"مجله علوم زراعی ایران"
جلد یازدهم، شماره ٤،زمستان ١٣٨٨

اثر تراکم بوته و نسبت اختلاط بر عملکرد کشت مخلوط ذرت شیرین (*Zea mays* L. var Saccharata) و ماش سبز (*Vigna radiata* L.)

Effect of plant density and mixing ratio on crop yield in sweet corn (*Zea mays* L. var Saccharata) and mungbean (*Vigna radiata* L.) intercropping

شهرام سرلک[1] و مجید آقاعلیخانی[2]

چکیده

سرلک، ش. و م. آقاعلیخانی . ١٣٨٨. اثر تراکم بوته و نسبت اختلاط بر عملکرد کشت مخلوط ذرت شیرین (*Zea mays* L. var Saccharata) و ماش سبز (*Vigna radiate* L.). **مجله علوم زراعی ایران. ١١ (٤): ٣٨٠- ٣٦٧.**

به منظور ارزیابی عملکرد بلال و دانه قابل کنسرو ذرت شیرین(*Zea mays* L. var. Saccharata) و میزان تولید محصول جانبی این زراعت (علوفه) در تک کشتی و مخلوط با ماش سبز (*Vigna radiata* L.) ، آزمایشی در تابستان سال ١٣٨٥ در منطقه ورامین به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تکرار انجام شد. تراکم بوته با سه سطح کم (D1)، متوسط (D2) و زیاد (D3) به ترتیب ٦، ٨ و ١٠ بوته در مترمربع برای ذرت شیرین رقم S.C. 403 و١٠، ٢٠ و٣٠ بوته در مترمربع برای ماش رقم پرتو در کرت‌های اصلی و ٥ سطح نسبت اختلاط ذرت شرین- ماش شامل ١٠٠ : ٠ (P1)، ٧٥ :٢٥ (P2)، ٥٠ :٥٠ (P3)، ٢٥ :٧٥ (P4) و ٠ :١٠٠ (P5) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. در نمونه برداری زمان برداشت، محصول اقتصادی گیاه اصلی و صفات کمی در اجزای مخلوط شامل ارتفاع بوته، تعداد پاچوش‌ها، شاخص سطح برگ، وزن خشک اندام‌های گیاهی و ماده خشک کل، به علاوه عملکرد بلال قابل کنسرو و اجزای عملکرد ذرت شیرین و ماش اندازه گیری شدند. برای تعیین تیمار برتر کشت مخلوط، شاخص‌های ارزیابی مانند ضریب ازدحام نسبی، شاخص رقابت و نسبت برابری زمین محاسبه شدند. نتایج نشان داد که سطوح مختلف تراکم بوته بر صفات ارزیابی شده تأثیر معنی‌داری نداشت ولی اثر نسبت‌های اختلاط ذرت شیرین- ماش معنی‌دار بود ($P<0.01$). بر این اساس نسبت اختلاط ٧٥ :٢٥ (ذرت شیرین- ماش) به عنوان نسبت اختلاط برترتعیین شد، ذرت شیرین در این نسبت بالاترین وزن خشک (٦٩٠/٩ گرم در متر مربع)، بیشترین عملکرد علوفه خشک(٣٨٧/٢ گرم در متر مربع)،بالاترین عملکرد بلال قابل کنسرو (١٢٤١/١٤ گرم در متر مربع) و اجزای عملکرد بلال را در کشت مخلوط به خود اختصاص داد. بررسی شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط نیز نشان داد که این نسبت در تراکم کم (D1P2) نسبت برابری زمین معادل ١/٠٣ و ١/٠٩ ، به ترتیب برای عملکرد ماده خشک (قبل از برداشت بلال) و عملکرد علوفه کل (پس از برداشت بلال)، بالاتر از تک کشتی و سایر تیمارهای مخلوط قرار گرفت. به این ترتیب به نظر می‌رسد که برای پر کردن خلاء زمانی بین دو کشت متوالی پاییزه کشت مخلوط گیاهان گرما پسندی مانند ماش و ذرت شیرین که دوره رشدی کوتاه دارند، مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تراکم بوته، ذرت شیرین ، عملکرد علوفه،کشت مخلوط، ماش و نسبت اختلاط.

تاریخ دریافت: ١٣٨٧/٥/١٤ تاریخ پذیرش: ١٣٨٨/٧/١٥

١- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین (مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول می باشد)
٢- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس (مکاتبه کننده)

مقدمه

زراعت چند کشتی یکی از روش‌های کشاورزی پایدار و همسو با طبیعت محسوب می‌شود. در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری مانند ایران، آب، عامل محدود کننده زمان کاشت وعملیات داشت است و بر عملکرد و تولید گیاهان زراعی تاثیر می‌گذارد. کشت گندمیان گرمسیری مانند ذرت، سورگوم و ارزن به عنوان کشت دوم و توسعه چندکشتی و زراعت مخلوط یکی از راهکارهای بهره برداری بهینه از نهاده‌های تولید (Yadegari, 1994) و تحقق اهداف کشاورزی پایدار (Vandermere, 2000) محسوب می‌شود. درکشت مخلوط با بهره‌گیری از اصل تنوع گیاهی در مزرعه، افزایش تولید، حفظ حاصلخیزی خاک، کنترل فرسایش و در مجموع بهره‌برداری بهینه از منابع فراهم می شود(Mazaheri, 1998).

در بسیاری از آزمایش‌های کشت مخلوط که اجزای مخلوط را یک گونه از بقولات و یک گونه از غلات تشکیل می‌دهند، عملکرد مخلوط نسبت به تک‌کشتی برتری نشان داده است (Morris and Garrity, 1993)، در این باره می‌توان به کشت مخلوط سویا- ذرت (Elmore and Jackobs, 1986)، ذرت- لوبیا چشم بلبلی (Mandhal, *et al.*, 1996)، یونجه- علف باغ (Zaeifizadeh *et al.*, 1994)، شبدر برسیم- چچم (Vaez Zadeh, 1994)، ذرت- لوبیاسبز (Atri *et al.*, 1999) ذرت- لوبیا دانه‌ای (Towhidi Nezhad, 2000) و ذرت- سویا (Danaeifar *et al.* 2001)، اشاره نمود.

عملکرد در سیستم‌های کشت مخلوط در گرو انتخاب ژنوتیپ های سازگار و واجد صفات مناسب برای ایجاد حداقل رقابت و حداکثر همیاری و به کارگیری عملیات زراعی مناسب از جمله تراکم کاشت، نسبت اختلاط و الگوی کشت مخلوط می‌باشد(Mutungamiri *et al.*, 2001). به طور کلی کشت توأم هنگامی سودمند است که گیاهان، ریشه‌هایی با طول متفاوت داشته و طول ساقه و نحوه رشد آنها نیز در رقابت نوری متفاوت باشد. اگر دو گیاه دارای طول ساقه و یا نحوه رشد یکسانی باشند، مسئله سایه اندازی و رقابت نوری در میزان عملکرد آنها مؤثر واقع می‌شود. متفاوت بودن نوع گیاهان در کشت مخلوط از نزول احتمالی عملکرد به دلیل کاهش آفات و بیماری‌ها و خفه کردن علف‌های هرز (Majnoun Hoseini and Kular, 1988) جلوگیری می کند.

