابه در هر ستون به لحاظ آماری (دانکن ۵ درصد) معنی‌دار نیستند.

*Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan´s Multiple Range Test.

نسبت برابری زمین

نتایج نشان داد که در تمامی تیمارهای مخلوط نواری، نسبت برابری زمین بیشتر از کشت خالص بود. بیشترین مقدار LER در نوار ۲ ردیفی به میزان ۱/۶۳ بود. این بدان معنی است که کشت خالص هر جزء، نیاز به ۶۳ درصد زمین بیشتری نسبت به کشت مخلوط دارد تا عملکردی برابر آن را تولید کند. این مساله بیانگر کارایی بیشتر استفاده از زمین در سیستم کشت مخلوط است. اگرچه نسبت برابری زمین هر جزء مخلوط کمتر از خالص بود، ولی نسبت برابری زمین کل بالاتر از ۱ بدست آمد. با افزایش عرض نوار این نسبت کاهش یافت. در ردیف های حاشیه‌ای میزان افت، کمتر از ردیف های مرکزی بود (جدول۴). کمترین LER در عرض نوار ۵ بدست آمد ولی شدت کاهش آن در ردیف های مرکز بیشتر بود به طوری که در ردیف های حاشیه با افزایش عرض نوار از ۲ به ۵ مقدار LER حدود

۱۷ درصد کاهش یافت در حالی که در ردیف های مرکز این کاهش به ۵۷ درصد رسید. این کاهش در جزء ذرت در ردیف های حاشیه ۱۳ درصد و در مرکز ۳۷ درصد بود. این امر نشاندهنده تاثیرپذیری ذرت به اثرات تقویتی لوبیا به ویژه تثبیت نیتروژن در مخلوط می‌باشد. نتایج مشابهی در سیستم های کشت مخلوط عدس (*Lens culinaris* L.)– جو(*Hordeum vulgare* L.) (Kallu & Erhabor,1990) و ذرت – باقلا (*Faba vulgaris* L.) (Li et al., 1999) گزارش شده است. اختلافات مرفولوژیک و فیزیولوژیک بین بقولات و غیربقولات در کشت مخلوط یکی از دلایل اصلی بروز روابط همزیستی دو جانبه مثبت (یا تسهیل) می باشد (Akuda, 2001). تفاوت در عمق ریشه دهی، گسترش شعاعی ریشه و تراکم طول ریشه احتمالا از عواملی هستند که بر رقابت دو جزء در کشت مخلوط برای آب و عناصر غذایی تاثیر گذاشته و باعث افزایش کارایی استفاده از زمین (LER) می‌شوند.

اثر اصلی تیمارهای کنترل علف هرز نشان داد که به طور میانگین مقدار LER مخلوط و اجزای مخلوط در ردیف های حاشیه‌ای و مرکزی در شرایط حضور علف های هرز بیشتر بود. در ردیف های حاشیه‌ای مقدار LER جزئی ذرت در شرایط عاری از علف هرز ۰/۸۳ بود که در شرایط علف هرزی به ۰/۹۳ افزایش یافت و در لوبیا از ۰/۵۳ به ۰/۷۲ رسید. مقدار LER مخلوط در حضور علف های هرز به میزان ۰/۲۹ نسبت به کشت خالص ذرت افزایش یافت که این مقدار در ردیف های مرکزی برابر ۰/۲۱ بود (جدول۵). حضور لوبیا در کنار ذرت در تیمارهای مختلف مخلوط نه تنها اثر مخرب علف های هرز را تعدیل کرد، بلکه به احتمال زیاد با تثبیت بیولوژیک نیتروژن موجب افزایش تولید ذرت شد.

جدول٤ – اثر عرض نوار بر نسبت برابری زمین جزیی و کل (مخلوط) در حاشیه و مرکز نوارها و میانگین آنها

Table 4- Effect of strip width on maize and bean land equivalent ratio in the side and central rows.

تیمار Treatment	حاشیه Side			مرکز Center			میانگین Mean		
	ذرت Maize	لوبیا Bean	کل Total	ذرت Maize	لوبیا Bean	کل Total	ذرت Maize	لوبیا Bean	کل Total
نوار۲ ردیفی Two Strip Width	0.94a*	0.69a	1.63a	0.94a	0.69a	1.63a	0.94a	0.68a	1.63a
نوار۳ ردیفی Three Strip Width	0.90b	0.59b	1.49b	0.86b	0.58bc	1.44b	0.88b	0.58b	1.46bb
نوار۴ ردیفی Four Strip Width	0.86c	0.59b	1.45b	0.61ab	0.65ab	1.26c	0.74c	0.62ab	1.36c
نوار۵ ردیفی Five Strip Width	0.81d	0.65ab	1.46b	0.57c	0.49c	1.06d	0.69d	0.56b	1.26d

* میانگین‌ها دارای حروف مشابه در هر ستون به لحاظ آماری (دانکن ۵ درصد) معنی‌دار نیستند.

*Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan´s Multiple Range Test.

جدول۵ – اثر تیمارهای کنترل و بدون کنترل علف های هرز بر نسبت برابری زمین جزیی و کل (مخلوط) در حاشیه و مرکز نوارها و میانگین آنها

Table 5- Effect of weeding treatments on maize and bean land equivalent ratio in the side and centeral rows.

تیمار Treatment	حاشیه Side			مرکز Center			میانگین Mean		
	ذرت Maize	لوبیا Bean	کل Total	ذرت Maize	لوبیا Bean	کل Total	ذرت Maize	لوبیا Bean	کل Total
کنترل علف هرز Weed free	0.83b*	0.53b	1.36b	0.74b	0.50b	1.24b	0.79a	0.51b	1.30b
بدون کنترل علف هرز Weedy	0.93a	0.72a	1.65a	0.76a	0.70a	1.45a	0.84a	0.71a	1.55a

*اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون به لحاظ آماری (دانکن ۵ درصد) معنی‌دار نیستند.

*Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan´s Multiple Range Test.

جدول ٦- اثر متقابل عرض نوار و علف هرز بر نسبت برابری زمین لوبیا، ذرت و مخلوط (کل) در حاشیه و مرکز نوارها و میانگین آنها

Table 6- Interaction between strip width and weed treatments on maize and bean land equivalent ratio in the side and central rows.

تیمار		حاشیه Side			مرکز Center			میانگین Mean		
	Treatment	ذرت Maize	لوبیا Bean	کل Total	ذرت Maize	لوبیا Bean	کل Total	ذرت Maize	لوبیا Bean	کل Total
کنترل علف هرز Weed free	نوار ۲ ردیفی Two Strip Width	0.86cd	0.57e	1.46e	0.89c	0.57cd	1.46bc	0.88c	0.57cd	1.46c
	نوار ۳ ردیفی Three Strip Width	0.85cd	0.47g	1.32g	0.82d	0.50cd	1.32c	0.83d	0.49de	1.32d
	نوار ۴ ردیفی Four Strip Width	0.82de	0.49f	1.31h	0.66e	0.45d.	1.12d	0.74e	0.47e	س1.21e
	نوار ۵ ردیفی Five Strip Width	0.77e	0.58d	1.35f	0.61f	0.48d	1.09d	0.69h	0.53cde	1.22e
عدم کنترل علف هرز Weedy	نوار ۲ ردیفی Two Strip Width	0.99a	0.80a	1.80a	0.99a	0.80ab	1.80a	0.99a	0.80a	1.79a
	نوار ۳ ردیفی Three Strip Width	0.96ab	0.71b	1.66b	0.90b	0.65bc	1.55b	0.93b	0.68b	1.61b
	نوار ۴ ردیفی Four Strip Width	0.91bc	0.69c	1.60c	0.56g	0.85a	1.41bc	0.73f	0.77a	1.50c
	نوار ۵ ردیفی Five Strip Width	0.85cd	0.69c	1.54d	0.54h	0.51cd	1.05d	0.69g	0.60bc	1.29de

* میانگین‌ها دارای حروف مشابه در هر ستون به لحاظ آماری (دانکن ۵ درصد) معنی‌دار نیستند.

*Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using Duncan´s Multiple Range Test.

بنابراین، می‌توان بیان کرد که کشت مخلوط یکی از راهکارهای کنترل زراعی و بیولوژیک علف های هرز است و نیاز به استفاده از مواد شیمیایی و نیروی کارگر را کاهش می‌دهد.کاهش دفعات وجین علف های هرز در کشت مخلوط گندم- نخود توسط بانیک و همکاران (Banik et al., 2006) نیز گزارش شده است. در آزمایشی مکینده و همکاران (Makinde et al., 2009) نیز نشان دادند که کشت مخلوط ذرت با سبزیجات برگی موجب تولید LER به میزان ۱/۷۷ می‌شود و بدلیل پوشش بهتر زمین علف های هرز بهتر کنترل می‌شوند. آنها بیان کردند که عملکرد ذرت در مخلوط بدلیل ارتفاع بیشتر آن و جذب بهتر نور کاهش نیافت.

