

Evaluation of Performance and Ecological Indicators of Intercropping of chickpeas (*Cicer arietinum*) with *Lallemantia iberica* in the Dry Conditions of Sazez city

Hiwa Nikde¹, Jalil Shafagh^{2*}, Safar Nasrollahzadeh², Yaegoob Raee², Homayoun Kanouni³

Received: 29 September 2023 Accepted: 27 July 2023

1- Agricultural Jihad Organization Kurdistan, Iran.

2- Prof., Dept. of Plant Ecophysiology, Dept. of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran.

3- Field and Horticultural Crops Research Dept., Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, Iran.

*Corresponding Author Email: shafagh.jalil@gmail.com

Abstract

Background & Objective: This research was carried out in order to investigate the performance and performance components of mixed cultivation of chickpeas and *L. iberica* and to determine the best ratio of the mixed cultivation pattern of these two species in the dry conditions of Sazez city.

Materials & Methods: The experiment was carried out as a factorial split plot in the form of a randomized complete block design with three repetitions in Sazez city. The first factor includes 3 planting times (autumn, waiting, spring), the second factor in 3 levels including Saral, Nusrat, Anna chickpea cultivars and the third factor in 5 cultivation patterns including pure chickpea cultivation (25% urban balango: 100% chickpeas). , (50% urban balango: 100% chickpeas), (75% urban balango: 100% chickpeas) and pure balango cultivation.

Results: The results showed that there is a significant difference between chickpea cultivars in terms of plant height at the level of 1% in terms of planting time. The highest number of seeds per chickpea plant was obtained in Anna variety in winter season and in pure culture. Land use efficiency was positive and greater than one. The competition ratio in the 100:50 cropping pattern was the highest in the autumn season and Nusrat variety. The highest amount of system productivity index belonged to the planting ratio of 100:25 Nusrat variety in spring season.

Conclusion: 100:25 intercropping pattern of *L. iberica* and Nusrat chickpea variety in expected cultivation in the climatic conditions of Sazez city is suitable and can be recommended as a suitable intercropping pattern.

Keywords: Cultivation Pattern, Function, Land Use Efficiency, Mixed Cropping, Productivity Index

ارزیابی عملکرد و شاخص‌های اکولوژیکی کشت مخلوط افزایشی نخود با بالنگوی شهری در شرایط دیم شهرستان سقز

هیوا نیکدل^۱، جلیل شفق کلوانق^{۲*}، صفر نصراله زاده^۲، یعقوب راعی^۲، همایون کانونی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۲/۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۵

۱- سازمان جهاد کشاورزی کردستان

۲- استاد گروه آموزشی اکوفیزیولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

۳- بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران

*مسئول مکاتبه: Email: shafagh.jalil@gmail.com

چکیده

مقدمه و اهداف: این پژوهش به منظور بررسی عملکرد و اجزای عملکرد کشت مخلوط نخود و بالنگوی شهری و تعیین بهترین نسبت الگوی کشت مخلوط این دو گونه در شرایط دیم شهرستان سقز انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در شهرستان سقز اجرا شد. فاکتور اول شامل، ۳ زمان کاشت (پاییزه، انتظاری، بهاره)، فاکتور دوم در ۳ سطح شامل ارقام نخود سارال، نصرت، آنا و فاکتور سوم در ۵ الگوی کشت شامل کشت خالص نخود، (۲۵ درصد بالنگوی شهری: ۱۰۰ درصد نخود)، (۵۰ درصد بالنگوی شهری: ۱۰۰ درصد نخود)، (۷۵ درصد بالنگوی شهری: ۱۰۰ درصد نخود) و کشت خالص بالنگو بود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد بین ارقام نخود از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد از لحاظ زمان کاشت وجود دارد. بیشترین تعداد دانه در بوته نخود در رقم آنا در فصل زمستان و در کشت خالص بدست آمد. کارایی استفاده از زمین مثبت و بزرگتر از یک بود. نسبت رقابت در الگوی کشت ۵۰:۱۰۰ در فصل پاییز و رقم نصرت بیشترین میزان بود. بیشترین میزان شاخص بهره‌وری سیستم به نسبت کاشت ۱۰۰:۲۵ رقم نصرت در فصل بهار تعلق داشت.

