Archive of SID

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 10، شماره 2، تابستان 1397، ص. 415-400

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.2, Summer 2018, p. 400-415

اثر کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) و سیب‌زمینی (*Solanuum tuberosum* L.) در منطقه نیکشهر

حمیدرضا مبصر[1*]، شهدوست برجسته[2] و عباس کشته‌گر[3]

تاریخ دریافت: 1394/12/18
تاریخ پذیرش: 1395/12/07

مبصر، ح.ر.، برجسته، ش.، و کشته‌گر، ع. 1397. اثر کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) و سیب‌زمینی (*Solanuum tuberosum* L.) در منطقه نیک‌شهر. بوم‌شناسی کشاورزی، 10(2): 415-400.

چکیده

به‌منظور بررسی عملکرد و اجزای عملکرد دو محصول ذرت (*Zea mays* L.) و سیب‌زمینی (*Solanuum tuberosum* L.) در کشت مخلوط، در منطقه بنت شهرستان نیکشهر در بهمن ماه سال 1392 آزمایشی با 14 تیمار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به‌روش جایگزینی و افزایشی به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش شامل کشت خالص ذرت، کشت خالص سیب‌زمینی، دو ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی، دو ردیف ذرت +دو ردیف سیب زمینی (برای هر محصول تراکم بوته 50 درصد تراکم مطلوب می‌باشد)، یک ردیف ذرت + یک ردیف سیب زمینی، یک ردیف ذرت + دو ردیف سیب زمینی، دو ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی (برای هر محصول تراکم بوته 100 درصد تراکم مطلوب می‌باشد)، سه ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی، یک ردیف ذرت + سه ردیف سیب‌زمینی، سه ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی، دو ردیف ذرت + سه ردیف سیب‌زمینی، دو ردیف ذرت + چهار ردیف سیب‌زمینی، چهار ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی، دو ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی، (تراکم بوته برای ذرت 100 درصد تراکم مطلوب و برای سیب‌زمینی 50 درصد تراکم مطلوب می‌باشد) بودند. نتایج نشان داد که سیستم‌های مختلف کاشت بر ارتفاع گیاه ذرت، عملکرد زیست توده، تعداد دانه در بلال و عملکرد دانه ذرت و همچنین بر ارتفاع بوته، وزن غده و عملکرد غده سیب‌زمینی تأثیر معنی‌داری داشت. بالاترین عملکرد زیست‌توده (30/684 تن در هکتار) از تیمار کشت خالص ذرت و بیشترین ارتفاع گیاه ذرت (133/26 سانتی‌متر)، تعداد دانه در بلال (432/33) و عملکرد دانه (8/957 تن در هکتار) از تیمار دو ردیف ذرت+ یک ردیف سیب‌زمینی به‌دست آمد. بالاترین ارتفاع بوته (45/03 سانتی‌متر)، بیشترین وزن غده (73/54 گرم) و عملکرد غده سیب‌زمینی (28/124 تن در هکتار) از تیمار کشت خالص سیب‌زمینی به‌دست آمد. بالاترین نسبت برابری زمین (1/54) از سیستم کشت مخلوط دو ردیف ذرت+ یک ردیف سیب‌زمینی به‌دست آمد که نشان از برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص دارد.

واژه‌های کلیدی: تعداد دانه در بلال، زیست توده، عملکرد دانه، نسبت برابری زمین، وزن غده

مقدمه

کشاورزی پایدار به مدیریت صحیح منابع کشاورزی اطلاق می‌شود که در ضمن رفع نیازهای در حال تغییر بشری، کیفیت محیط زیست و ظرفیت منابع آب و خاک را نیز حفظ می‌کند (Philipp, 2009). از اجزای کشاورزی پایدار می‌توان سیستم جنگل-زراعی، مدیریت تلفیقی آفات، تناوب زراعی و کشت مخلوط را نام برد (Tsubo et al., 2005). کشت مخلوط شامل کشت دو یا چند گونه زراعی می‌باشد که شامل مخلوط گیاهان یک‌ساله با یک‌ساله، یک‌ساله با چندساله و یا کشت گیاهان چندساله با سایر گیاهان چندساله می‌باشد (Caballero et al., 2001). به‌طور کلی، کشت مخلوط به دلایل زیادی مفید می‌باشد، مانند برخورداری از عملکرد بیشتر،

1، 2 و 3- به‌ترتیب استادیار، مربی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زاهدان، زاهدان، ایران و دانشجوی دکتری، گروه اگرواکولوژی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: hamidrezamobasser@gmail.com)

www.SID.ir

Archive of SID

جلوگیری از مخاطرات احتمالی، جلوگیری از حمله آفات، استفاده بهینه از منابع موجود، ایجاد تعادل در جیره غذایی انسان و عوامل مختلف دیگر انجام می‌شود (Yang et al., 2009).

ذرت (*Zea mays* L.) یکی از گیاهانی است که به‌دلیل سازگاری بالا می‌تواند با گیاهان زیادی به‌صورت مخلوط کشت شود. گزارش شده است که 60 درصد ذرت کشت شده در مناطق گرمسیری آمریکای لاتین به‌صورت مخلوط انجام می‌شود (Francis & Decoteau, 1993). به‌طور معمول کشت مخلوط غلات خصوصاً ذرت با حبوبات در سطح وسیعی از جهان انجام شده و تحقیقات زیادی روی آن صورت گرفته است (Seran & Brintha, 2010). استان سیستان و بلوچستان از جمله شهرستان ایرانشهر از مناطق بسیار مستعد برای کشت و تولید ذرت به شمار می‌رود. دارا بودن شرایط آب و هوایی مناسب امکان کشت دو بار آن را در سال امکان‌پذیر می‌سازد. کشت زود هنگام بهاره ذرت در نیمه دوم بهمن ماه و کشت تابستانه در مرداد ماه انجام می‌گیرد. از طرفی شرایط آب و هوایی خاص منطقه توان بالای تولید سیب‌زمینی خارج از فصل را نیز دارا می‌باشد. کشت عمده سیب‌زمینی در مناطق جنوبی کشور زمانی انجام می‌گیرد که درجه حرارت هوا بالا بوده و باعث از بین رفتن بسیاری از غده‌های بذری می‌شود (Darabi, 2008). نتایج برخی از آزمایش‌ها نشان داده است که کشت مخلوط سیب‌زمینی با یک گیاه سایه‌انداز مثل ذرت، راهکار زراعی مناسبی جهت تعدیل میکروکلیمای سیب‌زمینی محسوب می‌شود. دمای بالای هوا و خاک در اوایل فصل رشد (اوایل پاییز) باعث تأخیر در سبز شدن و استقرار ضعیف گیاه سیب‌زمینی می‌شود (Midmore et al., 1988; Vander Zagg & Demagante, 1990). سیب‌زمینی یک گیاه مناطق معتدله است که وقتی تحت شرایط دمای بالای خاک رشد می‌کند، رشد و عملکرد آن به‌شدت کاهش می‌یابد (Vander zagg & Demagante, 1988). مولا و تکالینگ (Molla & Tekaling, 2010) در ارزیابی کشت مخلوط، سیب‌زمینی و سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) را در مناطق گرم و گرم و مرطوب در اتیوپی گزارش کردند که عملکرد سیب‌زمینی در کشت خالص 21/089 تن در هکتار بود، در حالی که عملکرد آن در کشت مخلوط با سورگوم به نسبت 100 درصد سیب‌زمینی با 50 و 25 درصد سورگوم به‌ترتیب به 14/123 تن در هکتار کاهش یافت. جمشیدی و همکاران (Jamshidi et al., 2008) حداکثر عملکرد غده سیب‌زمینی را از نسبت مخلوط 75 درصد سیب‌زمینی با کشت 25 درصد ذرت به میزان 20390 کیلوگرم در هکتار و بالاترین عملکرد ذرت به میزان 8898 کیلوگرم در هکتار را از کشت 50 درصد سیب-زمینی و 50 درصد ذرت گزارش کردند. بالاترین نسبت برابری زمین (1/87) از تراکم شش بوته در مترمربع با تراکم 40 و 50 بوته در مترمربع لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) گزارش شده است (Rezaei-Chianeh et al., 2011). عملکرد 44 تن در هکتار غده سیب‌زمینی در کشت مخلوط سیب‌زمینی و ذرت از تراکم 2/38 بوته در مترمربع ذرت با 4/76 بوته در مترمربع سیب‌زمینی و بالاترین نسبت برابری زمین (1/55 - 1/43) برتری کشت مخلوط را نسبت تک‌کشتی نشان داد (Al-Dalain, 2009). دارابی (Darabi, 2008) در کشت توأم ذرت علوفه‌ای و سیب‌زمینی در کشت پاییزه گزارش کرد که عملکرد سیب‌زمینی در هر دو کشت خالص و توأم بسیار پایین و غیراقتصادی بود. کشت مخلوط سیب‌زمینی با گیاهان سایه‌انداز مثل ذرت در نقاط مختلفی از جهان توسط کشاورزان به مرحله اجرا درآمده است. اوسوم (Ossom, 2010) در ارزیابی کشت مخلوط سیب‌زمینی شیرین و ذرت نسبت برابری زمین را بین 0/77 و 0/74 گزارش نمود. دهمرده و کشته گر (Dahmardeh & Keshtehgar, 2014) نیز در نتیجه آزمایش خود بیان کردند که بیشترین نسبت برابری زمین از تیمار کشت مخلوط 100 درصد ذرت + 100 درصد بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار کشت مخلوط 50 درصد ذرت + 50 درصد بادام زمینی داشت. پراکاشی و همکاران (Prakashy et al., 2004) کاهش 1/5 تا 25/8 درصدی عملکرد غده سیب‌زمینی را در کشت مخلوط نسبت به تک-کشتی سیب‌زمینی گزارش کردند.

