مجله علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد ششم، شماره ۲(۲۲)، ۱۳۹۱، صفحه ۱۲۶-۱۱۱

ارزیابی کشت مخلوط سیب‌زمینی و لوبیا چیتی

علی نصراله‌زاده اصل[۱]، عادل دباغ محمدی نسب[۲]، سعید زهتاب سلماسی[۳]، محمد مقدم[۴] و عزیز جوانشیر[۳]

چکیده

در راستای تحقق کشاورزی پایدار، آزمایش‌هایی به صورت کشت مخلوط سیب‌زمینی و لوبیا چیتی به روش جایگزینی و افزایشی در سال‌های زراعی ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ درایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز اجرا گردید. آزمایش‌ها به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۶ تیمار و۳ تکرار انجام شدند. تیمارها شامل ۸ نوع کشت مخلوط جایگزینی با نسبت‌های ۱:۲ و ۱:۳ سیب‌زمینی و لوبیا چیتی (سیب‌زمینی با تراکم‌های ۴/۷ و ۵/۳ بوته در متر مربع و لوبیا چیتی با تراکم‌های ۴۵ و ۵۵ بوته در متر مربع)، ۴ کشت مخلوط افزایشی سیب‌زمینی (با تراکم‌های ۴/۷ و ۵/۳ بوته در متر مربع) و لوبیا چیتی (با تراکم‌های ۵/۳ و ۱۰/۶ بوته در متر مربع)، همراه با ۲ کشت خالص سیب‌زمینی با تراکم‌های ۴/۷ و ۵/۳ بوته در متر مربع و ۲ کشت خالص لوبیا چیتی با تراکم‌های ۴۵ و ۵۵ بوته در متر مربع بودند. در مورد سیب‌زمینی، بالاترین عملکرد غده در بوته، عملکرد غده در واحد سطح (متر مربع)، اندازه غده، میانگین وزنی غده، تعداد برگ در بوته، تعداد انشعابات در بوته، در تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی مشاهده شد. در مورد صفات مربوط به لوبیا چیتی، بالاترین عملکرد دانه لوبیا چیتی در واحد سطح در تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی و بیشترین عملکرد دانه در بوته، تعداد نیام در بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد انشعابات در بوته، در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی مشاهده شد. در ارزیابی تیمارهای کشت مخلوط بالاترین مقدار نسبت برابری زمین (LER) در هر دو سال، به ترتیب ۱/۲۷ و۱/۲۵، به تیمار کشت مخلوط جایگزینی ۱:۲ (۶۶ درصد سیب‌زمینی با تراکم ۵/۳ بوته در متر مربع + ۳۴ درصد لوبیا چیتی با تراکم ۵۵ بوته در متر مربع) تعلق داشت. در نتیجه، این ترکیب از نظر اقتصادی توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: اجزای عملکرد، عملکرد، کشت مخلوط جایگزینی و LER .

۱- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی (نگارنده‌ی مسئول) ali_nasr462@yahoo.com
۲- دانشیار گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
تاریخ دریافت: ۹۰/۵/۲۳
تاریخ پذیرش: ۹۱/۴/۲۸
۳- استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
۴- استاد گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

مقدمه

کشت مخلوط عبارت از کاشت دو یا چند گیاه به طور هم‌زمان در یک قطعه زمین و در طول یک سال زراعی است (Sullivan, 2003). کشت مخلوط در سطح وسیعی از کشورهای پیشرفته و نیز در کشورهای کم توسعه یافته و در حال توسعه مناطق حاره رایج است (Baumann *et al*., 2002). در چین حدود یک سوم مناطق زراعی به کشت مخلوط اختصاص دارد و در حدود نیمی از کل عملکرد گیاهان دانه‌ای از طریق کشت مخلوط به دست می‌آید (Zhang and Li, 2003). در اسپانیا نیز حدود ۴۰ درصد از زمین‌های زراعی به کشت مخلوط اختصاص دارد (Santalla *et al*., 2001). امروزه ۸۰ درصد سیب‌زمینی تولید شده در آفریقا، از کشت مخلوط آن با نیشکر حاصل می‌گردد و با کشت مخلوط آنها مقدار قند افزایش می‌یابد (Khurana and Pandey, 2001). محققان اظهار داشتند که در کشت مخلوط سیب‌زمینی و کلم، بیماری زنگ کلم به‌طور معنی‌داری کاهش و به دلیل تفاوت در ساختار کانوپی، مقدار عملکرد در واحد سطح افزایش یافت (Broad *et al*., 2004). در کشت مخلوط سیب‌زمینی با بعضی از گیاهان دارویی مقدار آفت برگ‌خوار سیب‌زمینی کاهش و مقدار عملکرد در واحد سطح افزایش یافت (Moawad, 2003). طی آزمایشی با کشت مخلوط سیب‌زمینی و لوبیا سبز، مقدار LER در کلیه حالات کشت مخلوط، بیشتر از یک گردید و عملکرد در واحد سطح افزایش یافت و سودمندی آن بیشتر از تک کشتی شد (Dua *et al*., 2005). در آزمایشی با کشت مخلوط سیب‌زمینی و نخودفرنگی مقدار LER به ۱/۳۶ رسید و در کلیه موارد، کشت مخلوط به کشت خالص برتری داشت (Barmaki, 2001). با کشت مخلوط سیب‌زمینی و شنبلیله عملکرد سیب زمینی حدود ۲/۵ تن در هکتار افزایش یافت (Prasad *et al*., 2001).

در کشت مخلوط، استفاده از گیاهان تیره لگومینوز به‌دلیل ویژگی منحصر به‌فرد آنها در تثبیت بیولوژیک نیتروژن و تولید پروتیین بالا، کارآیی سیستم را افزایش می‌دهد (Javanshir *et al*., 2000). این سیستم کشت یکی از بهترین تکنیک‌ها جهت تولید بالا، بهبود مدیریت منابع، حفظ کیفیت منابع و برآورد کننده نیازهای مختلف کشاورزان و کاهش خسارت آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز است (Kamkar and Damaghani, 2008). امروزه، به علت نگرش‌های زیست محیطی، کشت مخلوط در حال گسترش است (Mahmodi *et al*., 2008).

هدف از این پژوهش، بررسی کشت مخلوط سیب‌زمینی و لوبیا چیتی، به روش‌های جایگزینی و افزایشی و مقایسه بازده کشت‌های مخلوط با تک کشتی است.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های مزرعه‌ای در سال‌های زراعی ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در ۸ کیلومتری شرق تبریز (اراضی کرکج) اجرا شدند. خاک این اراضی جزو خاک‌های شن لومی و pH حدود ۷/۳ می‌باشد. ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۱۳۶۰ متر و طول و عرض جغرافیایی آن به ترتیب ′۱۷ ر°۴۶ شرقی و ′۵ ر°۳۸ شمالی است. کشت مخلوط براساس روش‌های جایگزینی و افزایشی انجام گرفت و سیب‌زمینی به عنوان محصول اصلی و لوبیا چیتی به عنوان محصول ثانوی در نظر گرفته شدند. آزمایش بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۶ تیمار و ۳ تکرار به مدت دو سال در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ انجام شد. تیمارها شامل ۴ تیمار کشت مخلوط افزایشی سیب‌زمینی

(با تراکم‌های ۴/۷ و ۵/۳ بوته در متر مربع) و لوبیا چیتی (با تراکم‌های ۵/۳ و ۱۰/۶ بوته در متر مربع)، ۸ تیمار کشت مخلوط جایگزینی با نسبت‌های ۱:۲ و ۱:۳ سیب‌زمینی و لوبیا چیتی (سیب‌زمینی با تراکم‌های ۴/۷ و ۵/۳ بوته در مترمربع و لوبیا چیتی با تراکم‌های ۴۵ و ۵۵ بوته در مترمربع)، همراه با ۲ تیمار کشت خالص سیب‌زمینی با تراکم‌های ۴/۷ و ۵/۳ بوته در متر مربع و ۲ تیمار کشت خالص لوبیا چیتی با تراکم‌های ۴۵ و ۵۵ بوته در متر مربع را شامل می‌شد. تیمارها به ترتیب زیر نام‌گذاری شدند:

کشت‌های خالص

S_1 = کشت خالص سیب‌زمینی با تراکم ۵/۳ بوته در متر مربع.