نتیجه‌گیری کلی: الگوی کشت مخلوط ۱۰۰:۲۵ بالنگوی شهری و رقم نخود نصرت در کشت انتظاری در شرایط آب و هوایی شهرستان سقز مناسب بود و می‌تواند به عنوان الگوی کشت مخلوط مناسب پیشنهاد شود.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، شاخص بهره‌وری، عملکرد، کارایی استفاده از زمین، کشت مخلوط

مقدمه

محدودیت اراضی قابل کشت در ایران و سایر کشورها، سیستم کشت مخلوط با تولید دو یا چند گیاه زراعی به طور همزمان و در سطح مشترک به عنوان یکی از مؤلفه-

یکی از شیوه‌های ایجاد پایداری و حفظ سلامت تولید بوم نظام های کشاورزی استفاده از روش‌های کشت مخلوط است (راعی و همکاران ۲۰۱۱). با توجه به

های کشاورزی پایدار در جهت اهداف مذکور حائز اهمیت ویژه است (امیرمردفر و همکاران ۲۰۱۵). مدیریت صحیح تولید محصولات زراعی در این نوع کشت و استفاده مؤثرتر از زمان و مکان، منجر به بهبود جذب و کارایی مصرف منابع توسط گیاهان و ثبات عملکرد بالاتر می‌شود (مبسر و همکاران ۲۰۱۴). نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که برتری اکولوژیک کشت مخلوط، نتیجه استفاده کارآمد از منابع محیطی است (وانگ و همکاران ۲۰۱۵). در صورتی که اجزای کشت مخلوط از نظر استفاده از منابع محیطی رشد تفاوت داشته باشند، استفاده موثرتری از نور، آب و مواد غذایی نسبت به کشت جداگانه خواهند داشت، به عبارت دیگر برتری بیولوژیک زراعت مخلوط به کشت خالص وقتی است که رقابت بین گونه‌ای برای منابع رشد نسبت به رقابت درون گونه‌ای کمتر باشد (بانیک و همکاران ۲۰۰۶). یکی از دلایل اصلی که کشاورزان در جهان کشت مخلوط را بر کشت خالص ترجیح می‌دهند این است که در اغلب موارد تولید بیشتری از کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از همان مقدار زمین به دست می‌آید (یانگ و همکاران ۲۰۱۴). به علاوه، امکان کنترل علف‌های هرز، کاهش خسارت آفات و بیماری‌ها و افزایش تنوع زیستی، کاهش ریسک تولید، موازنه در امر تغذیه، حاصلخیزی خاک و نیز افزایش مقدار تولید در واحد سطح نسبت به کشت خالص، ویژگی‌های کارکردی منحصر به فردی را فراهم می‌سازد (وریگنان- بریناسا و همکاران ۲۰۱۵ و ماوا و همکاران ۲۰۱۴). این نوع نظام‌های زراعی قرن‌ها در کشاورزی نقش مهمی در تأمین مواد غذایی داشته‌اند و در حال حاضر نیز جایگاه خاصی را در طراحی بوم نظام‌های زراعی پایدار به خود اختصاص می‌دهند (میکیک و همکاران ۲۰۱۴ و کرمر و کاسمن ۲۰۱۱). کشت مخلوط به عنوان یکی از مهمترین سیستم‌های کشاورزی پایدار، به دلیل افزایش تنوع و سود حاصل از آنها در واحد سطح و زمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (امانی ماچیانی و همکاران ۲۰۱۹). نصیری محلاتی و همکاران (۲۰۱۵) دلیل برتری عملکرد در کشت مخلوط ذرت و لوبیا را به کارایی مصرف نور بیشتر و تأمین نیتروژن ذرت توسط لوبیا

ذکر کردند. چنانچه در پژوهشی تعداد گره‌ها و نیتروژن تثبیت شده توسط نخود فرنگی در کشت مخلوط با جو بیشتر از کشت خالص بود، به طوری که تعداد گره‌ها در کشت مخلوط ۲۷-۴۵ درصد بیشتر و به موجب آن میزان نیتروژن حاصل از تثبیت بیولوژیکی ۱۷-۹ درصد بالاتر بود (چاپاگین و رایزمن ۲۰۱۴). در آزمایشی که روی تأثیر نسبت های کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی لوبیا با زنیان انجام گرفت مشاهده شد که بهره‌گیری از کشت مخلوط به دلیل کاهش رقابت بین گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای از طریق استفاده بهینه از عوامل محیطی موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد هر دو گونه شد. بررسی‌ها نشان داده است که کاشت گیاهان لگومینوز از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک موجب افزایش رشد و بهبود عملکرد گیاهان همراه می‌شود (حمزه‌ئی و همکاران ۲۰۱۲). به طوری که بالاترین نسبت برابری زمین کل برای ۵۰ درصد لوبیا + ۱۰۰ درصد زنیان به دست آمد (خرمدل و همکاران ۲۰۱۶). رضائی چپانه و قلی‌نژاد (۲۰۱۵) در کشت مخلوط نخود (*Cicer arietinum* L.) و سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی نخود و سیاهدانه از کشت خالص به دست آمد، اما بالاترین درصد پروتئین دانه نخود و درصد اسانس سیاهدانه از نسبت کاشت ۵۰ درصد نخود + ۱۰۰ درصد سیاهدانه حاصل شد. ظریف‌پور و همکاران (۲۰۱۵) در کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و نخود گزارش کردند که الگوهای مختلف کاشت اثر معنی‌داری بر عملکرد دو گونه داشتند و بیشترین عملکرد اسانس زیره سبز و بالاترین نسبت برابری زمین در نسبت کاشت ۵۰ درصد زیره سبز + ۵۰ درصد نخود زراعی بدست آمد. نخود زراعی (*Cicer aretinum*) گیاهی از تیره Leguminosae، یکساله و خودگشن است که از نظر میزان سطح زیرکشت و اهمیت غذایی، بعد از لوبیا و نخود فرنگی، سومین لگوم مهم دنیا محسوب می‌شود. حبوبات در اغلب کشورهای درحال توسعه از جمله مهم‌ترین منابع پروتئینی محسوب

