

Evaluate the Competitiveness and Usefulness of Potato and Local Faba Bean Intercropping in the Sarab City

Farhad Haji Ramezani¹, Morteza Barmaki^{2*}, Ghader Dashti²,
Adel Dabagh Mohamadi Nasab⁴

Received: 28 January 2022 Accepted: 04 June 2022

1-PhD Student in Agrotechnology-Crop Ecology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

2-Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resource, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

3-Prof., Dept. of Agricultural Economics, University of Tabriz

4-Prof., Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz.

*Corresponding Author Email: barmakimorteza@gmail.com

Abstract

Objectives: The current paper aims focused on at evaluating the usefulness of mixed potato and local bean cultivation as single crop and mixed cultivation in order to increase yield and advantageous use of environmental resources in Sarab region.

Materials and Methods: In order to evaluate the usefulness of cultivating mixed potatoes and local beans, a randomized complete block design with three replications in the years 2019-2020. In mixed crops, potatoes with a density of 53,300 plants per hectare and local bean seeds were planted on ridges at potato plant intervals at 3 different densities of 53,300, 106600 and 159900 plants per hectare. Also, the net bean cultivation density was 444,400 plants per hectare.

Results: The results of biennial mixed analysis showed the insignificant effect of year and bilateral of type of cultivation in both crops, with the simple type of cultivation effect on potato tuber yield and local bean yield was significant at 1% level. In this study, there was a statistically significant difference on potato tuber yield and local bean grain yield. The average yield of potato in mixed crops was 42175 kg/ha and in pure crop was about 45579 kg/ha. The average local bean yield in mixed crops was 909.59 kg/ha and in the first to third densities were about 834.33, 941.67 and 952.95 kg/ha, respectively. The land parity ratio in most mixed cultivation patterns was more than one, which indicates the superiority of mixed potato cultivation with local beans over net cultivation of two plants. The highest land equality ratio equal to 1.218 belonged to the first density treatment of local beans and the lowest amount belonged to the third density treatment of beans equal to 1.069. The potato competition ratio in all evaluated treatments and densities was higher than the local bean competition ratio. It was observed that in most treatments the bean competition ratio was less than one. The highest AYL (actual yield) belonged to the third bean density treatment and the lowest AYL belonged to the local bean first density treatment. The values of relative congestion coefficient in the second and third densities were higher than the relative congestion coefficient in local beans. Potato dominance index compared to local beans in the first and second density treatments was evaluated positively and this indicates its dominance in these cropping patterns, which is consistent with the results of relative swarm coefficient and competition ratio.

Conclusion: Among the different patterns of intercropping, the highest rate of economic benefit was observed in the first density of local beans (70430992). The positive indicators of economic usefulness, system productivity and real yield decline in all cultivation patterns indicate the beneficial effect of plants on each other and the usefulness of their mixed cultivation in the conditions of the region under evaluation.

Keywords: System Productivity Index, Potato Tuber Yield, Intercropping, Land Parity Ratio, Competition Ratio

ارزیابی رقابت و سودمندی کشت مخلوط سیب‌زمینی و باقلای محلی در شهرستان سراب

فرهاد حاجی رضانی^۱، مرتضی برمکی^{۲*}، قادر دشتی^۳، عادل دباغ محمدی نسب^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۳/۱۴

۱- دانشجوی دکتری آگروتکنولوژی-اکولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تبریز

۴- استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

*مسئول مکاتبه: Email: barmakimorteza@gmail.com

چکیده

اهداف: هدف از این تحقیق، بررسی سودمندی کشت مخلوط سیب‌زمینی و باقلای محلی در تک کشتی و کشت مخلوط در جهت افزایش عملکرد و استفاده مفید از منابع محیطی در منطقه سراب بود.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی سودمندی کشت مخلوط سیب‌زمینی رقم آگریا و باقلای محلی، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ اجرا گردید. در کشت‌های مخلوط، سیب‌زمینی با تراکم ۵۳۳۰۰ بوته در هکتار و بذور باقلا بر روی پشته‌ها در فواصل بوته‌های سیب‌زمینی در ۳ تراکم مختلف ۵۳۳۰۰، ۱۰۶۶۰۰ و ۱۵۹۹۰۰ بوته در هکتار کشت شدند. همچنین تراکم کشت باقلای محلی به صورت خالص نیز ۴۴۴۵۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: نتایج تجزیه مرکب نشان داد که در هر دو محصول اثر سال و اثر متقابل نوع کشت در سال غیرمعنی‌دار و اثر ساده نوع کشت عملکرد غده سیب‌زمینی و عملکرد باقلای محلی در سطح یک درصد معنی‌دار گشت. عملکرد متوسط سیب‌زمینی در کشت‌های مخلوط معادل ۴۲۱۷۵ کیلوگرم در هکتار و در کشت خالص ۴۵۵۷۹ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. عملکرد متوسط دانه باقلای محلی در کشت‌های مخلوط معادل ۹۰۹/۵۵ کیلوگرم در هکتار و در تراکم‌های اول تا سوم به ترتیب برابر ۸۳۴/۳۳، ۹۴۱/۶۷ و ۹۵۲/۶۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. نسبت برابری زمین در اکثر الگوهای کشت مخلوط بیش‌تر از یک بود که نشان دهنده برتری کشت مخلوط سیب‌زمینی با باقلای محلی نسبت به کشت خالص دو گیاه می‌باشد. بیش‌ترین میزان نسبت برابری زمین معادل ۱/۲۱۸ متعلق به تیمار تراکم اول باقلای محلی و کم‌ترین میزان هم به تیمار تراکم سوم باقلای محلی معادل ۱/۰۶۹ تعلق داشت. نسبت رقابت سیب‌زمینی در همه تیمارها و تراکم‌های مورد ارزیابی بیش‌تر از نسبت رقابتی باقلای محلی بود. مشاهده گردید در اکثر تیمارها نسبت رقابت باقلای محلی کم‌تر از یک بوده است. بیش‌ترین AYL (عملکرد واقعی) متعلق به تیمار تراکم سوم باقلای محلی و کم‌ترین AYL هم به تیمار تراکم اول باقلای محلی تعلق داشت. مقادیر ضریب ازدحام نسبی در تراکم‌های دوم و سوم بیش‌تر از ضریب ازدحام نسبی در باقلای محلی بوده است. شاخص غالبیت سیب‌زمینی نسبت به باقلای محلی در تیمارهای تراکم اول و دوم مورد ارزیابی مثبت بوده و این بیانگر غالب بودن آن در این الگوهای کشت می‌باشد که با نتایج ضریب ازدحام نسبی و نسبت رقابت مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری: در بین الگوهای مختلف کشت مخلوط، بیش‌ترین میزان سودمندی اقتصادی در تراکم اول باقلای محلی (۷۰۴۳۰۹۹۲) مشاهده شد. مثبت بودن شاخص‌های سودمندی اقتصادی، بهره‌وری سیستم و افت واقعی عملکرد در همه الگوهای کشت بیانگر تأثیر مفید گیاهان بر روی همدیگر و سودمندی کشت مخلوط آنها در شرایط منطقه مورد ارزیابی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شاخص بهره‌وری سیستم، عملکرد غده سیب‌زمینی، کشت مخلوط، نسبت برابری زمین، نسبت رقابت

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) جزو گیاهان غده‌ای است که نقش مهمی در تغذیه انسان و دام دارد (ندونچ‌زبان و همکاران ۲۰۱۲). غده سیب‌زمینی دارای کربوهیدرات (نشاسته) زیادی بوده و به دلیل عملکرد بالا، مورد توجه زیادی می‌باشد (ژیانگ و همکاران ۲۰۱۹). باقلا نیز سرشار از پروتئین بوده و ترکیب مناسبی از منابع غذایی پروتئین حبوبات با کربوهیدرات (نشاسته) سیب‌زمینی می‌تواند سوء تغذیه و کمبود اسیدهای آمینه را برطرف سازد. با توجه به توانایی تثبیت نیتروژن در این گیاه، قراردادن آن در زراعت مخلوط به پایداری سیستم‌های زراعی کمک می‌کند زیرا از فاکتورهای عمده‌ای که در زراعت‌های مخلوط بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد، عنصر پرمصرف نیتروژن است (باقری و همکاران ۲۰۰۲). باقلا (*Vicia faba* L.) گیاهی یک‌ساله، ایستاده، مستحکم و قوی بنیه بوده و به‌طور وسیعی در مناطق با آب و هوای معتدل و ارتفاعات بلند مناطق گرمسیری کشت می‌شود. استان گلستان با بیش از ۳۵ درصد سطح زیر کشت و به ترتیب با عملکرد ۱۰۳۰۸ و ۸۳۸۵ کیلوگرم در هکتار نیام سبز در شرایط آبی و دیم بزرگ‌ترین تولید کننده باقلا در کشور محسوب می‌شود (پنبه‌کار ۲۰۱۵). سطح زیر کشت باقلا در آذربایجان شرقی ۳۵۰ هکتار است که تولید محصول دانه از مزارع استان در حدود ۷۳۵۰۰۰ کیلوگرم است. میزان تولید باقلا در ایران حدود ۴۶ هزار تن است که از سطحی معادل ۳۶ هزار هکتار به‌دست می‌آید. عملکرد دانه باقلا در کشور معادل ۱۲۷۸ کیلوگرم در هکتار است که حدود ۵۰۰

کیلوگرم کم‌تر از میانگین جهانی می‌باشد (پنبه‌کار ۲۰۱۵).

