به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲۳ ■ شماره ٤ ■ زمستان ١٤٠٠
صفحه‌های ۹۵۲-۹۳۹
DOI: 10.22059/jci.2020.302557.2395

مقاله پژوهشی:

تأثیر رقم نخودفرنگی و نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی نخودفرنگی و اسفناج بر عملکرد و شاخص‌های رقابت

مجتبی صالحی شیخی[1*]، علی نخزری مقدم[2]، علی راحمی کاریزکی[2]، مجید محمداسمعیلی[3]
۱. کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گلستان، ایران.
۲. استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گلستان، ایران.
۳. دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گلستان، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۲/۲۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۵/۲۸

چکیده
به‌منظور بررسی تأثیر رقم نخودفرنگی و نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی بر عملکرد و شاخص‌های رقابت نخودفرنگی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبدکاووس اجرا شد. فاکتورهای آزمایش، نسبت‌های کشت مخلوط در نه سطح شامل کشت خالص نخودفرنگی، کشت خالص اسفناج، کشت مخلوط سری جایگزین ۳۳، ۵۰ و ٦٧ درصد اسفناج به‌جای نخودفرنگی و کشت مخلوط سری افزایشی ۳۳، ۵۰، ٦٧ و ۱۰۰ درصد اسفناج به نخودفرنگی و ارقام نخودفرنگی شمشیری و پفکی بودند. عملکرد کل در تیمارهای کشت مخلوط سری افزایشی بیش از تیمارهای کشت مخلوط سری جایگزین و کشت خالص نخودفرنگی و اسفناج بود. نسبت برابری زمین و ضریب نسبی تراکم در تیمارهای کشت مخلوط سری افزایشی بیش از تیمارهای کشت مخلوط سری جایگزین بود. این نسبت در همه تیمارهای کشت مخلوط بیش از یک بود. بیش‌ترین نسبت برابری زمین برابر ۱/۳۳۳ به تیمار کشت مخلوط سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۱۰۰ درصد اسفناج تعلق داشت. در تیمارهای کشت مخلوط سری جایگزین، نخودفرنگی گیاه غالب و در تیمارهای کشت مخلوط سری افزایشی اسفناج گیاه غالب بود. در هیچ‌کدام از تیمارهای کشت مخلوط کاهش عملکرد واقعی مشاهده نشد. بیش‌ترین شاخص بهره‌وری سیستم مربوط به تیمار سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۱۰۰ درصد اسفناج با ۳۰٤۵ بود. درمجموع، نسبت برابری زمین بالای یک و مثبت‌بودن شاخص بهره‌وری سیستم بیان‌گر سودمندبودن کشت مخلوط نخودفرنگی و اسفناج به‌ویژه سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۱۰۰ درصد اسفناج بود.

کلیدواژه‌ها: شاخص بهره‌وری سیستم، عملکرد معادل، غالبیت، کاهش عملکرد واقعی، نسبت برابری زمین.

Effect of Pea Cultivar and Replacement and Additive Intercropping Ratios of Pea and Spinach on Yield and Competition Indices

Mojtaba Salehi Sheikhi[1*], Ali Nakhzari Moghaddam[2], Ali Rahemi Karizaki[2], Majid Mohammad Esmaili[3]
1. M.Sc., Department of Plant Production, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Golestan, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Golestan, Iran.
3. Associate Professor, Department of Rangeland and Watershed, Faculty of Agricultural and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Golestan, Iran.
Received: May 10, 2020 Accepted: August 18, 2020

Abstract
In order to investigate the effect of pea (*Pisum sativum* L.) cultivar as well as replacement and additive intercropping ratios of pea and spinach (*Spinacia oleracea* L.) on yield and competition indices, a factorial experiment has been conducted based on randomized complete block design with three replications at Gonbad Kavous University research field during 2016-2017. Intercropping ratios at nine levels consisted of pure pea, pure spinach, 33%, 50%, and 67% spinach instead of pea, addition series of 33%, 50%, 67%, and 100% spinach to pea. Also, pea cultivars have been Shamshiri and Pofaki. Land equivalent ratio and relative crowding coefficient in additive treatments have been more than replacement treatments, above one in all treatments. The highest land equivalent ratio with 1.333 has been observed in 100% pea + 100% spinach. In replacement series, pea has been the dominant plant, while in additive series spinach has dominated. No actual yield loss is observed in all treatments. The highest system productivity index has been related to 100% pea + 100% spinach with 3045. Overall, the land equivalent ratio of more than one and positive system productivity index of especial treatment, equal to 100% pea+ 100% spinach indicate the benefit of pea and spinach intercropping.

Keywords: Actual yield loss, aggressivity, equivalent yield, land equivalent ratio, system productivity index.

* نویسنده مسئول
Email: msalehi.student@gonbad.ac.ir

۱. مقدمه

با افزایش جمعیت نیاز به مواد غذایی بیش‌تر فزونی یافته که این امر باعث افزایش تولیدات کشاورزی و به‌دنبال آن اثرات سوء بر خاک و منابع پایه شده است. استفاده از کود و سموم دفع آفات علاوه بر آلوده‌سازی خاک و منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، باعث فرسایش ژنتیکی و انقراض گونه‌های جانوری و گیاهی نیز می‌شود. این فرایندها، تعادل‌های زیست‌محیطی و بومی را به‌تدریج به‌هم می‌زند (Viteri *et al*., 2012).

نخودفرنگی با نام علمی *Pisum sativum* L. گیاهی است علفی و یک‌ساله از خانواده لگومینوز با شاخه‌های بلند رونده که به‌منظور استفاده از دانه سبز کشت می‌شود. اسفناج با نام علمی *Spinacia oleraceae* L. گیاهی یک‌ساله و از مهم‌ترین سبزی‌های برگی است که به‌صورت تازه و یا فرآوری‌شده مصرف می‌شود (Peyvast, 2009). طبق گزارش فائو، سطح زیر کشت نخودفرنگی و اسفناج در ایران به‌ترتیب ۳۳۳۲ و ۱۷۰۴۵ هکتار بوده است (Fao, 2018).

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 (Nematollahi *et al*., 2013). کشت مخلوط به‌دلیل تنوع محصولات و سود حاصله در واحد سطح و زمـان از اهمیت خاصی برخوردار است (Eskandari & Alizadeh Amraie, 2016). جذب یا کارایی تشعشع در کشت مخلوط افزایش می‌یابد، زیرا در زمان کوتاه سطح زمین را می‌پوشاند (Umesh *et al*., 2017). هنگامی‌که دو گونه با ارتفاع بوته، پوشش گیاهی و الگوی رشد متفاوت به‌صورت هم‌زمان در کشت مخلوط قرار می‌گیرند، کم‌ترین رقابت (برای نور) را با یکدیگر ایجاد می‌کنند و این موضوع باعث افزایش عملکرد کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی می‌شود (Borghi *et al*., 2013).