در کشت مخلوط ذرت- سویا، بیشترین عملکرد از مخلوط ۲۵درصد سویا و۷۵درصد ذرت بدست آمد (Pookpakdi, 1985 به نقل از Danaeifar *et al.* 2001). توحیدی نژاد (Tohidi Nezhad,2000) در آزمایش کشت مخلوط ذرت با لوبیا چشم بلبلی، بیشترین عملکرد علوفهٔ تر، مادهٔ خشک و دانه را از تک‌کشتی ذرت بدست آورد. یافته‌های Zand and Ghaffari Khaliq (2002) حاکی از آن است که نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ (۱به۱) لوبیا چشم بلبلی وسورگوم دانه‌ای نسبت به کشت خالص آنها ۱۹درصد سودمندی دارد. آنها ضمن برآورد شاخص غالبیت در تیمارهای مخلوط اظهار داشتند، لوبیا چشم بلبلی با غلبه بر سورگوم از شرایط محیطی به نحو مطلوب‌تری استفاده کرده است. گزارش شده است که در کشت مخلوط ذرت آجیلی و لوبیا چشم بلبلی، تیمارهای ترکیبی کشت مخلوط در صفات عملکرد دانه ذرت و لوبیا تفاوت بسیار معنی‌دار داشتند Barzegari *et al.*, 2004). عملکرد کلیه تیمارهای کشت مخلوط از نظر نسبت برابری زمین در مقایسه با کشت خالص برتری داشت. در آزمایشی که رحیمی و همکاران (Rahimi *et a.*, 2004) برای مقایسه سه نسبت مختلف کشت مخلوط ذرت و سویا با کشت خالص آنها انجام دادند، حداکثر عملکرد را به ترتیب از تیمار مخلوط ۵۰ درصد از هر دو گیاه و ۲۵ درصد ذرت بعلاوه ۷۵ درصد سویا بدست آوردند. آنها نشان دادند که با کاهش تعداد ردیف‌های ذرت طول بلال، تعداد بلال در

بوته، تعداد دانه در بلال، تعداد غلاف سویا، وزن صد دانه سویا و میزان پروتئین خام سویا افزایش می‌یابد. به احتمال زیاد این موضوع از غالبیت و سایه‌اندازی کمتر ذرت ناشی می شود.

گزارش شده است که با افزایش تراکم، مادهٔ خشک تولیدی در تک‌کشتی و کشت مخلوط افزایش می‌یابد و بالا بودن تعداد بوته در واحد سطح بویژه در مورد گیاهان علوفه‌ای، میکروکلیمای مناسبی را بوجود می‌آورد و باعث افزایش عملکرد مادهٔ خشک کل می‌شود(Danaeifar *et al.*, 2001) . در آزمایشی درباره اثر تراکم و آرایش کاشت بر عملکرد کمی و کیفی علوفه در زراعت مخلوط شبدر برسیم و جو علوفه‌ای مشخص شد که در کلیهٔ مخلوط‌ها با افزایش تراکم، عملکرد مادهٔ خشک افزایش می‌یابد و حداکثر عملکرد مادهٔ خشک به مخلوط ۵۰:۵۰ (جو- شبدر) در تراکم بالا مربوط می‌شود. به علاوه با افزایش تراکم، نسبت برابری زمین نیز افزایش می‌یابد به طوری که حداکثر این شاخص در تراکم بالا و مخلوط ۵۰:۵۰ (جو- شبدر) به دست آمد. بیشترین مقادیر پروتئین خام نیز در همین نسبت به دست آمد (Shahrivar *et al.*, 1996).

شهرستان ورامین در ۳۰ کیلومتری جنوب شرق تهران یکی از مناطق مستعد و دارای سابقه کشاورزی دیرینه است. در فاصله زمانی بین برداشت محصول زراعت پاییزه (گندم ، جو یا کلزا) در اواخر بهار هر سال و آماده‌سازی زمین برای کشت بعدی در پائیز همان سال، زمان کافی برای کشت یک گیاه دانه‌ای به عنوان کشت اصلی فراهم نیست. به علاوه، گرمای شدید و تابستان طولانی این منطقه رویکرد به استفاده بهینه از آب را ضروری می نماید. اگرچه اکثر زمین‌های منطقه به طرق مختلف برای تولید انواع محصولات سبزی و صیفی و ذرت علوفه‌ای مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند، لیکن ارزیابی کشت گیاهانی با فصل رشد کوتاه و سودآور که پتانسیل بالایی در استفاده از گرما و تابش فراوان در فصل تابستان را داشته باشند، به افزایش بهره‌وری نهاده‌ها کمک می‌کند. در این میان ذرت شیرین (*Zea mays* L. var. Saccharata) از جمله گندمیان گرمسیری است که دوره رشد آن تا برداشت محصول اقتصادی (بلال در مرحله خمیری نرم) به طور متوسط ۷۵ تا ۸۰ روز است و حجم قابل توجهی نیز ماده خشک با درصد پروتئین بالا تولید می‌کند که به عنوان محصول جانبی (by products) برای تغذیه دام قابل استفاده است. از آنجایی که بررسی منابع مختلف بر سودمندی کشت مخلوط یک گیاه بقولاتی با یک غله تأکید دارند، ارزیابی تأثیر نسبت‌های اختلاط ماش سبز (*Vigna radiate* L.) با ذرت شیرین و تراکم بوته در واحد سطح بر عملکرد ذرت شیرین به عنوان گیاه اصلی و تعیین شاخص های سودمندی کشت مخلوط به عنوان اهداف کلی این تحقیق در نظر گرفته شدند.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت در تابستان سال ۱۳۸۵ در منطقه قلعه سین ورامین با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی و۳۵ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۱۰۵۰ متر از سطح دریا انجام شد. برای تعیین خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش، چند نمونهٔ تصادفی از دو عمق صفر تا ۲۵ و ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متری خاک تهیه و پس از مخلوط کردن، دو نمونه مرکب به آزمایشگاه خاکشناسی ارسال شد. بر این اساس بافت خاک مزرعه لوم رسی تشخیص داده شد. نتایج تجزیهٔ خاک مزرعه در جدول شمارهٔ یک نشان داده شده است. مزرعه در سال قبل زیرکشت گندم پاییزه بود و پس از آن، عملیات آماده‌سازی زمین (شخم، مصرف کود پایه، دیسک، تسطیح زمین و ایجاد جوی‌وپشته و سایر مراحل آماده‌سازی) پس از برداشت گندم در اواسط تیرماه انجام شد. در این آزمایش که به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار انجام شد، تراکم بوته با

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک مزرعه آزمایشی (منطقه قلعه سین ورامین)

Table 1. Results of soilanalysis of the experimental field (Ghaleh Sin region, Varamin)

مشخصات Indicetors	عمق Depth (cm)	هدایت الکتریکی Ec $ds.m^{-1}$	واکنش خاک pH	T.N.V (%)	کربن آلی O.C (%)	نیتروژن کل TotalN (%)	فسفر قابل جذب P(ava) $mg.kg^{-1}$	پتاسیم قابل جذب K(ava) $mg.kg^{-1}$
نمونه ۱ Sample 1	0 – 25	4.46	7.70	20.18	0.71	0.07	24.64	348
نمونه ۲ Sample 2	25 – 50	5.52	7.69	20.4	0.71	0.07	18.06	356

مشخصات Indicetors	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	بافت Texture	آهن Fe $mg.kg^{-1}$	روی Zn $mg.kg^{-1}$	مس Cu $mg.kg^{-1}$	منگنز Mn $mg.kg^{-1}$	بور B $mg.kg^{-1}$
نمونه ۱ Sample 1	30	32	38	لوم رسی Clay loam	2.64	0.98	1.04	7.48	0.23
نمونه ۲ Sample 2	30	38	32	لوم رسی Clay loam	1.84	0.74	0.84	5.26	0.72