S_2 = کشت خالص سیب‌زمینی با تراکم ۴/۷ بوته در متر مربع.

S_3 = کشت خالص لوبیا چیتی با تراکم ۵۵ بوته در متر مربع.

S_4 = کشت خالص لوبیا چیتی با تراکم ۴۵ بوته در متر مربع.

کشت‌های مخلوط جایگزینی

S_5 = ۱:۲، سیب‌زمینی با تراکم ۵/۳ بوته در متر مربع + لوبیا چیتی با تراکم ۵۵ بوته در متر مربع.

S_6 = ۱:۲، سیب‌زمینی با تراکم ۵/۳ بوته در متر مربع + لوبیا چیتی با تراکم ۴۵ بوته در متر مربع.

S_7 = ۱:۲، سیب‌زمینی با تراکم ۴/۷ بوته در متر مربع + لوبیا چیتی با تراکم ۵۵ بوته در متر مربع.

S_8 = ۱:۲، سیب‌زمینی با تراکم ۴/۷ بوته در متر مربع + لوبیا چیتی با تراکم ۴۵ بوته در متر مربع.

S_9 = ۱:۳، سیب‌زمینی با تراکم ۵/۳ بوته در متر مربع + لوبیا چیتی با تراکم ۵۵ بوته در متر مربع.

S_{10} = ۱:۳، سیب‌زمینی با تراکم ۵/۳ بوته در متر مربع + لوبیا چیتی با تراکم ۴۵ بوته در متر مربع.

S_{11} = ۱:۳، سیب‌زمینی با تراکم ۴/۷ بوته در متر مربع + لوبیا چیتی با تراکم ۵۵ بوته در متر مربع.

S_{12} = ۱:۳، سیب‌زمینی با تراکم ۴/۷ بوته در متر مربع + لوبیا چیتی با تراکم ۴۵ بوته در متر مربع.

کشت‌های مخلوط افزایشی

S_{13} = سیب‌زمینی با تراکم ۵/۳ بوته در متر مربع + لوبیا چیتی با تراکم ۱۰/۶ بوته در متر مربع.

S_{14} = سیب‌زمینی با تراکم ۵/۳ بوته در متر مربع + لوبیا چیتی با تراکم ۵/۳ بوته در متر مربع.

S_{15} = سیب‌زمینی با تراکم ۴/۷ بوته در متر مربع + لوبیا چیتی با تراکم ۱۰/۶ بوته در متر مربع.

S_{16} = سیب‌زمینی با تراکم ۴/۷ بوته در متر مربع + لوبیا چیتی با تراکم ۵/۳ بوته در متر مربع.

کاشت به صورت جوی و پشته و با فواصل ۷۵ سانتی‌متر انجام شد. رقم سیب‌زمینی مورد استفاده آگریا بود که رقمی نیمه دیررس، با طول دوره رشد ۱۲۰ روز است. بذر لوبیا چیتی نیز از نوع محلی سرابی بود که در سراب به‌نام لوبیا چیتی آغ‌گون معروف است. رقمی نیمه رونده و با طول دوره رشد ۱۱۰ روز است. عملیات کاشت سیب‌زمینی و لوبیا چیتی به‌طور هم‌زمان در سال‌های ۸۵ و ۸۶، به ترتیب در تاریخ‌های ۱۷ و ۱۹ اردیبهشت ماه، انجام گرفت. غده‌های سیب‌زمینی و بذرهای لوبیا چیتی قبل از کاشت توسط قارچ‌کش بنومیل با نسبت ۳ در هزار ضد عفونی شدند. غده‌های سیب زمینی در تراکم‌های ۴/۷ و ۵/۳ بوته در متر مربع به ترتیب در فواصل ۲۵ و ۲۸ سانتی‌متری در وسط پشته و در عمق حدود ۱۰ سانتی‌متر کشت شدند. بذرهای لوبیا چیتی نیز در تراکم‌های ۴۵ و ۵۵ بوته در متر مربع با ایجاد ۲ شیار موازی به فاصله حدود ۳۷ سانتی‌متر در روی پشته و با فاصله ۴/۸ و ۵/۹ سانتی‌متر در روی ردیف، در داخل شیارهای دو طرف پشته و به عمق ۳ سانتی‌متر کشت شدند. در حالت افزایشی بعد از کاشت

سیب‌زمینی در تراکم‌های ۴/۷ و ۵/۳ بوته در متر مربع، بذرهای لوبیا چیتی با تراکم‌های ۵/۳ و ۱۰/۶ بوته در متر مربع با کندن حفره‌هایی به عمق حدود ۳ سانتی‌متر در طرفین پشته‌ای که سیب‌زمینی کاشته شده بود کشت شدند. بدین ترتیب که در تراکم‌های ۵/۳ و ۱۰/۶ بوته در متر مربع فاصله‌ی حفره‌ها در هر دو طرف پشته به ترتیب ۵۰ و ۲۵ سانتی‌متر بود و در هر حفره ۳ عدد بذر لوبیا چیتی کشت شد. بعد از سبز شدن و در مرحله ۴ برگی، بوته‌های لوبیا تنک شدند و فقط یک بوته سالم و قوی نگه داشته شد. اندازه‌گیری صفات مختلف سیب‌زمینی شامل ارتفاع بوته، تعداد انشعاب در بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد غده در بوته، اندازه غده و میانگین وزنی غده و برای لوبیا چیتی صفات مختلف از قبیل ارتفاع بوته، تعداد انشعاب در بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام با انتخاب ۸ بوته به‌طور تصادفی در مرحله گلدهی و یک ماه بعد از گلدهی از ردیف‌های وسط هر کرت اجرا شدند و میانگین این صفت‌ها برای هر دو گیاه محاسبه شد. برداشت هر دو محصول سیب‌زمینی و لوبیا چیتی، تا حدودی به‌طور هم‌زمان انجام گرفت. عملکرد اقتصادی هر دو گیاه پس از حذف اثر حاشیه‌ها (ردیف‌های کناری و نیم متر از طرفین ردیف‌های وسطی) محاسبه شد. عملکرد اقتصادی برای سیب‌زمینی در سطح ۴ متر مربع و برای لوبیا چیتی در سطح ۳ متر مربع محاسبه گردید. برای تعیین وزن صد دانه برای لوبیا چیتی، از محصول دانه، ۴ نمونه ۱۰۰ تایی به‌صورت تصادفی انتخاب و پس از توزین، میانگین وزن صد دانه برای هر کرت آزمایشی محاسبه گردید.