نتایج بررسی کشت مخلوط گوار و آفتابگردان نشان داد که بیش‌ترین نسبت برابری زمین از تیمار ۷۵ درصد گوار+ ۲۵ درصد آفتابگردان به‌دست آمد (Momen Keykha *et al*., 2018). در کشت مخلوط نخودفرنگی و کاهو بیش‌ترین سودمندی اقتصادی مربوط به تیمار کشت مخلوط سری جایگزین ۳۳ درصد نخودفرنگی+ ٦٧ درصد کاهو گزارش شد (Raftari *et al*., 2018). Mohavieh Asadi *et al*. (2019) با بررسی کشت مخلوط تأخیری جو و نخود به این نتیجه رسیدند که در تمام الگوهای کشت مخلوط جو غالب بود. شاخص بهره‌وری سیستم در تمام تیمارهای کشت مخلوط مثبت بود. نسبت رقابتی توانایی رقابت را برای گیاهان زراعی به شکل بهتری بیان کرده و نسبت به ضریب غالبیت معیار دقیق‌تری برای بررسی کشت مخلوط محسوب می‌شود (Dehima *et al*., 2007). در پژوهشی که روی باقلا و نعناع‌فلفلی انجام شد مقادیر غالبیت و نسبت رقابت نعناع فلفلی بیش‌تر از باقلا بود که نشان‌دهنده غالبیت نعناع‌فلفلی بود (Amani Machiani *et al*., 2017). نتایج کشت مخلوط لوبیا و آفتابگردان نشان داد که نسبت رقابت در تمام نسبت‌های کشت برای لوبیا کم‌تر از یک بود که نشان می‌دهد لوبیا در سامانه کشت مخلوط نسبت به آفتابگردان قابلیت رقابت کم‌تری دارد. نسبت اختلاط ۷۵:۲۵ (لوبیا: آفتابگردان) بهترین نسبت کاشت بود (Gholipour & Sharifi, 2018).

با توجه به دوره رشد کوتاه گیاه اسفناج نسبت به نخودفرنگی در منطقه و درنتیجه رشد بهتر نخودفرنگی و هم‌چنین سازگاری این دو گیاه، هدف از این آزمایش،

بررسی تأثیر رقم نخودفرنگی و نسبت‌های کشت مخلوط سری جایگزینی و سری افزایشی بر عملکرد و شاخص‌های رقابت نخودفرنگی و اسفناج در شرایط آب‌وهوایی گنبدکاووس بود.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبدکاووس با طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۲۱ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۵ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. قبل از کاشت از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش پنج نمونه خاک انتخاب و با هم مخلوط و سپس یک نمونه تهیه و ویژگی‌های آن در آزمایشگاه خاک‌شناسی اندازه‌گیری شد که نتیجه آن در جدول (۱) آورده شده است. بافت خاک سیلتی کلی لوم بود.

ویژگی‌های اقلیمی منطقه در ماه‌های اجرای پژوهش سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ براساس اطلاعات آماری ایستگاه سینوپتیک هواشناسی گنبد در جدول (۲) آورده شده است.

در این آزمایش، رقم نخودفرنگی در دو سطح شامل شمشیری (مجارستانی، برای تهیه کنسرو در صنایع) و پفکی (آمریکایی، تازه‌خوری یا تهیه کنسرو) و نسبت‌های کاشت در نه سطح شامل کشت خالص نخودفرنگی، کشت خالص اسفناج، کشت مخلوط سری جایگزین ۶۷ درصد نخودفرنگی و ۳۳ درصد اسفناج، کشت مخلوط سری جایگزین ۵۰ درصد نخودفرنگی و ۵۰ درصد اسفناج، کشت مخلوط سری جایگزین ۳۳ درصد نخودفرنگی و ۶۷ درصد اسفناج، کشت مخلوط سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۳۳ درصد اسفناج، کشت مخلوط سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۵۰ درصد اسفناج، کشت مخلوط سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۶۷ درصد اسفناج و کشت مخلوط سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۱۰۰ درصد اسفناج بودند. بذر موردنیاز از دفاتر کشاورزی گنبدکاووس (بسته‌بندی‌شده) تهیه شد.

جدول ۱. فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری)

مشخصه	واحد	مقدار
گوگرد	($mg.kg^{-1}$)	۴۷/۳
هدایت الکتریکی	($dS.m^{-1}$)	۱/۱
اسیدیته گل اشباع	–	۷/۶
مواد خنثی شونده	(%)	۱۰/۵
کربن آلی	(%)	۰/۷۸
فسفر قابل‌جذب	($mg.kg^{-1}$)	۱۲/۳
پتاسیم قابل‌جذب	($mg.kg^{-1}$)	۴۱۴
نیتروژن	($mg.kg^{-1}$)	۰/۰۸
رس	(%)	۳۰
سیلت	(درصد)	۶۲
شن	(درصد)	۸

در این آزمایش از اسفناج تیغی (محلی) استفاده شد. برای تأمین نیتروژن از اوره ۴۶ درصد به‌میزان ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده شد. در ۲۳ آبان‌ماه به‌طور همزمان دو گیاه نخودفرنگی و اسفناج کشت شدند.

جدول ۲. میانگین دما و بارش در منطقه گنبد از آبان ۹۵ تا اردیبهشت‌ماه ۹۶

خصوصیات اقلیمی	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت
میانگین دما (c°)	۱۴/۸	۸/۲	۸/۴	۶/۷	۷/۱۱	۱۴/۸	۲۱/۴
بارش (mm)	۵۸/۲	۳۷/۵	۹	۹۴/۶	۳۵/۶	۳۷/۲	۳۰/۴

فواصل خطوط کاشت ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته در روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود. تعداد ردیف‌های کاشت در کشت خالص و کشت مخلوط سری جایگزین ۵۰:۵۰، چهار خط بود. در کشت مخلوط سری جایگزین ٦٧ درصد نخودفرنگی و ۳۳ درصد اسفناج تعداد خطوط کاشت پنج و به‌صورت نخودفرنگی- اسفناج- نخودفرنگی- نخودفرنگی- اسفناج و در کشت مخلوط سری جایگزین ۳۳ درصد نخودفرنگی و ٦٧ درصد اسفناج تعداد خطوط کاشت پنج و به‌صورت نخودفرنگی- اسفناج- اسفناج- نخودفرنگی- نخودفرنگی- اسفناج بود. در تیمارهای سری افزایشی تعداد ردیف نخودفرنگی چهار بود و اسفناج در وسط ردیف‌های نخودفرنگی به فاصله ۱۵ سانتی‌متر از نخودفرنگی (هشت خط) کشت شد. طول هر کرت سه متر و عمق کاشت بذر نخودفرنگی حدود سه سانتی‌متر و اسفناج حدود دو سانتی‌متر بود.

در ۲۳ آبان‌ماه به‌طور هم‌زمان دو گیاه نخودفرنگی و اسفناج کشت شدند. در طول اجرای آزمایش زمین چند مرتبه وجین و تنک شد، اما با توجه به بارندگی کافی در طول اجرای آزمایش، آبیاری انجام نشد. در اوایل فروردین‌ماه عملیات برداشت اسفناج در مرحله هفت الی هشت برگی انجام شد.

برای تعیین وزن تر غلاف و وزن تر اسفناج دو ردیف حاشیه و نیم متر از دو طرف ردیف‌های باقی‌مانده حذف و بقیه برداشت شد. درنهایت، برای تعیین نسبت برابری زمین[1] (Willey, 1979)، ضریب نسبی تراکم[2] (Banik *et al*., 2006)، غالبیت[3] (Dhima *et al*., 2007)، نسبت رقابتی[4] (Willey & Rao, 1980)، کاهش یا سودمندی عملکرد واقعی[5] (Banik *et al*., 2000)، سودمندی کشت مخلوط[6] (Banik *et al*., 2000)، عملکرد معادل[7] (Banik *et al*., 1996) و شاخص بهره‌وری سیستم[8] (Agegnehu *et al*., 2006) از فرمول‌های زیر استفاده شد (برای گیاه b، جای a و b عوض می‌شود).