سه سطح کم(D1)، متوسط (D2) و زیاد (D3) به ترتیب ۶، ۸ و ۱۰ بوته در مترمربع برای ذرت شیرین رقم S.C. 403 و ۱۰، ۲۰ و ۳۰ بوته درمترمربع برای ماش رقم پرتو بود در کرت‌های اصلی و ۵ سطح نسبت اختلاط ذرت شیرین- ماش شامل ۱۰۰ : ۰ (P1)، ۷۵ :۲۵(P2)، ۵۰ :۵۰ (P3)، ۲۵ :۷۵ (P4) و ۰ :۱۰۰ (P5) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. بذرهای هر دو گیاه به صورت همزمان در تاریخ۶ مرداد ماه ۱۳۸۵ کاشته شدند. هر واحد آزمایشی از ۶ ردیف کشت به طول ۶/۵ متر تشکیل شد. فاصله بین ردیف‌ها ۶۰ سانتیمتر و فاصله بین دو بوته متناسب با تراکم مورد نظر برای هر گیاه و در هر تیمار در نظر گرفته شد. بین دو کرت مجاور یک ردیف نکاشت در نظر گرفته شد و بین تکرارهای آزمایش نیز ۲/۵ متر فاصله منظور گردید. در هر کرت خطوط کاشت ۲، ۳، ۴، ۵ متناسب با نسبت اختلاط مورد نظر به کشت ذرت شیرین یا ماش اختصاص داده شد و در خطوط حاشیه هر واحد آزمایشی (ردیف‌های ۱و۶) ذرت شیرین کشت شد.

کلیه عملیات داشت از قبیل توزیع کود سرک، وجین علف‌های هرز، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و آبیاری به هنگام نیاز و به روش مرسوم منطقه انجام گرفت. عملیات کوددهی بر اساس نیاز کودی گیاهان به عنصر نیتروژن(۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از نوع اوره) و بر مبنای نتایج آزمایش‌های تجزیهٔ خاک در دو مرحله در تاریخ‌های(پانزدهم شهریور و یازدهم مهرماه) و به صورت شیاری در کنار ردیف‌های کاشت، انجام شد. برداشت محصول ذرت شیرین در تاریخ ۹ آبان ماه در مرحله خمیری (رسیدگی اقتصادی) انجام شد. در این مرحله از چهار خط میانی، به طول ۴ متر نمونه‌برداری شد و پس از توزین وزن تر نمونه از کل سطح برداشت شده (۹/۶ متر مربع)، ۱۰بوته از ذرت شیرین و ۱۰بوته از ماش را به عنوان ریزنمونه انتخاب و بعد از توزین، آنها را تفکیک کرده و بعد از قرار دادن در آون (به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد) وزن خشک آنها نیز اندازه‌گیری شد. قبل از نمونه‌برداری صفات مورفولوژیک شامل: ارتفاع تشکیل بلال (موقعیت بلال)، تعداد پاجوش‌ها، قطر ساقه ذرت، ارتفاع بوته ذرت و ارتفاع بوته ماش اندازه گیری شد. البته در این مرحله از نمونه‌برداری، اجزای عملکرد ماش

شامل تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در هر غلاف(میانگین ۱۰ غلاف)، وزن ۱۰۰ غلاف با پوست و بدون پوست، وزن ۱۰۰ دانه در نمونه ماش(پنج بوته) و در مورد ذرت شیرین، وزن بلال‌های اصلی(روی ساقه اصلی) وبلال های فرعی (روی پا جوش‌ها)، تعداد بلال‌ها اصلی و فرعی، طول بلال، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، طول کچلی بلال، قطر بلال، قطر چوب بلال، نیز اندازه‌گیری شدند.

برای محاسبه ضریب ازدحام نسبی (RCC= Relative Crowding Coefficient) که در واقع معرف میزان رقابت بین ذرت شیرین(a) و ماش(b) است ابتدا با استفاده از رابطه ۱ (Mazaheri ,1998) ، ضریب نسبی تراکم هر یک از دو گونه محاسبه شد و سپس ضریب ازدحام نسبی از رابطه ۲ (Mazaheri ,1998) به دست آمد:

$$Ka = \frac{Yab \times Zba}{(Yaa - Yab) \times Zab} \qquad (۱)$$

در این رابطه Ka ضریب نسبی تراکم گونهٔ a، Yaa محصول گونهٔ a در تک کشتی ، Yab محصول گونهٔ a در کشت مخلوط با گونهٔ b ، Zab نسبت مخلوط گونهٔ a و Zba نسبت مخلوط گونهٔ b می‌باشند.

$$RCC = Ka \times Kb \qquad (۲)$$

برآورد شاخص رقابت (CI=Competition Index) بر اساس معادلهٔ ۳ (Mazaheri ,1998) انجام شد:

$$CI = \frac{(N'_A - N_A)(N'_B - N_B)}{N_A N_B} \qquad (۳)$$

N'_A محصول گیاه A در کشت خالص، N_A محصول گیاه A در کشت مخلوط، N'_B محصول گیاه B در کشت خالص و N_B = محصول گیاه B در کشت مخلوط می‌باشند.

برای تعیین نسبت برابری زمین (LER=Land equivalence ratio) عملکرد نسبی هر جزء محاسبه و مجموع آنها میزان LER را نشان می‌دهد (معادله ۴).

در این معادله YCiعملکرد هر جزء در مخلوط و YCm حداکثر عملکرد تک کشتی آن جزء می باشد.

$$LER = \sum_{c}^{n} \frac{Yci}{Ycm} \qquad (۴)$$

برای تجزیه وتحلیل داده‌ها از روش تجزیه واریانس(PROC ANOVA) از برنامه آماری SAS استفاده شد. مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

مجموع ماده خشک ذرت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که مجموع ماده خشک، ماده خشک علوفه ذرت پس از برداشت بلال و نیز ماده خشک اندام‌های مختلف ذرت شیرین (برگ، ساقه و بلال) تحت تأثیر عامل تراکم بوته قرار نگرفت. به نظر می رسد که قرار گرفتن عامل تراکم در کرت های اصلی و پایین بودن درجه آزادی خطای کرت اصلی در این زمینه موثر بوده است. از این رو پیشنهاد می شود در موارد مشابه تیمار ها به صورت فاکتوریل مرتب شوند. در حالی که نسبت اختلاط دو جزء مخلوط، این صفات را بطور بسیار معنی‌داری ($P \leq 0.01$) تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲).

پیلای و همکاران (Pillai, *et al;* 1990) در بررسی سودمندی‌های اکولوژیک کشت مخلوط ذرت علوفه‌ای و لوبیا چشم بلبلی اظهار داشته‌اند که کشت مخلوط ذرت- لوبیا چشم بلبلی عملکرد علوفهٔ سبز و مادهٔ خشک را به طور معنی‌داری افزایش داد. مقایسه میانگین‌های مجموع ماده خشک ذرت شیرین و نیز ماده خشک اندام‌های مختلف و ماده خشک علوفه ذرت (جدول ۳) نشان می‌دهد که ذرت شیرین در تراکم متوسط D_2 (۸ بوته در متر مربع) دارای بیشترین میزان ماده خشک بوده و از نظر میزان ماده خشک توزیع شده در اندام‌های مختلف، بلال سهم بیشتری را نسبت به

سایر اندام‌ها داشته است. در همین باره فرانسیس و همکاران (Fransis *et al.*, 1982) نیز بیان کردند که ذرت در تراکم حدود ۶ بوته در مترمربع دارای بیشترین عملکرد است. در جدول ۳ مشاهده می‌شود که با افزایش تراکم بوته بر میزان ماده خشک توزیع شده بین برگ و ساقه افزوده شده ولی عملکرد بلال کاهش پیدا کرده است. به نظر می رسد که در تراکم بالا، برگ‌های پایین‌تر با قرار گرفتن در سایه دارای تنفس بیشتر از فتوسنتز بوده و به عنوان یک انگل برای گیاه و به‌ویژه برگ‌های فوقانی عمل کرده‌اند.