کشت مخلوط، عبارت از کشت دو یا چند گیاه در یک قطعه زمین و در طول یک سال زراعی است (سالیوان ۲۰۰۳). کشت مخلوط در سطح وسیعی از کشورهای پیشرفته و نیز در کشورهای توسعه نیافته و در حال توسعه مناطق حاره رایج است (باومن و همکاران ۲۰۰۲). کشت مخلوط به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های مؤثر کشاورزی پایدار ضمن افزایش تنوع اکولوژیکی و اقتصادی، باعث افزایش عملکرد، استفاده کارآمدتر از منابع موجود مانند زمین، کار، آب و عناصر غذایی، کاهش مشکلات آفت‌ها و بیماری‌ها، افزایش ثبات بوم‌نظام و تغذیه مطلوب‌تر انسان و دام و برتری اقتصادی می‌شود (نعمت‌الهی و همکاران ۲۰۱۳). همچنین کاهش وابستگی کشاورزان به آفت‌کش‌ها، به‌شروط حفظ کیفیت محصول و بازارپسندی نیز از دیگر اهداف اصلی کشت مخلوط در کشاورزی پایدار می‌باشد (فرناندز آپاریسیو و همکاران ۲۰۰۷). شناخت و بررسی خصوصیات فیزیولوژی رشد در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزای عملکرد آن از اهمیت زیادی برخوردار است (کریمی و صدیق ۱۹۹۱ و جمشیدی و همکاران ۲۰۰۸) رشد گیاه مجموعه‌ای از فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی می‌باشد که بر یکدیگر اثر متقابل دارند و تحت تأثیر محیط‌های مختلف تغییر می‌نمایند (خواجه‌پور ۲۰۰۴).

در چین حدود یک سوم مناطق زراعی به صورت روش‌های مختلفی از کشت مخلوط، اجرا می‌شود و در حدود نیمی از کل عملکرد گیاهان دانه‌ای از طریق کشت مخلوط به دست می‌آید (ژانگ و لی ۲۰۰۳). کشت

مخلوط دارای کارایی بالا در استفاده از عوامل محیطی و حفاظت بیشتر محصولات در مقابل ناملايمات طبيعي است (نجوگو و همکاران ۲۰۰۷). در کشت مخلوط یک گیاه سایه‌انداز مثل ذرت با سیب‌زمینی، تراکم گیاه سایه‌انداز به گونه‌ای باید در نظر گرفته شود که ۷۰ درصد کل تشعشعات موجود جهت حفظ میزان عملکرد غده به ازای هر بوته نسبت به تک کشتی، به کانوپی سیب‌زمینی منتقل شود. تنها در صورتی می‌توان تراکم گیاه سایه‌انداز را افزایش داد که از سیستم‌های تأخیری استفاده شود، به گونه‌ای که هرچه تراکم گیاه سایه‌انداز بیشتر شود باید تاریخ کاشت آن را بیشتر به تأخیر انداخت (رحیمی‌درآباد و همکاران ۲۰۱۵). زمانی که سیب‌زمینی و ذرت به صورت مخلوط و در تراکم‌های کشت خالص آن‌ها کشت شدند، عملکرد سیب‌زمینی در تیمارهای مخلوط در اثر سایه‌اندازی بیش از حد ذرت، به طور معنی‌داری نسبت به تک کشتی کاهش پیدا کرد، ولی در تیمارهایی که تراکم ذرت بیشتر از ۲۰٪ کل تراکم مخلوط نبود عملکرد سیب‌زمینی مشابه و حتی بیشتر از تک کشتی بود که دلیل آن بهبود شرایط میکروکلیمایی سیب‌زمینی در اثر سایه‌اندازی ذرت، بدون تأثیر منفی سایه گزارش شد (آلن و اسکات ۱۹۹۰ و حسین پناهی و همکاران ۲۰۱۰).

تراکم کاشت از طریق تأثیر بر شدت نور و نفوذ آن در جامعه گیاهی بر رسیدگی محصول گلرنگ تأثیر می‌گذارد. با افزایش تراکم کاشت گلرنگ، میزان نفوذ نور به داخل کانوپی کاهش می‌یابد. در این شرایط رقابت گیاه برای کسب نور و مواد غذایی افزایش یافته، به دنبال آن از یک سو جوانه‌های زایشی کمتری تولید می‌شود و از سوی دیگر رشد رویشی طولانی می‌گردد و در نتیجه دیرتر و با تأخیر زمانی بیشتری رسیدگی محصول اتفاق می‌افتد (احسان زاده و محمودیه ۲۰۰۶). در کشت‌های مخلوط ذرت با لوبیا و آفتابگردان با لوبیا مقدار علف‌های هرز، بیشتر از کشت خالص هر یک از اجزای کشت مخلوط کنترل می‌گردد (جوانشیر و همکاران ۲۰۰۱). استفاده از لگوها در کشت مخلوط موجب تثبیت بیولوژیکی نیتروژن می‌شود، مصرف کود

نیتروژنه کاهش می‌یابد و بر اثر آن از آلودگی محیط-زیست نیز جلوگیری می‌گردد (الیجا و آکوندا ۲۰۰۱). این عقیده وجود دارد که علت افزایش عملکرد کشت مخلوط بقولات و غیر بقولات، عبارت از متفاوت بودن تغذیه آن‌ها از نیتروژن است. بدین ترتیب که بقولات از نیتروژن جوی و غیر بقولات از نیتروژن موجود در خاک تغذیه می‌کنند و در نتیجه رقابت دو گونه از لحاظ نیتروژن کاهش می‌یابد (هاگارد نیلسن و جینسون ۲۰۰۱). دیل و مولدر (۱۹۸۲) اعلام کردند که در کشت مخلوط ذرت و لوبیا، بدون استفاده از کود نیتروژن، ۷۲ درصد افزایش عملکرد دانه ذرت در حالت مخلوط نسبت به حالت تک کشتی ذرت، به دلیل انتقال نیتروژن از لوبیا به ذرت صورت می‌گیرد. کشت مخلوط آفتابگردان و ذرت باعث افزایش تولید در واحد سطح شده است (توحیدی نژاد و همکاران ۲۰۰۴).

مورالس و همکاران (۲۰۰۹) طی آزمایشی اعلام کردند که با کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا از منابع محیطی با کارایی بیشتری استفاده گردید و مقدار LER به ۱/۸۰ رسید. رشید و همکاران (۲۰۰۲) نیز در کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا اعلام کردند که در حالت کشت مخلوط میزان سودمندی نسبت به کشت خالص آن‌ها بیشتر شد. سینگ (۲۰۰۷) اعلام کرد با کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا مقدار LER به ۱/۲۵ رسید. سادی و المتولی (۲۰۰۹) اعلام کردند که با کشت مخلوط آفتابگردان و سویا مقدار LER به ۱/۳۷ رسید. امیرمردفر و همکاران (۲۰۱۳) در آزمایشی دو ساله با بررسی کشت مخلوط گندم و کلزا در نسبت‌های ردیفی مختلف عنوان کردند که بیشترین عملکرد دانه گندم در کشت‌های مخلوط نواری گندم-کلزا و کمترین آن در کشت خالص گندم حاصل می‌شود. در کشت مخلوط سویا و همیشه‌بهار، ارزیابی نسبت برابری زمین نشان داد که کشت مخلوط بر کشت خالص آن‌ها برتری دارد و کشت مخلوط نواری بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۳۴) را به خود اختصاص داد (الله‌دادی و همکاران ۲۰۱۳). دباغ محمدی‌نسب و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی سودمندی کشت مخلوط ذرت و لوبیا به همراه کاربرد