شاخص	فرمول
نسبت برابری زمین	$LER= (Yab / Yaa) + (Yba / Ybb)$
ضریب نسبی تراکم	$K = Ka \times Kb$
برای گیاه a	$Ka = (Yab \times zba)/((Yaa-Yab)(zab))$
غالبیت برای گیاه a	$Aa= (Yab / Yaa \times Zab) – (Yba / Ybb \times Zba)$
نسبت رقابتی a	$CRa = (LERa / LERb) \times (Zba / Zab)$
نسبت رقابتی b	$CRb = (LERb / LERa) (Zab / Zba)$
کاهش یا سودمندی عملکرد واقعی برای گیاه a	$AYL = AYLa + AYLb$ $AYLa = ((Yab / Zab) / (Yaa / Zaa)) – 1$
سودمندی کشت مخلوط برای گیاه a	$IA = IAa + IAb$ $IAa = AYLa \times Pa$
عملکرد معادل گیاه b	$EYb = Yb + Yaa \times (Pa / Pb)$
شاخص بهره‌وری سیستم	$SPI= (Yaa / Ybb) \times Yba + Yab$
Zab: نسبت گیاه a در کشت مخلوط	Yab: عملکرد گیاه a در کشت مخلوط
Zba: نسبت گیاه b در کشت مخلوط	Yaa: عملکرد گیاه a در کشت خالص
Zaa: نسبت گیاه a در کشت خالص	Yba: عملکرد گیاه b در کشت مخلوط
Zbb: نسبت گیاهb در کشت خالص	Ybb: عملکرد گیاه b در کشت خالص
Pa: قیمت محصول گیاه a	Pb: قیمت محصول گیاه b

1. Land equivalent ratio
2. Relative crowding coefficient
3. Dominance
4. Competitive ratio
5. Actual yield loss
6. Intercropping advantage
7. Equivalent yield
8. System productivity index

برای تعیین عملکرد معادل نخودفرنگی اسفناج، قیمت روز نخودفرنگی ۱۵۰۰۰ ریال و اسفناج ۸۰۰۰ ریال در نظر گرفته شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

اثر نسبت‌های کاشت و رقم نخودفرنگی بر عملکرد کل و عملکرد معادل نخودفرنگی

اثر نسبت‌های کاشت و رقم نخودفرنگی بر عملکرد کل و عملکرد معادل نخودفرنگی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل رقم× نسبت‌های کاشت بر صفات فوق معنی‌دار نبود (جدول ۳).

۳. ۱. عملکرد اجزا و کل

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد رقم آسگرو بیش از رقم شمشیری بود. عملکرد رقم آسگرو ۱۵/۴۳ و رقم شمشیری ۱۲/۳۵ تن در هکتار بود که حاکی از بالابودن عملکرد رقم آسگرو به‌میزان ۲۴/۹۴ درصد می‌باشد (جدول ٤). برعکس، عملکرد اسفناج در رقم شمشیری بیش‌تر از رقم آسگرو بود. به‌نظر می‌رسد رشد و تولید بیش‌تر رقم آسگرو مانع رشد اسفناج به‌اندازه رشد آن در رقم آسگرو شد هرچند این اختلاف کم بود (۱/٦ درصد). عملکرد کل در رقم آسگرو با ۲۷/۳۷ تن بیش از رقم شمشیری با ۲٤/٤۸ تن در هکتار بود. این تفاوت بیش‌تر مربوط به اختلاف عملکرد دو رقم بود.

مقایسه میانگین عملکرد کل تحت تأثیر نسبت‌های کاشت نشان داد که بیش‌ترین عملکرد کل مربوط به تیمار سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۱۰۰درصد اسفناج با ۳۰/۱ تن در هکتار بود که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ٦۷ درصد اسفناج و ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۵۰ درصد اسفناج نداشت. کشت خالص نخودفرنگی با ۲۲/۸۵ و کشت خالص اسفناج با ۲۲/٤ تن در هکتار کم‌ترین عملکرد را داشتند (جدول ۵).

جدول ۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نسبت‌های کاشت و رقم نخودفرنگی بر عملکرد کل و عملکرد معادل نخودفرنگی

صفت / منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد کل	عملکرد معادل نخودفرنگی
تکرار	۲	۰/۹۵٤	۰/٦۸۵
رقم	۱	۱۱۲/٤**	۱۱۹/۸**
نسبت‌های کاشت	۸	۳۸/۹**	۷٤/۷۸**
رقم× نسبت‌های کاشت	۸	٦/۰٤	۵/۷٦
خطا	۳٤	۳/۷۱۲	۳/۱٦۹
ضریب تغییرات (٪)	–	۷/٤۳	۸/۷۷

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار.

جدول ٤. مقایسه میانگین عملکرد و عملکرد معادل اجزا و کل نخودفرنگی تحت تأثیر رقم

صفت / رقم	عملکرد نخودفرنگی (تن در هکتار)	عملکرد اسفناج (تن در هکتار)	عملکرد کل (تن در هکتار)	عملکرد معادل نخودفرنگی اسفناج (تن در هکتار)	عملکرد معادل نخودفرنگی (تن در هکتار)
آسگرو	۱۵/٤۳	۱۱/۹٤	۲۷/۳۷ a	٦/٦۳۸	۲۲/۰۷ a
شمشیری	۱۲/۳۵	۱۲/۱۳	۲٤/٤۸ b	٦/٤٦۹	۱۸/۸۲ b
$LSD_{5\%}$	–	–	۱/۰۷	–	۰/۹۹

حروف غیرمشابه در ستون‌های ٤ و ٦ بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

اگرچه در تیمارهای سری افزایشی با افزودن اسفناج به نخودفرنگی عملکرد مجزای نخودفرنگی و اسفناج نسبت به تیمارهای سری جایگزین کاهش یافت، اما افزایش تراکم باعث افزایش عملکرد این تیمارها شد. به‌نظر می‌رسد افزایش عملکرد در کشت مخلوط به‌دلیل استفاده بهتر از منابع رشد و درنتیجه پایداری بهتر سیستم نسبت به تک‌کشتی بوده است. Hamzei and Seydi (2012) معتقدند اگرچه در سیستم‌های کشت مخلوط عملکرد هر یک از اجزای کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی خود کاهش می‌یابد ولی درمجموع عملکرد کل و بازده اقتصادی در سیستم کشت مخلوط بیش‌تر می‌شود و سود بیش‌تری عاید کشاورز می‌شود. در کشت مخلوط جو و باقلا، با افزایش تراکم باقلا عملکرد کل افزایش یافت (Agegnehu *et al*., 2006). در بررسی کشت مخلوط سورگوم و لوبیای چشم‌بلبلی، بیش‌ترین عملکرد کل سورگوم از تیمار سورگوم+ ٤٥ درصد لوبیا چشم‌بلبلی به‌دست آمد (Sanjani *et al*., 2011). بررسی کشت مخلوط افزایشی لوبیا و ذرت نشان داد که عملکرد کل مخلوط در تیمار سری افزایشی ١٨ بوته لوبیا با کشت خالص ذرت بیش از تیمارهای دیگر بود (Hamzei & Ghamari Rahimi, 1013). Hamzei & Sayedi (2018) در پژوهشی که بر روی کشت مخلوط لوبیا و آفتابگردان انجام دادند گزارش نمودند که بیش‌ترین عملکرد کل به تیمار کشت مخلوط سری افزایشی ٦٠ درصد لوبیا+ آفتابگردان تعلق گرفت. بررسی کشت مخلوط ذرت و باقلا نیز حاکی از افزایش عملکرد کل در کشت مخلوط بود (Yan *et al*., 2014).