در ذرت شیرین همانند بسیاری از گونه‌های زراعی، ساکارز شکل انتقالی اولیه‌ی کربن است و ورود و استفاده از کربوهیدرات‌های محلول همراه با اسیدهای آمینه به عنوان یک منبع نیتروژن احیاء شده، برای رشد رویشی و نمو زایشی ضروری است بنابراین در این مرحله از رشد گیاه، تسهیم ماده‌ی پرورده و انتقال مواد آلی به بلال بیشتر از سایر اندام‌ها بوده و باعث افزایش میزان ماده خشک در بلال شده است (Mohammadi and Aghaalikhani, 2007). در این مرحله کربوهیدرات‌های لازم برای پر کردن دانه از فتوسنتز جاری و از انتقال ذخایر موقتی ساقه‌ها، برگ‌ها، چوب بلال و غلاف بلال تامین می شوند. تغییر تراکم موجب تغییر عملکرد می‌شود، در صورتی که با تغییر تراکم فقط به وجود آید، تغییر عملکرد در جهت منفی خواهد بود و اگر فقط شرایط همیاری وجود داشته باشد، تغییر عملکرد در جهت مثبت خواهد بود. در برخی از حالات تراکم بوته باعث تغییر عملکرد از حالت مثبت به منفی خواهد بود که در این شرایط رقابت و همیاری بطور همزمان نمود پیدا می‌کنند. این حالت در تراکم متوسط (D_2) دیده شد به گونه‌ای که با افزایش تراکم بوته، عملکرد مجددا کاهش یافت. در این مورد می‌توان استنباط کرد که ذرت در تراکم متوسط از شرایط محیطی بهتر استفاده کرده است و با افزایش تراکم، به دلیل تشدید رقابت درون گونه‌ای، افزایش عملکرد ماده خشک متوقف گردیده و یا حتی با کاهش وزن خشک مواجه شده است (شکل ۱).

با افزایش تراکم بوته، میزان ماده خشک علوفه پس از برداشت بلال بواسطه افزایش تعداد بوته در واحد سطح و نیز افزایش ساقه و برگ، روند صعودی داشت. بنابراین یک رابطه مثبت بین افزایش تراکم بوته و تجمع ماده خشک در محصول علوفه ذرت شیرین قابل پیش بینی می‌باشد (شکل ۲). بیشترین میزان ماده خشک ذرت شیرین در کشت خالص آن بدست آمد (جدول ۳). با کاهش سهم ذرت، میزان ماده خشک ذرت شیرین کاهش یافت و تغییرات این کاهش عملکرد بطور یکسان نبود، زیرا میزان ماده خشک کل ذرت شیرین در تیمار۷۵ درصد ذرت شیرین + ۲۵ درصد ماش و در تیمار ۵۰ درصد ذرت شیرین ۵۰+ درصد ماش نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۲۴ و ۱۹ درصد کاهش نشان داد و در تیمار۲۵ درصد ذرت شیرین + ۷۵ درصد ماش، این کاهش به ۴۲ درصد رسید. این روند در مورد ماده خشک بلال نیز صادق بود، به طوری که در تیمار۷۵ درصد ذرت شیرین + ۲۵ درصد ماش ماده خشک بلال ۲۱ درصد کاهش یافت، اما در تیمار ۵۰ درصد ذرت شیرین + ۵۰ درصد ماش فقط ۱۰ درصد کاهش عملکرد رخ داد، یعنی میزان ماده خشک بلال با کاهش سهم بلال کمتر شد. در مورد وزن خشک علوفه و ساقه و برگ با کاهش سهم ذرت، میزان افت ماده خشک افزایش یافت، به‌طوری که در مورد میزان ماده خشک علوفه در تیمار ۵۰ درصد ذرت شیرین + ۵۰ درصد ماش ۲۸ درصد و در مورد برگ و ساقه در این تیمار به ترتیب ۲۸ و ۲۹ درصد کاهش نشان دادند و با افزایش سهم جزء دوم مخلوط یعنی ماش (۲۵ درصد ذرت شیرین + ۷۵ درصد ماش) میزان کاهش ماده خشک افزایش یافت و به حدود ۴۰ درصد رسید.

تریپاتی و همکاران (Tripathi *et al.*, 1987) طی آزمایشی در مورد میزان تولید علوفه در کشت‌های

خالص و مخلوط غلات و بقولات در فصل تابستان، مشاهده کردند که در کشت خالص، سورگوم (رقم Pioneer 988) و ذرت (رقم African tall) به طور معنی‌داری علوفه تر و خشک بیشتری نسبت به سایر تیمارها تولید کردند. دریایی و همکاران (Daryaei *et al.*, 2005) نیز در ارزیابی کشت مخلوط نخود و جو به منظور تولید علوفه گزارش کردند که عملکرد علوفه نخود تحت تاثیر نسبت اختلاط قرار گرفت و کشت خالص نخود از بیشترین عملکرد علوفه برخوردار بود. توحیدی نژاد (Tohidi Nezhad, 2000) در ارزیابی کشت مخلوط ذرت با لوبیا چشم بلبلی، بیشترین عملکرد علوفهٔ تر، مادهٔ خشک و دانه را از تک‌کشتی ذرت گزارش کرد. بنا بر گزارش دانایی فر و همکاران (Danaeifar *et al.* 2001)، با افزایش تراکم بوته، مادهٔ خشک تولیدی در تک‌کشتی و کشت مخلوط افزایش می‌یابد. به عقیده آنها بالا بودن تعداد بوته در واحد سطح بویژه در مورد گیاهان علوفه‌ای، میکروکلیمای مناسبی بوجود آورده و به افزایش عملکرد مادهٔ خشک کل منجر می شود. شهریور و همکاران (Shahrivar *et al.*, 1996) در تحقیقی پیرامون اثر تراکم و آرایش کاشت بر عملکرد کمی و کیفی علوفه در زراعت مخلوط شبدر برسیم و جو علوفه‌ای اظهار داشتند که در کلیهٔ مخلوط‌ها با افزایش تراکم، عملکرد مادهٔ خشک افزایش می یابد و حداکثر عملکرد مادهٔ خشک به مخلوط ۵۰: ۵۰ (جو- شبدر) در تراکم بالا مربوط می شود. بسیاری از محققان از جمله (Enyi; Fisher, 1977 و Vanichyangkool, 1972 به نقل از Saberi, 2005) گزارش کردند که تراکم مطلوب یک گیاه، در شرایط کشت مخلوط پایین‌تر از کشت خالص آن است.