داده‌ها توسط نرم افزار MSTATC برای هرگونه زراعی مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد توسط آزمون دانکن صورت گرفت. برای ارزیابی سودمندی کشت مخلوط نیز از شاخص نسبت برابری زمین یا LER استفاده گردید که این شاخص از رابطه زیر حاصل می‌گردد:

$$LER = \frac{y_{ab}}{y_{aa}} + \frac{y_{ba}}{y_{bb}}$$

در این رابطه y_{ab}= عملکرد گونه a در کشت مخلوط با گونه b، y_{aa}= عملکرد گونه a در کشت خالص، y_{ba}= عملکرد گونه b در حالت کشت مخلوط با گونه a و y_{bb}= عملکرد گونه b در حالت کشت خالص است. بر اساس این رابطه اگر LER بزرگ‌تر از یک باشد، کشت مخلوط از کشت خالص بهتر خواهد بود (Prasad *et al*., 2001).

نتایج و بحث

سیب‌زمینی

تعداد انشعاب و تعداد برگ در بوته

اثر تیمار بر تعداد انشعاب و تعداد برگ در بوته معنی‌دار شد (جدول ۱). بالاترین تعداد انشعاب و تعداد برگ در بوته به ترتیب به میزان ۱۳/۱۳ و ۷۹/۴۶ عدد در تیمار S_8 حاصل شد (جدول ۲). از آن‌جایی که در این تیمار تراکم هر دو گونه پایین بوده و همچنین، به دلیل کشت مخلوط جایگزینی رقابت برون گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای کاهش یافته است، بنابراین فضای بیشتری حاصل شد و این امر موجب گسترش بوته‌ها و افزایش تعداد انشعاب و تعداد برگ در بوته شده است. دوا و همکارن (Dua *et al*., 2005) با انجام آزمایشی اعلام کردند که در حالت کشت مخلوط جایگزینی سیب‌زمینی با لوبیا سبز، رقابت برون گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای کاهش می‌یابد و به تبع آن تعداد انشعاب و تعداد برگ بوته سیب‌زمینی نسبت به کشت خالص بیشتر می‌شود. ابوانگو و همکاران (Ebwongu *et al*., 2002) طبق آزمایشی با کشت مخلوط سیب‌زمینی و ذرت به

روش جایگزینی اعلام کردند که درکشت مخلوط، تعداد انشعاب و تعداد برگ بوته سیب‌زمینی نسبت به کشت خالص افزایش می‌یابد.

تعداد غده در بوته

اثر تیمار بر تعداد غده در بوته معنی‌دار نشد (جدول ۱). گبرمدهین (Gebremedhin, 2001) با انجام آزمایشی بر روی تراکم‌های مختلف سیب‌زمینی اعلام کرد که تغییرات عملکرد سیب‌زمینی در بوته، بیشتر به اندازه غده‌ها مربوط می‌شود و تعداد غده تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد.

اندازه و میانگین وزنی غده

اثر تیمار بر اندازه و میانگین وزنی غده در بوته معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین اندازه غده به میزان ۷۹/۲۰ میلی‌متر در تیمار S_8 و بیشترین میانگین وزنی غده در بوته نیز، به ترتیب به میزان ۷۴/۷۳ و ۷۳/۶۸ گرم در تیمارهای S_8 و S_7 مشاهده شد (جدول ۲). زیرا، در این تیمار رقابت درون گونه‌ای سیب‌زمینی به دلیل تراکم پایین آن کمتر گردید و رقابت برون گونه‌ای لوبیا نیز در اثر کشت مخلوط جایگزینی کاهش یافت و بنابراین با کاهش رقابت درون و برون گونه‌ای فضای بیشتری در اختیار سیب‌زمینی قرار گرفت و مقدار مواد فتوسنتری بیشتری به غده‌ها اختصاص یافت و رشد غده‌ها بیشتر شد. دوا و همکاران (Dua *et al.*, 2005) طبق آزمایشی اظهار داشتند که در کشت مخلوط جایگزینی سیب‌زمینی با لوبیا سبز رقابت برون گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای کاهش یافت و فضای بیشتری برای رشد سیب زمینی مهیا گردید و اندازه غده‌های آن افزایش یافت. علیمحمدی و همکاران (Ali-mohammadi *et al.*, 2005) با انجام آزمایشی بر روی تراکم‌های مختلف سیب‌زمینی اعلام کردند که در تراکم‌های پایین به علت کاهش رقابت و ایجاد فضای بیشتر، مواد فتوسنتزی بیشتری در هر بوته تولید می‌شود و بر اثر آن اندازه غده‌ها و میانگین وزنی غده‌ها افزایش می‌یابد.

عملکرد غده در بوته

اثر تیمار بر عملکرد غده سیب‌زمینی در بوته معنی‌دار شد (جدول ۱). در کلیه واحدهای آزمایشی، عملکرد کشت مخلوط در حالت جایگزینی بیشتر از کشت خالص آنها بود و بالاترین عملکرد غده در بوته به میزان ۴۱۱/۸ گرم در تیمار S_8 حاصل شد (جدول ۲). چون در این تیمار تعداد انشعاب و تعداد برگ در بوته در بالاترین سطح قرار داشت بنابراین سطح فتوسنتزی گیاه افزایش یافت و ماده فتوسنتزی بیشتری تولید و به غده‌ها انتقال یافت و در اثر آن عملکرد غده در بوته به حداکثر مقدار خود رسید. دوا و همکاران (Dua *et al.*, 2005) با کشت مخلوط سیب‌زمینی و لوبیا سبز به روش جایگزینی و افزایشی اظهار داشتند که در کلیه واحدهای آزمایشی کشت مخلوط جایگزینی، عملکرد غده در بوته سیب‌زمینی بیشتر از کشت خالص آنها شد. این امر از کاهش رقابت برون گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای در اثر کشت مخلوط جایگزینی ناشی می‌شود. ابوانگو و همکاران (Ebwongu *et al.*, 2002) نیز اعلام کردند که در کشت مخلوط ذرت با سیب‌زمینی به روش جایگزینی عملکرد غده در بوته سیب‌زمینی افزایش یافت و بیشترین عملکرد در تیمار ۱:۲ سیب‌زمینی با ذرت حاصل شد، زیرا در کشت مخلوط، ذرت با ایجاد مانع فیزیکی از شدت گرمای زیاد در وسط روز می‌کاهد و محیط را برای سیب‌زمینی که گیاهی سرما دوست است مساعدتر می‌سازد. این امر می‌تواند موجب کاهش تنفس گیاه و افزایش عملکرد سیب‌زمینی گردد. علاوه بر آن، ذرت به عنوان یک گیاه باد شکن عمل می‌کند و موجب کاهش تبخیر از سطح خاک می‌گردد و رطوبت قابل استفاده برای سیب‌زمینی را افزایش می‌دهد.