می‌شوند و در میان حبوبات نخود با داشتن میزان پروتئین خام بین ۱۷ تا ۲۳ درصد که دو تا سه برابر پروتئین موجود در غلات می‌باشد میتواند بخشی از پروتئین مورد نیاز کشور را تأمین کند (زعفرانیه ۲۰۰۹). کشت نخود نقش مهمی در سیستم‌های کشاورزی به‌عنوان یک جایگزین برای آیش سیاه در تناوب با غلات دارد که علاوه بر نقش مثبتی که در پایداری ایفاء می‌کند، به دلیل ویژگی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن کمک زیادی به کاهش وابستگی مزارع به ورود منابع شیمیایی این عنصر می‌کند (رافائل و همکاران ۲۰۱۵). در مناطق دیم و به خصوص در نیمه غربی ایران، نخود به دلیل قرارگرفتن در تناوب با گندم و جوی دیم، نقش بسیار مهمی در حفظ و بقای کشاورزی این مناطق ایفا می‌کند. در اکثر این تحقیقات عملکرد بالاتر کشت پاییزه به دلیل دوره رشد طولانی‌تر، تولید ماده خشک بیشتر، فرار از گرما و خشکی اواخر دوره رشد و همچنین بارندگی‌های پاییز، زمستان و اوایل بهار بوده است. یکی از عوامل مهم مدیریتی مؤثر بر اجزای عملکرد و کاشت عامل تاریخ کاشت است. عملکرد نخود، در تاریخ‌های مختلف، سبب برخورد مراحل رویشی و زایشی گیاه با درجه حرارت، تابش خورشید و طول روز متفاوت می‌شود. این موضوع، در نخود که معمولاً در شرایط خشک و یا با تکیه بر رطوبت ذخیره شده در خاک کشت می‌شود و با درجه حرارت‌های بالا در انتهای فصل رشد مواجه است، حائز اهمیت است. در تحقیق حاضر به‌صورت یک آزمایش مزرعه‌ای تحت شرایط دیم به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در شهرستان سقز- استان کردستان با موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۵ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۲ دقیقه و با ارتفاع ۱۵۳۶ متر از سطح دریا اجرا شد. فاکتور اول شامل، ۳ زمان کاشت (پاییزه، انتظاری، بهاره)، فاکتور دوم در ۳ سطح شامل ارقام نخود سارال، نصرت و آنا و فاکتور سوم در ۵ الگوی کشت شامل کشت خالص نخود (۱۰۰٪ نخود)، (۲۵٪ بالنگو: ۱۰۰٪ نخود)، (۵۰٪ بالنگو: ۱۰۰٪ نخود)، (۷۵٪ بالنگو: ۱۰۰٪ نخود) و کشت خالص

کاشت زود هنگام، گیاه دارای اندام‌های رویشی بزرگتری می‌شود که قادر است مقصد زایشی بزرگتری را تغذیه کرده و به میزان کافی ماده خشک به آن اختصاص دهد که در نتیجه، عملکرد افزایش می‌یابد. دمای پایین در زمستان رشد گیاهچه‌های نخود را محدود می‌کند، اما با افزایش تدریجی دما در اواخر زمستان و اوایل بهار سرعت رشد افزایش می‌یابد. با این وجود، در کشت پاییزه نیاز به ارقام مقاوم به سرما و به بیماری برق‌زدگی می‌باشد (ولی محمدی و همکاران ۲۰۰۷). بالنگوی شهری (*Lallemantia iberica* Fischer & C.A. Meyer) نیز گیاهی یکساله و علفی متعلق به تیره Lamiaceae بوده و دانه‌های آن سرشار از روغن‌های خوراکی است (امان زاده و همکاران ۲۰۱۱). در حال حاضر این گیاه جهت تولید دانه و نیز استخراج روغن و موسیلاژ کشت می‌شود و در درمان اختلالات گوناگون نظیر برخی اختلالات عصبی، کبدی و بیماری‌های کلیوی به‌کار می‌رود (جونز و والاموتی ۲۰۰۵). به‌طور کلی، هدف از پژوهش حاضر، اجرای طرح ارزیابی عملکرد کشت مخلوط نخود و بالنگو با استفاده از روش کشت مخلوط افزایشی و شاخص‌های اکولوژیکی و رقابتی و تعیین بهترین نسبت کشت مخلوط این دو گونه به‌منظور حصول بیشترین عملکرد است.