عملکرد بلال

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که عامل تراکم بوته بر وزن خشک دانه بلال، وزن خشک چوب بلال و وزن خشک پوست بلال تاثیر معنی‌داری نداشت، ولی تأثیر نسبت اختلاط بر این صفات بسیار معنی‌دار ($P\leq0.01$) بوده و اثر متقابل تراکم و نسبت اختلاط فقط بر وزن خشک چوب بلال تاثیر معنی‌داری داشت (جدول۲). مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین میزان ماده خشک دانه در تراکم D_2 (متوسط) بدست آمد، اما در مورد وزن خشک چوب بلال، وزن خشک پوست بلال، با افزایش تراکم بوته، ماده خشک کاهش یافت. به نظر می رسد که نوسانات مقادیر عملکرد ناشی از مسئله سایه‌اندازی بوته‌ها و نیز رقابت ایجاد شده در تراکم بالا بوده و احتمالاً این اثر به کاهش تابش خورشیدی در قسمت‌های پایین پوشش گیاهی در تراکم بالا مربوط می‌باشد. با افزایش سهم ذرت، میزان ماده خشک افزایش یافت به طوری که تک کشتی ذرت دارای بیشترین میزان ماده خشک در دانه، چوب و پوست بلال بوده و با افزایش سهم ماش، میزان ماده خشک کاهش یافت. به نظر می رسد در این حالت رقابت برون گونه‌ای افزایش یافته است.

ضریب ازدحام نسبی

شاخص ضریب ازدحام نسبی (RCC) میزان رقابت بین دو گونه که به روش جایگزینی با یکدیگر مخلوط شده‌اند را مشخص می‌کند. هر گاه RCC>1 باشد زراعت مخلوط سودمند خواهد بود. چنانچه RCC=1 باشد هیچگونه کاهش یا افزایش محصول در مخلوط نسبت به تک کشتی دیده نمی شود و هر گاه RCC<1 باشد میزان محصول بدست آمده از زراعت مخلوط کمتر از محصول تک کشتی است (Mazaheri,1998; Sharifi *et al.* 2006). حالت اخیر در مورد عملکرد ماده خشک قبل و پس از برداشت بلال مشابه بود، در حالی که نسبت اختلاط ۲۵/۷۵ (ذرت شیرین- ماش) در تراکم کم (D_1P_2) و تراکم متوسط (D_2P_2) به ترتیب با ضریب ازدحام نسبی ۱/۲۰ و ۱/۱۱ و همچنین در همین تراکم و در نسبت اختلاط ۷۵/۲۵ (ذرت شیرین- ماش) با ضریب ازدحام نسبی ۱/۴۳ از نظر مجموع عملکرد ماده خشک قبل از برداشت بلال، سودمندترین

تیمارهای مخلوط ارزیابی شدند.

بر اساس گزارش (Mazaheri, 1998) چنانچه ضریب نسبی تراکم برای هر دو گونه (Ka , Kb) برابر واحد باشد، در مخلوط حالت موازنه یا تعادل برقرار است. در حالتی که ضریب نسبی تراکم برای هر گونه با واحد برابر نباشد، گیاهی که ضریب آن بیشتر است گیاه غالب خواهد بود. به طور کلی، در تیمارهای کشت مخلوط ذرت شیرین- ماش، گونهٔ ماش همواره مغلوب بوده است، به طوری که در اکثر موارد، ضریب ازدحام نسبی آن (K_b) در مورد عملکرد قبل و بعد از برداشت بلال خشک، کوچکتر از ضریب ازدحام نسبی برای ذرت شیرین (K_a) است (داده ها نشان داده نشده است). با عنایت به تفاوت مرفولوژی و خصوصیات فیزیولوژیک این دو گونه، بروز چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نیست، زیرا ذرت شیرین به عنوان یک گیاه زراعی کربن ۴ و ارتفاع بوته بلند، از سرعت رشد بالایی برخوردار است و در بهره‌برداری از منابع به ویژه نور بر جزء دوم مخلوط (ماش) غلبه کرده است. برتری ضریب ازدحام نسبی ذرت شیرین (K_S بالاتر از یک)، نسبت به ماش این نتیجه‌گیری را تایید می‌کند.

بر اساس گزارش مظاهری (Mazaheri, 1998) در زراعت مخلوط، سودمندی زمانی حاصل می‌شود که گیاهان تشکیل دهندهٔ مخلوط از نظر نحوه رشد و میزان جذب عوامل مؤثر در رشد (نور، آب و عناصر غذایی) با یکدیگر متفاوت باشند، زیرا در این صورت رقابت برون گونه‌ای کمتر از رقابت درون گونه‌ای می شود و با تقلیل رقابت، سودمندی کشت مخلوط تضمین می شود. اگر بعد از برداشت بلال، باقی مانده ماده خشک به عنوان علوفه تلقی شود، ضریب ازدحام نسبی برای واحدهای آزمایشی را با دقت بیشتری می توان محاسبه و تیمار برتر را انتخاب نمود. در این آزمایش تیمار D_1P_2 با ضریب ازدحام نسبی ۱/۹۸ برترین تیمار مخلوط بود.

نسبت برابری زمین

بالاترین نسبت برابری زمین برای عملکرد کل قبل از برداشت بلال در تیمار D_2P_4 معادل ۱/۰۸ به دست آمد و تیمار D_1P_2 با شاخص ۱/۰۳ در رتبهٔ بعدی قرار گرفت (جدول ۴). بنا به گزارش مظاهری (Mazaheri ,1998). در حالت LER= 1 محصول زراعت‌های تک کشتی و مخلوط یکسان می باشد و LER<1 نشان دهنده عدم سودمندی مخلوط است. بر این اساس عملکرد ماده خشک حاصل از کشت مخلوط ذرت شیرین- ماش در تیمارهای یاد شده نسبت به تک کشتی به ترتیب ۸ و۳ درصد افزایش داشت. در ارزیابی عملکرد ماده خشک بعد از برداشت بلال نیز ملاحظه می شود که تیمار D_1P_2 با دارا بودن نسبت برابری زمین معادل ۱/۰۹ و ۹ درصد افزایش محصول نسبت به تک کشتی، در صدر قرار گرفته و تیمار D_2P_4 با نسبت برابری زمین معادل ۱/۰۱ رتبه بعدی را به خود اختصاص داد. این مقادیر هرچه اندک هستند، ولی برتری کشت مخلوط را نشان می‌دهند. یافته های مربوط به ارزیابی شاخص رقابت نیز موید این نتیجه گیری می‌باشند(داده ها نشان داده نشده اند). به طوری که تیمار D_1P_2 با CI<1 بر فزونی ارزش کشت مخلوط نسبت به کشت خالص تاکید دارد.

شریفی و همکاران (Sharifi *et al*., 2006) با ارزیابی تولید علوفه در کشت مخلوط سورگوم و لوبیا چشم بلبلی اظهار داشتند که بالاترین نسبت برابری زمین در تیمار D_3M_2 (۲۵ درصد لوبیا،۷۵ درصد سورگوم) معادل ۱/۲۶ به دست آمد و تیمار D_1M_2 با نسبت برابر ۱/۲۴ در رتبهٔ بعدی قرار گرفت. بر این اساس عملکرد علوفهٔ تر حاصل از کشت مخلوط در این تیمارها نسبت به تک کشتی به ترتیب ۲۶ و ۲۴ درصد افزایش نشان داد. ولی در ارزیابی عملکرد علوفهٔ خشک ملاحظه شد که تیمار D_1M_2 با برجای گذاشتن نسبت برابری زمین معادل ۱/۱۹ و ۱۹ درصد افزایش محصول نسبت به تک کشتی در صدر قرار داشت. دریایی (Daryaei 2005) نیز