در شرایط حاضر کشور، قیمت سیب‌زمینی به‌خصوص در کشت زمستانه آن بسیار متغیر بوده و با توجه به مشخص بودن قیمت ذرت، می‌توان با کشت مخلوط آن با یک گیاه دیگر، خطر نوسانات شدید قیمت و شرایط آب و هوایی نامناسب در برخی سال‌ها را تا حدی کاهش داد. به همین منظور در آزمایش حاضر اثر کشت مخلوط بر عملکرد و اجزای عملکرد دو گیاه سیب‌زمینی و ذرت در کشت بهاره در منطقه بنت شهرستان نیکشهر مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی عملکرد دو محصول ذرت و سیب‌زمینی در کشت

www.SID.ir

Archive of SID

مخلوط، آزمایشی در بهمن ماه سال 1392 در منطقه بنت شهرستان نیکشهر استان سیستان و بلوچستان بین مدار 26 درجه و 12 دقیقه عرض شمالی و 60 درجه و 12 دقیقه طول شرقی و با ارتفاع 450 متر از سطح دریا اجرا گردید. این منطقه دارای اقلیم گرم و خشک می-باشد. خاک محل آزمایش دارای بافت شنی با pH=7/5 و EC=2/8 میلی‌موس بر سانتی‌متر و درصد نیتروژن 0/059 بود. این آزمایش با 14 تیمار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به-روش جایگزینی و افزایشی به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش شامل کشت خالص ذرت (T_1) (فاصله بین بوته‌های ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت خالص سیب‌زمینی (T_2) (فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت جایگزینی دو ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی (T_3) (فاصله بین بوته‌های ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر؛ فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت جایگزینی دو ردیف ذرت + دو ردیف سیب زمینی (T_4) (فاصله بین بوته‌های ذرت 36 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 40 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت افزایشی یک ردیف ذرت+یک ردیف سیب زمینی (T_5) (فاصله بین بوته‌های ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت افزایشی یک ردیف ذرت +دو ردیف سیب زمینی (T_6) (فاصله بین بوته‌های ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت افزایشی دو ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی (T_7) (فاصله بین بوته‌های ذرت 9 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 10 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت افزایشی سه ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی (T_8) (فاصله بین بوته‌های ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت افزایشی یک ردیف ذرت + سه ردیف سیب‌زمینی (T_9) (فاصله بین بوته‌های ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت افزایشی سه ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی (T_{10}) (فاصله بین بوته‌های ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت افزایشی دو ردیف ذرت + سه ردیف سیب‌زمینی (T_{11}) (فاصله بین بوته‌های ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت افزایشی دو ردیف ذرت + چهار ردیف سیب‌زمینی (T_{12}) (فاصله بین بوته‌های ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت افزایشی چهار ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی (T_{13}) (فاصله بین بوته‌های ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر)، کشت افزایشی دو ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی (T_{14})، (فاصله بین بوته‌های ذرت 36 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر، فاصله بین بوته‌های سیب‌زمینی 10 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر) بودند. رقم ذرت مورد استفاده سینگل‌کراس 704 و برای سیب‌زمینی رقم آریندا بود. زمین محل آزمایش در پاییز شخم عمیق زده و پس از دو بار دیسک با استفاده از دستگاه لولر تسطیح و سپس توسط فاروئر جوی و پشته ایجاد شد. هر کرت آزمایشی شامل ردیف‌های کشت به‌طول چهار متر بود. فاصله بین بوته‌ها برای ذرت 18 سانتی‌متر و بین ردیف‌ها 70 سانتی‌متر و برای سیب‌زمینی 20 سانتی‌متر و بین خطوط 70 سانتی‌متر و فاصله بین دو کرت 80 سانتی‌متر به‌صورت یک جوی‌چه نکاشت و فاصله بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شد. عملیات کاشت گیاه سیب‌زمینی در تاریخ 17 بهمن ماه 1392 و کاشت گیاه ذرت در تاریخ هفتم فروردین ماه 1393 انجام شد. کشت به‌صورت هیرم‌کاری بوده و برای رسیدن به تراکم مطلوب پس از سبز شدن عملیات تنک انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کشت انجام گرفت. آبیاری به‌صورت جوی پشته‌ای و با فاصله هفت روز یک‌بار در طول فصل رشد انجام شد. مصرف کودهای شیمیایی برای سیب‌زمینی به‌میزان 75 کیلوگرم پتاس (از منبع سولفات پتاسیم)، 46 کیلوگرم فسفر (از منبع سوپر فسفات تریپل) و 230 کیلوگرم نیتروژن (از منبع اوره) که تمامی کود پتاس و فسفر همزمان با کاشت و یک سوم کود نیتروژن در زمان سبز شدن حدود 70 درصد بوته‌ها، مرحله دوم یک ماه بعد و یک سوم باقیمانده قبل از گلدهی به‌صورت سرک مصرف شد و مصرف کودهای شیمیای در ذرت تمامی کود فسفر و پتاس و یک سوم کود نیتروژن همزمان با کاشت به‌صورت نواری به‌میزان 75 کیلوگرم پتاس (از منبع سولفات پتاسیم) 46 کیلوگرم فسفر (از منبع سوپرفسفات تریپل) و 180