٣. ٢. عملکرد معادل نخودفرنگی

برای تعیین عملکرد معادل نخودفرنگی، عملکرد نخودفرنگی و عملکرد معادل نخودفرنگی اسفناج با هم جمع شدند. عملکرد معادل نخودفرنگی در رقم آسگرو بیش از شمشیری بود. تفاوت تولید اسفناج در دو رقم نخودفرنگی کم بود و تولید در رقم آسگرو بیش از شمشیری بود، لذا عملکرد معادل هم در رقم آسگرو بیش‌تر بود (جدول ٤).

جدول ٥. مقایسه میانگین عملکرد و عملکرد معادل تحت تأثیر نسبت‌های کاشت

صفت / نسبت‌های کاشت	عملکرد نخودفرنگی (تن در هکتار)	عملکرد اسفناج (تن در هکتار)	عملکرد کل (تن در هکتار)	عملکرد معادل نخودفرنگی اسفناج (تن در هکتار)	عملکرد معادل نخودفرنگی (تن در هکتار)
کشت خالص نخودفرنگی	٢٢/٨٥	-	٢٢/٨٥de	–	٢٢/٨٥a
٦٧ درصد نخودفرنگی+ ٣٣ درصد اسفناج	١٦/٨٥	٧/٩٧١	٢٤/٨٢cd	٤/٢٥١	٢١/١ab
٥٠ درصد نخودفرنگی+ ٥٠ درصد اسفناج	١٣/٤٩	١١/٨٤	٢٥/١٣c	٦/٣١٥	١٩/٨١bc
٣٣ درصد نخودفرنگی+ ٦٧ درصد اسفناج	٩/٥٩١	١٥/٥٤	٢٥/١٣c	٨/٢٨٨	١٧/٨٨c
١٠٠ درصد نخودفرنگی+ ٣٣ درصد اسفناج	١٨/٧٠	٧/٦٥٨	٢٦/٣٦bc	٤/٠٨٤	٢٢/٧٩a
١٠٠ درصد نخودفرنگی+ ٥٠ درصد اسفناج	١٦/٧٧	١١/١٥	٢٧/٩٢ab	٥/٩٤٧	٢٢/٧٢a
١٠٠ درصد نخودفرنگی+ ٦٧ درصد اسفناج	١٤/٢٣	١٤/١٨	٢٨/٤١ab	٧/٥٦١	٢١/٧٩ab
١٠٠ درصد نخودفرنگی+ ١٠٠ درصد اسفناج	١٢/٥٣	١٧/٥٧	٣٠/١a	٩/٣٧١	٢١/٩a
کشت خالص اسفناج	–	٢٢/٤	٢٢/٤e	١١/٩٥	١١/٩٥d
LSD (%5)	–	–	٢/٢٦	–	٢/٠٩

حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

همان‌طورکه در جدول (۵) مشاهده می‌شود، بالاترین عملکرد معادل نخودفرنگی (با ۲۱/۹ تن در هکتار) به تیمار سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۱۰۰ درصد اسفناج تعلق داشت که تفاوت معنی‌داری با کشت خالص نخودفرنگی، تیمارهای سری افزایشی و تیمار سری جایگزین ٦٧ درصد نخودفرنگی و ۳۳ درصد اسفناج نداشت. کم‌ترین عملکرد معادل نخودفرنگی به کشت خالص اسفناج با ۱۱/۹۵ تن در هکتار تعلق داشت. اگرچه عملکرد اسفناج زیاد بود اما قیمت پایین آن باعث شد عملکرد معادل در تیمار خالص آن کاهش یابد. در بررسی کشت مخلوط جو و نخودفرنگی عملکرد معادل جو در تیمار کشت خالص جو و تیمار کشت مخلوط ۲۵ درصد نخودفرنگی به‌جای جو حداکثر و در تیمار کشت خالص نخودفرنگی حداقل بود (Nakhzari Moghaddam, 2016). Amani Machiani *et al.* (2017) با بررسی کشت مخلوط باقلا و نعنای‌فلفلی گزارش کردند که با افزایش خطوط نعناع فلفلی و باقلا در کشت مخلوط، عملکرد معادل نعناع فلفلی نیز افزایش پیدا کرد. Banik *et el.* (2006) گزارش کردند که بالابودن این شاخص بیان‌گر افزایش کارایی کشت مخلوط نعناع فلفلی با باقلا در استفاده از منابع محیطی و کارایی استفاده از زمین می‌باشد.

۳. ۳. نسبت برابری زمین (LER)

نتایج نشان داد که نسبت برابری زمین در تیمار کشت مخلوط سری افزایشی ۱۰۰ درصد اسفناج به نخودفرنگی با ۱/۳۳۳ بیش از تیمارهای دیگر کشت مخلوط بود (جدول ٦). در همه تیمارهای کشت مخلوط این شاخص بیش از ۱ بود، لذا از نظر نسبت برابری زمین، کشت مخلوط نخودفرنگی و اسفناج مناسب بود. به‌دلیل برداشت سبز و تراکم زیاد تیمارهای کشت مخلوط سری افزایشی، عملکرد بیش‌تری در این تیمارها تولید شد و باعث شد که نسبت برابری زمین بیش از کشت خالص و کشت مخلوط سری جایگزین شود. حداکثر نسبت برابری زمین جزء نخودفرنگی متعلق به تیمار سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۳۳ درصد اسفناج برابر با ۰/۸۱۹ و حداکثر نسبت برابری زمین اسفناج متعلق به تیمار سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۱۰۰ درصد اسفناج برابر ۰/۷۸٤ بود.

در تیمارهای سری افزایشی، با افزایش درصد اسفناج نسبت برابری زمین اسفناج افزایش، اما نخودفرنگی کاهش یافت. این امر به‌دلیل رشد سریع‌تر اسفناج اتفاق افتاد. این گیاه در هفته اول فروردین‌ماه برداشت شد، درحالی‌که برداشت نخودفرنگی در اردیبهشت‌ماه انجام شد. Raftari *et al.* (2018) با بررسی کشت مخلوط نخودفرنگی و کاهو، نسبت برابری زمین بیش از ۱ را گزارش کردند. در بررسی آنان حداکثر نسبت برابری زمین متعلق به تیمار کشت مخلوط افزایش ۱۰۰ درصد کاهو به نخودفرنگی با ۱/٤۸ بود. نتایج کشت مخلوط سری جایگزین گلرنگ و گاودانه نشان داد که بالاترین نسبت برابری زمین از نسبت‌های کاشت ۵:۲ به‌دست آمد (Najafabadi *et al.*, 2017). Hamzei & Babaei (2017) با مطالعه کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا، بیش‌ترین نسبت برابری زمین را از تیمار افزایش ۵۰ درصد لوبیا به آفتابگردان گزارش کردند. در پژوهشی دیگر بالاترین نسبت برابری زمین از تیمار افزایشی ۷۵ درصد رازیانه+ ۱۰۰ درصد شنبلیله به‌دست آمد (Abdollahpour *et al.*, 2020).