جدول ۲- تجزیه واریانس ماده خشک ذرت شیرین در برداشت نهائی

Table 2. Analysis of variance for dry matter of sweet corn at final harvest

S.O.V منابع تغییر	درجه‌آزادی df	ماده خشک کل Total dry matter	ماده‌خشک‌علوفه‌ذرت پس‌ازبرداشت‌بلال Dry matter weight (after ear removing)	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک‌ساقه Stem dry weight	وزن خشک بلال Cob dry weight	وزن خشک دانه‌بلال Kernel dry weight	وزن خشک چوب بلال Cob dry weight	وزن خشک پوست بلال Husk dry weight
Replication بلوک	3	172256.223**	86901.848**	2658.8902**	49291.4656**	29330.809**	14456.0049**	877.6682**	286.0304**
Plant density تراکم بوته	2	5479.663	1872.389	348.0353	1577.3735	2908.735	1310.1878	66.8159	104.3299
Error a خطای کرت‌اصلی	6	4210.634	6863.358	207.5355	3855.3952	3907.737	2676.3246	39.3569	71.5817
Mixing Ratio نسبت اختلاط	4	1431660.408**	434134.055**	24660.5388**	235659.1009**	277337.534**	129769.6242**	9819.2096**	3591.2848**
Interaction effect اثر متقابل	8	4903.104	3556.110	31.7232	2709.9593	1621.261	810.5502	188.5004*	44.8271
Error خطای‌آزمایشی	36	8514.179	3714.955	182.0586	2240.286	2173.071	1280.7111	66.8995	44.2969

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳- مقایسهٔ میانگین ماده خشک ذرت شیرین در مرحله‌ی خمیری ذرت شیرین (برداشت نهایی) در تیمارهای تراکم بوته و نسبت اختلاط

Table 3. Means comparision of Sweet corn biomass in soft dough stage (final harves) affected by plant density and mixing ratio

تیمارهای آزمایشی	ماده‌خشک کل Total dry matter ($g.m^{-2}$)	ماده‌خشک‌علوفه‌ذرت پس‌ازبرداشت‌بلال Dry matter weight (after ear removing) ($g.m^{-2}$)	وزن‌خشک‌برگ Leaf dry Weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک‌ساقه Steam dry weight ($g.m^{-2}$))	وزن خشک بلال Ear dry weight($g.m^{-2}$)	وزن خشک دانه بلال Kernel dry weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک چوب بلال Cob dry weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک پوست بلال Husk dry weight ($g.m^{-2}$)
Plant density تراکم(بوته‌درمترمربع)								
D_1 کم	469.09 a	250.27 a	53.579 b	182.93 a	231.99 a	155.84 a	46.211 a	28.573 a
D_2 متوسط	520.15 a	276.12 a	63.375 b	206.01 a	244.03 a	167.05 a	43.627 a	28.044 a
D_3 زیاد	470.62 a	283.82 a	72.520 a	211.30 a	202.70 a	138.35 a	41.130 a	23.219 a
Mixing Ratio نسبت اختلاط								
P_1=0:100	917.12 a	516.09 a	131.067 a	376.18 a	404.40 a	277.43 a	76.191 a	42.699 a
P_2=25:75	690.91 b	387.19 b	95.584 b	291.60 b	317.09 b	213.22 b	63.193 b	41.200 a
P_3=50:50	558.70 c	275.62 c	67.232 c	208.39 c	283.07 b	192.89 b	55.190 c	34.988 b
P_4=25:75	322.07 d	162.00 d	43.964 d	118.04 d	160.07 c	107.78 c	32.594 d	19.694 c
P_5=0:100	0.00 e	0.00 e	0.000 e	0.00 e	0.00 d	0.00 e	0.00 e	0.00 d

در هر ستون و برای هر تیمار، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت آماری معنی‌داری ندارند

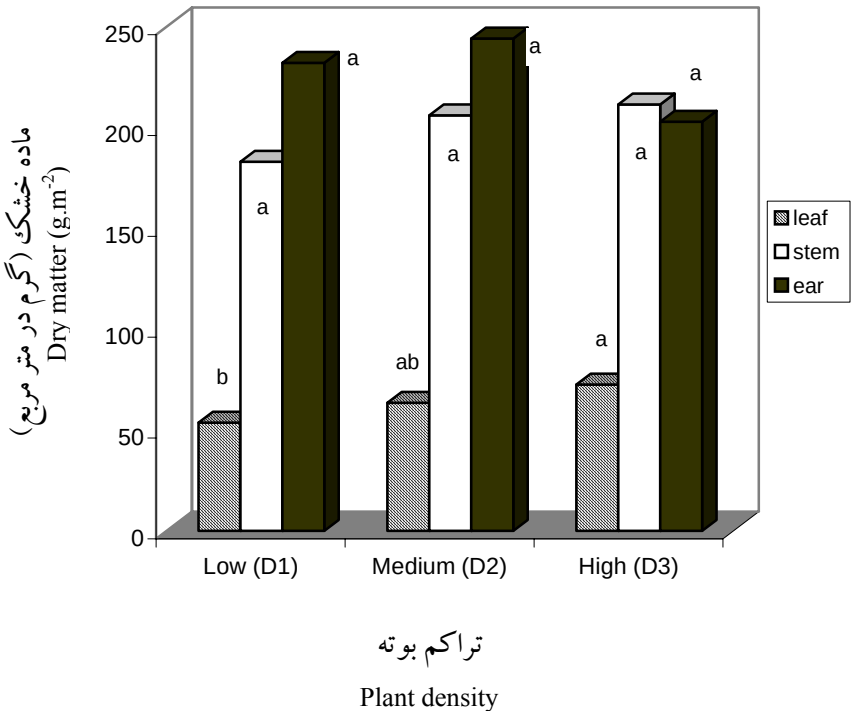
Means in each column and for each treatment followed by at least one similar letter are not significantly different at 5% probability level using Duncan's MultipleRangeTest

جدول ۴- مقادیر عملکرد نسبی(RY) و نسبت برابری زمین(LER) برای عملکرد ماده خشک در کشت مخلوط ذرت شیرین- ماش

Table 5. Relative Yield and Land Eqivalence Ratio for dry matter yield in intercropping of mung bean and sweet corn

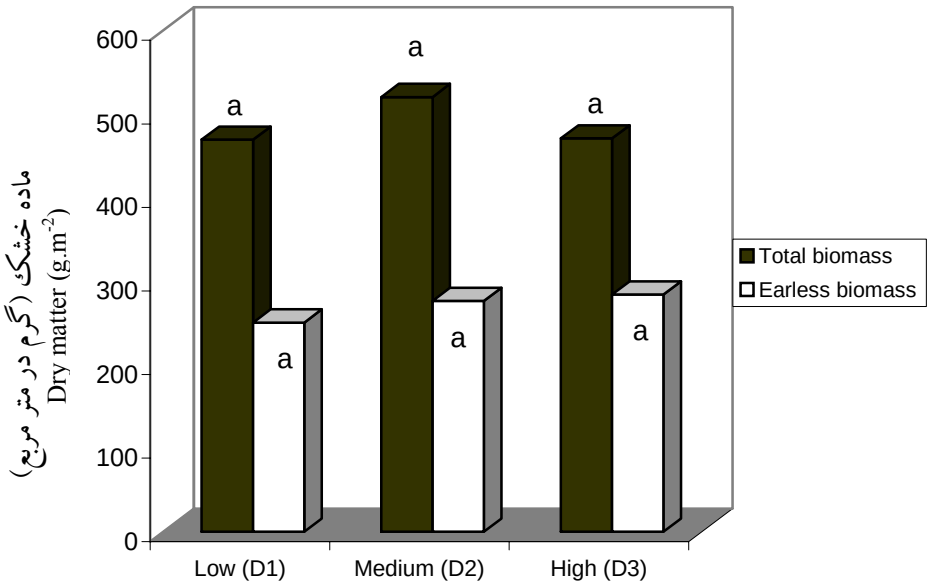
	مجموع عملکرد علوفه (پس از برداشت بلال) Total forage yield (after ear removing)			مجموع عملکرد ماده خشک (قبل از برداشت با بلال) Total dry matter (before ear removing)		
تیمارها* Treatments	نسبت برابری زمین LER	عملکرد نسبی ماش RY (Mung bean)	عملکرد نسبی ذرت RY (Sweet corn)	نسبت برابری زمین LER	عملکرد نسبی ماش RY (Mung bean)	عملکرد نسبی ذرت RY (Sweet corn)
D_1P_2	1.09	0.200	0.887	1.03	0.200	0.827
D_1P_3	0.91	0.363	0.547	0.94	0.363	0.579
D_1P_4	0.93	0.617	0.315	0.97	0.617	0.355
D_2P_2	0.98	0.272	0.704	1.02	0.272	0.748
D_2P_3	0.82	0.348	0.475	0.93	0.348	0.578
D_2P_4	1.01	0.704	0.309	1.08	0.704	0.375
D_3P_2	0.88	0.119	0.761	0.83	0.119	0.715
D_3P_3	0.85	0.268	0.583	0.93	0.268	0.658
D_3P_4	0.79	0.472	0.317	0.79	0.472	0.315