عملکرد غده در متر مربع

اثر تیمار بر عملکرد غده در متر مربع معنی‌دار شد (جدول ۱). در کلیه واحدهای آزمایشی کشت مخلوط جایگزینی، عملکرد غده سیب‌زمینی بیشتر از کشت خالص آنها بود و بالاترین عملکرد غده در متر مربع در حالت کشت مخلوط جایگزینی به ترتیب به میزان ۲/۰۳۳، ۲/۰۶۸ و ۱/۹۷ کیلو گرم در متر مربع در تیمارهای S_5، S_6 و S_{10} مشاهده شد (جدول ۲). زیرا در این تیمارها رقابت برون گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای در اثر کشت مخلوط جایگزینی کاهش یافت و در مقابل، حداکثر بودن تراکم سیب‌زمینی، موجب شد که سیب‌زمینی با استفاده بیشتر از عوامل محیطی حداکثر عملکرد غده را در واحد سطح کشت تولید کند. همچنین، لوبیا از تیره لگومینوز بوده و قادر به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن می‌باشد که در اثر آن رقابت برای عنصر غذایی نیتروژن کاهش یافته و نیتروژن بیشتری در اختیار سیب‌زمینی قرار گرفته و به تبع آن رشد سیب‌زمینی زیاد شده و عملکرد آن افزایش یافته است.

خیستاریا و همکاران (Khistaria *et al*., 1994) نیز اعلام کردند که کشت مخلوط نیام‌داران با غیر نیام‌داران موجب افزایش نیتروژن خاک توسط نیام‌داران می شود و بر اثر آن عملکرد غیر نیام‌داران افزایش می‌یابد. زاهدی اول (Zahedi Avval, 1996) و علیمحمدی و همکاران (Ali-mohammadi *et al*., 2005) با انجام آزمایشی بر روی تراکم‌های مختلف سیب‌زمینی اعلام کردند که بالاترین عملکرد غده در واحد سطح کشت در تراکم‌های بالای سیب‌زمینی و تراکم‌های ۵۵ و ۶۰ هزار بوته در هکتار حاصل می‌گردد. دوا و همکاران (Dua *et al*., 2005) نیز طبق آزمایشی اظهار داشتند که در کشت مخلوط سیب‌زمینی با لوبیا سبز در حالت جایگزینی عملکرد غده سیب‌زمینی در واحد سطح کشت نسبت به کشت خالص افزایش می‌یابد که این امر از کاهش رقابت برون گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای ناشی می‌شود و بالاترین عملکرد غده سیب‌زمینی در نسبت‌های پایین کشت و در حالت ترکیب ۲:۲ سیب‌زمینی و لوبیا حاصل شد. ابوانگو و همکاران (Ebwongu *et al*., 2002) با کشت مخلوط جایگزینی ذرت و سیب‌زمینی اعلام کردند که با کاهش تراکم ذرت در کشت مخلوط، عملکرد غده سیب‌زمینی در واحد سطح کشت افزایش می‌یابد. آنها دلیل این امر را به کاهش رقابت برون گونه‌ای ذرت در اثر تراکم پایین آن نسبت دادند و همچنین اعلام کردند که بالاترین عملکرد سیب‌زمینی در واحد سطح در نسبت‌های پایین کشت حاصل می‌گردد.

لوبیاچیتی

تعداد برگ، تعداد انشعاب در بوته

اثر تیمار بر روی تعداد برگ و تعداد انشعاب لوبیا چیتی معنی‌دار شد (جدول ۳). بالاترین تعداد برگ و تعداد انشعاب لوبیا چیتی به ترتیب به میزان ۶۴/۵ و ۸/۸۴ عدد درتیمار S_{16} مشاهده شد (جدول ۴). از آن‌جایی که در این تیمار تراکم لوبیا چیتی در واحد سطح پایین‌تر از سایر تیمارها بود و سیب‌زمینی نیز با تراکم کمتر کاشته شده بود، بنابراین با کاهش رقابت درون و برون گونه‌ای فضای بیشتری برای رشد و گسترش بوته‌های لوبیا چیتی فراهم شد و همچنین، در حالت کشت مخلوط افزایشی، لوبیا به دلیل فرم رشد رونده از سیب‌زمینی به عنوان قیم استفاده کرد و رشد خود را افزایش داد و بر سیب‌زمینی غالب شد و به تبع آن تعداد برگ و تعداد انشعاب بوته لوبیا چیتی افزایش یافت. بیندرا و تکور (Bindera and Thakur, 2005) و دوا وهمکاران (Dua *et al*., 2005) با کشت مخلوط سیب‌زمینی و لوبیا سبز به روش افزایشی، اظهار داشتند که لوبیا بر سیب‌زمینی غلبه کرد و

تعداد برگ، تعداد انشعاب و ارتفاع بوته لوبیا افزایش یافت.

اوج‌جیناایچ و همکاران (Ujjinaiah *et al.*, 1991) اعلام کردند که در کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان و لوبیا چشم‌بلبلی، لوبیا از آفتابگردان به عنوان قیم استفاده کرد و تعداد برگ، تعداد انشعاب و ارتفاع خود را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. جادوسکی و همکاران (Jadoski *et al.*, 2000) نیز با آزمایشی روی تراکم‌های مختلف لوبیا اعلام کردند که با کاهش تراکم به علت کاهش رقابت درون گونه‌ای، تعداد برگ و تعداد انشعاب در بوته لوبیا افزایش می‌یابد.

وزن صد دانه

اثر تیمار بر وزن صد دانه لوبیا چیتی معنی‌دار نشد (جدول ۳). اوج‌جیناایچ و همکاران (Ujjinaiah *et al.*, 1991) با کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان و لوبیا اعلام کردند که در حالت کشت مخلوط، لوبیا از آفتابگردان به‌عنوان قیم استفاده کرد و عملکرد دانه لوبیا افزایش یافت و از بین اجزای عملکرد دانه لوبیا فقط تعداد نیام در بوته تحت تأثیر معنی‌دار قرار گرفت و زیادتر شد و وزن صد دانه تحت تاثیر واقع نشد. شفشک و همکاران (Shafshak *et al.*, 1989) با انجام آزمایشی اعلام کردند که در کشت مخلوط سویا با آفتابگردان وزن صد دانه سویا تحت تأثیر واقع نشد.

تعداد دانه در نیام

اثر تیمار بر تعداد دانه در نیام لوبیا چیتی معنی‌دار نشد (جدول ۳). بیندرا و تکور (Bindera and Thakur, 2005) و دوا و همکاران (Dua *et al.*, 2005) با کشت مخلوط سیب‌زمینی و لوبیا سبز، اظهار داشتند که تعداد دانه در نیام لوبیا تحت تأثیر واقع نشد. پورتقی (Poortaghi, 2003) و کارروترز و همکاران (Carruthers *et al.*, 2000) با کشت مخلوط ذرت و لوبیا اعلام کردند که تعداد دانه در نیام لوبیا تحت تأثیر واقع نمی‌شود.