مواد و روش‌ها

بالنگو (۱۰۰٪ بالنگو) بود. تیمارهای زمان کاشت در این تحقیق شامل سه زمان کشت پاییزه (۱۴۰۰/۰۸/۰۷)، کشت زمستانه (۱۴۰۰/۱۲/۰۹) و کشت بهاره (۱۴۰۱/۰۱/۰۵) بود. بذره‌های نخود و بالنگو از سوی سازمان تحقیقات کشاورزی استان کردستان تهیه گردید. بذر بالنگو شامل رقم نظر کهریزی، میزان بذر بالنگو در هکتار ۲۰ کیلوگرم در نظر گرفته شد. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم در پاییز، دیسک و تسطیح زمین و کشت به‌صورت مسطح صورت پذیرفت، خطوط به‌صورت دستی و با فوکا ایجاد شد. تراکم مورد استفاده بذر نخود ۳۰ بوته در متر مربع با فاصله ۱۰ ی بین ردیف ۴۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰

سانتی‌متر بود. با توجه به شرایط آزمایش (دیم) هیچ گونه کودشیمیایی و آلی در طول آزمایش استفاده نگردید. از مزرعه قبل از انجام کشت نمونه خاک برداشت گردید و جهت تعیین آزمایش خاک به آزمایشگاه خاکشناسی ارسال گردید.

جدول ۱- مشخصه‌های اقلیمی محل اجرای آزمایش در طول دوره رشد گیاهان مورد مطالعه

ماه	حداکثر دما	حداقل دما	میانگین دما	بارش (mm)	طول فصل رشد (ماهانه) پاییزه	طول فصل رشد (ماهانه) زمستانه	طول فصل رشد (ماهانه) بهاره
آبان	۱۵/۱	۰/۵	۷/۸	۵۷/۹	۲۳		
آذر	۱۱/۹	-۱/۷	۵/۱	۸۴	۳۰		
دی	۵	-۵	۰	۹۱	۳۰		
بهمن	۴/۸	-۹/۱	۲/۲	۳۶/۵	۳۰		
اسفند	۹/۶	-۱	۴/۳	۱۰۹/۵	۲۹	۲۱	
فروردین	۱۸/۲	۱/۷	۹/۹	۱۱/۱	۳۱	۳۱	۲۶
اردیبهشت	۲۰/۷	۴/۸	۱۲/۸	۳۶/۹	۳۱	۳۱	۳۱
خرداد	۳۹/۵	۱۳/۸	۲۳/۸	۰	۳۱	۳۱	۳۱
تیر	۳۱/۶	۱۲/۱	۲۱/۸	۰	۲۰	۱۰	۱۹
مجموع				۴۲۶/۹	۲۲۵	۱۲۴	۱۰۷

جدول ۲- نتایج تجزیه خاک محل آزمایش

بافت خاک	رس	سیلت	شن	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	نیترژن	اسیدیته	هدایت الکتریکی	کربن آلی
		(%)		(mg.kg ^{-۱})		(%)		dS.m ^{-۱}	(%)
لومی رسی	۲۴	۴۶	۳۰	۴	۲۸۹	۰/۱۱	۷/۷۶	۰/۷۰۶	۱/۰۵

رسیدگی فیزیولوژیک، برداشت از سطحی معادل دو متر مربع انجام شد. عملیات برداشت نخود ۵-۷ روز زودتر از بالنگو آغاز گردید. همچنین در بالنگو نیز صفاتی از قبیل طول گل آذین، تعداد چرخه گل، تعداد فندقه در بوته، ارتفاع بوته، عملکرد دانه در هکتار یادداشت برداری گردید.

به منظور ارزیابی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، از شاخص‌های نسبت برابری زمین^۱ (LER)، نسبت برابری زمین استاندارد^۲ (LERS)، نسبت معادل

عملیات کاشت در سه تاریخ فوق الذکر به صورت دستی و همزمان برای هر دو گیاه در سه زمان کشت پاییزه (۱۴۰۰/۰۸/۰۷)، کشت زمستانه (۱۴۰۰/۱۲/۰۹) و کشت بهاره (۱۴۰۱/۰۱/۰۵) صورت پذیرفت. در رسیدگی فیزیولوژیک و به منظور اندازه‌گیری اجزای عملکرد، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت پس از حذف دو خط کاشت کناری به صورت تصادفی انتخاب و متوسط تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام و ارتفاع بوته و عملکرد در هکتار محاسبه شد. به منظور محاسبه وزن صد دانه، ۱۰ نمونه صد تایی شمارش و وزن هر نمونه با ترازوی دقیق تعیین و سپس میانگین آن‌ها محاسبه گردید. برای تعیین عملکرد دانه در هنگام

^۱ - Land Equivalent Ratio

^۲ - Land Equivalent Ratio Standard

نسبت رقابت، شاخص مهمی برای دانستن توانایی رقابت یک محصول با محصول دیگر است (ویلی و رائو ۱۹۸۰).