۳. ٤. ضریب نسبی تراکم (RCC، K)

ضریب نسبی تراکم کل در تمام تیمارها بیش از یک بود (جدول ٦). ضریب نسبی تراکم نخودفرنگی در تیمار سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۳۳ درصد اسفناج حداکثر و برابر با ۱/۵۰٤ بود، درحالی‌که در تیمار سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ٦٧ درصد اسفناج حداقل و برابر با ۱/۱ بود.

کاهش نسبت نخودفرنگی در تیمارهای سری جایگزین، ضریب نسبی تراکم نخودفرنگی را افزایش داد. ضریب نسبی تراکم اسفناج در تیمارهای سری جایگزین کم‌تر از نخودفرنگی و در تیمارهای سری افزایشی بیش‌تر بود. این ضریب در اسفناج در تیمار سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۱۰۰ درصد اسفناج حداکثر و برابر با ۳/٦۳۷ بود. در تیمار سری جایگزین ٦۷ درصد نخودفرنگی+ ۳۳ درصد اسفناج حداقل و برابر با ۱/۵۵۱ بود. این امر بیان‌گر تولید بیش‌تر اسفناج در این تیمارها نسبت به تیمارهای دیگر است. ضریب نسبی تراکم کل در تیمارهای سری افزایشی بیش از سری جایگزین و با افزایش تراکم بوته در مترمربع افزایش نشان داد، به‌طوری‌که در تیمار سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۱۰۰ درصد اسفناج ٤/٤۱۹ بود درحالی‌که در تیمار سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی + ۳۳ درصد اسفناج ۲/۳٤۵ بود. در بررسی Raftari *et al.* (2018) نیز ضریب نسبی تراکم بیش از یک بود. بیش‌ترین ضریب نسبی تراکم نخودفرنگی متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۳۳ درصد کاهو و حداکثر ضریب نسبی تراکم کاهو متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۱۰۰ درصد کاهو بود. این تفاوت به‌خاطر ماهیت رشدی دو گیاه همراه یعنی اسفناج (خوابیده) و کاهو (مستقیم) بود.

۳. ۵. شاخص غالبیت (A)

نتایج حاصل از محاسبه شاخص غالبیت (جدول ۷) نشان داد که در تیمارهای کشت مخلوط سری جایگزین، نخودفرنگی و در تیمارهای کشت مخلوط سری افزایشی، اسفناج گیاه غالب بود.

جدول ٦. نسبت برابری زمین و ضریب نسبی تراکم در تیمارهای کشت مخلوط

شاخص	نسبت برابری زمین (LER)			ضریب نسبی تراکم (K)		
نسبت‌های کاشت	نخود	اسفناج	کل	نخود	اسفناج	کل
٦۷ درصد نخودفرنگی+ ۳۳ درصد اسفناج	۰/۷۳۷	۰/۳۵٦	۱/۰۹۳	۱/٤۰۱	۱/۱۰۷	۱/۵۵۱
۵۰ درصد نخودفرنگی+ ۵۰ درصد اسفناج	۰/۵۹۱	۰/۵۲۹	۱/۱۲	۱/٤٤۲	۱/۱۲۱	۱/٦۱٦
۳۳ درصد نخودفرنگی+ ٦۷ درصد اسفناج	۰/٤۲	۰/٦۹٤	۱/۱۱٤	۱/٤٤۹	۱/۱۳۱	۱/٦۳۹
۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۳۳ درصد اسفناج	۰/۸۱۹	۰/۳٤۲	۱/۱٦۱	۱/۵۰٤	۱/۵۵۹	۲/۳٤۵
۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۵۰ درصد اسفناج	۰/۷۳٤	۰/٤۹۸	۱/۲۲۳	۱/۳۷۷	۱/۹۸٦	۲/۷۳۵
۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ٦۷ درصد اسفناج	۰/٦۲۳	۰/٦۳۳	۱/۲۵٤	۱/۱	۲/۵۸۸	۲/۸٤۷
۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۱۰۰ درصد اسفناج	۰/۵٤۹	۰/۷۸٤	۱/۳۳۳	۱/۲۱۵	۳/٦۳۷	٤/٤۱۹

جدول ۷. شاخص غالبیت و شاخص بهره‌وری سیستم در تیمارهای نسبت‌های کاشت

شاخص	شاخص غالبیت (A)		شاخص بهره‌وری سیستم (SPI)
نسبت‌های کاشت	نخودفرنگی	اسفناج	
٦۷ درصد نخودفرنگی+ ۳۳ درصد اسفناج	۰/۰۳۷	-۰/۰۳۷	۲٤۹۸
۵۰ درصد نخودفرنگی+ ۵۰ درصد اسفناج	۰/۱۲٤	-۰/۱۲٤	۲۵۵۷
۳۳ درصد نخودفرنگی+ ٦۷ درصد اسفناج	۰/۲۲	-۰/۲۲	۲۵٤٤
۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۳۳ درصد اسفناج	-۰/۲۷٦	۰/۲۷٦	۲٦۵۲
۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۵۰ درصد اسفناج	-۰/۳۹۵	۰/۳۹۵	۲۸۱٤
۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ٦۷ درصد اسفناج	-۰/۵٤۵	۰/۵٤۵	۲۸٦۹
۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۱۰۰ درصد اسفناج	-۰/٤۷۲	۰/٤۷۲	۳۰٤۵

بیش‌ترین ضریب غالبیت نخودفرنگی مربوط به تیمار سری جایگزین ۳۳ درصد نخودفرنگی و ٦٧ درصد اسفناج با ۰/۲۲ و بیش‌ترین شاخص غالبیت اسفناج مربوط به تیمار سری افزایشی ٦٧ درصد اسفناج به نخودفرنگی با ۰/٥٤٥ بود. کاهش تراکم نخودفرنگی در تیمارهای سری جایگزین شرایط را برای رشد آن که گیاهی رونده است بیش‌تر فراهم کرد، اما در تیمارهای سری افزایشی به‌ویژه افزایش ۱۰۰ درصد اسفناج به نخودفرنگی، اسفناج به‌دلیل رشد بیش‌تر در اوایل دوره رشد، بیش‌ترین بهره را از منابع برد و به‌این‌ترتیب باعث مغلوب‌شدن نخودفرنگی شد. نتایج به‌دست‌آمده از کشت مخلوط کلزا و نخودفرنگی نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی هر یک از دو گیاه بود. مثبت‌بودن مقادیر شاخص غالبیت برای گیاه کلزا بیان‌گر برتری رقابتی کلزا نسبت به نخودفرنگی بود (Fallah *et al*., 2016). Ziaei *et al*. (2015) با مطالعه‌ای که روی ذرت و انواع لوبیا انجام دادند گزارش کردند که بیش‌ترین ضریب غالبیت به لوبیای چیتی در مخلوط با ذرت تعلق داشت.

نتایج حاصل از کشت مخلوط گندم و نخود حاکی از آن بود که نخود غالبیت بیش‌تری نسبت به گندم داشت که این بیان‌گر توانایی رقابتی بالاتر نخود در این تیمارها بود (Javanmard *et al*., 2016). بررسی شاخص‌های رقابتی و کارایی کشت مخلوط جو و شنبلیله نشان داد که بیش‌ترین ضریب غالبیت برای جو از ترکیب کشت ۱۰۰ درصد جو+ ١٦/٦ درصد شنبلیله حاصل شد (Ghanbari *et al*., 2017).