پشته اقدام گردید. ابتدا غده‌های سیب‌زمینی بر روی پشته‌ها در عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک کاشته شدند. فاصله ردیف‌های کاشت آن ۷۵ سانتی‌متر و فاصله دو بوته در روی ردیف کاشت ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد تا تراکم ۵۳۳۰۰ بوته در هکتار به عنوان تیمار سیب‌زمینی خالص (Potato) P به دست آید. در کشت‌های مخلوط، بذور باقلا بر روی پشته‌ها در فواصل بوته‌های سیب‌زمینی در ۳ تراکم (PB1) ۵۳۳۰۰، (PB2) ۱۰۶۶۰۰ و (PB3) ۱۵۹۹۰۰ بوته در هکتار کشت شدند. همچنین تراکم کشت باقلا به صورت خالص (B Broad bean) نیز ۴۴۴۵۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. طول هر کرت ۴ متر و عرض آن نیز ۳/۷۵ متر مشتمل بر ۵ خط کاشت به فاصله ۷۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کاشت هم‌زمان سیب‌زمینی و باقلا به صورت جوی و پشته‌ای در تاریخ ۱۲ اردیبهشت ماه به صورت دستی انجام گردید. رقم سیب‌زمینی استفاده شده در این طرح آگریا و رقم باقلا کاشته شده محلی بود. آبیاری مطابق عرف منطقه صورت گرفت و به منظور مبارزه با آفات و علف‌های هرز از روش‌های تلفیقی (وجین + علف‌کش) استفاده شد. در اواخر شهریورماه سال ۱۳۹۹، عملیات برداشت مزرعه انجام گردید. به همین منظور و جهت حذف اثرات حاشیه‌ای، ردیف‌های کناری و دو سر ردیف‌های وسطی (۵۰ سانتی‌متر) حذف و از داخل هر کرت آزمایشی، خطوط میانی انتخاب و عملیات برداشت، از دو خط وسطی و به طول ۱ متر انجام گردید. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک باقلا حدود یک ماه قبل از برداشت سیب‌زمینی و به روش دستی انجام گرفت و با خرمکوب عملیات جداسازی دانه‌های باقلا با رطوبت ۱۲ الی ۱۵ درصد انجام گرفت. در ضمن رطوبت انبارداری ۱۱ الی ۱۲ درصد بود.

کودهای شیمیایی و زیستی، به این نتیجه رسیدند که استفاده از کود زیستی به جای کود شیمیایی سبب افزایش مجموع عملکرد نسبی و نسبت برابری زمین گردید که بیانگر افزایش کارایی کشت مخلوط ذرت و لوبیا در صورت استفاده از کودهای زیستی است. براساس نتایج آزمایش‌ها هنگامی که دو گونه مختلف با ارتفاع بوته، پوشش گیاهی و الگوی رشد متفاوت، هم‌زمان در کشت مخلوط قرار می‌گیرند کمترین رقابت را با یکدیگر ایجاد می‌کنند و این موضوع سبب افزایش کارایی کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص می‌شود. در نهایت هدف از این تحقیق بررسی شاخص‌های سودمندی و رقابتی سیب‌زمینی در کشت مخلوط با باقلای محلی تحت تاثیر تراکم‌های مختلف آن و تعیین بهترین الگوی کشت این دو گیاه در منطقه سراب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در مزرعه‌ای در ۶ کیلومتری غرب سراب با طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی اجرا شد. قبل از اقدام به تهیه بستر و کاشت، از خاک چند نقطه از محل اجرای آزمایش، از عمق ۳۰-۰۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری و به آزمایشگاه منتقل شد. برخی از ویژگی‌های خاک محل آزمایش بر اساس روش‌های متداول مؤسسه تحقیقات آب و خاک در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. برای آماده‌سازی زمین یک بار شخم عمیق با گاو آهن برگردان‌دار در پائین انجام و از یک بار دیسک سبک در بهار برای خرد کردن کلوخ‌ها و تسطیح خاک استفاده شد. به دنبال آن با استفاده از فاروئر به ایجاد جوی و

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک

عمق خاک (Cm)	نوع بافت	درصد شن	درصد رس	درصد سیلت	pH خاک	EC خاک (dS.m ⁻¹)
۰-۳۰	شنی-لومی	۳۸	۲۴	۲۸	۷/۹۹	۱/۹۵
درصد ازت کل N	درصد کربن آلی OC	فسفر قابل جذب P(ava)	پتاسیم قابل جذب K (ava)			
۰/۰۸	۰/۹۵	۱۴ (mg.kg ⁻¹)	۲۵۵ (mg.kg ⁻¹)			

شاخص‌های ارزیابی رقابت و سودمندی اقتصادی

استفاده از روابط زیر محاسبه و ارزیابی شدند (واندرمیر ۱۹۹۰).

نسبت برابری زمین (LER):

$$LER = LER_a + LER_b = \left(\frac{Y_{ab}}{Y_{aa}}\right) + \left(\frac{Y_{ba}}{Y_{bb}}\right)$$

مخلوط و Y_{bb} عملکرد گونه b در کشت خالص می-باشند.

مجموع عملکرد نسبی (RVT):

$$RVT = \frac{aP_1 + bP_2}{aM_1}$$

با شرط برقراری $aM_1 > bM_2$

کشت مخلوط و Y_b نیز عملکرد سیب‌زمینی در کشت مخلوط بود.

جهت تعیین سودمندی اقتصادی از شاخص سودمندی اقتصادی (MAI) استفاده شد (لایتورگایدیس و همکاران ۲۰۱۱). رابطه (۵)

$$MAI = (Y_{pi} \times P_p + Y_{bi} \times P_b) \times [(LER - 1) / LER]$$

P_p ، قیمت باقلای خشک شده، P_b قیمت سیب‌زمینی، Y_{pi} عملکرد باقلا در کشت مخلوط و Y_{bi} نیز عملکرد سیب‌زمینی در کشت مخلوط می‌باشد.

برای محاسبه برخی دیگر از شاخص‌های رقابت از معادلات جدول ۲ استفاده شد.

برای تجزیه و تحلیل آماری، داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. برای ترسیم شکل‌ها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه مرکب دوساله غده سیب‌زمینی و دانه باقلای محلی در جدول ۳ آورده شده است. نتایج نشان داد که در این بررسی در هر دو محصول اثر سال و اثر دوجانبه نوع کشت در سال غیرمعنی‌دار گشت و اثر ساده نوع کشت در عملکرد غده سیب‌زمینی و عملکرد باقلا در سطح یک درصد معنی‌دار بود.

برای ارزیابی کارایی و سودمندی کشت مخلوط از معیارهای نسبت برابری زمین (LER) و مجموع ارزش نسبی (RVT) استفاده شد. شاخص‌های مزبور با

رابطه (۱)

که Y_{ab} عملکرد گونه a در کشت مخلوط؛ Y_{aa} عملکرد گونه a در کشت خالص؛ Y_{ba} عملکرد گونه b در کشت

رابطه (۲)

که P_1 و P_2 به ترتیب عملکرد سیب‌زمینی و باقلا در کشت مخلوط و M_1 و M_2 عملکرد سیب‌زمینی و باقلا در کشت خالص و a و b به ترتیب قیمت سیب‌زمینی (نرخ روز) و باقلا (نرخ روز) می‌باشند.

ضریب ازدحام نسبی (RCC)، میزان رقابت بین گیاهانی را نشان می‌دهد که با استفاده از روش جایگزینی به صورت مخلوط کشت شده‌اند. ضریب ازدحام نسبی به صورت زیر قابل محاسبه است (لایتورگایدیس و همکاران ۲۰۱۱).

رابطه (۳)

$$RCC_p = [(Y_{pi} \times Z_{bi}) / (Y_p - Y_{pi}) \times Z_{pi}]$$

$$RCC_b = [(Y_{bi} \times Z_{pi}) / (Y_b - Y_{bi}) \times Z_{bi}]$$

$$RCC = K = RCC_p \times RCC_b$$

که Y_{pi} عملکرد گونه a در کشت مخلوط؛ Z_{bi} نسبت سیب‌زمینی در کشت مخلوط با باقلا؛ Y_p عملکرد گونه b در کشت خالص و Z_{pi} نسبت باقلا در کشت مخلوط، Y_b عملکرد سیب‌زمینی در کشت خالص و Z_{bi} عملکرد سیب‌زمینی در کشت مخلوط می‌باشد.

برای تعیین شاخص بهره‌روی سیستم (SPI) کشت مخلوط از فرمول زیر استفاده شد (لایتورگایدیس و همکاران ۲۰۱۱).