تعداد نیام در بوته

اثر تیمار بر تعداد نیام در بوته لوبیا چیتی معنی‌دار شد (جدول ۳). بالاترین تعداد نیام در بوته لوبیا چیتی به میزان ۱۲/۰۷ عدد در کشت مخلوط افزایشی و در تیمار S_{16} به دست آمد (جدول ۴). چون در این تیمار تراکم لوبیا و تراکم سیب‌زمینی پایین‌تر بود، در نتیجه رقابت درون و برون گونه‌ای کاهش یافت و فضای بیشتری برای رشد و گسترش لوبیاچیتی فراهم شد و همچنین در حالت کشت مخلوط افزایشی لوبیاچیتی به دلیل فرم رشدی رونده خود از سیب زمینی به‌عنوان قیم استفاده کرد که این امر موجب رشد بیشتر لوبیاچیتی شد و در نتیجه تعداد نیام در بوته لوبیاچیتی افزایش یافت. بیندرا و تکور (Bindera and Thakur, 2005) و دوا و همکاران (Dua *et al.*, 2005) با کشت مخلوط سیب‌زمینی و لوبیا سبز به روش افزایشی، اظهار داشتند که لوبیا بر سیب‌زمینی غلبه کرد و تعداد نیام در بوته لوبیا به‌طور معنی داری افزایش یافت. در کشت مخلوط افزایشی خردل و نخود نیز مقدار عملکرد دانه تک بوته نخود، از طریق افزایش تعداد نیام‌ها به مقدار ۴۰ درصد نسبت به کشت خالص آن افزایش یافت (Mazaheri, 1994). اوج‌جیناایچ و همکاران (Ujjinaiah *et al.*, 1991) با کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا به روش افزایشی اعلام کردند که در کشت مخلوط، لوبیا از آفتابگردان به‌عنوان قیم استفاده کرده و عملکرد دانه لوبیا افزایش یافت و از بین اجزای عملکرد دانه لوبیا فقط تعداد نیام در بوته به طور معنی‌داری افزایش یافت.

عملکرد دانه در بوته

اثر تیمار بر عملکرد دانه در بوته لوبیا چیتی معنی‌دار شد (جدول ۳). بالاترین عملکرد دانه در بوته

لوبیاچیتی به میزان ۱۳/۳۳ گرم در تیمار S_{16} مشاهده گردید (جدول ۴). از آن‌جایی که در این تیمار تعداد برگ و تعداد انشعاب در بوته بیشتر بود، مقدار ماده فتوسنتزی بیشتری تولید شد و در اثر آن عملکرد دانه در بوته لوبیا زیادتر شد. بیندرا و تکور (Bindera and Thakur, 2005) و دوا و همکاران (Dua *et al*., 2005) با کشت مخلوط سیب‌زمینی و لوبیا سبز به روش افزایشی، اظهار داشتند که لوبیا بر سیب‌زمینی غلبه کرد و عملکرد دانه در بوته لوبیا به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. مظاهری (Mazaheri, 1994) گزارش کرد که در کشت مخلوط خردل و نخود سبز به روش افزایشی، خردل نقش قیم را برای نخود سبز ایفا می‌کند و بر اثر آن، عملکرد نخود حدود ۴۰ درصد افزایش می‌یابد. اوج جینااچ و همکاران (Ujjinaiah *et al*., 1991) اعلام کردند که در کشت مخلوط افزایشی آفتابگردان و لوبیا بیوماس و عملکرد دانه در بوته لوبیا افزایش می‌یابد.

عملکرد دانه در متر مربع

اثر تیمار بر عملکرد دانه در متر مربع لوبیا چیتی، معنی‌دار شد (جدول ۳). بالاترین عملکرد دانه در متر مربع، به میزان ۳۸۸/۹ گرم در کشت مخلوط جایگزینی و در تیمار S_7 به دست آمد (جدول ۴). زیرا در این تیمار رقابت برون گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای در اثر پایین بودن تراکم سیب‌زمینی و کشت مخلوط جایگزینی کاهش یافت و در مقابل، حداکثر بودن تراکم لوبیا، موجب شد که لوبیا با استفاده بیشتر از عوامل محیطی حداکثر عملکرد دانه را در واحد سطح کشت تولید کند. دوا و همکاران (Dua *et al*., 2005) گزارش کردند که در کشت مخلوط سیب‌زمینی و لوبیا سبز به روش جایگزینی، بیوماس و عملکرد دانه لوبیا در واحد سطح کشت به‌طور معنی‌داری نسبت به کشت خالص آن افزایش یافت و بیشترین عملکرد در تیمار ۲:۲ سیب‌زمینی با لوبیا سبز حاصل شد. آنها این امر را به کاهش رقابت برون گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای به دلیل اختلاف در مورفولوژی این دو گیاه و ایجاد فضای بیشتر برای رشد نسبت دادند. سینگ (Singh, 1986) عنوان کرد که در کشت مخلوط ذرت و لوبیا به روش جایگزینی عملکرد دانه لوبیا در واحد سطح کشت در حالت کشت مخلوط، افزایش می‌یابد و بالاترین عملکرد دانه لوبیا در واحد سطح کشت در تیمار ۱:۲ ذرت با لوبیا حاصل می‌شود که دلیل این امر، کاهش رقابت برون گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای است.

نجوکو و همکاران (Njoku *et al*., 2007) نیز با کشت مخلوط سیب‌زمینی شیرین و بامیه به روش جایگزینی اعلام کرد که در کشت مخلوط عملکرد بامیه در واحد سطح کشت افزایش می‌یابد، زیرا سیب‌زمینی شیرین به دلیل فرم رشد ایستاده خود با ایجاد سایه، گرمای بالای وسط روز را برای گیاه بامیه کاهش می‌دهد و محیط را برای رشد آن مناسب می‌سازد.

ارزیابی سودمندی کشت مخلوط

مقادیر LER در هر دو سال در کلیه تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از یک شد (جدول ۵). این موضوع، نشان‌گر سودمند بودن کشت مخلوط می‌باشد. دلیل آن می‌تواند وجود اختلافات مورفولوژیک دو گونه و در نتیجه ایجاد آشکوب‌های مختلف و بهره‌برداری بهینه از منابع باشد.

نقش اختلافات مورفولوژیک در دست‌یابی به LER بالاتر توسط ابوانگو و همکاران (Ebwongu *et al*., 2002) در کشت مخلوط سیب‌زمینی و ذرت، بیندرا و تکور (Bindera and Thakur, 2005) با کشت مخلوط سیب‌زمینی و لوبیا سبز، دوا و همکاران (Dua *et al*., 2005) در کشت مخلوط سیب‌زمینی و

لوبیا سبز، برمکی (Barmaki, 2001) با کشت مخلوط سیب‌زمینی و نخودفرنگی گزارش شده است.