www.SID.ir

Archive of SID

کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (از منبع اوره) که یک سوم کود نیتروژن در مرحله پنج تا هفت برگی و یک سوم باقیمانده در مرحله ظهور گل آذین به‌صورت سرک به مصرف رسید. برداشت نهایی در تاریخ یکم خردادماه سال 1393 برای گیاه سیب‌زمینی و 12 تیرماه سال 1393 برای گیاه ذرت انجام شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع و قطر ساقه ذرت، 10 بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و اندازه‌گیری انجام گردید. عملکرد علوفه خشک هر تیمار از سطح دو مترمربع در مرحله خمیری شدن دانه (در این مرحله تمام بوته سبز و دارای حداکثر ارتفاع بوته می‌باشد) از دو ردیف وسط با حذف اثر حاشیه‌ای برداشت و اندازه‌گیری گردید. نمونه‌ها پس از توزین (علوفه تر) به آزمایشگاه منتقل شده و برای خشک کردن در آون و در دمای 74 درجه سانتی‌گراد به‌مدت 72 ساعت خشک شدند. برای اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد دانه بعد از رسیدن گیاه به‌طور کامل (مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، قبل از برداشت نهایی) با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای، بذرهای کل دو مترمربع از هر کرت توزین شد و میانگین عملکرد به‌دست آمده به هکتار تعمیم داده شد. جهت محاسبه تعداد غده در بوته سیب‌زمینی، با زرد شدن اولین برگ‌ها در بوته و با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای، 10 بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و تعداد غده در بوته را شمارش و میانگین هر کرت به‌عنوان تعداد غده در بوته در نظر گرفته شد. جهت محاسبه وزن غده، 50 عدد غده از هر کرت را شمارش نموده، با استفاده از ترازو وزن کرده و به این ترتیب میانگین وزن غده محاسبه شد. جهت ارزیابی سیستم‌های کشت مخلوط نسبت به کشت خالص از شاخص نسبت برابری زمین[1](LER) استفاده گردید (Dahmardeh & Keshtehgar, 2014).

$$LER\ (T) = LER\ (a) + LER\ (b) \quad \text{معادله (1)}$$

$$LER\ (a) = Yab / Yaa \quad \text{معادله (2)}$$

$$LER\ (b) = Yba / Ybb \quad \text{معادله (3)}$$

که در این معادلات؛ LER (T): نسبت برابری کل زمین، LER(a): نسبت برابری زمین گونه A، LER(b): نسبت برابری زمین گونه B، Yab: عملکرد گونه A در کشت مخلوط، Yaa: عملکرد گونه A در کشت خالص، Yba: عملکرد گونه B در کشت مخلوط، Ybb: عملکرد گونه B در کشت خالص می‌باشد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (V 6.12) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته ذرت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 1). بالاترین ارتفاع بوته (133/26 سانتی‌متر) از تیمار کشت جایگزینی دو ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی به‌دست آمد (جدول 2). اختلاف میان کمترین و بیشترین ارتفاع بوته در کشت مخلوط ناشی از رقابت برون گونه‌ای است. با توجه به این‌که تیمار سیستم کاشت مخلوط مزایایی از قبیل توزیع بهتر نور در کانوپی، توزیع فضایی مناسب بوته‌ها و کاهش رقابت بین بوته‌ها برای استفاده از عوامل محیطی را به نحو مطلوبی فراهم می‌سازد، در نتیجه به‌طور قابل توجهی ارتفاع بوته افزایش یافته است. تونا و اوراک (Tuna & Orak, 2007) در کشت مخلوط ماشک (*Vicia sativa* L.) با یولاف (*Avena sativa* L.) گزارش کرده‌اند که کاهش یا افزایش ارتفاع بوته گیاهان به‌شدت رقابت بین دو گیاه بستگی دارد.

کاراوتا و همکاران (Caravetta et al., 1990) کاهش ارتفاع سورگوم را همگام با افزایش تراکم گزارش کردند که دلیل آن را می‌توان به سایه‌اندازی و رقابت نوری بین بوته‌ها نسبت داد. عدم افزایش ارتفاع بوته در تراکم های بالاتر از حد مطلوب، احتمالاً به‌دلیل محدودیت تولید مواد فتوسنتزی بر اثر محدودیت آب و عناصر غذایی است (Moll & Kamparth, 1997).

عملکرد زیست‌توده ذرت

نتایج تجزیه واریانس عملکرد زیست‌توده نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر عملکرد زیست‌توده ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 1). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد زیست‌توده (30/684 تن در هکتار) از تیمار کشت خالص ذرت به‌دست آمد (جدول 2). در کشت خالص ذرت چون تنها رقابت درون‌گونه‌ای حاکم است، بنابراین عملکرد زیست‌توده در تراکم‌های بالاتر زیاد تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد. کاهش عملکرد زیست‌توده ذرت در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در این آزمایش را می‌توان به کاهش تراکم ذرت در کشت‌های جایگزینی نسبت داد.

1- Land equivalent ratio

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه آزمایش خرمی‌وفا (Khorramivafa, 2007) نشان داد که عملکرد زیست‌توده ذرت در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش یافت. تونا و اوراک (Tuna & Orak, 2007) و دهمرده و کشته‌گر (Dahmardeh & Keshtehgar, 2014) به‌ترتیب در کشت مخلوط ماشک با یولاف و ذرت با بادام‌زمینی گزارش کرده‌اند که عملکرد زیست‌توده هر یک از گیاهان کشت شده در مخلوط این دو گیاه به‌دلیل کاهش تراکم در کشت جایگزینی به‌طور معنی‌داری نسبت به کشت خالص آن‌ها کاهش یافته است. در کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L.) با سورگوم، عملکرد زیست‌توده سویا تا 30 درصد نسبت به کشت خالص آن کاهش یافت (Ghosh et al., 2006). طایفه نوری (Tayefenoori, 2004) نیز گزارش کرد که عملکرد زیست‌توده ذرت در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط جایگزینی با لوبیا است.

در تحقیق سنجانی و همکاران (Sanjani et al., 2009) روی کشت مخلوط سورگوم و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) مشخص شد که تک‌کشتی سورگوم عملکرد کمتری نسبت به مخلوط افزایشی این دو گیاه داشته است. در تراکم‌های پایین گیاهان بیشتر رشد می‌کنند، زیرا که در نتیجه تعداد بوته کمتر در واحد سطح، گیاهان بیش از آن‌که رقابت موجب کاهش آهنگ رشد آن‌ها شود مدت طولانی‌تری رشد می‌کنند. در مورد بیشتر گیاهان زراعی در تراکم‌های خیلی پایین ممکن است رقابت به هیچ وجه رخ ندهد و منابع غذایی با کارایی مؤثرتری مورد استفاده قرار نگیرند. لذا در انتخاب تراکم بوته برای یک گیاه زراعی باید از کاربرد نامؤثر منابع در سطوح پایین تراکم و رقابت بیش از حد در سطوح بالای تراکم خودداری شود (Karlen & Camp, 1985; Hanna et al., 1994) .

تعداد دانه در بلال ذرت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر تعداد دانه در بلال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 1). بالاترین تعداد دانه در بلال (432/33) از تیمار کشت جایگزینی دو ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی به‌دست آمد (جدول 2). افزایش تعداد دانه در بلال در سیستم کشت جایگزینی دو ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی می‌تواند ناشی از بلندتر شدن طول بلال به‌علت کاهش رقابت برون گونه‌ای و افزایش نفوذ نور به داخل کانوپی و دریافت تشعشع توسط برگ‌ها و در نتیجه افزایش تعداد اندام‌های زایشی باشد (Fathi, 2006). سابکوویز (Sobkowicz, 2006) در کشت مخلوط تریتیکاله (*Triticosecale* Wittmack.) با باقلا (*Vicia faba* L.)، گزارش کرد که تعداد دانه در هر سنبله تریتیکاله با افزایش تراکم باقلا به‌طور معنی‌داری کاسته می‌شود. وی علت این امر را به‌دلیل رقابت دو گونه بر سر منابع محیطی از قبیل نور، آب و مواد غذایی نسبت داد.