رابطه (۴)

$$SPI = (S_p / S_b) \times (Y_p + Y_b)$$

در این فرمول S_p عملکرد باقلا در تک کشتی، S_b عملکرد سیب‌زمینی در تک کشتی، Y_p عملکرد باقلا در

جدول ۲- شاخص‌های رقابت در کشت مخلوط

Relative crowding coefficient (RCC)= $K_a \times K_b$ $RCC_a = (Y_{ab} \times Z_{ba}) / (Y_{aa} \times Y_{bb}) (Z_{bb})$ $RCC_b = (Y_{ba} \times Z_{ab}) / (Y_{bb} \times Y_{aa}) (Z_{aa})$	ضریب نسبی تراکم (بانیک و همکاران، ۲۰۰۶) برای گیاه a برای گیاه b	
Aggressivity $_a$ (A_a)= $(Y_{ab}/Y_{aa} \times Z_{bb}) - (Y_{ba}/Y_{bb} \times Z_{aa})$ Aggressivity $_b$ (A_b)= $(Y_{ba}/Y_{bb} \times Z_{aa}) - (Y_{ab}/Y_{aa} \times Z_{bb})$	غالبیت برای گیاه a (دیما و همکاران، ۲۰۰۷) غالبیت برای گیاه b	
Competitive Ratio $_a$ (CR_a)= $(LER_a/LER_b) \times (Z_{ba}/Z_{bb})$ Competitive Ratio $_b$ (CR_b)= $(LER_b/LER_a) \times (Z_{ab}/Z_{aa})$	نسبت رقابتی a (ویلی و روآ، ۱۹۸۰) نسبت رقابتی b	
Actual yield loss (AYL)= $AYL_a \times AYL_b$ $AYL_a = ((Y_{bb} \times Z_{ab}) / (Y_{aa} \times Z_{bb})) - 1$ $AYL_b = ((Y_{aa} \times Z_{ba}) / (Y_{bb} \times Z_{aa})) - 1$	کاهش عملکرد واقعی (بانیک و همکاران، ۲۰۰۰) برای گیاه a برای گیاه b	
Intercropping advantage (IA)= $IA_a \times IA_b$ $IA_a = AYL_a \times P_a$ $IA_b = AYL_b \times P_b$	سودمندی کشت مخلوط (بانیک و همکاران، ۲۰۰۰) برای گیاه a برای گیاه b	
Equivalent yield $_a$ (EY_a)= $y_a \times Y_{aa} \times (P_a/P_b)$ Equivalent yield $_b$ (EY_b)= $y_b \times Y_{bb} \times (P_b/P_a)$	عملکرد معادل گیاه b (بانیک، ۱۹۹۸) برای گیاه a برای گیاه b	
Y_{ba} : عملکرد گیاه b در کشت مخلوط Y_{ba} : Yield of plant b intercropping Z_{bb} : نسبت گیاه b در کشت خالص Z_{bb} : Rate of plant b in sole cropping P_a : قیمت محصول گیاه a P_a : Price of plant a	Y_{aa} : عملکرد گیاه a در کشت خالص Y_{aa} : Yield of plant a in sole cropping Z_{aa} : نسبت گیاه a در کشت خالص Z_{aa} : Rate of plant a in sole cropping Z_{ba} : نسبت گیاه b در کشت مخلوط Z_{ba} : Rate of plant b in intercropping	Y_{ab} : عملکرد گیاه a در کشت مخلوط Y_{ab} : Yield of plant a in intercropping Y_{bb} : نسبت گیاه b در کشت خالص Y_{bb} : Rate of plant b in sole cropping Z_{ab} : نسبت گیاه a در کشت مخلوط Z_{ab} : Rate of plant a in intercropping P_b : قیمت محصول گیاه b P_b : Price of plant

همکاران (۲۰۰۹) و فلنجی و احمدی‌زاده (۲۰۱۱) مطابقت داشت. عملکرد متوسط سیب‌زمینی در کشت‌های مخلوط معادل ۴۲۱۷۵ کیلوگرم در هکتار و در کشت خالص ۴۵۵۷۹ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۳).

عملکرد سیب زمینی

تجزیه واریانس تیمارهای مورد استفاده در این مطالعه بر عملکرد غده سیب‌زمینی دارای تفاوت آماری معنی‌داری بود (جدول ۴) که با نتایج دهدار و خانزاده (۲۰۰۴)، جم و همکاران (۲۰۰۶)، پرویزی (۲۰۰۶)، حسن‌آبادی (۲۰۰۹)، صمدی فروشانی و همکاران (۲۰۱۰)، پرویز و همکاران (۲۰۰۲)، موسی پور گرجی و

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد غده سیب‌زمینی رقم آگریا و عملکرد باقلای محلی در الگوهای مختلف کشت

میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییر
عملکرد باقلا	عملکرد غده سیب‌زمینی		
۱۱۳۶۲۲۰/۱۶ ^{ns}	۴۲۵۰۴/۱۶ ^{ns}	۱	سال (Y)
۱۰۸۱۸۸۰/۸	۴۹۵۱۰/۴۲	۴	سال × بلوک
۴/۰۵۷e۸**	۱/۳۴۸e۸**	۳	نوع کشت (A)
۱۱۳۱۵۸۳/۳ ^{ns}	۴۱۶۱۳ ^{ns}	۳	سال × نوع کشت
۱۰۳۱۶۶۶	۴۴۷۳۳/۳	۱۲	اشتباه آزمایشی
۱/۰۴	۱/۲		ضریب تغییرات (%)

ns، *، ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد.

جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد غده سیب زمینی رقم آگریا در الگوهای مختلف کشت

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد غده سیب زمینی
تکرار	۲	۲۵/۵۱ ^{NS}
نوع کشت	۲	۶/۱۲۲۷ ^{**}
اشتباه آزمایشی	۶	۱۰/۷۲۱
ضریب تغییرات (%)		۱/۷

NS، *، ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

باقلا ی با میانگین ۳۵۸۵۴ کیلوگرم در هکتار کم‌ترین مقدار را به خود اختصاص داد (جدول ۵).

مقایسه میانگین عملکرد غده رقم آگریا از نظر نوع کشت نشان داد که تیمار تراکم اول باقلا با میانگین ۴۶۳۲۷ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین و تیمار تراکم سوم

جدول ۵- مقایسه میانگین ترکیب نوع کشت برای عملکرد غده سیب‌زمینی آگریا

عملکرد غده (kg.ha ⁻¹)	ترکیب
۴۵۵۷۹ ^b	کشت خالص سیب زمینی ۵/۳ بوته در مترمربع
۴۶۳۲۷ ^a	تراکم اول (۵۳۳۰۰ بوته در هکتار) باقلا
۴۳۲۱۱ ^c	تراکم دوم (۱۰۶۶۰۰ بوته در هکتار) باقلا
۳۵۸۵۴ ^d	تراکم سوم (۱۵۹۹۰۰ بوته در هکتار) باقلا
میانگین متوسط کشت مخلوط = ۴۱۷۹۸	

وجود حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

خود دریافتند که کود سبز در کشت سیب‌زمینی کمیت و کیفیت غده سیب‌زمینی را افزایش داد. باوجود اینکه برای افزایش شاخ و برگ و دستیابی به حداکثر فتوسنتز در مراحل اولیه رشد، سیب‌زمینی نیاز به سطح بالایی از نیتروژن دارد ولی استفاده بیش از حد از نیتروژن باعث تأخیر در تشکیل غده و رسیدگی محصول، افزایش درصد غده‌های بزرگ، افزایش نیترات سیب‌زمینی، کاهش نشاسته و افزایش قندهای احیا و به-طور کلی کاهش کیفیت و کمیت عملکرد غده خواهد شد.

عملکرد باقلای محلی

تجزیه واریانس تیمارهای مورد استفاده در این مطالعه بر عملکرد دانه باقلای محلی دارای تفاوت آماری معنی‌داری بود (جدول ۶). نتایج با نتایج تحقیق محققانی هم‌چون (القمی و همکاران ۲۰۰۷، کانفالونه و همکاران ۲۰۰۹، کاراداووت و همکاران ۲۰۱۰، سرپرست و همکاران ۲۰۱۱ و شریفی و همکاران ۲۰۱۴). مطابقت

کودهای سبز با افزایش مواد آلی، نیتروژن و میزان جذب مواد مغذی خاک سبب افزایش حاصل‌خیزی خاک شده و لذا منجر به رشد بیش‌تر محصول و افزایش ماده خشک و در نهایت افزایش عملکرد محصول شده و از طرفی کاربرد آنها باعث کاهش مصرف مواد شیمیایی خواهد شد (باند و ترنر، ۲۰۰۵). دلگادو و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی دریافتند که استفاده از کود سبز عملکرد غده سیب‌زمینی را به میزان ۱۲ تا ۹۳ درصد افزایش داد و منجر به افزایش کیفیت غده‌ها و تولید اقتصادی محصول گردید. میشانک (۲۰۰۴) دریافت که استفاده از کودهای سبز در سیب‌زمینی عملکرد غده را ۳ حدود ۱۹ درصد افزایش داد. سینسیک و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که کود سبز لوبیا، ماشک و گندم زمستانه در تناوب با سیب‌زمینی ماده خشک محصول را افزایش داده و لوبیا و ماشک ضمن افزایش نیتروژن خاک مصرف کود نیتروژن را به میزان ۳۳ کیلوگرم در هکتار کاهش دادند. یاسن و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیق

شدند و نتایج حاکی از اختلاف معنی‌دار ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه بود (چاویی و همکاران ۲۰۱۲). عملکرد متوسط دانه باقلای محلی در کشت‌های مخلوط معادل ۹۰۹/۵۵ کیلوگرم در هکتار و در تراکم‌های اول تا سوم به ترتیب در حدود ۸۳۴/۳۳، ۹۴۱/۶۷ و ۹۵۲/۶۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۶).