بالاترین مقدار LER در هر دو سال به ترتیب ۱/۲۷۸ و ۱/۲۵۶ در تیمار S_5 مشاهده گردید (جدول ۵). این امر از تراکم بالای هر دو گونه در این تیمار و استفاده بهتر از منابع محیطی ناشی شده است. این دو گیاه در تراکم بالا با کارآیی بیشتری توانسته‌اند از منابع محیطی استفاده کنند. پورتقی (Poortaghi, 2003)، و ابوانگو و همکاران (Ebwongu *et al.*, 2002) به ترتیب با کشت مخلوط ذرت و لوبیا چیتی و کشت مخلوط سیب‌زمینی و ذرت اعلام کردند که بالاترین LER در بالاترین تراکم هر دو گیاه حاصل می شود. بالاترین LER در هر دو سال در نسبت پایین کاشت (۱:۲) حاصل شد. در نسبت پایین کاشت، دو گیاه توانستند اثرات مکملی بیشتری روی یکدیگر داشته باشند. ابوانگو و همکاران (Ebwongu *et al.*, 2002) با کشت مخلوط ذرت و سیب‌زمینی اعلام کردند که بالاترین عملکرد و LER در نسبت ۱:۲ سیب‌زمینی با ذرت حاصل می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

سیب‌زمینی یکی از گیاهان زراعی مهم و پرمصرف و لوبیا نیز یکی از مهم‌ترین حبوبات بوده و دارای پروتئین باارزشی است که در تغذیه انسان نقش مهمی دارد. به‌علاوه، کشت مخلوط سیب‌زمینی با لوبیا به دلیل تعلق این گیاهان به دو تیره مختلف و جنبه هم‌یاری و همزیستی مکملی موجب می‌شود تا بهره‌برداری از واحد سطح، بیشتر از کشت خالص آنها باشد و در عین حال تنوع زراعی نیز در واحد سطح تحقق یابد این دو گیاه به عنوان فاکتورهای آزمایشی در نظر گرفته شدند و در نهایت معلوم شد که در کلیه کشت‌های مخلوط جایگزینی عملکرد غده سیب‌زمینی و دانه لوبیا چیتی در واحد سطح بیشتر از کشت خالص آنها بود و بالاترین سودمندی کشت مخلوط در تراکم‌های بالای هر دو گیاه حاصل شد، در تراکم بالا دو گیاه با کارآیی بیشتری از منابع استفاده کردند و همچنین سودمندی کشت مخلوط جایگزینی بیشتر از کشت مخلوط افزایشی بود.

جدول ۱- تجزیه مرکب صفات مختلف سیب‌زمینی در کشت مخلوط با لوبیا چیتی.

Table 1- Combined analysis of different characters in potato and pinto bean intercropping

منبع تغییرات Source of Variations	درجه آزادی	میانگین مربعات MS						
		میانگین وزنی غده tuber weight mean	اندازه غده tuber size	تعداد غده در بوته number of tubers per plant	تعداد انشعاب دربوته number of branches per plant	تعداد برگ در بوته number of leaf per plant	عملکرد غده در بوته tuber yield per plant	عملکرد غده در متر مربع tuber yield in m^2
سال year	1	79.21 ^{ns}	188.51 ^{ns}	0.03 ^{ns}	2.29 ^{ns}	119.37 ^{ns}	4294.33 ^{ns}	0.127 ^{ns}
بلوک در سال replication/year	4	57.06 ^{ns}	141.09 ^{ns}	0.26 ^{ns}	1.37 ^{ns}	85.92 ^{ns}	5077.38 ^{ns}	0.225 *
تیمار treatment	13	509.68 **	470.18**	0.24 ^{ns}	8.01 **	797.37 **	21880.63 **	0.537 **
تیمار × سال year×treatment	13	20.01 ^{ns}	6.84 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.72 ^{ns}	8.57 ^{ns}	2494.59 ^{ns}	0.002 ^{ns}
خطای آزمایشی error	52	38.22	59.598	0.248	1.96	54.58	2531.34	0.065
ضریب تغییرات (٪) CV %		9.56	11.7	9.56	10.27	11.31	14.73	14.92

* and ** significant at 5% and 1% probability levels, respectively. * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۲ – میانگین صفات مختلف سیب‌زمینی در کشت مخلوط با لوبیا چیتی

Table 2- Means of different characters on potato in potato-pinto bean intercropping

	تیمار treatment	عملکرد غده در متر مربع tuber yield (kg/m^2)	عملکرد غده در بوته tuber yield per plant (g)	میانگین وزنی غده tuber weight mean (g)	اندازه غده tuber size (mm)	تعداد غده در بوته number of tubers per plant	تعداد انشعاب در بوته number of branch per plant	تعداد برگ در بوته umber of leaves per plant
خالص سیب زمینی sole cropping of potato	سیب‌زمینی ۵/۳ بوته درمترمربع (S_1)	1.597 bcd	301.3 cde	60.38 cd	59.04 de	5.09	8.71 f	59.38 de
	سیب‌زمینی ۴/۷ بوته درمترمربع (S_2)	1.578 cd	335.6 bcd	64.13 bc	65.92 bcd	5.23	9.94 d	67.67 cd
خالص لوبیا چیتی sole cropping of pinto bean	لوبیا ۵۵ بوته در متر مربع (S_3)	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ
	لوبیا ۴۵ بوته در متر مربع (S_4)	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ	ـــــ
جایگزینی ۱:۲ replacement intercropping with proportions 2:1	سیب‌زمینی ۵/۳ + لوبیا ۵۵ بوته در متر مربع (S_5)	2.033 a	383.5 ab	71.58 ab	70.68 abc	5.327	10.14 d	72.15 abc
	سیب‌زمینی ۵/۳ + لوبیا ۴۵ بوته در متر مربع (S_6)	2.068 a	390.1 ab	68.29 ab	72.57 abc	5.305	11.67 bc	73.9 abc
	سیب‌زمینی ۴/۷ + لوبیا ۵۵ بوته در متر مربع (S_7)	1.883 abc	400.9 ab	73.68 a	75.33 ab	5.343	12.15 ab	77.03 ab
	سیب‌زمینی ۴/۷ + لوبیا ۴۵ بوته در متر مربع (S_8)	1.937 ab	411.8 a	74.73 a	79.20 a	5.39	13.12 a	79.46 a
جایگزینی ۱:۳ replacement intercropping with proportions 3:1	سیب‌زمینی ۵/۳ + لوبیا ۵۵ بوته در متر مربع (S_9)	1.915 ab	361.4 abc	69.28 ab	66.08 bcd	5.188	9.62 de	65.55 cd
	سیب‌زمینی ۵/۳ + لوبیا ۴۵ بوته در متر مربع(S_{10})	1.97 a	373.1 ab	70.35 ab	68.25 abc	5.278	9.81 d	68.8 cd
	سیب‌زمینی ۴/۷ + لوبیا ۵۵ بوته در متر مربع(S_{11})	1.80 abc	382.8 ab	71.87 ab	71.93 abc	5.335	10.83 cd	72.05 abc
	سیب‌زمینی ۴/۷ + لوبیا ۴۵ بوته در متر مربع (S_{12})	1.835 abc	390.2 ab	71.16 ab	73.07 ab	5.36	11.69 bc	74.86 abc
مخلوط افزایشی additive intercropping	سیب‌زمینی ۵/۳+ لوبیا ۱۰/۶ بوته در متر مربع (S_{13})	1.23 ef	233.4 f	44.85 f	48.1 f	4.95	5.83 h	44.6 f
	سیب‌زمینی ۵/۳ + لوبیا ۵/۳ بوته در متر مربع (S_{14})	1.447 de	241.8 ef	55.11 de	55 f	4.97	6.8 g	51.14 e
	سیب‌زمینی ۴/۷ + لوبیا ۱۰/۶ بوته در متر مربع (S_{15})	1.16 f	246.81 e	52.41 e	55.68 ef	5.005	6.73 g	50.9 e
	سیب‌زمینی ۴/۷ + لوبیا ۵/۳ بوته در مترمربع (S_{16})	1.45 de	260.7 cd	57.13 cde	62.53 cde	5.143	7.55 ef	62.11 d

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's test.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف لوبیا چیتی در کشت مخلوط با سیب‌زمینی