- تراکم بوته با سه سطح کم(D1)، متوسط (D2) و زیاد (D3)و نسبت اختلاط ذرت شیرین- ماش شامل 0:100 (P1)، 25:75 (P2)، 50:50 (P3)، 75:25 (P4) و 100:0 (P5)



شکل۱ - توزیع ماده خشک در اندام های مختلف ذرت شیرین

Fig. 1. Dry matter distribution in different plant parts of sweet corn



شکل۲- مجموع ماده خشک و ماده خشک علوفه ذرت شیرین (بدون بلال) در تیمارهای تراکم بوته
Fig. 2.Total Dry matter and earless biomass of sweet corn in plant density treatments

در کشت مخلوط نخود سیاه و جو به منظور تولید علوفه در شرایط دیم بالاترین نسبت برابری زمین را در تیمار C۱۰۰B۱۰۰ (جو- نخود سیاه) معادل ۱/۲۵ گزارش نمود. در بسیاری از تحقیقات مشابه در مورد کشت مخلوط ذرت با بقولات از قبیل لوبیا چشم بلبلی (Ennin *et al.* 2001)، سویا (Carrutherset *et al.* 2000; Danaeifar *et al.*, 2001; Rahimi *et al.*, 2004)، لوبیا (Towhidi Nezhad, 2000; Francis *et al.*, 1982)، و لوبیا چشم بلبلی (Barzegari *et al.*, 2004) گزارش شده است که کشت مخلوط همواره بر تک کشتی ارجحیت داشته است، به طوری که در آزمایش‌های یاد شده نسبت برابری زمین همواره بیشتر از یک بوده است.

ارزیابی اثر نسبت اختلاط بر عملکرد کشت مخلوط سورگوم علوفه‌ای و ارزن علوفه‌ای حاکی از آن است که بیشترین عملکرد علوفهٔ تر و خشک از کشت خالص سورگوم به دست می آید. همچنین بیشترین نسبت برابری زمین برای عملکرد علوفهٔ تر در تیمار ۷۵ : ۲۵ (سورگوم- ارزن) به میزان ۱/۰۴ بدست آمد (Zand and Ghaffari Khaliq, 2002). دانایی‌فر و همکاران (Danaeifar *et al.* 2001) با کسب نسبت برابری ۱/۱۴ برای پروتئین خام و۱/۱۲ برای مادهٔ خشک، مخلوط ۷۵ درصد سویا و ۲۵ درصد ذرت را برتر از سایر ترکیب ها معرفی کردند. مظاهری (Mazaheri, 1993 ,1998) اظهار داشته است که اختلاف ارتفاع و تفاوت دورهٔ رویش دو گیاه یکی از علل اصلی برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی است. در همین راستا می‌توان جداسازی آشیان‌های اکولوژیک در جذب منابع و برقراری سازوکار کاهش رقابت را به عنوان یک توجیه علمی برای سودمندی کشت مخلوط ذرت شیرین و ماش نسبت به تک کشتی آنها ارائه کرد.

نتیجه‌گیری

در جمع بندی نتایج و با در نظر گرفتن هدف اصلی این آزمایش، نسبت اختلاط ۲۵/۷۵ (ذرت شیرین- ماش) به عنوان نسبت اختلاط برتر معرفی می‌شود، زیرا این نسبت بالاترین میزان ماده خشک ذرت شیرین را تولید کرد. شایان ذکر است بالاترین عملکرد علوفه ذرت شیرین و عملکرد و اجزای عملکرد بلال نیز در همین نسبت اختلاط ۲۵/۷۵ (ذرت شیرین- ماش) بدست آمد. تجزیه و تحلیل شاخص‌های ارزیابی در مورد سودمندی مخلوط این نتیجه گیری را تائید می کند، زیرا نسبت اختلاط ۲۵/۷۵ (ذرت شیرین- ماش) در تراکم کم (D_1P_2) با دارا بودن نسبت برابری زمین معادل ۱/۰۳ و ۱/۰۹ برای عملکرد محصول کل قبل از برداشت بلال و عملکرد علوفه خشک کل پس از برداشت نسبت به تک کشتی در صدر قرار گرفت. در ارزیابی مقدار شاخص رقابت نیز می‌توان اظهار داشت که این نسبت اختلاط در تراکم‌های کم، عملکرد ذرت شیرین قبل و بعد از برداشت بلال بالاترین نسبت برابری زمین را به خود اختصاص داد.

منابع مورد استفاده

References

Atri, A., A. Javanshir, M. Mogaddam and M. R. Shakiba. **1999.** Evaluation of competition in corn/bean intercropping using convert model yield. J. of Agr. Sci., 17(4): 97-103 (In Persian with English abstract).

Barzegari, M., J. Qasemi Ranjbar and S. Asravesh. 2004. Yield Investigation in pop corn/cowpea intercropping. Proceeding of the 8th Iranian Congress of Crop Sciences, 25-27 Aug. 2004. The University of Guilan, Iran (In Persian).

Carruthers, K., B. Prithiviraj, Q. Fe, D. Cloutier, R. C. Martin and D. L. Smith. 2000. Intercropping corn with soybean, lupine and forage yield component responses. Eur. J. of Agron. 12: 103-115.

Danaeifar, E., A. Kashani, Gh. Nourmohammadi, D. Nabati Ahmadi and A. Siadat. 2001. Effects of Plant density and sowing compounds on forage yield and quality in Ahvaz weather conditions. Pazhouhesh va Sazandegi, 51: 50-53 (In Persian with English abstract).

Daryaei, F. 2005. Chickpea-Barley intercropping for forage production under dry farming condition. M.Sc. thesis in agronomy, Tarbiat Modares University, 171p (In Persian).

Elomre, R. W. and J. A. Jackobs, 1986. Yield and nitrogen yield of sorghum intercropped with nodulating and non-nodulating soybeans. Agron. J. 78: 780-782.

Ennin, S. A., J. N. Asafu-Agyei, H. K. Dapoah and S. A. Ekyem, 2001. Cowpea rotation with maize in cassava-maize intercropping systems. Tropical Agric. 78(4): 218-225.