۳. ٦. شاخص بهره‌وری سیستم (SPI)

در تمام تیمارهای کشت مخلوط شاخص بهره‌وری سیستم بالا بود (جدول ۷). در تیمارهای کشت مخلوط سری افزایشی این شاخص بیش از تیمارهای کشت مخلوط سری جایگزین بود و با افزایش نسبت اسفناج در این تیمارها، شاخص هم افزایش یافت. این شاخص در تیمار کشت مخلوط سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ درصد اسفناج حداکثر و برابر با ۳۰٤٥ بود. این امر بیان‌گر بهره‌وری بالای سیستم کشت مخلوط نخودفرنگی و اسفناج در این نسبت کشت بود. کم‌ترین مقدار از تیمار کشت مخلوط سری جایگزین ٦٧ درصد نخودفرنگی+ ۳۳ درصد اسفناج حاصل شد. Agegnehu *et al*. (2006) با بررسی کشت مخلوط جو و باقلا به این نتیجه رسیدند که افزایش باقلا به جو باعث افزایش شاخص بهره‌وری سیستم می‌شود. Raftari *et al*. (2018) در پژوهشی که روی کشت مخلوط نخودفرنگی و کاهو انجام دادند حداکثر شاخص بهره‌وری سیستم از تیمار افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۱۰۰ درصد کاهو به‌دست آوردند. نتایج پژوهش Ghanbari *et al*. (2017) نشان از بالابودن شاخص بهره‌وری سیستم (SPI) در ترکیب تیمار افزایشی ۱۰۰ درصد جو+ ۳۳/۳ درصد شنبلیله داشت که بالاتر بودن این شاخص افزایش کارایی سیستم کشت مخلوط را نشان داد.

۳. ۷. نسبت رقابتی (CR)

نسبت رقابتی اندازه‌گیری بهتری از توانایی رقابتی گیاهان می‌دهد و شاخص مطلوب‌تری نسبت به ضریب نسبی تراکم و غالبیت است (Dhima *et al*., 2007). بررسی نسبت رقابتی نخودفرنگی و اسفناج نشان داد که در تیمارهای سری جایگزین، نخودفرنگی و در تیمارهای سری افزایشی، اسفناج قدرت رقابتی بیش‌تری داشت. بیش‌ترین نسبت رقابتی نخودفرنگی مربوط به تیمار سری جایگزین ۳۳ درصد نخودفرنگی و ٦٧ درصد اسفناج با ۱/۲۱۲ و بیش‌ترین نسبت رقابتی اسفناج مربوط به تیمار سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ٦٧ درصد اسفناج با ۱/٥٢٤ بود (جدول ۸). Ziaei *et al*. (2015) با بررسی کشت مخلوط سری

جایگزین ذرت و انواع لوبیا گزارش کردند که لوبیا قرمز و لوبیاچیتی از حداکثر نسبت رقابتی برخوردار بودند. کشت مخلوط لوبیا قرمز و لوبیاچیتی با ذرت با نسبت ۵۰:۵۰ از بهترین عملکرد برخوردار بود. نتایج بررسی نسبت رقابتی نخودفرنگی و کاهو نشان داد که در تیمارهای سری افزایشی و تیمار سری جایگزین ٦٧ درصد نخودفرنگی و ۳۳ درصد کاهو، کاهو نسبت به نخودفرنگی قدرت رقابتی بیش‌تری برای استفاده از منابع در کشت مخلوط داشت (Raftari *et al*., 2018).

۳. ۸. کاهش یا سودمندی عملکرد واقعی (AYL)

شاخص کاهش عملکرد واقعی می‌تواند اطلاعات دقیق‌تری را نسبت به سایر شاخص‌ها درخصوص رقابت درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای و رفتار اجزای تشکیل‌دهنده کشت مخلوط در اختیار ما قرار دهد (Dhima *et al*., 2007).

نتایج پژوهش نشان داد که بررسی شاخص کاهش عملکرد واقعی نشان داد که کاهش عملکرد واقعی در هیچ‌یک از تیمارها منفی نشد (جدول ۸). افزایش عملکرد واقعی با افزایش نسبت گیاهان در کشت مخلوط مشهودتر بود و مساعدت در کلیه تیمارها وجود داشت. افزایش نسبت اسفناج در تیمارهای کشت مخلوط سری افزایشی باعث افزایش بیش‌تر عملکرد واقعی شد. بیش‌ترین سودمندی عملکرد واقعی نخودفرنگی از تیمار سری جایگزین ۳۳ درصد نخودفرنگی+ ٦٧ درصد اسفناج حاصل شد و بیش‌ترین سودمندی عملکرد واقعی اسفناج از تیمار سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ٦٧ درصد اسفناج به‌دست آمد. Aminifar *et al*. (2017) در مطالعه‌ای که بر روی کشت مخلوط سری جایگزین کنجد و لوبیای چشم‌بلبلی انجام دادند دریافتند که سودمندی کاهش عملکرد واقعی از تیمار ۵۰ درصد کنجد+ ۵۰ درصد لوبیای چشم‌بلبلی حاصل شد که این امر نشان‌دهنده مزیت کشت مخلوط در استفاده از منابع محیطی در مقایسه با دیگر نسبت‌های کشت مخلوط بود. Lamei Hervani (2012) با بررسی کشت مخلوط خلر با جو و تریتیکاله اعلام کردند که در کلیه تیمارهای کشت مخلوط مقادیر کاهش عملکرد واقعی گیاهان جو و تریتیکاله مثبت بود که نشان‌دهنده آن است که محصول واقعی این گیاهان در کشت مخلوط به‌دلیل استفاده بهتر از عوامل محیطی مؤثر در رشد بیش از محصول پیش‌بینی‌شده بود. بررسی کشت مخلوط نخود و سیاه‌دانه نشان داد که بیش‌ترین مقدار شاخص کاهش عملکرد واقعی با ٦/٤٥ از کشت مخلوط سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخود+ ۱۰۰ درصد سیاه‌دانه به‌دست آمد که بیان‌گر حداقل رقابت بین‌گونه‌ای و درون‌گونه‌ای بود (Rezaei Chiyaneh & Gholizadeh, 2015).

۳. ۹. سودمندی کشت مخلوط (IA)

با بررسی این شاخص مشاهده شد که کشت مخلوط نخودفرنگی و اسفناج باعث افزایش سودمندی کشت مخلوط شد. بیش‌ترین سودمندی کشت مخلوط با ۵٤۳/۸ مربوط به تیمار سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۱۰۰ درصد اسفناج بود. در این تیمار سودمندی جزئی نخودفرنگی ۱٤۵/۵ و سودمندی جزئی اسفناج ۳۹۸/۳ بود. حداقل سودمندی کشت مخلوط هم مربوط به تیمار کشت مخلوط سری جایگزین ٦٧ درصد نخودفرنگی و ۳۳ درصد اسفناج با ۲۰۵/۸ بود. در این تیمار سودمندی جزئی نخودفرنگی ۱۵۷/۵ و سودمندی جزئی اسفناج ٤۸/۳ بود (جدول ۹). درمجموع، در تیمارهای کشت مخلوط سری افزایشی سودمندی کشت مخلوط بیش از تیمارهای کشت مخلوط سری جایگزین بود و با افزایش نسبت اسفناج در هر دو نوع کشت مخلوط، سودمندی کشت مخلوط افزایش یافت.