جدول 1- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (SC_{704}) در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با سیب‌زمینی

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for yield and yield components of maize (SC_{704}) in different proportions of intercropping with potato

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	عملکرد زیست‌توده Biological yield	تعداد دانه در بلال No. of kernel.ear^{-1}	عملکرد دانه Grain yield
بلوک Block	2	13.92^{ns}	0.0933^{ns}	0.000001^{ns}	0.0769^{ns}
تیمار Treatment	12	250.68*	68.0694**	4118.74**	5.5393**
خطا Error	24	97.49	20.718	658.16	1.155
ضریب تغییرات (%) C.V (%)	-	7.88	19.75	6.80	15.28

ns: غیرمعنی‌دار، *و**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns: Non significant, *and**: significant at 5 and 1% probability level, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 2- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (SC_{704}) در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با سیب‌زمینی

Table 2- Means comparisons of yield and yield component of maize (SC_{704}) in different proportions of intercropping with potatoes

تیمارهای آزمایشی Treatments	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	عملکرد زیست‌توده (تن در هکتار) Biological yield ($t.ha^{-1}$)	تعداد دانه در بلال No. of kernel.ear^{-1}	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield ($t.ha^{-1}$)
کشت خالص ذرت (T_1) Sole maize (T_1)	132.50^{a*}	30.684^{a}	430.67^{ab}	8.333^{abc}
دو ردیف ذرت+یک ردیف سیب‌زمینی (T_3) Two rows maize+One row potato (T_3)	133.26^{a}	26.396^{abc}	432.33^{a}	8.957^{a}
دو ردیف ذرت+دو ردیف سیب زمینی (T_4) Two rows maize+Two rows potato (T_4)	129.93^{a}	25.454^{abc}	410.67^{abc}	6.865^{bcde}
یک ردیف ذرت+یک ردیف سیب زمینی (T_5) One row maize+One row potato (T_5)	125.23^{a}	29.444^{ab}	372.67^{cde}	7.193^{abcd}
یک ردیف ذرت+دو ردیف سیب زمینی (T_6) One row maize+Two rows potato (T_6)	123.16^{ab}	19.995^{cde}	369.33^{cde}	6.290^{de}
دو ردیف ذرت+دو ردیف سیب‌زمینی (T_7) Two rows maize+Two rows potato (T_7)	129.46^{a}	14.524^{e}	403^{abcd}	6.937^{bcde}
سه ردیف ذرت+یک ردیف سیب‌زمینی (T_8) Three rows maize+One row potato (T_8)	132.83^{a}	15.810^{de}	364^{de}	8.595^{ab}
یک ردیف ذرت+سه ردیف سیب‌زمینی (T_9) One row maize+Three rows potato (T_9)	106.83^{bc}	23.042^{abcd}	360^{de}	6.104^{de}
سه ردیف ذرت+دو ردیف سیب‌زمینی (T_{10}) Three rows maize+Two rows potato (T_{10})	131.83^{a}	19.148^{cde}	342.33^{ef}	8.122^{abc}
دو ردیف ذرت+سه ردیف سیب‌زمینی (T_{11}) Two rows maize+Three rows potato (T_{11})	121.63^{abc}	24.565^{abc}	333^{ef}	5.223^{ef}
دو ردیف ذرت+چهار ردیف سیب‌زمینی (T_{12}) Two rows maize+Four rows potato (T_{12})	106.03^{c}	24.011^{abc}	390^{abcd}	4.256^{f}
چهار ردیف ذرت+دو ردیف سیب‌زمینی (T_{13}) Four rows maize+Two rows potato (T_{13})	124.63^{a}	24.511^{abc}	388^{bcd}	7.797^{abcd}
دو ردیف ذرت+دو ردیف سیب‌زمینی (T_{14}) Two rows maize+Two rows potato (T_{14})	129.63^{a}	21.991^{bcde}	308^{f}	6.731^{cde}

*در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

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

عملکرد دانه ذرت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 1). به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه (8/957 تن در هکتار) در تیمار کشت جایگزینی دو ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی مشاهده شد. این تیمار با تیمارهای کشت خالص ذرت، کشت جایگزینی دو ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی، کشت افزایشی یک ردیف ذرت +یک ردیف سیب‌زمینی، کشت افزایشی سه ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی، کشت افزایشی سه ردیف ذرت + دو ردیف سیب‌زمینی، کشت افزایشی چهار ردیف ذرت + دو ردیف سیب-زمینی در یک گروه آماری قرار گرفت و این تیمارها از لحاظ عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین کمترین عملکرد دانه (4/256 تن در هکتار) در تیمار کشت افزایشی دو ردیف ذرت + چهار ردیف سیب‌زمینی مشاهده گردید (جدول 2). احتمالاً با افزایش تراکم

www.SID.ir

Archive of SID

گیاهی، عملکرد دانه برای هر دو گیاه در تک‌کشتی و کشت مخلوط زیادتر شده که این افزایش به‌دلیل افزایش پوشش گیاهی و نزدیک‌تر شدن آن‌ها به تراکم مطلوب در شرایط کشت مخلوط و استفاده بهتر از منابع محیطی می‌تواند باشد. محققان در نتایجی مشابه با نتایج آزمایش حاضر گزارش دادند که عملکرد ذرت در کشت مخلوط بیشتر از عملکرد آن در تک‌کشتی بود و همچنین عملکرد لوبیا در کشت خالص اندکی بالاتر از کشت مخلوط بود (Jamshidi et al., 2008). دهمرده و کشته‌گر (Dahmardeh & Keshtehgar, 2014) علت کاهش عملکرد ذرت در کشت مخلوط با بادام‌زمینی را به رقابت بادام-زمینی برای جذب عناصر غذایی یا کمبود انتقال نیتروژن نسبت داده-اند. در کشت مخلوط برنج (*Oryza sativa* L.) و لوبیا در نسبت‌های مختلف، تولید به‌علت کاهش رقابت بین گونه‌ای در مقایسه با رقابت درون گونه‌ای افزایش یافت (Midya et al., 2005).

ارتفاع بوته سیب‌زمینی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 3). بالاترین ارتفاع بوته (45/03 سانتی‌متر) از تیمار کشت خالص سیب‌زمینی به‌دست آمد (جدول 4). در کشت خالص سیب‌زمینی چون تنها رقابت درون‌گونه‌ای حاکم است، بنابراین ارتفاع بوته در تراکم‌های بالاتر زیاد تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد. کاهش ارتفاع بوته سیب‌زمینی با افزایش تراکم آن در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در این آزمایش اغلب ناشی از تشدید رقابت برون گونه‌ای بر سر استفاده از منابع موجود بوده است. در کشت مخلوط، استفاده بهینه از منابع محیطی مانند آب، نور، خاک و مواد غذایی به اختلاف ارتفاع، نحوه قرار گرفتن اندام‌های هوایی و زیرزمینی و نیاز غذایی متفاوت گیاهان نسبت داده می‌شود (Hashemi Dezfoli et al., 1998).

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ارتفاع بوته، وزن و عملکرد غده سیب‌زمینی در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با ذرت

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for plant height, tuber weight and yield of potato in different proportions of intercropping with maize

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	وزن غده سیب‌زمینی Potato tuber weight	عملکرد غده سیب‌زمینی Potato tuber yield
بلوک Block	2	6.66^{ns}	128.24^{**}	17.411^{*}
تیمار Treatment	12	69.79^{*}	423.84^{**}	135.421^{**}
خطا Error	24	30.18	20.40	4.780
ضریب تغییرات (%) C.V (%)	-	15.54	11.34	14.85

ns: غیرمعنی‌دار، *و**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns: Non significant, *and**: significant at 5 and 1% probability level, respectively.

وزن غده سیب‌زمینی

نتایج تجزیه واریانس وزن غده نشان داد که اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 3). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن غده (73/54 گرم) از تیمار کشت خالص سیب‌زمینی به‌دست آمد (جدول 4).