ردیف‌های حاشیه‌ای نسبت به ردیف‌های مرکزی دارای نسبت برابری زمین بالاتری بودند و LER جزیی ذرت بیشتر از لوبیا بود. این بدین معناست که مجاورت دو گیاه باعث ایجاد اثرات تکمیل کنندگی و استفاده بهتر از منابعی نظیر آب، مواد غذایی و نور شده است و در این بین ذرت بهره بیشتری از لوبیا برده است. همچنین نسبت برابری زمین در کرتهای علف هرزی بیشتر از تیمارهای بدون علف هرز بود (جدول۶). در ردیف های حاشیه، کمترین LER کل در تیمارهای عرض نوار ۴ و ۵ در شرایط بدون کنترل علف هرز و بیشترین آن در عرض نوار ۲ بدست آمد. این روند در ردیف های مرکز نیز مشاهده شد با این تفاوت که میزان کاهش آن بیشتر بود به طوری که عرض نوار ۵ با LER برابر ۱/۰۵ به شرایط کشت خالص نزدیک گردید.

اظهار شده است که وقتی بقولات در کنار غلات بصورت کشت مخلوط قرار می‌گیرند، بدلیل اثر مکملی جزء بقولات جهت تثبیت مقدار بیشتری از نیتروژن تحریک می‌گردد و در نتیجه تعداد گره فعال و تشکیل آنها افزایش می‌یابد (Banik et al., 2006). همچنین هایبچ و همکاران (Hiebsch et al., 1995) گزارش کردند در کشت مخلوط ذرت- سویا میزان LER بین ۱/۱ تا ۱/۴ در ترکیب‌های مختلف بود و علت افزایش آن را کمتر بودن علف هرز در کشت مخلوط و استفاده بهتر از منابع ذکر نمودند.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش بیانگر بهبود عملکرد ماده خشک در کشت مخلوط در ردیف های حاشیه بود و از این نظر عرض نوار ۲ و ۳ نسبت به

کشت خالص و بقیه تیمارها برتری نشان دادند. در واقع در این آزمایش کشت مخلوط نواری ذرت – لوبیا حداکثر تا عرض نوار ۳ نتایج مثبتی را نشان داد و افزایش بیشتر عرض نوار منجر به نزدیک شدن شرایط به سمت کشت خالص شد. همچنین سیستم کشت مخلوط جهت سرکوبی علف های هرز و افزایش بهره‌وری سیستم (LER) سودمند بود و عرض نوار۲ بالاترین نسبت برابری زمین را در هردو شرایط علف هرزی و بدون علف هرزی نشان داد. در تمام صفات مورد بررسی، کشت مخلوط اثر بیشتری بر ذرت نسبت به لوبیا داشت که این نشان دهندهٔ تأثیر مثبت لوبیا بر ذرت می‌باشد. در واقع در زراعت‌های تک‌کشتی همواره مقادیری از منابع به دلیل وجود فضاهای خالی در کانوپی تلف شده و یا توسط علف های هرز مصرف می‌شوند ولی در شرایط کشت مخلوط نیچ گیاهان توسط یکدیگر تکمیل شده و فضای خالی کمتری جهت علف های هرز باقی می‌ماند. از آنجا که این آزمایش در سیستم کم نهاده اجرا شد بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط یکی از راهکارهای مناسب برای دسترسی به عملکرد مطلوب با حداقل مصرف یا بدون مصرف نهاده‌های خارجی است که در بلند مدت منجر به کاهش یا عدم وابستگی سیستم‌های زراعی به انرژی‌های فسیلی و افزایش پایداری آنها می‌شود.