داشت. در مطالعه‌ای دیگر القمدی و همکاران (۲۰۰۷) با مطالعه روی ۶ ژنوتیپ باقلا در دو سال نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از لحاظ صفات مورد بررسی تفاوت قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر داشتند. در تحقیقی دیگر، ۲۵ ژنوتیپ باقلا به مدت سه سال جهت بررسی الگوی تنوع ژنتیکی عملکرد دانه و اجزای آن کاشته

جدول ۶- تجزیه واریانس عملکرد باقلای محلی در الگوهای مختلف کشت

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه باقلا
تکرار	۲	۶۸۵/۴۴**
نوع کشت	۳	۱/۴۹۵۸**
اشتباه آزمایشی	۶	۱/۸۶۹
ضریب تغییرات (%)		۰/۱۵

ns، *، ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

به‌کارگیری یک ترکیب مناسب در مخلوط سیب‌زمینی با باقلا، به استفاده کاراتر از منابع محیطی از قبیل نور، آب و عناصر غذایی و کاهش رقابت درون گونه‌ای در سیب‌زمینی منجر شد که در نتیجه آن گیاه سیب‌زمینی از این شرایط سود برد. این نتایج با یافته‌های اسلامی و همکاران (۲۰۰۹) در رابطه با کشت مخلوط جو و باقلا مطابقت دارد.

نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه نشان داد که تیمار کشت خالص باقلای محلی با میانگین ۴۲۸۰/۳۳ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین و تیمار تراکم اول باقلا با میانگین ۸۳۴/۳۳ کیلوگرم در هکتار کم‌ترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۷). مجتبیایی زمانی و نوروزی (۲۰۱۸) گزارش کردند که عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک باقلای محلی نیز تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط قرار گرفتند. به نظر می‌رسد که

جدول ۷- عملکرد باقلای محلی در الگوهای مختلف کشت

تیمار	عملکرد دانه باقلا ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)
کشت خالص باقلا	۴۲۸۰/۳۳ ^a
تراکم اول (۵۳۳۰۰ بوته در هکتار) باقلا	۸۳۴/۳۳ ^c
تراکم دوم (۱۰۶۶۰۰ بوته در هکتار) باقلا	۹۴۱/۶۷ ^{bc}
تراکم سوم (۱۵۹۹۰۰ بوته در هکتار) باقلا	۹۵۲/۶۷ ^b
میانگین متوسط کشت مخلوط = ۹۰۹/۵۵	

وجود حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

نسبت برابری زمین

نسبت برابری زمین در اکثر الگوهای کشت مخلوط بیش‌تر از یک بود که نشان دهنده برتری کشت مخلوط سیب‌زمینی با باقلای محلی نسبت به کشت خالص دو گیاه می‌باشد (جدول ۸). هم‌چنین بیش‌ترین میزان نسبت برابری زمین معادل ۱/۲۱۸ مربوط به تیمار تراکم اول

باقلای محلی و کم‌ترین میزان هم به تیمار تراکم سوم باقلای محلی معادل ۱/۰۶۹ تعلق داشت (جدول ۸). LER جزئی سیب‌زمینی با افزایش سهم آن در کشت مخلوط افزایش یافت، به طوری‌که میزان LER سیب‌زمینی در در همه تراکم‌های سیب‌زمینی بیش‌تر از ۰/۵ بوده است. بنابراین در تراکم‌های ۱، ۲ و ۳ سودمندی برای سیب-

زمینی بیشتر از باقلای محلی می‌باشد (جدول ۸). بر اساس LER معمولی اگرچه کشت مخلوط نسبت به کشت خالص برتری دارد، ولی انتخاب سیستم مناسب کشت مخلوط نیز در این زمینه مؤثر می‌باشد، به طوری که بر اساس نسبت برابری زمین استاندارد بیشترین مقدار این نسبت به تراکم اول باقلای محلی مربوط بود. می‌توان چنین استنباط نمود که در سیستم‌های کشت مخلوط با تنظیم ساختار کانوپی دریافت و جذب نور افزایش‌یافته و بدین ترتیب انرژی لازم برای انجام فرایندهای فتوسنتزی به نحو مطلوب تأمین می‌گردد (نجفی و همکاران ۲۰۱۳). از طرف دیگر، استفاده کارآمد از منابع موجود در واحد سطح با توجه به سیستم‌های ریشه‌ای متفاوت اجزا، کنترل بهتر علف‌های هرز، تثبیت

نیروژن و به تبع آن افزایش رشد بخش رویشی از عوامل اصلی افزایش LER در این سیستم‌ها می‌باشند (امانی ماچیانی و همکاران ۲۰۱۸). به عبارتی دیگر علت برتری کشت مخلوط دوگونه نسبت به کشت خالص دو گیاه را می‌توان به اثر مکملی گیاهان در استفاده بهینه از منابع نظیر نیروژن و آب و به تبع آن کاهش تقاضا برای نهاده‌های خارجی نسبت داد (استولتز و نادو ۲۰۱۴ و امانی ماچیانی و همکاران ۲۰۱۸). این مطلب نشانگر این می‌باشد که اجزای کشت مخلوط از منابع محیطی به صورت مکمل استفاده می‌کنند (حمزه ای و بابایی ۲۰۱۷). در واقع می‌توان گفت رقابت بین گونه‌ای کم‌تر از رقابت درون گونه‌ای بوده است (ویلی ۱۹۷۹).

جدول ۸- نسبت برابر زمینی معمولی و استاندارد و عملکرد نسبی و مجموع عملکرد نسبی در الگوهای مختلف کشت مخلوط

مجموع عملکرد نسبی (RYT)	عملکرد نسبی		نسبت برابری زمین استاندارد	نسبت برابری زمین			سیستم کشت مخلوط
	باقلا (RYb)	سیب زمینی (RYa)		کل	باقلا	سیب زمینی	
۱/۲۰۲	۰/۲۰۴	۱/۰۱۶	۱/۴۸۳	۱/۲۰۲	۰/۲۰۴	۱/۰۱۶	۵۲۲۰۰ بوته باقلا
۱/۱۹۱	۰/۲۴۳	۰/۹۴۸	۱/۱۷۶	۱/۱۹۱	۰/۲۴۳	۰/۹۴۸	۱۰۶۴۰۰ بوته باقلا
۱/۰۶۹	۰/۲۸۲	۰/۷۸۷	۱/۰۵۵	۱/۰۶۹	۰/۲۸۲	۰/۷۸۷	۱۵۹۶۰۰ بوته باقلا

تراکم اول (تراکم ۵۲۲۰۰)، تراکم دوم (تراکم ۱۰۶۴۰۰)، تراکم سوم (تراکم ۱۵۹۶۰۰)

شاخص های رقابتی

نسبت رقابت (CR) در مقایسه با ضریب ازدحام نسبی (RCC) و غالبیت (A) شاخص بهتری در بررسی رقابت بین گیاهان در کشت مخلوط بوده و نتیجه بهتری از توانایی رقابت گیاهان در کشت مخلوط می‌دهد (یلماز و همکاران ۲۰۱۵). جدول ۸ نشان می‌دهد که نسبت رقابت سیب‌زمینی در همه تیمارهای و تراکم‌های مورد ارزیابی بیشتر از نسبت رقابتی باقلای محلی بود. در اکثر تیمارها نسبت رقابت باقلای محلی کم‌تر از یک بوده است. کمتر بودن نسبت رقابت به این معنی است که آن گونه می‌تواند با گونه‌ای دیگر به صورت مخلوط کشت شود ولی اگر نسبت رقابت گونه‌ای بیشتر از یک باشد مفهوم آن این است که آن گونه در کشت مخلوط از غالبیت برخوردار است (لایتورگایدیس و همکاران ۲۰۱۱).

قنبری بنجار و لی (۲۰۰۲) بیان کردند که افزایش LER در کشت مخلوط به بالاتر از یک به دلیل افزایش راندمان استفاده از منابع محیطی و جذب نیترژن است. رضایی چپانه و قلی‌نژاد (۲۰۱۵) نسبت برابری زمین در کلیه الگوهای کشت مخلوط را بیشتر از یک به دست آورد که دلیل آن به استفاده بهتر از منابع موجود توسط دو گیاه و اختلافات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بین آن‌ها و کم‌تر بودن علف‌های هرز در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بیان کردند که با نتایج حاصل از این تحقیق نیز مطابقت دارد. در مطالعه-ای دیگر مشخص گردید که کشت مخلوط ذرت و ریحان شاخص LER در همه الگوهای کشت مخلوط بیشتر از یک بدست آمد (معبودی بیله‌سوار و زهتاب سلماسی ۲۰۱۷) که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی دارد.