کاهش وزن غده سیب‌زمینی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در این آزمایش را می‌توان به رقابت برون گونه‌ای سیب‌زمینی با ذرت نسبت داد. وزن غده در تراکم‌های بالاتر از حد مطلوب به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد که احتمالاً به فضای کم تحت اختیار هر بوته در آن‌ها مربوط می‌گردد که سبب ایجاد رقابت شدید برای کسب مواد غذایی، نور و آب می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 4- مقایسه میانگین ارتفاع بوته، وزن و عملکرد غده سیب‌زمینی در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با ذرت

Table 4- Means comparisons of plant height, tuber weight and yield of potato in different proportions of intercropping with maize

تیمارهای آزمایشی Treatments	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن غده سیب‌زمینی (گرم) Potato tuber weight (g)	عملکرد غده سیب‌زمینی (تن در هکتار) Potato tuber yield ($t.ha^{-1}$)
کشت خالص سیب‌زمینی (T_2) Sole potato (T_2)	45.03[a]*	73.54[a]	28.024[a]
دو ردیف ذرت+یک ردیف سیب‌زمینی (T_3) Two rows maize+One row potato (T_3)	32.86[cd]	27.25[f]	10.281[ef]
دو ردیف ذرت+دو ردیف سیب زمینی (T_4) Two rows maize+Two rows potato (T_4)	35[bcd]	44.48[bcd]	7.857[f]
یک ردیف ذرت+یک ردیف سیب زمینی (T_5) One row maize+One row potato (T_5)	35[bcd]	35.69[e]	13.075[de]
یک ردیف ذرت+دو ردیف سیب زمینی (T_6) One row maize+Two rows potato (T_6)	37[abc]	38.82[cde]	14.408[bcd]
دو ردیف ذرت+دو ردیف سیب‌زمینی (T_7) Two rows maize+Two rows potato (T_7)	34.90[bcd]	35.61[e]	6.606[f]
سه ردیف ذرت+یک ردیف سیب‌زمینی (T_8) Three rows maize+One rows potato (T_8)	30.83[cd]	27.04[f]	10.032[ef]
یک ردیف ذرت+سه ردیف سیب‌زمینی (T_9) One rows maize+Three rows potato (T_9)	44[ab]	47.18[b]	17.886[b]
سه ردیف ذرت+دو ردیف سیب‌زمینی (T_{10}) Three rows maize+Two rows potato (T_{10})	32.26[cd]	36.91[de]	13.427[cde]
دو ردیف ذرت+سه ردیف سیب‌زمینی (T_{11}) Two rows maize+Three rows potato (T_{11})	35.63[bcd]	33.99[ef]	12.610[de]
دو ردیف ذرت+چهار ردیف سیب‌زمینی (T_{12}) Two rows maize+Four rows potato (T_{12})	26.93[d]	45.43[bc]	16.897[bc]
چهار ردیف ذرت+دو ردیف سیب‌زمینی (T_{13}) Four rows maize+Two rows potato (T_{13})	34.63[cd]	32.71[ef]	12.129[de]
دو ردیف ذرت+دو ردیف سیب‌زمینی (T_{14}) Two rows maize+Two rows potato (T_{14})	35.13[bcd]	38.84[cde]	28.124[a]

*در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

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

نتایج تحقیق حاضر با نتایج دیگر تحقیقات همخوانی دارد (Yilmas, 1999; Jaffar & Gardner, 1988; Bell et al., 1987). مولا و تکالینگ (Molla & Tekaling, 2010) در ارزیابی کشت مخلوط سیب‌زمینی و سورگوم را در مناطق گرم و گرم و مرطوب در اتیوپی گزارش کردند که عملکرد سیب‌زمینی در کشت خالص 21/089 تن در هکتار بود، در حالی که عملکرد آن در کشت مخلوط با سورگوم به نسبت 100 درصد سیب‌زمینی با 50 و 25 درصد سورگوم به‌ترتیب به 14/111 و 14/123 تن در هکتار کاهش یافت.

عملکرد غده سیب‌زمینی

نتایج تجزیه واریانس عملکرد غده نشان داد که اثر نسبت‌های

www.SID.ir

Archive of SID

مختلف کشت مخلوط در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 3). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد غده (28/124 تن در هکتار) از تیمار کشت افزایشی دو ردیف ذرت + دو ردیف سیب-زمینی به‌دست آمد (جدول 4). با توجه به این‌که تیمار سیستم کاشت مخلوط مزایایی از قبیل توزیع بهتر نور در کانوپی، توزیع فضایی مناسب بوته‌ها و کاهش رقابت بین بوته‌ها برای استفاده از عوامل محیطی را به نحو مطلوبی فراهم می‌سازد، در نتیجه به‌طور قابل توجهی عملکرد اقتصادی را افزایش می‌دهد. حسین پناهی و همکاران (Hossein Panahi et al., 2010) در ارزیابی جذب و کارایی مصرف نور در کشت مخلوط ذرت و سیب‌زمینی گزارش کردند که هر چه تعداد ردیف‌های بیشتری از سیب‌زمینی در زیر سایه‌انداز مستقیم ذرت قرار گیرد، کارایی مصرف نور بیشتر کاهش می‌یابد. نتایج برخی از آزمایش‌ها نشان داده است که کشت مخلوط سیب‌زمینی با یک گیاه سایه‌انداز مثل ذرت، راهکار زراعی مناسبی جهت تعدیل میکروکلیمای سیب‌زمینی محسوب می‌شود. دمای بالای هوا و خاک در اوایل فصل رشد (اوایل پاییز) باعث تأخیر در سبز شدن و استقرار ضعیف گیاه سیب زمینی می‌شود (Midmore et al., 1988; Vander Zagg & Demagante, 1990).

در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا مشخص شد که با افزایش تراکم گیاهی، عملکرد دانه برای هر دو گیاه در تک‌کشتی و کشت مخلوط زیادتر شده که این افزایش به‌دلیل افزایش پوشش گیاهی و نزدیک‌تر شدن آن‌ها به تراکم مطلوب در شرایط کشت مخلوط و استفاده بهتر از منابع محیطی می‌تواند باشد. عملکرد ذرت در کشت مخلوط بیشتر از عملکرد آن در تک‌کشتی بود و عملکرد لوبیا در کشت خالص اندکی بالاتر از کشت مخلوط بود (Jamshidi et al., 2008).

جمشیدی و همکاران (Jamshidi et al., 2008) حداکثر عملکرد غده سیب‌زمینی را از نسبت مخلوط 75 درصد سیب‌زمینی با کشت 25 درصد ذرت به‌میزان 20390 کیلوگرم در هکتار و بالاترین عملکرد ذرت به‌میزان 8898 کیلوگرم هکتار را از کشت 50 درصد سیب‌زمینی و 50 درصد ذرت گزارش کردند. عملکرد 44 تن در هکتار غده سیب-زمینی در کشت مخلوط سیب‌زمینی و ذرت از تراکم 2/38 بوته در مترمربع ذرت با 4/76 بوته در مترمربع سیب‌زمینی و بالاترین نسبت برابری زمین (1/55- 1/43) برتری کشت مخلوط را نسبت تک‌کشتی نشان داد (Al-Dalain, 2009). دارابی (Darabi, 2008) در کشت توأم ذرت علوفه‌ای و سیب‌زمینی در کشت پاییزه گزارش کرد که عملکرد سیب‌زمینی در هر دو کشت خالص و توأم بسیار پایین و غیر اقتصادی بود.

نسبت برابری زمین

نتایج تجزیه واریانس نسبت برابری زمین نشان داد که اثر نسبت-های مختلف کشت مخلوط در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 5).