منابع

1- Aerts, R. 1999. Interspecific competition in natural plant communities: Mechanisms, trade-offs and plant–soil feedbacks. Journal Experimental Botany 50: 29–37.
2- Akuda, E.M. 2001. Intercropping and population density effects on yield component, seed quality and photosynthesis of sorghum and soybean. The Journal Food Technology (Africa) 6(3):170–172.
3- Anil, L., Park, J., Phipps, R.H., and Miller, F.A. 1998. Temperate intercropping of cereals for forage: a review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. Grass and Forage Science 53: 301-317.
4- Banik , P., Midya, A. Sarkar, B. K., and Ghose, S. S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in additive series experiment: advantages and smothering. European Journal Agronomy 24: 324-332.
5- Baumann.D.T., Bastiaans, L., and Kropff, M. 2003. Intercropping system optimization for yield, quality and weed suppression combining mechanic and descriptive models. Agronomy Journal 94: 734-742
6- Callaway, R.M. 1998. Facilitation in plant communities. p. 623–648. In: F.I. Pugnaire and F. Valladares (ed.) Handbook of Functional Plant Ecology. Marcel Dekker, New York.
7- Chen, C.,Westcott, M., Neill, K., Wichmann, D., and Knox, M. 2004. Row configuration and nitrogen application for barley-pea intercropping in Montana. Agronomy Journal 96: 1730–1738.
8- Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P., and Jensen, E.S. 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea–barley intercropping. Field Crops Research 70:101–109.
9- Hiebsch, C., Teiokagho, F. Chirembo, A. M., and Gerdner, F. P. 1995. Plant density and soybean maturity in soybean-maize intercropping. Agronomy Journal 87: 965-989
10- Hossienpanahi, F. 2008. Evaluation of yield and yield components in the corn and potato intercropping. MSc Thesis. Faculty of Agriculture. Ferdowsi University, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
11- Jahansooz, M.R., Yunusa, I.A.M., Coventry, D.R., Palmer, A.R., and Eamus, D. 2007. Radiation- and water-use associated with growth and yields of wheat and chickpea in sole and mixed crops. European Journal Agronomy 26: 275–282.
12- Jensen, E.S. 1996. Grain yield, symbiotic N_2 fixation and interspecific competition for inorganic N in pea–barley intercrops. Plant and Soil 182(1): 25–38.
13- Kallu, B.A., and Erhabor, P.O. 1990. Barley, lentil and flax yield under different intercropping systems. Agronomy Journal 82: 1066–1068.
14- Li, L., Yang, S.C. Li, X.L. Zhang, F.S., and Christie. P. 1999. Interspecific complementary and competitive interactions between intercropped maize and faba bean. Plant and Soil 212(2): 105–114.
15- Makinde, E. A., Ayoola, O. T., and Makinde, E. A. 2009. Intercropping leafy greens and maize on weed infestation, crop development, and yield. International Journal Vegetable Science 15: 402–411.
16- Morris, R.A., and Garrity, D.P. 1993. Resource capture and utilization in intercropping: Non-nitrogen nutrient. Field Crops Research 34: 319–334.
17- Odhiambo, G.D., and Ariga, E.S. 2001. Effect of intercropping maize and beans on *Striga* incidence and grain yield. Seventh Eastern and Southern Africa Reigenal Maize Conference. pp. 183-186
18- Ofori, F., and Stern, W.R. 1987. Cereal–legume intercropping systems. Advance in Agronomy 41: 41–90.
19- Olasantan, F.O.E, Lucas, E.O., and Ezumah, H.C. 1994. Effects of intercropping and fertilizer application on weed control and performance of cassava and maize. Field Crops Research 39:63-69
20- Poggio, S. L. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. Agriculture Ecosystems Environment 109: 48–58.
21- Rezvan-Bidokhti, S. 2004. Comparison to compounds of intercropping in corn and bean intercropping. M.Sc.

Thesis. Faculty of Agriculture. Ferdowsi University, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
22- Rostami, L., Mondani, F., Khuramdel, S., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Effect of various corn and bean intercropping densities on weed populations. Weed Research Journal 1(2): 37-51. (In Persian with English Summary)
23- Sanjani, S. 2007. The investigation seed yield and weed control in additive intercropping of cowpea and grain sorghum in limited irrigation condition. MSc Thesis. Faculty of Agriculture, University of Tehran. Iran. 143p. (In Persian with English Summary)
24- Schippers, P., and Kropff, M.J. 2001. Competition for light and nitrogen among grassland species: a simulation analysis. Functional Ecology 15:155-164.
25- Thobatsi, T. 2009. Growth and yield responses of maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata*) in a intercropping system. MSc Thesis. University of Pretoria. 149 p.
26- Tsubo, M., Walker, S., and Ogindo, H.O. 2005. A simulation model of cereal–legume intercropping systems for semi-arid regions I. Model development. Field. Crops Research 93:10-22.
27- Walker, S., and Ogindo, H.O. 2003. The water budget of rainfed maize and bean intercrop. Physiology Chemistry Earth 28:919–926.
28- Wall, G.J., Pringle, E.A., and Sheaed, R.W. 1991. Intercropping red-clover with silage corn for soil erosion control. Canadian Journal Plant Science 71: 137-145.
29- Weil, R.R., and Mc Fadden, M.E. 1991. Fertility and weed stress effects on performance of maize/soybean intercrop. Agronomy Journal 83: 717-721.
30- West, T.D., and Griffith, D.R. 1992. Effect of strip intercropping corn and soybean on yield and profit. Journal Production Agriculture 5:107–110.
31- Xin, N.Q., and Tong, P.Y. 1986. Multiple cropping systems and its development orientation in China (a review). Science Agriculture Sinica 4:88–92.