با بررسی مفهومی به نام نسبت رقابت اگر چه میزان اضافه محصول نشان داده نمی‌شود، ولی با اشاره به شدت رقابت بین دو گونه در تیمارهای مختلف میتوان نسبت به سودمندی کشت مخلوط قضاوت کرد (بیلماز و همکاران ۲۰۱۵).

$$Crc = (LER_{ci}/LER_{la}) \times (Z_{lai}/Z_{ci})$$

$$Crla = (LER_{la}/LER_{ci}) \times (Z_{ci}/Z_{lai})$$

(رابطه ۶)

در این رابطه Z_{ci} و Z_{lai} به ترتیب نسبت بالنکو و نخود کاشته شده در الگوهای مختلف کشت مخلوط می‌باشد.

برای تعیین شاخص بهره‌وری سیستم کشت مخلوط (SPI) از (رابطه ۷) استفاده شد (لایتورگایدیس و همکاران ۲۰۱۱).

$$SPI = (Y_{laim}/Y_{cm}) Y_{ci} + Y_{lai} \quad (\text{رابطه ۷})$$

جهت بدست آوردن کاهش واقعی عملکرد (AYL) از (رابطه ۸) استفاده شد (ژانگ و همکاران ۲۰۱۱).

$$AYL = AYL_{ci} + AYL_{lai}$$

$$AYL_{ci} = ((Y_{ci}/Z_{ci}) / (Y_{lai}/Z_{lai})) - 1 \quad (\text{رابطه ۸})$$

$$AYL_{lai} = ((Y_{lai}/Z_{lai}) / (Y_{ci}/Z_{ci})) - 1$$

در این روابط AYL_{ci} و AYL_{lai} به ترتیب کاهش واقعی عملکرد کل، کاهش واقعی عملکرد نخود و کاهش واقعی عملکرد بالنکو در الگوهای مختلف کشت مخلوط می‌باشد. آمار هواشناسی از اداره هواشناسی استان کردستان تهیه گردید. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام شد. با توجه به شرایط دیم منطقه محل اجرای آزمایش و پراکنش زیاد داده‌ها از تبدیل داده (جذری) در صفات (عملکرد دانه نخود، وزن صد دانه نخود، تعداد نیام در بوته نخود، تعداد دانه در نیام و ارتفاع بوته نخود و در گیاه بالنکو نیز در صفات تعداد فندقه در بوته، طول گل‌آذین، وزن دانه در بوته) استفاده گردید و در صفت عملکرد دانه بالنکو نیز از تبدیل لگاریتمی استفاده گردید. و جدول تجزیه واریانس نیز بر اساس داده های تبدیل شده

سطح زیر کشت و زمان^۳ (ATER)، نسبت معادل سطح برداشت^۴ (AHER)، کارایی استفاده از زمین (LUE)، نسبت رقابت^۵ (CR)، کاهش واقعی عملکرد^۶ (AYL)، شاخص بهره‌وری سیستم^۷ (SPI) استفاده شد. نسبت برابری زمین بر اساس سطح زیر کشت محاسبه می‌گردد و بوسیله آن مشخص می‌شود که برای بدست آوردن محصول حاصل از یک هکتار کشت مخلوط، چه مقدار از زمین به صورت خالص موردنیاز است تا همان مقدار محصول برداشت شود (بیلماز و همکاران ۲۰۱۵).

$$LER = (Y_{lai}/Y_{lam}) + (Y_{ci}/Y_{cm}) \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$ATER = (Y_{ci}/Y_{cm} \times t_c) + (Y_{lai}/Y_{laim} \times t_{lai})/t \quad (\text{رابطه ۳})$$

در این رابطه t_c طول دوره رشد نخود، t_{lai} طول دوره رشد بالنکو و t طول دوره رشد در کشت مخلوط می‌باشد. علاوه بر این، نسبت معادل سطح برداشت شاخصی است برای نشان دادن کارایی یا بازده مصرف منابع محیطی که به صورت زیر محاسبه شد (ویلی ۱۹۸۰).

$$AHER = (Y_{ci}/Y_{cm} \times n_i) + (Y_{lai}/Y_{laim} \times n_i) \quad (\text{رابطه ۴})$$

n_i : بیانگر این است که در طول دوره کشت مخلوط چند بار میتوان گیاه را بصورت خالص کاشت یا برداشت نمود. کارایی استفاده از زمین، توسط دو شاخص LER و ATER از طریق (رابطه ۵) محاسبه شد. به دلیل این که LER بیش از اندازه واقعی و ATER کمتر از عدد حقیقی سودمندی کشت مخلوط را نشان می‌دهد، بهتر است میانگین این دو شاخص برای ارزیابی کشت مخلوط استفاده گردد (سینگ و همکاران ۲۰۱۳).