جدول 5- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) نسبت برابری زمین (LER) در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط ذرت با سیب زمینی

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) of land equivalent ratio (LER) in different proportions of intercropping of maize with potato

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نسبت برابری زمین ذرت LER maize	نسبت برابری زمین سیب‌زمینی LER potato	نسبت برابری زمین کل LER total
بلوک Block	2	0.024^{*}	0.013^{ns}	0.013^{ns}
تیمار Treatment	11	0.034^{**}	0.032^{**}	0.125^{**}
خطا Error	22	0.005	0.006	0.006
ضریب تغییرات (%) C.V (%)	-	10.91	14.95	6.52

ns: غیرمعنی‌دار، *و**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns: Non significant, *and**: significant at 5 and 1% probability level, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

در تمام تیمارهای کشت مخلوط به جز تیمارهای کشت افزایشی یک ردیف ذرت +یک ردیف سیب زمینی و کشت افزایشی دو ردیف ذرت + چهار ردیف سیب‌زمینی نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود که این نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط این دو گیاه نسبت به تک-کشتی آن‌ها می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین نسبت برابری زمین (1/56) از تیمار کشت افزایشی سه ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی و کمترین نسبت برابری زمین (0/95) از تیمار کشت افزایشی دو ردیف ذرت + چهار ردیف سیب‌زمینی به‌دست آمد (جدول 6).

جدول 6- مقایسه میانگین نسبت برابری زمین (LER) در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط ذرت با سیب‌زمینی

Table 6- Means comparison of Land Equivalent Ratio (LER) in different proportions of intercropping of maize with potato

تیمارهای آزمایشی Treatments	نسبت برابری زمین ذرت LER maize	نسبت برابری زمین سیب‌زمینی LER potato	نسبت برابری زمین کل LER total
دو ردیف ذرت+یک ردیف سیب‌زمینی (T_3) Two rows maize+One rows potato (T_3)	$0.87a^{*}$	0.67^{ab}	1.54^{a}
دو ردیف ذرت+یک ردیف سیب‌زمینی (T_3) Two rows maize+One rows potato (T_3)	0.83^{ab}	0.62^{abcd}	1.45^{ab}
دو ردیف ذرت+دو ردیف سیب زمینی (T_4) Two rows maize+Two rows potato (T_4)	0.54^{d}	0.42^{f}	0.96^{f}
یک ردیف ذرت+یک ردیف سیب زمینی (T_5) One row maize+One row potato (T_5)	0.64^{cd}	0.50^{cdef}	1.14^{e}
یک ردیف ذرت+دو ردیف سیب زمینی (T_6) One row maize+Two rows potato (T_6)	0.65^{cd}	0.49^{cdef}	1.14^{e}
دو ردیف ذرت+دو ردیف سیب‌زمینی (T_7) Two rows maize+Two rows potato (T_7)	0.71^{bc}	0.49^{def}	1.20^{de}
سه ردیف ذرت+یک ردیف سیب‌زمینی (T_8) Three rows maize+One row potato (T_8)	0.65^{cd}	0.73^{a}	1.38^{bc}
یک ردیف ذرت+سه ردیف سیب‌زمینی (T_9) One row maize+Three rows potato (T_9)	0.67^{c}	0.45^{ef}	1.12^{e}
سه ردیف ذرت+دو ردیف سیب‌زمینی (T_{10}) Three rows maize+Two rows potato (T_{10})	0.55^{d}	0.63^{abc}	1.18^{de}
دو ردیف ذرت+سه ردیف سیب‌زمینی (T_{11}) Two rows maize+Three rows potato (T_{11})	0.55^{d}	0.40^{f}	0.95^{f}
دو ردیف ذرت+چهار ردیف سیب‌زمینی (T_{12}) Two rows maize+Four rows potato (T_{12})	0.73^{bc}	0.57^{bcde}	1.30^{cd}
چهار ردیف ذرت+دو ردیف سیب‌زمینی (T_{13}) Four rows maize+Two rows potato (T_{13})	0.75^{abc}	0.56^{bcde}	1.31^{cd}

*در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

*Means in each column follow by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

بنابراین، اگر اهمیت هر دو گونه یکسان باشد، کشت مخلوط ذرت و سیب‌زمینی بر اساس این دو تیمار توجیه ندارد. افزایش نسبت برابری زمین در مخلوط بیشتر مربوط به افزایش آن در ذرت بود. به-طور کلی نسبت برابری زمین در گیاهان مغلوب (سیب‌زمینی) در کشت مخلوط با گیاهان غالب (ذرت) کاهش می یابد. به‌طور کلی، در اکثر سیستم‌های کشت مخلوط، تولید بیشتری نسبت به تک‌کشتی وجود دارد. دلیل این امر اختلافات مورفولوژیکی موجود در بین قسمت‌های مختلف گیاهان می‌باشد که باعث به‌حداقل رسیدن رقابت بین آن‌ها برای جذب منابع و در نتیجه بهبود کارایی مصرف منابع (نور، آب و مواد غذایی) در آن‌ها می‌شود. در کشت مخلوط ذرت و سیب‌زمینی نیز اختلافات مورفولوژیکی موجود در ریشه و قسمت‌های هوایی دو گیاه، از یک سو باعث استفاده بهینه از منابع غذایی موجود

www.SID.ir

Archive of SID

در خاک و از سوی دیگر باعث نفوذ نور به درون کانوپی و استفاده مطلوب‌تر از آن می شود.

اوسوم (Ossom, 2010) در ارزیابی کشت مخلوط سیب‌زمینی شیرین و ذرت نسبت برابری زمین را بین 0/77 و 0/74 گزارش نمود. پراکاشی و همکاران (Prakashy et al., 2004) کاهش 1/5 تا 25/8 درصدی عملکرد غده سیب‌زمینی را در کشت مخلوط نسبت به تک-کشتی سیب‌زمینی گزارش کردند. در بررسی کشت مخلوط لوبیا و ذرت، نسبت برابری زمین برای تولید دانه و نیز تولید ماده خشک تنها در نسبت مخلوط 50:50 بیشتر از یک بود (Koocheki et al., 2010). در کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) بیشترین مقدار نسبت برابری زمین مربوط به 25 درصد ذرت و 75 درصد آفتابگردان به‌دست آمد. دهمرده و کشته‌گر (Dahmardeh & Keshtehgar, 2014) نیز در نتیجه آزمایش خود بیان کردند که بیشترین نسبت برابری زمین (1/36) از تیمار کشت مخلوط 100 درصد ذرت + 100 درصد بادام‌زمینی بدست آمد که اختلاف معنی-داری با تیمار کشت مخلوط 50 درصد ذرت + 50 درصد بادام‌زمینی داشت.

همبستگی عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با سیب‌زمینی

نتایج حاصل از جدول همبستگی نشان داد، ارتفاع بوته با تعداد ردیف در بلال همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت، اما با وزن هزار دانه دارای همبستگی منفی و معنی‌دار بود (جدول 7).

جدول 7- همبستگی عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (SC_{704}) در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با سیب‌زمینی

Table 7- Correlation of yield and yield components of maize (SC_{704}) in different proportions of intercropping with potato

صفات Characteristic	1	2	3	4	5	6	7
1- ارتفاع بوته 1- Plant height	1						
2- تعداد بلال در بوته 2- No. of ear.plant^{-1}	-0.198^{ns}	1					
3- تعداد دانه در بلال 3- No. of kernel.ear^{-1}	0.187^{ns}	-0.087^{ns}	1				
4- تعداد دانه در ردیف 4- No. of kernel.row^{-1}	-0.042^{ns}	-0.089^{ns}	-0.104^{ns}	1			
5- تعداد ردیف در بلال 5- No. of row.ear^{-1}	0.815**	-0.224^{ns}	0.269^{ns}	-0.064^{ns}	1		
6- عملکرد دانه 6- Grain yield	0.125^{ns}	0.259^{ns}	0.139^{ns}	-0.114^{ns}	0.260^{ns}	1	
7- وزن هزار دانه 7- 1000-grain weight	-0.359*	0.518**	0.054^{ns}	0.1002^{ns}	-0.263^{ns}	0.179^{ns}	1

ns: غیرمعنی‌دار، *و**: معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns: Non significant, *and**: significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

همبستگی مثبت بین ارتفاع بوته با تعداد ردیف در بلال می‌تواند به‌دلیل پوشش گیاهی مناسب و نزدیک‌تر شدن آن‌ها به تراکم مطلوب در شرایط کشت مخلوط و استفاده بهتر از منابع محیطی باشد. همبستگی منفی وزن هزار دانه ذرت با افزایش ارتفاع بوته آن اغلب ممکن است ناشی از تشدید رقابت درون گونه‌ای بر سر استفاده از منابع موجود بوده باشد. همبستگی بین تعداد بلال در بوته با وزن هزار دانه ذرت مثبت و معنی‌دار بود (جدول 7). این همبستگی مثبت می-تواند به علت کاهش رقابت برون گونه‌ای و افزایش نفوذ نور به داخل کانوپی و دریافت تشعشع توسط برگ‌ها و در نتیجه افزایش تعداد اندام‌های زایشی باشد.