Francis, C. A., M. Prager and G. Tejada. 1982. Density interactions in tropical intercropping. I. maize (*Zea may* L.) and climbing beans (*Phaseolus vulgaris*). Field Crops Res. 5(1982) 163-176.

Hikam, S., C. G. Poneleit, C. T. Mackown and D. F. Hilden brand. 1992. Intercropping of mize and winged bean. Crop Sci. Vol: 32. No 1. P: 195-198.

Javanshir A. 2000. Ecology of intercropping. Jihad-e Daneshgahi of Mashhad Press. 222p. (In Persian).

Majnoun Hoseini, N. and S. Kular. 1988. Weed control in mung bean/peagion pea intercropping. Iranian J. of Agric. Sci. 19(1 and 2): 9-16 (In Persian with English abstract).

Mandhal, B. K., D. Das, A. Saha and M. Mohasin, **1996**. Yield advantage of wheat (*Triticum aestivum*) and chickpea (*Cicer arietinum*) under different spatial arrangements in intercropping. Indian J.

of Agron. 41(1). 17-21.

Mazaheri, D. 1993. Sustaiable agriculture. Key speech of The 1st Iranian Congress of Crop Sciences, 23-26 Aug. 1992. Fculty of agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran (In Persian).

Mazaheri, D. 1998. Intercropping (second edition). University of Tehran, 262p (In Persian).

Mohammadi, KH. and M. Aghaalikhani. 2007. Effect of plant density and sowing date on yield and quality of forage sweet corn. J. of Agric. Sci. 17(2): 117-126 (In Persian with English abstract).

Morris, R. A. and D. P. Garrity. 1993. Resource capture and utilization in intercropping: non-nitrogen nutrients. Field Crops Res. 34: 303-317.

Mutungamiri, A., I. K. Margia and O. A. Chivinge. 2001. Evaluation of maize (*Zea mays* L.) cultivars and density for dryland maize-bean intercropping. Tropical Agric. 78(1): 8-12.

Pillai Mohan Khedekar, P. K., G. M. Bharad, A. P. Karunakar and K. J. Kubde 1990. Water requirement of maize and Cowpea forage system. Indian J. of Agron. 35(3):327-328.

Rahimi, M., D. Mazaheri and H. Heidari Sharif Abad. **2004**. Investigation of yield and yield components in corn/soybean intercropping at Arsanjan region. Proceeding of the 8th Iranian Congress of Crop Sciences, 25-27 Aug. 2004. The University of Guilan, Iran (In Persian).

Saberi, A. R. **2005.** Studing sweet corn/soybean intercropping in different patterns and plant density for fresh ear and silage production. Final Research report. Golesten province Research center of agriculture and natural resources. 75 p. (In Persian).

Shahrivar, R., A. Kashani and Gh. Nourmohammadi. **1996.** Effect of pland density and planting pattern on forage yield and quality of bersim clover/barley intercropping in Ahvaz weather conditions. Proceeding of the 4th Iranian Congress of Crop Sciences, 23-25 Aug. 1996. Industrial University of Esfahan, Iran (In Persian).

Sharifi, Y., M. Aghaalikhani, A. M. Modarres Sanavy and A. Soroushzadeh. **2006.** The effect of mixing ratio and plant density on forage production in sorghum/cowpea intercropping. Iranian J. of Agric. Sci. 37-1(2): 363-370 (In Persian with English abstract).

Towhidi Nezhad, E. 2000. Evaluating corn intercropping with sunflower, common bean and sorghum in Jiroft region. Ph.D. dissertation in Agronomy, Tarbiat Modares University, 141p. (In Persian).

Tripathi, S. N., A. P. Singh and A. S. Gill, 1987. Forage production in sole and mixed stands of Cereals and Legumes under summer condition. Indian J. of Agron. 32(3): 545-547.

Vaez Zadeh, A. 1994. Detemining the best planting method for bersim clover/ grasses intercropping with emphasize on forage yield, quality and land equivalence ratio. Proceeding of the 3th Iranian Congress of Crop Sciences, 3-8 Sep.1994. Tabriz University, Iran (In Persian).

Yadegari, M. 2005. Different aspects of sustainable agriculture. J. of Nahadeh. 3(6): 73-79 (In Persian).

Zaeifizadeh, M., M. Valizadeh, M. Qasemi, D. Hasanpanah and J. Asvadi. **1994.** Fertilizer strategy for forage production in alfalfa-phalaris intercropping at Ardabil region. Proceeding of the 3th Iranian Congress of Crop Sciences, 3-8 Sep.1994. Tabriz University, Iran (In Persian).

Zand, B. and H. Ghaffari Khaliq. 2002. Evalluation of grain sorghum-Cowpea intercropping under different planting patterns. Proceeding of the 7th Iranian Congress of Crop Sciences, 24-26 Aug. 2002. Karaj, Iran (In Persian).

Effect of plant density and mixing ratio on crop yield in sweet corn (*Zea mays* L. var Saccharata) and mungbean (*Vigna radiata* L.) intercropping

Sarlak[1], Sh. and M. Aghaalikhani[2]

ABSTRACT

Sarlak, Sh. and M. Aghaalikhani. 2009. Effect of pant dnsity and mxing rtio on cop yeld in sweet corn (*Zea mays* L. var Saccharata) and mngbean (*Vigna radiata* L.) intercropping. **Iranian Journal of Crop Sciences. 11 (4): 367-380 (in Persian).**

To evaluate crop yield, shelled kernel for conserving and determining the forage production of sweet corn (*Zea mays* L. var Saccharata) in pure stand and intercopped with mungbean (*Vigna radiata* L.), a field experiment was conducted in Varamin region, east Tehran, Iran in 2006 summer cropping season. Experiment was carried out in a split plot arrangement in a randomized complete blocks design with four replications. Plant density at three levels including 6, 8 and 10 plant.m^{-2} for sweet corn, cultivar S.C.403 and 10, 20 and 30 plant.m^{-2} for mungbean cultivar, Partow were assigned to main plots and five mixing ratios [(P1) = 0:100, (P2) = 25:75, (P3) = 50:50, (P4) = 75:25, (P5) = 100:0 for sweet corn:mungbean, respectively] were randomized in subplots. Quantitative attributes such as plant height, sucker numbers, Leaf Area Index (LAI), dry matter partitioningn in different plant organs were measured and recorded in the soft dough stage in sweet corn. Furthermore, the ear yield, ear for conserving and yield components of sweet corn and mungbean were also measured and recorded. Results showed that plant density had no significant effect on concerned traits, however, the effect of mixing ratio was significant ($P<0.01$). Therefore, the mixing ratio of 75:25 (sweet corn:mungbean) could be introduced as the superior mixing ratio, because it produced maximum amount of total biomass in sweet corn as well as forage yield, yield and yield components of ear in intercropping. Regarding the intercropping profitability indices, the mixing ratio of 75:25 (sweet corn:mungbean) in low density (D1P2) with LER=1.03 for total crop yield before ear harvesting and and LER=1.09 for total forage yield after removing the ears, was more profitable than sweet corn or mungbean monoculture. Therfore, sweet corn:mungbean intercropping would be a reasonable field management startegy to fill the time gap between two sequential cereal crops in regions with warm summer similar to this experimental site.

Key words: Forage yield, Intercropping, Mixing ratio, Mungbean, Plant density and Sweet corn.

Received: August, 2008 Accepted: October, 2009

1- Former M. Sc. student, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2- Assistant Prof., Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (Corresponding author)