جدول ۸- نسبت رقابت و کاهش واقعی عملکرد در کشت مخلوط سیب‌زمینی با باقلا

سیستم کشت مخلوط	نسبت رقابت (CR)		کاهش واقعی عملکرد (AYL)	
	سیب زمینی	باقلا	سیب زمینی	باقلا
۵۳۲۰۰ بوته باقلا	۱/۶۸	۰/۶	۰/۳۵۵	-۰/۱۹۲
۱۰۶۴۰۰ بوته باقلا	۳/۹۰	۰/۲۶	۰/۸۹۶	-۰/۵۱۴
۱۵۹۶۰۰ بوته باقلا	۸/۳۶	۰/۱۲	۲/۱۴۶	-۰/۶۲۴

مقادیر افت واقعی عملکرد (AYL) اطلاعات دقیقی نسبت به دیگر شاخص‌ها در باره رقابت درون و برون گونه‌ای محصولات و رفتار هر گونه در کشت مخلوط می‌دهد (دباغ محمدی نسب و همکاران ۲۰۱۱). مطابق نتایج بدست آمده جدول ۸ نشان می‌دهد که بیشترین میزان AYL مربوط به تیمار تراکم سوم باقلای محلی و کمترین میزان AYL هم به تیمار تراکم اول باقلای محلی تعلق داشت. مثبت بودن AYL در همه الگوهای کشت بیانگر تأثیر مفید این گیاهان بر روی هم‌دیگر و سودمندی کشت مخلوط می‌باشد (بانیک و همکاران ۲۰۰۶). همچنین محصول واقعی این گیاهان در کشت مخلوط بیش‌تر از محصول پیش‌بینی شده بوده و از عوامل محیطی استفاده بیشتری کرده‌اند (ژو و همکاران ۲۰۰۸). ضریب ازدحام نسبی، که مشخص‌کننده میزان رقابت بین گیاهانی است که با استفاده از روش جایگزینی مخلوط کشت شده‌اند، اگر این ضریب برابر واحد باشد در گیاه مورد نظر رقابت برون گونه‌ای با

رقابت درون گونه‌ای برابر است. اگر بیش‌تر از واحد باشد زراعت مخلوط سودمند خواهد بود ولی اگر کم‌تر از واحد به دست آمده باشد از آنجایی که میزان محصول به دست آمده از زراعت مخلوط کم‌تر از زراعت تک کشتی است در این حالت زراعت تک کشتی برای کاشت توصیه می‌شود. در واقع در حالتی که ضریب ازدحام نسبی برای هر گونه با واحد برابر نباشد، گیاهی که ضریب آن بیش‌تر است گیاه غالب خواهد بود (مظاهری ۱۹۹۴). مقادیر ضریب ازدحام نسبی در تراکم‌های دوم و سوم بیش‌تر از ضریب ازدحام نسبی در باقلای محلی بوده است (جدول ۹). این بدان معنی است که سیب‌زمینی در این ترکیبات غالب و از نظر رقابتی برتر می‌باشد. افزایش LER جزئی سیب-زمینی در این تیمارها نیز این غالبیت را نشان می‌دهد (جدول ۹). همچنین ضریب ازدحام نسبی کل تیمارهای تراکم اول کم‌تر از یک بود که عدم سودمندی این الگوی کشت را نشان می‌دهد.

جدول ۹- غالبیت و ضریب ازدحام نسبی در کشت مخلوط سیب‌زمینی با باقلا

سیستم کشت مخلوط	ضریب ازدحام نسبی (RCC)			غالبیت (A)	
	سیب زمینی	باقلا	کل	سیب زمینی	باقلا
۵۳۲۰۰ بوته باقلا	-۱۹/۸۹	۰/۷۶	-۲۰/۶۵	۰/۷۱	-۰/۷۱
۱۰۶۴۰۰ بوته باقلا	۱۸/۵۷	۰/۳۲	۱۸/۲۵	۰/۳۵	-۰/۳۵
۱۵۹۶۰۰ بوته باقلا	۱۱/۱۹	۰/۱۳	۱۱/۰۶	-۰/۰۲	۰/۰۲

واسیلاکوگلو و دهیما (۲۰۰۸) نتیجه گرفتند که در کشت مخلوط جو-شبدر برسیم، ضریب ازدحام نسبی کل کم‌تر از یک بود. در پژوهشی بر روی کشت مخلوط ذرت و سویا انجام شد، ضریب ازدحام نسبی در کلیه

تیمارها در مورد ذرت بزرگ‌تر از یک به دست آمد که این امر برتری رقابتی ذرت را نسبت به سویا نشان می‌دهد. به همین ترتیب کوچک‌تر بودن این شاخص در مورد سویا حاکی از ضعف رقابتی سویا نسبت به ذرت

سویا حاکی از پایین بودن عملکرد نسبی سویا است (پیرزاد ۲۰۰۳).

شاخص های اقتصادی

بر اساس جدول ۱۰ مقادیر شاخص سودمندی اقتصادی در همه الگوهای کشت سیبزمینی مثبت بود که با نتایج LER مطابقت داشت. مثبت بودن این شاخص گویایی سودمندی و مزیت اقتصادی کشت مخلوط سیبزمینی با باقلای محلی و استفاده بهتر از منابع در دسترس توسط این دو گیاه در مقایسه با کشت خالص دو گیاه می باشد. در بین الگوهای مختلف کشت مخلوط، بیشترین میزان سودمندی اقتصادی مربوط به تراکم اول باقلای محلی (۷۰۴۳۰۹۹۲) مشاهده شد (جدول ۱۰). قوش (۲۰۰۴) و لایتورگایدیس و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که بالا بودن مقادیر نسبت برابری زمین و ضریب تراکم نسبی در تیمارهای کشت مخلوط سبب افزایش مقادیر شاخص MAI می شود. میزان شاخص IA در همه الگوها مثبت بود که بیانگر سودمندی کشت مخلوط این دو گیاه می باشد. در همه تراکم های کشت سیبزمینی بیشترین میزان شاخص سودمندی مربوط به تراکم اول باقلای محلی (۷۰۴۳۰۹۹۲) بود. شاخص بهره‌وری سیستم (SPI) از دیگر شاخص های ارزیابی اقتصادی کشت مخلوط می باشد که داده های آن با استاندارد کردن محصول زراعت ثانوی بر مبنای محصول زراعت اصلی به دست می آید (آگنهور و همکاران ۲۰۰۶). مطابق نتایج بدست آمده در جدول ۱۰ شاخص بهره‌وری سیستم در تمامی الگوهای کشت مخلوط مثبت بود که این نشان دهنده سودمندی کشت مخلوط می باشد و بیشترین میزان شاخص بهره‌وری سیستم به تیمار تراکم سوم باقلای محلی (۱۱۲۲۷۶) و کمترین شاخص بهره‌وری سیستم مربوط به تراکم اول باقلای محلی (۹۲۶۳۴) می باشد (جدول ۱۰).

می باشد (پیرزاد ۲۰۰۳). در تحقیقی بر روی کشت مخلوط ارزن و ذرت خوشه‌ای، ضریب ازدحام نسبی در مورد گیاه ارزن بزرگتر از یک و در مورد ذرت خوشه‌ای کوچکتر از یک به دست آمد که این امر نشان داد ارزن از نظر رقابتی نسبت به ذرن خوشه‌ای برتری دارد (مظاهری ۱۹۹۴).