همبستگی ارتفاع بوته، وزن و عملکرد غده سیب‌زمینی در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با ذرت

نتایج حاصل از جدول همبستگی نشان داد، ارتفاع بوته با وزن و عملکرد غده سیب‌زمینی همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت، همچنین همبستگی وزن غده سیب‌زمینی با عملکرد غده سیب‌زمینی

www.SID.ir

Archive of SID

مثبت و معنی‌دار بود (جدول 8). با توجه به این‌که تیمار سیستم کاشت خالص مزایایی از قبیل توزیع بهتر نور در کانوپی، توزیع فضایی مناسب بوته‌ها و کاهش رقابت بین بوته‌ها برای استفاده از عوامل محیطی را به نحو مطلوبی فراهم می‌سازد، در نتیجه به‌طور قابل توجهی عملکرد اقتصادی را افزایش می‌دهد.

جدول 8- همبستگی ارتفاع بوته، وزن و عملکرد غده سیب‌زمینی سیب‌زمینی در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با ذرت (SC_{704})

Table 8- Correlation of plant height, tuber weight and yield of potato of potato in different proportions of intercropping with maize (SC_{704})

صفات characteristic	1	2	3
1- ارتفاع بوته 1- Plant height	1		
2- وزن غده 2- Tuber weight	0.371*	1	
3- عملکرد غده 3- Tuber yield	0.473**	0.679**	1

ns: غیرمعنی‌دار، *و**: معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns: Non significant, *and**: significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد که سیستم‌های مختلف کاشت بر ارتفاع گیاه ذرت، عملکرد زیست‌توده، تعداد دانه در بلال و عملکرد دانه ذرت و همچنین بر ارتفاع بوته، وزن غده و عملکرد غده سیب‌زمینی تأثیر معنی‌داری داشت. بالاترین عملکرد زیست‌توده (30/684 تن در هکتار) از تیمار کشت خالص ذرت و بیشترین ارتفاع گیاه ذرت (133/26 سانتی‌متر)، تعداد دانه در بلال (432/33) و عملکرد دانه (8/957 تن در هکتار) از تیمار دو ردیف ذرت+ یک ردیف سیب‌زمینی به‌دست آمد. بالاترین ارتفاع بوته (45/03 سانتی‌متر)، بیشترین وزن غده (73/54 گرم) و عملکرد غده سیب‌زمینی (28/124 تن در هکتار) از تیمار کشت خالص سیب‌زمینی به‌دست آمد. بالاترین میزان نسبت برابری زمین (1/54) از سیستم کشت مخلوط دو ردیف ذرت+ یک ردیف سیب‌زمینی به‌دست آمد که نشان از برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص دارد. با توجه به این‌که سیستم کاشت مخلوط مزایایی از قبیل توزیع بهتر نور در کانوپی، توزیع فضایی مناسب بوته‌ها و کاهش رقابت بین بوته‌ها برای استفاده از عوامل محیطی را به نحو مطلوبی فراهم می‌سازد، در نتیجه به‌طور قابل توجهی عملکرد و اجزای عملکرد دو گیاه افزایش یافته است. در نهایت و با توجه به نتایج آزمایش می‌توان سیستم کشت مخلوط افزایشی سه ردیف ذرت + یک ردیف سیب‌زمینی را برای کشت در منطقه به کشاورزان توصیه کرد.

منابع

Al-Dalain, S.A. 2009. Effect of intercropping of maize with potato on potato growth and on the productivity and land equivalent ratio of potato and maize. Agricultural Journal 4(3): 164-170.

Bell, M.J., Muchow, R.C., and Wilson, G.L. 1987. The effect of plant population on peanut in a monsoonal tropical environment. Field Crop Research 17: 91-107.

Caballero, R.C., Alzueta, L.T., Ortiz, M.L., Rodriguez, R.T., and Barro, C. 2001. Carbohydrate and protein fractions of fresh and dried common vetch in three maturity stages. Agronomy Journal 93: 1006-1013.

Dahmardeh, M., and Keshtehgar, A. 2014. Evaluating yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) in intercropping with peanut (*Arachis hypogaea* L.). Journal of Agroecology 6(2): 311-323. (In Persian with English Summary)

Darabi, A.S. 2008. Effect of autumn and winter planting and temperate stress on total yield, marketable yield and yield components of some potato cultivars. Iranian Journal of Seed and Plant 23(3): 373-386. (In Persian with English

www.SID.ir

Archive of SID

Summary)

Fathi, G. 2006. Study of effect of pattern and plant density on light coefficient ratio, light absorption and grain yield of sweet corn (Hybrid SC_{402}). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 12: 13-141.(In Persian with English Summary)

Francis, R., and Decoteau, D.R. 1993. Developing and effective southern pea and sweet corn intercropping system. Hort Technology 3: 178-184.

Ghosh, P.K., Manna, M.C., Bandyopadhyay, K.K., Ajay Tripathi, A.K., Wanjari, R.H., Hati, K.M., Misra, A.K., Acharya, C.L., and Subba Rao, A. 2006. Inter-specific interaction and nutrient use in soybean sorghum intercropping system. Agronomy Journal 98: 1097-1108.

Hanna, F.R., Salama, N.F., Adb, E.L., and Gawad, M. 1994. Effect of population density on yield of peanut. Annuals of Agricultural Science Monshtohor 32(2): 731-742.

Hashemi Dezfoli, A., Koocheki, A., and Banayan, M. 1998. Maximizing crop yields. Jahad Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran 287 pp. (In Persian)

Hosseinpanahi, F., KoocheKi, A., Nassiri Mohallati, M., and Ghorbani, R. 2010. Evaluation of radiation absorption and use efficiency in potato-corn intercropping. Journal of Agroecology 2(1): 50-60. (In Persian with English Summary)

Jaffar, Z., and Gardner, F.D. 1988. Canopy development, yield and market quality in peanut as affected by genotype and planting pattern. Crop Science 28: 299-305.

Jamshidi, K., Mazaheri, D., and Saba, J. 2008. An evaluation of yield in intercropping of maize and potato. International Desert Research Center 12: 105-111. (In Persian with English Summary)

Karlen, D.L., and Camp, C.R. 1985. Row spacing, plant population and matter management effects on corn in the Atlantic coastal plain. Agronomy Journal 77: 393-398.

Khoramivafa, M. 2007. Ecology of intercropping of maize (*Zea mays* L.) and Cucurbita pepo. PhD Dissertation, Agriculture College, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Allahgani, B., and Najibnia, S. 2010. Evalution of yield in maize and common bean intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 2: 605-611. (In Persian with English Summary)

Midmore, D., Roca, J., and Bearrios, D. 1988. Potato (*Solanum* spp.) in the hot tropics: IV. Intercropping with maize and the influence of shade on the potato microenvironment and crop growth. Field Crops Research 18: 141-157.

Midya, A., Bhattacharjee, K., Ghose, S.S., and Banik, P. 2005. Deferred seeding of blackgram (*phaseolus mungo* L.) in rice (*Oryza sativa* L.) field on yield adventages and smothering of weeds. Journal of Agronomy and Crop Science 91: 195-201.