$$LUE = [(LER + ATER)/2] \times 100$$

(رابطه ۵)

³ - Area Harvest Equivalent Ratio

⁴ - Area Harvest Equivalent Ratio

⁵ - Competition Ratio

⁶ - Actual Yield Loss

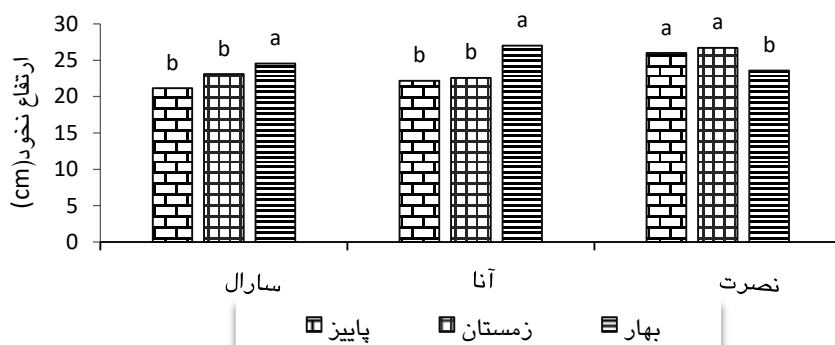
⁷ - System Productivity Index

متقابل زمان و رقم (شکل ۱) در سطح یک درصد معنی-دار بود که نشان از اختلاف در بین ارقام در زمان‌های گوناگون کشت شده دارد. همچنین با بررسی جدول مقایسه میانگین زمان کاشت و ارقام کشت شده (شکل ۱) برتری رقم نصرت در بین ارقام کشت شده از لحاظ ارتفاع بوته مشاهده گردید. با بررسی جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) مشخص گردید ارتفاع بالنگو بین الگوهای کشت مخلوط، اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت. به طوری که بیشترین ارتفاع بالنگو (۲۶/۷ سانتیمتر) در فصل کشت پاییز و در الگوی کاشت مخلوط (۱۰۰:۲۵)، رقم نخود نصرت مشاهده گردید. ارتفاع بوته در شرایط کشت انتظاری (زمستانه) بیشتر از کشت پاییزه بود. ارتفاع بوته تحت تأثیر شرایط رویشی گیاه قرار می‌گیرد، به طوری که هر جا از رقابت برون گونه‌ای در جهت کسب نور کاسته می‌شود، ارتفاع گیاه نیز کاهش می‌یابد. براساس نتایج آزمایش‌های انجام شده هنگامی که دو گونه با ارتفاع بوته، پوشش گیاهی و الگوی رشد متفاوت به صورت همزمان در کشت مخلوط قرار می‌گیرند، کمترین رقابت را با یکدیگر ایجاد می‌کنند. این موضوع باعث افزایش عملکرد کشت مخلوط در مقایسه با تک کشتی می‌شود (بورژای و همکاران ۲۰۱۳).

تنظیم گردید. همچنین مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت و ترسیم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار EXCEL انجام گرفت.

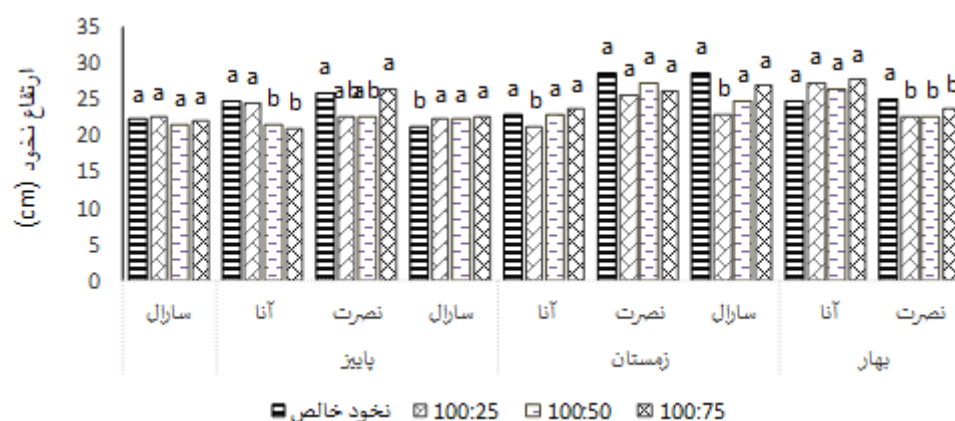
نتایج و بحث ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس گیاه نخود (جدول ۳) بیانگر آن است، که بین تیمارهای نخود از نظر زمان کاشت بر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت، ولی اثر متقابل زمان و الگوی کشت و اثر متقابل رقم و نسبت کاشت برای این صفت معنی‌دار نگردید. بیشترین ارتفاع بوته (۲۲/۶۶ سانتی-متر) در فصل پاییز به رقم نصرت با نسبت کاشت (۱۰۰:۷۵) اختصاص داشت. همچنین بیشترین ارتفاع بوته در فصل زمستان به رقم نصرت با نسبت کاشت (۱۰۰:۵۰) اختصاص یافت. بیشترین ارتفاع بوته در فصل بهار (۲۷/۸۳ سانتیمتر) در رقم آنا با نسبت کاشت (۱۰۰:۷۵) مشاهده گردید. از نظر زمان کاشت و رقم بین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار بر ارتفاع بوته وجود دارد. مقایسه میانگین‌ها (شکل ۲) نشان داد که ارتفاع بوته رقم نصرت در فصل کشت انتظاری (زمستانه) و الگوی کشت خالص (۲۸/۶۶ سانتیمتر) و در الگوی کاشت (۱۰۰:۵۰) بیشترین مقدار (۲۷/۳۳ سانتی‌متر) را دارا بودند. همچنین نتایج اثر