ژانگ و همکاران (۲۰۱۱) نتیجه گرفتند مقادیر ضریب ازدحام نسبی بالاتر یونجه نسبت به ذرت بیانگر غالب بودن آن در همه الگوهای کشت مخلوط می باشد. آگیگنهور و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که در کشت مخلوط غلات و لگوها، همیشه غلات غالب نمی باشند. غالبیت شاخصی است که بیانگر اختلافات عملکرد نسبی دو گونه می باشد و این شاخص در حالت کلی شدت رقابت را به صورت کمی نشان می دهد (دباغ محمدی نسب و همکاران ۲۰۱۱). شاخص غالبیت سیبزمینی نسبت به باقلا در تیمارهای تراکم اول و دوم مورد ارزیابی مثبت بوده و این بیانگر غالب بودن آن در این الگوهای کشت می باشد که با نتایج ضریب ازدحام نسبی و نسبت رقابت مطابقت دارد (جدول ۴-۱۱). در پژوهشی بر روی کشت مخلوط ذرت و سویا، مشخص شد که ذرت در کشت مخلوط با سویا از قابلیت تهاجم یا غالبیت بیشتری برخوردار بود و جزء غالب مخلوط بود. ضریب غالبیت در کشت مخلوط ۷۵٪ ذرت + ۲۵٪ سویا، ۱/۲۷ و در کشت مخلوط ۲۵٪ ذرت + ۵۰٪ سویا، ۰/۹۴ به ترتیب حداکثر بود و در کشت مخلوط ۲۵٪ ذرت + ۷۵٪ سویا، ۰/۸۷ - به خاطر کاهش سهم ذرت در مخلوط و در نتیجه اثر رقابتی کم تر روی سویا کاهش یافت (رحیمی درآباد و همکاران ۲۰۱۵). در پژوهش دیگری که بر روی کشت مخلوط ذرت و سویا انجام شد، شاخص غالبیت در مورد ذرت بزرگتر از صفر به دست آمد، که نشان می دهد عملکرد نسبی ذرت بیشتر از سویا می باشد. برعکس منفی شدن غالبیت در مورد

جدول ۱۰- شاخص‌های سودمندی خلوط، سودمندی اقتصادی و بهره‌وری سیستم در کشت مخلوط سیب‌زمینی با باقلا

شاخص بهره‌وری سیستم (SPI)	شاخص سودمندی اقتصادی (MAI)	سودمندی کشت مخلوط (LA)			سیستم کشت مخلوط
		کل	باقلا	سیب‌زمینی	
۱۱۲۲۷۶	۷۰۴۳۰۹۹۲	-۵۲۵۰	-۷۰۳۲/۷۵	۱۷۸۲/۸	۵۳۲۰۰ بوته باقلا
۱۰۷۲۰۲	۶۵۳۹۱۴۹۴	-۱۴۹۵۹	-۱۹۴۴۲/۳	۴۴۸۳/۲۵	۱۰۶۴۰۰ بوته باقلا
۹۲۶۳۴	۲۶۰۱۵۸۴۶	-۱۲۹۲۸	-۲۳۶۶۴/۳	۱۰۷۳۶/۱	۱۵۹۶۰۰ بوته باقلا

نتیجه‌گیری

نسبی و نسبت رقابت مطابقت دارد. در بین الگوهای مختلف کشت مخلوط، بیش‌ترین میزان سودمندی اقتصادی در تراکم اول باقلای محلی (۷۰۴۳۰۹۹۲) مشاهده شد. مثبت بودن شاخص‌های سودمندی اقتصادی، بهره‌وری سیستم و افت واقعی عملکرد در همه الگوهای کشت بیانگر تأثیر مفید گیاهان بر روی هم‌دیگر و سودمندی کشت مخلوط آنها در شرایط منطقه مورد ارزیابی می‌باشد.

سپاسگزاری

از دانشگاه محقق اردبیلی بخاطر در اختیار قرار دادن امکانات آزمایشگاهی تشکر و تقدردانی می‌کنم.

عملکرد متوسط سیب‌زمینی در کشت‌های مخلوط معادل ۴۲۱۷۵ کیلوگرم در هکتار و در کشت خالص ۴۵۵۷۹ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. عملکرد متوسط دانه باقلای محلی در کشت‌های مخلوط معادل ۹۰۹/۵۵ کیلوگرم در هکتار و در تراکم‌های اول تا سوم به ترتیب ۸۳۴/۳۳، ۹۴۱/۶۷ و ۹۵۲/۶۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. نسبت برابری زمین در اکثر الگوهای کشت مخلوط بیش‌تر از یک بود که نشان دهنده برتری کشت مخلوط سیب‌زمینی با باقلا محلی نسبت به کشت خالص دو گیاه می‌باشد. شاخص غالبیت سیب‌زمینی نسبت به باقلای محلی در تیمارهای تراکم اول و دوم مورد ارزیابی مثبت بوده و این بیانگر غالب بودن آن در این الگوهای کشت می‌باشد که با نتایج ضریب ازدحام

منابع مورد استفاده

- Agegnehu G, Ghizaw A and Sinebo W. 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy*, 25: 202-207.
- Alghamdi SS. 2007. Genetic Behavior of Some Selected *Faba Bean* Genotypes. *African Crop Science Conference Proceedings*, 8: 709-714.
- Allahdadi M, Shakiba MR, Dabbagh Mohammadi-Nassab A and Amini R. 2013. Evaluation of yield and advantages of soybean (*Glycine max (L.) Merrill.*) and calendula (*Calendula officinalis L.*) intercropping systems. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 23(3): 47-58.
- Allen JR and Eburna PK. 1983. Yield of corn, cowpea and soybean under different intercropping systems. *Journal of Agricultural Science Cambridge*. 75, 1005- 1009.
- Amani Machiani M, Javanmard A, Morshedloo MR and Maggi F. 2018. Evaluation of yield, essential oil content and compositions of peppermint (*Mentha piperita L.*) intercropped with faba bean (*Vicia faba L.*). *Journal of Cleaner Production*, 171: 529-537.
- Amir-Mardfar R, Raei Y, Dabbagh Mohammadi-Nassab A, Khaghaninia S and Amini R. 2013. Yield and yield components of wheat as influenced by intercropping of oilseed rape and fertilizers. *Journal of Biodiversity and Environmental Science*, 3: 38-46.

- Bagheri, AR, Mahmoudi AA and FarrokhDin Q. 2002. Bean cultivation and breeding (translation) Mashhad University Jihad Publications 5. (In Persian).
- Banik P, Midya A, Sarkar BK and Ghose SS. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy*, 24: 325-332.
- Baumann DT, Bastians L, Gaudian I, Vanlar HH and Kroff MJ. 2002. Analysing crop yield and plant quality in a intercropping system using an ecophysiological model for interplant competition. *Agricultural Systems*. 13: 173 – 203.
- Bond W and Turner R. 2005. Weed management outline for potatoes. *Weed Science*, 39: 94-101
- Chaubey B.K. Yadav C.B. Mishra V.K and Kumar. K. 2012 Genetic divergence analysis in faba bean (*Vicia faba* L.) *Trend. Bioscience*, 5(1): 64-67.
- Confalone A, Lizaso JI, Ruiz-Nogueira B, López-Cedrón FX and Sau F. 2010. Growth, PAR use efficiency, and yield components of field-grown *Vicia faba* under different temperature and photoperiod regimes. *Field Crops Research*, 115(2), 140-148.
- Dabbagh Mohammadi Nasab A, Amon T and Kaul HP, 2011. Competition and yield in intercrops maize and sunflower for biogas. *Industrial Crops and Products*, 34: 1203-1211.
- Dabbagh Mohammadi-Nassab A, Amini R, and Tamari E, 2015. Evaluation of maize and three cultivars of common bean intercropping with application of biofertilizers and chemical fertilizers. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 25: 99-113.
- Dehdar, B and Khanzadeh, 2004. Quantitative and qualitative study of new potato cultivars suitable for autumn cultivation in Moghan region. *Ardabil Agricultural and Natural Resources Research Center. Moghan*. (In Persian).
- Delgado J, Essah S, Dillon M, Ingohn R, Manter D, Stuebe A and Sparks R. 2008. Using green manure to enhance potato production: II Other Benefits- Effects on Nutrient Cycling, Tuber Yield Quality, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service (USBA)- Publication Date, January 30. p. 12
- Dhima KV, Lithourgidis AS, Vasilakoglou IB and Dordas CA, 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research*, 100: 249–256.
- Dil K and Mulder EE, 1982. Effect of associated growth on yield and nitrogen control of legume and grass. *Plant Soil*, 16: 229-237.
- Ehsanzade, P and Mahmoudieh D. 2006. Effect of genotype and shading of inflorescence on grain yield and its components in field-grown safflower in Esfahan. *Journal of Agronomy & Crop Biotechnology*, 37:157- 167.
- Elijah M and Akunda W. 2001. Improving food production by understanding the effect of intercropping and plant population on soybean nitrogen fixing attributes. *The Journal of Food Technology in African*, 6: 110-115.
- Eslami Khalili F, Pirdashti H and Motaghian A. 2011. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) yield in different density and mixture intercropping via competition indices. *Journal of Agroecology*, 3 (1):94-105 (In Persian).
- Felenji H and Ahmadizadeh M. 2011. Evaluating Yield and Some Traits of Potato Cultivars in Fall Cultivation of Jiroft Area. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 1(12)643-649.
- Fernandez-Aparicio, M, Emeran, AA, and Rubiales D. 2008. Control of *Orobanche crenata* in legumes intercropped with fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*). *Crop Protection* 27: 653-659
- Ghanbari-Bonjar A and Lee H, 2002. Intercropped field beans (*Vicia faba*) and wheat (*Triticum aestivum*) for whole crop forage: Effect of nitrogen on forage yield and quality. *Agricultural Science*, 38: 311-315.