جدول ۸. نسبت رقابتی و کاهش عملکرد واقعی نخودفرنگی و اسفناج در تیمارهای نسبت‌های کاشت مختلف

شاخص	نسبت رقابتی (CR)		کاهش عملکرد واقعی (AYL)		
نسبت‌های کاشت	نخودفرنگی	اسفناج	نخودفرنگی	اسفناج	کل
٦٧ درصد نخودفرنگی+ ٣٣ درصد اسفناج	١/٠٣٤	٠/٩٦٦	٠/١٠٥	٠/٠٦٩	٠/١٧٤
٥٠ درصد نخودفرنگی+ ٥٠ درصد اسفناج	١/١١٧	٠/٨٩٥	٠/١٨١	٠/٠٥٧	٠/٢٣٨
٣٣ درصد نخودفرنگی+ ٦٧ درصد اسفناج	١/٢١٢	٠/٩٢٦	٠/٢٦١	٠/٠٤	٠/٣٠١
١٠٠ درصد نخودفرنگی+ ٣٣ درصد اسفناج	٠/٧٩٨	١/٢٥٣	٠/٠٩١	٠/٣٦٨	٠/٤٥٩
١٠٠ درصد نخودفرنگی+ ٥٠ درصد اسفناج	٠/٧٣٦	١/٣٥٧	٠/١	٠/٤٩٥	٠/٥٩٥
١٠٠ درصد نخودفرنگی+ ٦٧ درصد اسفناج	٠/٦٥٦	١/٥٢٤	٠/٠٣٨	٠/٥٨٣	٠/٦٢١
١٠٠ درصد نخودفرنگی+ ١٠٠ درصد اسفناج	٠/٧	١/٤٢٨	٠/٠٩٧	٠/٥٦٩	٠/٦٦٦

جدول ۹. شاخص سودمندی کشت مخلوط نخودفرنگی و اسفناج در تیمارهای کشت مخلوط

شاخص	سودمندی کشت مخلوط (IA)		
نسبت‌های کاشت	نخود	اسفناج	کل
٦٧ درصد نخودفرنگی+ ٣٣ درصد اسفناج	١٥٧/٥	٤٨/٣	٢٠٥/٨
٥٠ درصد نخودفرنگی+ ٥٠ درصد اسفناج	٢٧١/٥	٣٩/٩	٣١١/٤
٣٣ درصد نخودفرنگی+ ٦٧ درصد اسفناج	٣٩١/٥	٢٨	٤١٩/٥
١٠٠ درصد نخودفرنگی+ ٣٣ درصد اسفناج	١٣٦/٥	٢٥٧/٦	٣٩٤/١
١٠٠ درصد نخودفرنگی+٥٠ درصد اسفناج	١٥٠	٣٤٦/٥	٤٩٦/٥
١٠٠ درصد نخودفرنگی+ ٦٧ درصد اسفناج	٥٧	٤٠٨/١	٤٦٥/١
١٠٠ درصد نخودفرنگی+ ١٠٠ درصد اسفناج	١٤٥/٥	٣٩٨/٣	٥٤٣/٨

Rezaei-Chiyaneh & Gholinezhad (2015) با بررسی شاخص‌های سودمندی در کشت مخلوط نخود و سیاه‌دانه گزارش کردند که بیش‌ترین سودمندی اقتصادی متعلق به تیمار کشت مخلوط سری افزایشی ۱۰ درصد نخود+ ۱۰۰ درصد سیاه‌دانه بود. علت این امر استفاده بهتر از منابع موجود مانند نور، آب و مواد غذایی ذکر شد. در کشت مخلوط جو و ماشک گل‌خوشه‌ای بیش‌ترین سودمندی کشت مخلوط (IA) متعلق به تیمار سری افزایشی ۱۰۰:۱۵ برابر ٤/٤١ بود (Ahmadi *et al*., 2010).

٤. نتیجه‌گیری

مطابق با نتایج این پژوهش کشت خالص اسفناج با ٢٢/٤ و کشت مخلوط سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۱۰۰ درصد اسفناج با ۳۰/۱ تن در هکتار به‌ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین عملکرد را داشتند و بالاترین عملکرد معادل نخودفرنگی به تیمار کشت خالص و تیمارهای با درصد بالای نخودفرنگی تعلق داشت. کم‌ترین عملکرد معادل نخودفرنگی به کشت خالص اسفناج با ۱۱/۹۵ تن در هکتار تعلق داشت. عملکرد کل در تیمارهای کشت مخلوط سری افزایشی بیش از تیمارهای کشت مخلوط سری جایگزین و کشت خالص نخودفرنگی بود، اما عملکرد معادل نخودفرنگی در تیمارهای کشت مخلوط سری افزایشی کم‌تر از تیمار کشت خالص نخودفرنگی بود. جایگزینی بیش‌تر اسفناج به‌جای نخودفرنگی عملکرد

معادل نخودفرنگی را کاهش داد. پایین‌بودن قیمت اسفناج نسبت به نخودفرنگی باعث شد با وجود نسبت برابری زمین بالای تیمارهای سری افزایشی، عملکرد معادل در این تیمارها کم‌تر از حد انتظار باشد. ایجاد شرایط رقابتی بیش‌تر در کشت مخلوط به‌خصوص تیمار کشت مخلوط سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۱۰۰ درصد اسفناج باعث شد ویژگی‌های فوق در این تیمار حداقل مقدار را دارا باشند، اما درمجموع تیمار مطلوب‌تری بود. رشد اولیه زیادتر اسفناج باعث شد این گیاه در تیمارهای سری افزایشی گیاه غالب باشد، اما در تیمارهای سری جایگزین نخودفرنگی گیاه غالب بود. نسبت برابری زمین در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از یک شد که این امر نشان از سودمندی کشت مخلوط دارد. بالاترین سودمندی کشت مخلوط از تیمار سری افزایشی ۱۰۰ درصد نخودفرنگی+ ۱۰۰ درصد اسفناج حاصل شد. پایین‌بودن قیمت اسفناج نسبت به نخودفرنگی باعث شد با وجود نسبت برابری زمین بالای تیمارهای سری افزایشی، عملکرد معادل در این تیمارها کم‌تر از حد انتظار باشد. درمجموع، کشت مخلوط این دو گیاه سودمند بود و در تیمارهای کشت مخلوط سری افزایشی سودمندی کشت مخلوط بیش از تیمارهای کشت مخلوط سری جایگزین بود و با افزایش نسبت اسفناج در هر دو نوع کشت مخلوط، سودمندی کشت مخلوط افزایش یافت. با وجودی که کشت مخلوط دو گیاه مفید بود اما مشکلاتی مانند عدم امکان کشت مکانیزه، برداشت غیر مکانیزه دو گیاه و نیاز به تراکم بالا عملاً امکان توسعه کشت مخلوط دو گیاه را محدود می‌سازند.

۵. تشکر و قدردانی

از امور پژوهشی دانشگاه گنبد کاووس که منابع مالی این طرح را فراهم آوردند، تشکر و قدردانی می‌گردد

٦. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

Ahmadi, A., Dabbagh Mohammdi Nasab, A., Zehtab Salmasi, S., Amini, R., & Janmohammadi, H. (2010). Evaluation of yield and advantage indices in barley and vetch intercropping. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production, 22*(4), 77-87. (In Persian)

Abdollahpour, Kh., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., & Khorramdel, S. (2020). Effect of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) and black seed (*Nigella sativa* L.) additive intercropping on yield and yield components. *Iranian Journal of Field Crops Research, 18*(1), 31-47. (In Persian)

Aminifar, J., Ramroudi, M., Galavi, M., & Mohsenabadi, Gh. (2017). Advantage of sesame and cowpea intercrops in different fertilizer application systems. *Journal of Crop Ecophysiology, 10*(4), 1039-1054. (In Persian)

Amani Machiani, M., Javanmard, A., Nasiri, Y., & Morshedloo, M. (2017). Advantage of peppermint (*Mentha piperita* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) intercropping in different cropping patterns. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production, 27*(3), 45-2. (In Persian)

Agegnehu, G., Ghizaw, A., &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.