شکل ۱- مقایسه میانگین زمان کاشت بر ارتفاع ارقام نخود

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.



شکل ۲- اثر الگوهای مختلف کشت بر ارتفاع بوته نخود

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

بزرگ و نخود گزارش شد که عملکرد بیولوژیکی نخود، با افزایش تراکم گیاه بزرگ کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که بیشترین عملکرد بیولوژیکی در کشت خالص نخود به- دست آمده است (اسدی و همکاران ۲۰۱۹). تأخیر در کاشت نخود از طریق کاهش طول دوره رشد و به تبع آن کاهش ارتفاع گیاه منجر به کاهش فاصله اولین نیام از سطح خاک شد، که این کاهش در بین ارقام مختلف متفاوت بود (مندنی و همکاران ۲۰۱۸).

تونا و اوراک (۲۰۰۷) گزارش کرده‌اند که کاهش یا افزایش ارتفاع بوته گیاهان به شدت رقابت بین دو گیاه بستگی دارد. به‌طوری‌که ارتفاع بوته در صورت رقابت افزایش می‌یابد و دلیل آن را به سایه‌اندازی و رقابت نوری بین بوته‌ها نسبت دادند. در شرایط سایه با کاهش نسبت نور قرمز به قرمز دور (R/FR) و کاهش میزان تشعشعات فعال فتوسنتزی افزایش ارتفاع گیاهان قابل انتظار است (یانگ و همکاران ۲۰۱۴). در کشت مخلوط

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات ارتفاع بوته، شمار دانه در نیام، شمار نیام در

بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه و گیاه نخود

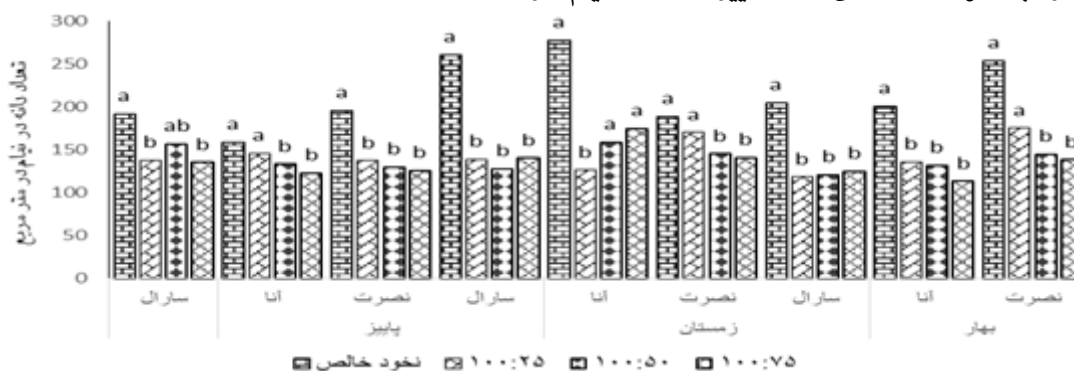
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد نیام در بوته	تعداد دانه در نیام	عملکرد دانه	وزن صد دانه
تکرار	۲	۰/۸۹**	۳۰/۴۱**	۳۹/۴۵**	۳۰/۷۷**	۱/۵۸**
زمان	۲	۰/۷۳ ^{ns}	۳/۵۶ ^{ns}	۶/۲۶ ^{ns}	۱۷/۸۳ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}
خطا	۴	۰/۸۹	۱۶/۳۶	۲۲/۷۲	۳۹/۴۴	۰/۱۵
رقم	۲	۰/۲۳۵ ^{ns}	۱/۷۱ ^{ns}	۲/۲۳ ^{ns}	۹/۵۶ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}
نسبت کاشت	۴	۸۰/۸۲**	۸۰/۸۹**	۷۳۱/۴۲**	۱۵۴۸/۹**	۱۰۶/۴۳*
زمان * رقم	۴	۰/۸۴ ^{ns}	۵/۴۷ ^{ns}	۲/۹ ^{ns}	۷/۷۴ ^{ns}	۱/۳۷**
زمان * نسبت کاشت	۸	۰/۸۸ ^{ns}	۱/۰۲۹ ^{ns}	۱/۴۲ ^{ns}	۵/۲ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}
رقم * نسبت کاشت	۸	۰/۸۲ ^{ns}	۱/۱۳۴ ^{ns}	۰/۷۴ ^{ns}	۲/۲۸ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}
زمان * رقم * نسبت کاشت	۱۶	۰/۲۴ ^{ns}	۱/۵۹ ^{ns}	۱/۵۵ ^{ns}	۲/۶۱ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}
خطا	۷۲	۵۰	۲/۷۲	۲/۷۴	۱۱/۰۴	۰/۰۷
کل	۱۳۴					
ضریب تغییرات %		۱۷/۴۴	۱۵/۵۴	۱۶/۴۶	۲۳/۶۷	۶/۰۶