- Ghosh PK, 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. *Field Crops Research*, 88: 227-237.
- Hamzei J and Babaei M. 2017. Study of quality and quantity of yield and land equivalent ratio of sunflower in intercropping series with bean. *Journal of Agroecology*, 8(4): 490-504. (In Persian).
- Hassanabadi H. 2009. Quantitative and qualitative characteristics of early advanced potato clones in spring cultivation areas and production of disease-free seedlings. Seed and Plant Breeding Research Institute. Karaj. (In Persian).
- Haugaard-Nielsen H and Jeanson ES. 2001. Evaluating pea and barley cultivars for complementarity in intercropping at different levels of N availability. *Field Crop Research* 72: 185-196.
- Hosseinpanahi F, Koocheki A, Nassiri M and Ghorbani R, 2010. Evaluation of absorption and use efficiency of radiation in corn/potato intercropping. *Agroecology Journal*. 2(1), 50-60. (In Persian).
- Jam A, Ebadi A, Amini A and Dehdar B. 2006. The effect of tuber density and size on some quantitative and qualitative traits of potato. *Research and construction. Agriculture and horticulture*. Issue 81 (In Persian).
- Jamshidi K, Mazaheri D and Saba J. 2008. An evaluation of yield in intercropping of maize and potato. *Desert* 12: 105 –111. (Online at: <http://jdesert.ut.ac.ir>).
- Javanshir A, Dabbagh Mohammadi Nasab A, Hamidi D and Qolipour M. 2001. Ecology of intercropping (translation). University Jihad Publications, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
- Jiang L, Jeong JC and Lee JS 2019. Potential of *Pantoea dispersa* as an effective biocontrol agent for black rot in sweet potato. *Scientific Reports*, 9: 16354. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52804-3>.
- Karadavut UC, Palta Z, Kavurmaci SA and Block Y. 2010. Some grain yield parameters of multienvironmental trials in faba bean (*Vicia faba*) genotypes. *International Journal of Agriculture Research*, 12(2): 217-220.
- Karimi MM and Siddique KHM. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 42: 13-20.
- Khajehpour MR. 2004. Industrial plants. Isfahan University of Technology. 571 pp. (In Persian).
- Lithourgidis AS, Vlachostergios DN, Dordas CA and Damalas CA, 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy*, 34: 287-294.
- Mabudi Bilesuar H and Zehtab Salmasi S. 2017. Evaluation of yield and advantages of corn (*Zea mays* L.) and sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) intercropping. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 27(1): 1-11.
- Mazaheri D. 1994. Mixed Agriculture. First Edition. University of Tehran Press, 212 pages (In Persian).
- Mishanec JJ. 2004. Evaluation of Green manure rotational stragis for potatoes in upstate. CCE, NYS IPM program, final project report to the New York state Growers Inc. 2003-2004. p. 1-5
- Mojtaba Zamani M and Nowruz Sh. 2018. Evaluation of different patterns of intercropping of barley (*Hordeum vulgare* L.) and beans (*Vicia faba* L.) through competitive and economic indicators. *Production and Processing of Agricultural and Horticultural Products*, 7 (3): 158-145. (In Persian).
- Morales REJ, Escalante EJA, Sosa CL. Volke HVH, 2009. Biomass, yield and land equivalent ratio of *Helianthus annuus* L in sole crop and intercropped with *Phaseolus vulgaris* L. in high valleys of Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10 (2009): 431 – 439.
- Musa Pur Gorgi A, Rahimi S, Vedadi A, Zar Bakhsh A, Ahmad VM, Hassani HR, A`bdi R. HajiyanFar. R. 2009. Evaluation of qualitative and quantitative characteristics of potato Clones obtained from C.V. desired by gamma radiation. *AGRIS 2012 - FAO of the United Nations*

- Najafi N, Mostafaei M, Dabbagh Mohammadi Nasab A and Ostan Sh, 2013. The effect of mixed cultivation and manure on growth, yield and protein concentration of corn, beans and barley. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 23 (1): 100-116. (In Persian).
- Neamatollahi E, Jahansuz MR, Mazaheri D and Bannayan M. 2013. Intercropping. In: Lichtfouse, E. (ed.), *Sustainable Agriculture Reviews, Sustainable Agriculture Reviews*, 12. Springer Dordrecht Heidelberg New York London
- Nedunchezhiyan, M., Byju, G. and Jata, S.K. (2012) *Sweet Potato Agronomy, Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*. Global Science Books, 1-10.
- Njoku SC, Muoneke CO, Okpara DA and Agbo FMO. 2007. Effect of intercropping varieties of sweet potato and okra in an ultisol of southeastern Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 6: 1650-1654.
- Panbekar NA, Dastan S, Yadi R and Shahidifar A. 2015. Effect of nitrogen splitting and planting row space on yield and yield components in faba bean (*Vicia faba* L.) Barkat cultivar. *Journal of Crop Production Research*, 6 (4): 341-355. (In Persian).
- Pervez MA, Tahir FM, Tariq MA and Jawad R. 2002. Comparative studies of some exotic potato cultivars. 1.2Department of Horticulture, University of Agriculture, Faisalabad 3Ayub Agri. Res. Institute, Faisalabad "College of Agriculture, D.G. Khan. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 39(1).
- Pirzad A., 2003. Investigation of competition, yield and yield components in maize and soybean intercropping. Master Thesis in Agriculture, Faculty of Agriculture, University of Tabriz. (In Persian).
- Rahimi Darabad G, Barmaki M, Seyed Sharifi R. 2015. Investigation of some growth indices in mixed potato and safflower cultivation. *Applied Agricultural Research*, 27 (104), 173-179. doi: 10.22092 / aj.2014.101838
- Rashid I, Shahbaz A and Malik A. 2002. Sunflower-summer legumes intercropping systems under rain fed conditions: Economic analysis. *Pakistan Council of Scientific and Industrial Research*, 45:378-390.
- Rezaei-Chianeh E, Tajbakhsh M, Valizadegan O and Banaei-Aai F. 2015. Evaluation of different intercropping patterns of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and lentil (*Lens culinans* L.) in double crop. *Journal of Agroecology*, 5(4): 462-472. (In Persian).
- Rezaei-Chiyaneh E and Gholinezhad E. 2015. Study of agronomic characteristics and advantage indices in intercropping of additive series of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Agroecology*, 7(3): 381-396. (In Persian).
- Samadi Foroushani S, Sepahvand N and Musapur Georgian A. 2010. Evaluation of effective factors on yield and physicochemical properties of new imported potato cultivars in Karaj region. Master Thesis. Campus of Abu Rihan. University of Tehran. (In Persian).
- Sarparast R, Sheikh F and Soughi HA. 2011. Investigation of genotype and environment interaction and cluster analysis for seed yield in different lines of faba bean (*Vicia faba* L.). *Iranian Journal of Pulses Research*, 2 (1): 99-106. (in Persian).
- Sharifi P, Astereki H and Safari Motlagh MR. 2014. Evaluation of genotype, environment and genotype × environment interaction effects on some of important quantitative traits of faba bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Crop Breeding*, 6 (13): 73-88.
- Sincik M, Metin Turan Z and Tanjo Goksoy A. 2008. Responses of potato (*Solanum tuberosum* L.) to green manure cover crops and nitrogen fertilization rates. *American Journal of Potato Research*, 85 (5): 390-391.
- Stolts E and Nadeau E. 2014. Effect of intercropping on yield, weed incidence, forage quality, soil residual N in organically grown forage maize and faba bean. *Field Crops Research*, 169: 21-29.
- Sullivan P. 2003. Intercropping principles and practices. Available at: <https://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/intercrop.pdf>.

- Toohidinezhad A, Mazaheri D and Qalavand A. 2004. Study of mixed cultivation of corn and sunflower. *Research and Construction*, 64: 45- 39. (In Persian).
- Vandermeer, J. 1990. Intercropping. In *Agroecology*. McGraw-Hill publishing.
- Vasilakoglou I and Dhima K, 2008. Forage yield and competition indices of berseem clover intercropped with barley. *Agronomy Journal*, 100: 1749–1756.
- Willey RM. 1979. Intercropping, its importance and research needs, competition and yield advantages. *Journal of Field Crop Abstracts* 32: 1-10.
- Xu BC, Li FM and Shan L, 2008. Switch grass and milk vetch intercropping under 2:1 row replacement in semiarid region, northwest China: Aboveground biomass and water use efficiency. *European Journal of Agronomy*, 228: 485-492.
- Yassen V, Rajo R, Barrera V, Zumelzu G, Cozzi J, Kabayashi K and Gosoni L. 2011. Effect of green manure and biocontrol agents on potato crop in Cordoba Argentina, *Journal of Plant Pathology*, 93 (3): 713-717.
- Yilmaz S, Ozel A, Atak M and Eraymanm M, 2015. Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in the eastern Mediterranean. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39: 135-143.
- Zhang G, Yang Z and Dong S, 2011. Interspecific competitiveness affects the total biomass yield in an alfalfa and corn intercropping system. *Field Crops Research*, 124: 66-73.