Moll, R.H., and Kamparth, E.J. 1997. Effect of population density up on agronomic traits associated with genetic increases in yield of Maize. Agronomy Journal 69: 81-84.

Molla, A., and Tekalign, A. 2010. Potato based intercropping with sorghum in the hot to warm moist valleys of north Shewa Ethiopia. World Journal of Agricultural Sciences 6(5): 485-488.

Ossom, E.M. 2010. Influence of sweet potato-maize association on ecological properties and crop yield in Swaziland. International Journal of Agricultural and Biological Engineering 12-4: 481-488.

Philipp, A. 2009. What is sustainable agriculture? Empirical evidence of diverging views in Switzerland and New Zealand. Journal of Ecological Economics 68(6): 1872-1882.

Prakashy, E.D., Pandey, A.K., and Srivastava, A.K. 2004. Relay intercropping of potato (*Solanum tuberosum*) in maize (*Zea mays*) under mid-hill condition. Journal of Agricultural Science 74(2): 64-67.

Rezaei-Chianeh, E., Mohammadi Nassab, A.D., Shakiba, M.R., Ghassemi-Golezan, K., Aharizad, S., and Shekari, F. 2011. Intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) in different plant population densities. African Journal of Agricultural Research 6(7): 1786-1793. (In Persian with English Summary)

Sanjani, S., Hosseini, M.B., Chaichi M.R., and Rezvan Beidokhti, S. 2009. Effect of additive intercropping sorghum: cowpea on weed biomass and density in limited irrigation system. Iranian Journal of Field Crops Research 7: 85-95. (In Persian)

Seran, T.H., and Brintha, I. 2010. Review on maize based intercropping. Journal of Agronomy 9(3): 135-145.

Sobkowicz, P. 2006. Competition between triticale and field beans in additive intercrops. Plant, Soil and Environment 52: 42-54.

www.SID.ir

Archive of SID

Tayefe Noori, M. 2004. Intercropping of maize and cowpea. Msc Thesis, College of Agriculture, University of Tabriz, Iran. (In Persian with English Summary)

Tsubo, M., Walker, S., and Ogindo, H.O. 2005. A simulation model of cereal-legume intercropping systems for semi-arid regions. II. Model application. Field Crops Research 93: 23-33.

Tuna, C., and Orak, A. 2007. The role of intercropping on yield potential of *common vetch/oat* cultivated in pure stand and mixtures. Journal of Agricultural and Biological Science 2: 14-19.

Vander Zagg, P., and Demagante, A.C. 1988. Potato (*Solanum* spp.) in an isohyperthermi. III. Evaluation of clones. Field Crops Research 19: 167-181.

Vander Zagg, P., and Demagante, A.C. 1990. Potato (*Solanum* spp.) in an isohyperthermic environment. V. Intercropping with maize. Field Crops Research 25: 157-170.

Yang, G., Aiwang, D., Jingsheng, S., Fusheng, L., Zugui, L., Hao, L., and Zhandong, L. 2009. Crop coefficient and water-use efficiency of winter wheat/spring maize strip intercropping. Field Crops Research 111: 65-73.

Yilmas, H.A. 1999. Effect of different plant densities of two groundnut genotypes on yield, yield components and oil and protein contents. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 23(3): 299-308.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.2, Summer 2018, p. 400-415

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 10، شماره 2، تابستان 1397، ص. 415-400

Effect of replacement and additive intercropping on the yield of maize (*Zea mays* L.) and potatoes (*Solanuum tuberosum* L.) in the region of Nikshahr

H. Mobasser[1*], S.H. Barjasteh[2] and A. Keshtehgar[3]

Submitted: 28-02-2016
Accepted:13-02-2017

Mobasser, H.R, Barjasteh, S.H., and Keshtehgar, A. 2018. Effect of replacement and additive intercropping on the yield of maize (*Zea mays* L.) and potatoes (*Solanuum tuberosum* L.) in the region of Nikshahr. Journal of Agroecology. 10(2): 400-415.

Introduction

Increasing agricultural production to match increasing demand of food sources is inevitable (FAO, 2006). It causes too much pressure on the agricultural resource base and threaten the sustainability of these systems. Crop mixture is an important method of high production in agriculture. This technique can affect the environmental conditions of the soil. Sustainable Agriculture, said to be the proper management of agricultural resources which in addition to changing human needs, maintaining environmental quality and capacity of soil and water resources.

Materials and Methods

In order to study the effect of intercropping on the yield of maize and potatoes an experiment as 14 treatment in a randomized complete block design with three replications as replacement and additive approach has been conducted in the region of Nikshahr in 2013. The experimental treatment consisted of sole corn (T_1), sole potato (T_2), two-row corn + one-row potato (T_3), two-row corn + two-row potato (T_4), one-row corn + one-row potato (T_5), one-row corn + two-row potato (T_6), two-row corn + two-row potato (T_7), (The difference T_7 and T4 is that in T_4, for each product optimal plant population density is 50%, while in T_7 for both products 100% high density will be used), three-row corn + one-row potato (T_8), one-row corn + three-row potato (T_9), three-row corn + two-row potato (T_{10}), two-row corn + three-row potatoes (T_{11}), two-row corn + four-row potatoes (T_{12}), four-row corn + two-row potato (T_{13}), two-row corn + two-row potato (T_{14}), (The difference of this treatment with T_4 and T_7, is that in this treatment optimal plant density was 100% for corn and 50% favorable for potato was used). Traits for corn included plant height, number of ears per plant, number of grains per ear, number of grains per row, number of rows per ear, grain yield and 1000 grains weight and for potatoes, including plant height, tuber weight and the number of tubers per plant.

Results and Discussion

The results showed that, different planting systems on the number of grains per ear, number of grains per row and grain yield and plant height and size of potato tubers were significantly affected and improved the characteristics of plants have been mentioned. The highest biological yield (12.61 $t.ha^{-1}$) of sole corn cropping (T_1), respectively. Reduced biological function of monoculture corn compared to intercropping in this experiment can be attributed to inter-species competition of peanuts and corn. The highest grain yield (8957.3 $kg.ha^{-1}$) was observed in treatment (T_3). Production due to reduce competition between species, compared to the competition within the species increased. Most weight tubers of potato (73.54 g) treatment (T_2), respectively. Potato tuber weight loss in the intercropping to monoculture in this experiment can due to inter-species competition potatoes and corn. The highest land equivalent ratio in one- row potato + three-row corn (T_8) was obtained which shows the superiority of intercropping to monoculture.

Conclusion

The results of variance analysis showed that:

Intercropping of maize and potatoes with increasing plant density, increased the grain yield of both crops in monoculture and mixed culture which could be due to increased vegetation and it's closer to optimum density in

1, 2 and 3- Assistant Professor, Coach, Department of Agronomy, Islamic Azad University, Zahedan Branch, Zahedan, Iran and Phd Student, Department of Agroecology, Zabol University, Zabol, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: hamidrezamobasser@gmail.com)

www.SID.ir

Archive of SID

mixed culture and better use of environmental resources.

Reduced grain weight with increased density often is the result of intensified competition intra-species over the use of existing resources. Corn in different densities is able to take advantages of photosynthetic material and grains of similar weight at different densities produce.

In monoculture of potatoes because the only governing competition is intra-species so the plant is not affected in much higher density. Reducing the height of potato plants in intercropping to monoculture in these experiments can be attributed to intr-species competition of potatoes with corns.

In monoculture because only intra-species competition is dominant so the tuber weight is not affected in higher densities. Due to fact that the monoculture system has been threated, the benefits of providing better distribution of light in the canopy, Suitable spatial distribution of shrubs and reducing competition between plants to use environmental factors to provide an appropriate manner, as a result significantly increase economic yield.

The LER in most intercropping was more than one which indicates the superiority of intercropping to monoculture.

Keywords: Biomass, Land equivalent ratio, Seed number per ear, Seed yield, Tuber yield

www.SID.ir