Table 3- Combined analysis of variance for different characters of pinto bean in intercropping of potato

منابع تغییرات Source of Variations	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS						
		تعداد نیام در بوته number of pods per plant	تعداد دانه در نیام number of Seed per pod	وزن صد دانه 100 seed weight	تعداد انشعاب در بوته number of branches per plant	تعداد برگ در بوته number of leaves per plant	عملکرد دانه در بوته grain yield per plant	عملکرد دانه در متر مربع grain yield per unit area
سال year	1	1.21 ns	0.11 ns	0.04 ns	0.65 ns	69.26 ns	2.87 ns	3378.24 ns
بلوک در سال replication/year	4	2.18 ns	0.17 ns	31.56 ns	1.15 ns	80.06 ns	2.68 ns	2529.32 ns
تیمار treatment	13	26.44 **	0.11 ns	2.07 ns	7.52 **	374.57 **	26.57**	95778.9**
تیمار × سال year×treatment	13	0.01 ns	0.01 ns	0.22 ns	0.03 ns	1.85 ns	0.04 ns	217.37 ns
خطای آزمایشی error	52	0.85	0.07	17.61	0.65	35.57	1.206	1464.86
ضریب تغییرات (٪) CV %		13.79	7.9	9.95	12.96	12.45	14.05	14.44

* and ** significant at 5% and 1% probability levels, respectively. * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۴– میانگین‌های صفات مختلف لوبیا چیتی در کشت مخلوط با سیب‌زمینی

Table 4- Means of different characters of pinto bean in intercropping of potato with pinto bean

تیمار treatment		عملکرد دانه در متر مربع grain yield per unit area (g)	عملکرد دانه در بوته grain yield per plant (g)	تعداد نیام در بوته number of pods per plant	تعداد دانه در نیام number of Seed per pod	وزن صد دانه 100 seed weight (g)	تعداد انشعاب در بوته number of branches per plant	تعداد برگ در بوته number of leaves per plant
خالص سیب زمینی sole cropping of potato	سیب‌زمینی ۵/۳ بوته درمترمربع (S_1)	———	———	———	———	———	———	———
	سیب‌زمینی ۴/۷ بوته درمترمربع (S_2)	———	———	———	———	———	———	———
خالص لوبیا چیتی sole cropping of pinto bean	لوبیا ۵۵ بوته در متر مربع (S_3)	303.7 de	5.522 e	4.29 g	3.217	41.26	4.25 h	33.17 h
	لوبیا ۴۵ بوته در متر مربع (S_4)	288.1 e	6.402 de	5.27 efg	3.317	41.81	5.39 fg	40.15 g
جایگزینی ۱:۲ replacement intercropping with proportions 2:1	سیب‌زمینی ۵/۳ + لوبیا ۵۵ بوته در متر مربع (S_5)	372.6 ab	6.775 de	5.46 def	3.352	41.90	5.55 efg	43.15 efg
	سیب‌زمینی ۵/۳ + لوبیا ۴۵ بوته در متر مربع (S_6)	326.8 bcd	7.262 d	6.21 def	3.430	42.13	6.36 cdf	48.2 cde
	سیب‌زمینی ۴/۷ + لوبیا ۵۵ بوته در متر مربع (S_7)	388.9 a	7.072 d	5.82 def	3.418	41.97	6.05 def	47.8 cdef
	سیب‌زمینی ۴/۷ + لوبیا ۴۵ بوته در متر مربع (S_8)	341.5 abc	7.588 cd	6/68 d	3.532	42.43	6.82 bcd	51.79 bcd
جایگزینی ۱:۳ replacement intercropping with proportions 3:1	سیب‌زمینی ۵/۳ + لوبیا ۵۵ بوته در متر مربع (S_9)	356.9 abc	6.488 de	5.25 fg	3.287	41.11	5.19 g	40.64 fg
	سیب‌زمینی ۵/۳ + لوبیا ۴۵ بوته در متر مربع(S_{10})	318.6 cde	7.058 d	6.08 def	3.425	42.13	5.99 def	45.76 def
	سیب‌زمینی ۴/۷ + لوبیا ۵۵ بوته در متر مربع(S_{11})	374.8 ab	6.845 de	5.71 def	3.368	42.47	5.65 efg	43.98 def
	سیب‌زمینی ۴/۷ + لوبیا ۴۵ بوته در متر مربع (S_{12})	328.4 bcd	7.298 d	6.51 de	3.493	42.42	6.56 bcd	49.53 cde
مخلوط افزایشی additive intercropping	سیب‌زمینی ۵/۳+ لوبیا ۱۰/۶ بوته در متر مربع (S_{13})	81.25 fg	7.522 cd	6.46 def	3.508	42.88	6.21 cdef	49.84 cde
	سیب‌زمینی ۵/۳ + لوبیا ۵/۳ بوته در متر مربع (S_{14})	61.67 g	11.47 b	10.26 b	3.632	42.68	7.48 b	57.93 ab
	سیب‌زمینی ۴/۷ + لوبیا ۱۰/۶ بوته در متر مربع (S_{15})	94.74 f	8.772 c	7.92 c	3.527	42.67	7.16 bc	54.32 bc
	سیب‌زمینی ۴/۷ + لوبیا ۵/۳ بوته در مترمربع (S_{16})	71.59 fg	13.33 a	12.07 a	3.707	42.79	8.84 a	64.50 a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار آماری ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's test.

جدول ۵ – مقادیر LER در تیمارهای کشت مخلوط سیب‌زمینی و لوبیا چیتی

Table 5- Land equivalent ratio (LER) of potato and pinto bean in intercropping treatments

تیمار treatment	سال دوم Second year			سال اول First year			میانگین دو سال Means of two years
	LER (land equivalent ratio)	عملکردنسبی لوبیا چیتی relative yields of pinto bean	عملکردنسبی سیب زمینی relative yields of potato	LER (land equivalent ratio)	عملکردنسبی لوبیا چیتی relative yields of pinto bean	عملکردنسبی سیب زمینی relative yields of potato	LER
S_5	1.256	0.398	0.858	1.278	0.441	0.837	1.267
S_6	1.233	0.365	0.868	1.264	0.411	0.853	1.248
S_7	1.217	0.416	0.801	1.249	0.460	0.789	1.233
S_8	1.204	0.383	0.821	1.236	0.428	0.808	1.22
S_9	1.203	0.293	0.91	1.178	0.294	0.884	1.191
S_{10}	1.216	0.272	0.944	1.187	0.279	0.908	1.201
S_{11}	1.169	0.31	0.859	1.158	0.306	0.852	1.163
S_{12}	1.155	0.276	0.879	1.159	0.294	0.865	1.157
S_{13}	1.035	0.259	0.776	1.045	0.276	0.769	1.04
S_{14}	1.12	0.203	0.917	1.131	0.227	0.904	1.125
S_{15}	1.044	0.304	0.740	1.052	0.321	0.731	1.048
S_{16}	1.074	0.237	0.837	1.179	0.261	0.918	1.126

References منابع مورد استفاده

- Ali-mohammadi, R., A. Imani, and A.M. Rezaie. 2005. Effect of planting density and depth on growth and yield of potato in the region of Mianeh. *Seed and Plant Journal*.19: 58-74. (in Persian).
- Barmaki, M. 2001. Intercropping of potatoes and peas in Ardabil. M.Sc Thesis. University of Tabriz. Pp: 88. (in Persian).
- Baumann, D.T., L. Bastians, I. Gaudian, H.H. Vanlar, and M.J. Kroff. 2002. Analysing crop yield and plant quality in a intercropping system using an ecophysiological model for interplant competition. *Agricultural Systems*. 13: 173 – 203.
- Bindera, A.D. and V.S. Thakur. 2005. Legume intercropping with potato based cropping system at varied fertility levels under high hills dry temperate conditions of Himachal Pradesh. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 8: 488 – 498.
- Broad, S., S. Lisson, and N. Mendham. 2004. Strip cropping vegetables. Available at: http://www.cropscience.org.au/icsc2004/poster/2/1/3/666_broads.htm.