Banik, P. (1996). Evaluation of wheat (*Triticum aestivum*) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row-replacement series system. *Journal of Agronomy, 176*, 289-294.

Banik, P., Sasmal, T., Ghosal, P.K., & Bagchi, D.K. (2000). Evaluation of mustard (*Brassica campestris* var. *Toria*) and legume in 1:1 and 2:1 replacement series system. *Journal of Agronomy, 185*, 9-14.

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., & Ghose, S.S. (2006). Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy, 24*, 325-332.

Borghi E., Crusciol, C.A.C., Nascente, A.S., Sousa, V.V., Martins, P.O., Mateus, G.P., & Costa, C. (2013). Sorghum grain yield, forage biomass production and revenue as affected by intercropping time. *European Journal of Agronomy, 51*, 130-139.

Dhima, K.V., Lithourgidis, A.A., Vasilakoglou, I.B., & Dordas, C.A. (2007). Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research, 100*(2-3), 249-256.

Eskandari, H., & Alizadeh-Amraie, A. (2016). Evaluation of growth and species composition of weeds in maize-cowpea intercropping based on additive series under organic farming condition. *Journal of Agroecology, 8*(2), 227-240. (In Persian)

Fallah, S., Baharlouie, S., & Abbasi Surki, A. (2016). Evaluation of competitive and economic indices in canola and pea intercropping at different rates of nitrogen fertilizer. *Agroecology, 6*(3), 571-581 (In Persian)

FAO. (2018). STAT. Available at: Http://faostat.fao.org.

Javanmard, A., Rostami, A., Nourain, M., & Gharakhani, Gh. (2016). Agronomic, ecological and economic evaluation of mixed wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivation with chickpea (*Cicer arietnium* L.) under dryland conditions of Maragheh. *Agricultural Knowledge and Sustainable Production, 26*(1), 19-37. (In Persian)

Hamzei, J., & 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)

Hamzei, J., & Ghamari Rahim, S. (2013). Investigation of the effect of bean intercropping on maize field weed control and its effects on land use performance and efficiency. *Journal of Crop Production and Processing, 3*(10), 89-98. (In Persian)

Hamzei, J., & Seyedi, M. (2012). Determination of the best intercropping combination of wheat and rapeseed based on agronomic indices, total yield and land use equivalent ratio. *Journal of Crop Production and Processing, 2*(5), 109-119. (In Persian)

Hamzei, J., & Seyedi, M. (2018). Sunflower (*Helianthus annuus* L.) yield performance under additive intercropping with bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and different tillage systems. *Journal of Agroecology, 10*(2), 416-429. (In Persian)

Ghanbari, S., Moradi Talavat, M., & Siadat, S.A. (2017). Evaluation of competitive indices in barley intercropped with fenugreek under manure applications. *Journal of Crops Improvement, 18*(4), 821-834. (In Persian)

Gholipour, M., & Sharifi, P. (2018). Yield and productivity indices of common bean and sunflower intercropping in different planting ratios. *Journal of Plant Ecophysiology, 10*(33), 127-137. (In Persian)

Lamei Hervani, J. (2012). Technical & economic evaluation of mixed cultivars with barley and triticale in rainfed conditions of Zanjan Province. *Journal of Production and Processing of Crop and Gardening, 2*(4), 102-93. (In Persian)

Mohavieh Asadi, N., Bijanzadeh, E., & Behpouri, A. (2019). Evaluation of seed yield and competitive relay intercropping of barley (*Hordeum vulgare* L.) with chickpea (*Cicer arietinum* L.) under indices in late season low water stress. *Journal of Agroecology, 11*(3), 1169-1182. (In Persian)

Momen Keykha, M., Khammri, I., Dahmardeh, M., & Forouzandeh, M. (2018). Assessing yield and physiological aspects of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) intercropping under different levels of nitrogen. *Agroecology, 9*(4), 1050-1069.

Najafabadi, A., Jalalian, J., & Zardoshti, M. (2017). The effect of intercropping patterns on quantitative and qualitative characteristics of safflower and bitter vetch in high-input and low-input farming systems. *Journal of Crops Improvement, 19*(2), 445-460. (In Persian)

Nakhzari Moghaddam, A. (2016). Effect of nitrogen and different intercropping arrangements of barley (*Hordeum vulgare* L.) and pea (*Pisum sativum* L.) on forage yield and competitive indices. *Journal of Agroecology, 8*(1), 47-58. (In Persian)

Neamatollahi, E., Jahansuz, M.R., Mazaheri, D., & Bannayan, M. (2013). Intercropping. *Sustainable Agriculture Reviews, 12*, 119-142.

Peyvast, Gh. (2009). *Vegetables*. (5nd ed.). Daneshpazir Press, *Rasht, Iran*. (In Persian)

Raftari, E., Nakhzari Moghaddam, A., Mollashahi, M., & Hosseini Moghaddam, H. (2018). The effect of nitrogen fertilizer and planting pattern on yield and competition indices of pea (*Pisum sativum*) and lettuce (*Lactuca sativa*). *Journal of Agroecology, 10*(2), 504-515 (In Persian)

Rezaei-Chiyaneh, E., & GHolinezhad, E. (2015). Agronomic characteristics of intercropping of additive series of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Agroecology, 7*(3), 381-396. (In Persian)

Sanjani, S., Hosseini, M.B., Chaichi, M.R., & Rezvan beydokhti, Sh. (2011). Evaluation of yield and yield components in additive intercropping of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under complete and limited irrigation conditions. *Agroecology, 3*(1), 25-35.

Viteri, S. E., Jeanneth, M., & Villamil, J. E. (2012). Verificacion de alternativas para la sostenibilidad de la production de cebolla (*Allium cepa* L.) en Cucaita, Boyacá. *Agronomia Colombiana, 30*(1), 124-132.

Umesh, M.R., Chittapur, B.M., & Jagadeesha, N. (2017). Solar radiation utilization efficiency in cereal-legume intercropping systems. A review. *Agricultural Reviews, 38*(1), 72-75.

Willey, R.M. (1979). Intercropping, its importance and research needs, competition and yield advantages. *Journal of Field Crop Abstract, 32*, 1-10.

Willey, R.M., & Rao, M.R. (1980). A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. *Experimental Agriculture, 16*, 105-117.

Yan, S., Du, X., Wu, F., Li, L., Li, C., & Meng, Z. (2014). Proteomics insights into the basis of interspecific facilitation for maize in faba bean (*Vicia faba*) maize intercropping. *Journal Proteomics, 109*, 111-124.

Ziaei, H., Pirdashti, H., Zare, S., & Mottaghian, A. (2015). Evaluation of seed yield and competition indices of corn (*Zea mays* L.) intercropped with different bean (*Phaseolus* spp.) types. *Journal of Agroecology, 7*(1), 52-61 (In Persian)