- Carruthers, K., B. Prithirviraj, D. Clouter, R.C. Martin, and D.L. Smith. 2000. Intercropping corn with soybean, lupin and forages: Yield component responses. *European Journal Agronomy*. 12: 103-115.
- Dua, V.K., S.S. Lal, and P.M. Govindakrishnan. 2005. Production potential and competition indices in potato + french bean intercropping system in Shimla Hills. *Indian Journal of Agricultural Science*. 75: 321-323.
- Ebwongu, M., E. Adipala, G. Forbes, and R. Nelson. 2002. Influence of spatial arrangements in maize/solanum potato intercrops on incidence of potato aphids and leaf hoppers in Uganda. *African Crop Science Journal*. 9: 175-184.
- Gebremedhin, W. 2001. Effects of spatial arrangement on tuber yields of some potato. *African Crop Science Journal*. 9: 67 - 76.
- Jadoski, S.O., R. Carlesso, D. Wolschick, T. Petry, and Z. Frizzo. 2000. Plant population and row spacings for irrigated dry bean. II: Grain yield and yield components. *Brazil Ciencia Rural*. 30: 567-573.
- Javanshir, A., A. Dabbagh Mohammady Nassab, A. Hamidi, and M. Gholipoor. 2000. Ecology of intercropping. Ferdowsi University of Mashhad Press. Pp: 224. (in Persian).
- Kamkar, B. and A. Damaghani. 2008. Principles of sustainable agriculture. Ferdowsi University of Mashhad Press. Pp: 316. (in Persian).
- Khistaria, M.K., A.M.A. Kamal, and A. Gandhi. 1994. Intercropping in cotton under rain conditions. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 20: 9-14.
- Khurana, S.M.,and S.K. Pandey. 2001. Intercropping of potato and other vegetables with autumn-planted sugarcane. *Journal of the Indian Potato Association*. 28: 48-49.
- Mahmodi, H., A.A. Damaghani, and H. Liaghati. 2008. Introduction to organic farming. Ferdowsi University of Mashhad Press. Pp: 292. (in Persian).
- Mazaheri, D. 1994. Intercropping. Tehran University Press. Pp: 343. (in Persian).
- Mead, R. and R.W. Willy. 1980. The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields from intercropping. *Exp. Agr.* 16:217-218.
- Moawad, S.S. 2003. Effect of intercropping potato crop with some medicinal and ornamental plants on insect infestations. National Research Center, Cairo, Egypt. 28: 337-346.
- Njoku, S.C., C.O. Muoneke, D.A. Okpara, and F.M.O. Agbo. 2007. Effect of intercropping varieties of sweet potato and okra in an ultisol of southeastern Nigeria. *African Journal of Biotechnology*. 6: 1650-1654.
- Poortaghi, N. 2003. Intercropping of corn and pinto bean. M.Sc. Thesis. University of Tabriz. Pp: 83. (in Persian).
- Prasad, R., S. Sing, and M. Pal. 2001. Studies on intercropping potato with fenugreek. *Acta Agronomiea Hungarica.* 49: 189-192.

- Santalla, M., A.P. Radino, and P.A. Caquaro. 2001. Interaction of bush bean intercropped with sweet maize. *European Journal of Agronomy*. 15: 185-196.
- Shafshak, S.E., E.S. Shokr, and B.A. Ahmar. 1989. Studies on soybean and sunflower intercropping, plant characteristics, yield and yield components of soybean and sunflower. *Field Crop Research*. 10: 41 - 56.
- Singh, N.B. 1986. Intercropping of legumes in maize under varying nitrogen levels and maize population. *Annuals of Agricultural Research*. 7: 37 - 43.
- Sullivan, P. 2003. Intercropping principles and practices. Available at: https://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/intercrop.pdf.
- Ujjinaiah, U.S., B.G. Rajashekar, N. Venugopal, and K. Seenappa. 1991. Sunflower pigeon pea intercropping. *Journal of Oilseed Research*. 8: 72-78.
- Zahedi Avval, A. 1996. Effects of planting density and different rats of potassium fertilizer on the quantity and quality of two potato cultivars. M.Sc. Thesis. University of Ferdowsi University of Mashhad. Pp: 92. (in Persian).
- Zhang, F.,and L. Li. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient use efficiency. *Plant and Soil*. 248: 305-312.

Evaluation of Potato and Pinto bean Intercropping

Nasrollahzadeh-Asl, A.[1*], A. Dabbag - Mohammadi nassab[2], S. Zehtab - Salmasi[3], M. Mogaddam[4], and A. Javanshir[3]

Abstract

To evaluate beneficial effect of intercropping based on replacement and additive methods to sustainable agriculture, two experiments were conducted at the Agricultural Research Station of University of Tabriz in 2005 and 2006, to study the effect of intercropping potato and pinto bean by using these two methods. The experiments carried out using randomized complete block design with three replications and 16 treatments. The treatments, consisted of: eight treatments of replacement intercropping with 2:1 and 3:1 proportions of potato and pinto bean (with densities of 4.7 and 5.3 plants m^{-2} for potato and 45 and 55 plants m^{-2} for pinto bean), four treatments of additive intercropping (with densities of 4.7 and 5.3 plants m^{-2} for potato and 5.3 and 10.6 plants m^{-2} for pinto bean), two sole croppings of potato (4.7 and 5.3 plants m^{-2}) and two sole croppings of pinto bean (45 and 55 plants m^{-2}). Maximum tuber yield per plant, tuber yield of potato per unit area, tuber size, mean tuber weight, number of leaves and branches per plant were obtained from replacement intercropping treatments. Maximum grain yield of pinto bean per unit area was obtained from the replacement intercropping treatments; Maximum grain yield per plant, number of pods per plant, number of leaves and branches, plant height, dates of emergence, flowering, poding and ripening were obtained from the additive intercropping treatments. To evaluate the beneficial effect of intercropping, land equivalent ratio (LER) was more than one, and the maximum amounts for two years (1.25 and 1.27, respectively) belonged to replacement intercropping of 1:2 treatment (66% potato with 5.3 plants per m^2 + 34%pinto bean with 55 plants per m^2). This treatment, therefore, can be recommended to be the best intercropping pattern for sustainable agriculture.

Key words: Intercropping, Land equivalent ratio (LER), Pinto bean, Potato, Yield, Yield components.

1- Assistant Prof., Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Khoi Branch, Islamic Azad University، Khoi, Iran.
2- Associate Prof. Department of Plant Ecophysiology, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
3- Prof., Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
4- Prof., Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
***Corresponding Author**: ali_nasr462@yahoo.com*