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام

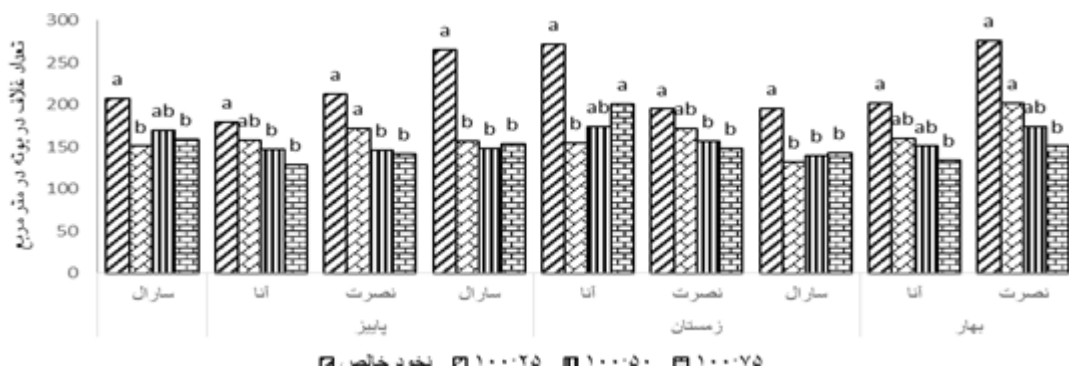
نتایج جدول تجزیه واریانس گیاه نخود (جدول ۳) نشان داد که بین ارقام از نظر تعداد نیام در بوته در سطح احتمال ۵ درصد، و از نظر نسبت‌های کشت شده و از نظر تعداد دانه در بوته نخود بین الگوهای کشت شده در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین (شکل ۳) نشان داد که تعداد نیام در بوته در رقم نصرت در کشت خالص، فصل بهار (۲۷۶ نیام در مترمربع) بیشترین تعداد بود. همچنین نخود رقم آنا در فصل زمستان (۲۷۸ دانه در مترمربع) بیشترین تعداد دانه در مترمربع را دارا بود. در بررسی مقایسه میانگین الگوهای کشت شده نخود با گیاه بالنگو مشاهده گردید که در کشت خالص نخود بیشترین تعداد نیام در مترمربع (۲۲۳ نیام) و بیشترین تعداد دانه در نیام (۲۱۵ دانه) را به خود اختصاص داد. تغییرات تعداد نیام در

بوته در رقم‌های مختلف، به دلیل تفاوت‌های ژنتیکی است. تعداد نیام یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد است که بر عملکرد دانه بسیار مؤثر است. در اثر طولانی بودن دوره ی زایشی، تعداد نیام در هر ساقه افزایش یافت. علاوه بر این، در کاشت پاییزه تنش رطوبتی و مواد غذایی تا حدودی کمتر است. به عبارتی در کاشت پاییزه، گیاه برای رشد رویشی و زایشی فرصت کافی داشته و کمتر تحت تاثیر تنش آخر فصل قرار می‌گیرد. کاهش تعداد نیام در بوته در کشت زمستانه نسبت به کشت پاییزه، توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است (اورتگا و همکاران ۲۰۰۶). با تأخیر در کاشت به علت کاهش طول دوره رشد تعداد نیام در بوته کاهش یافت که دلیل این امر این است که با تأخیر در کاشت و مواجه شدن مراحل رشد گیاه با حرارت و احیاناً خشکی، پوشش سبز و دوام سطح برگ کاهش می‌یابد و



شکل ۳ - مقایسه میانگین ارقام کشت شده از نظر تعداد نیام در بوته نخود

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.



شکل ۴ - مقایسه میانگین ارقام کشت شده از نظر تعداد دانه در نیام

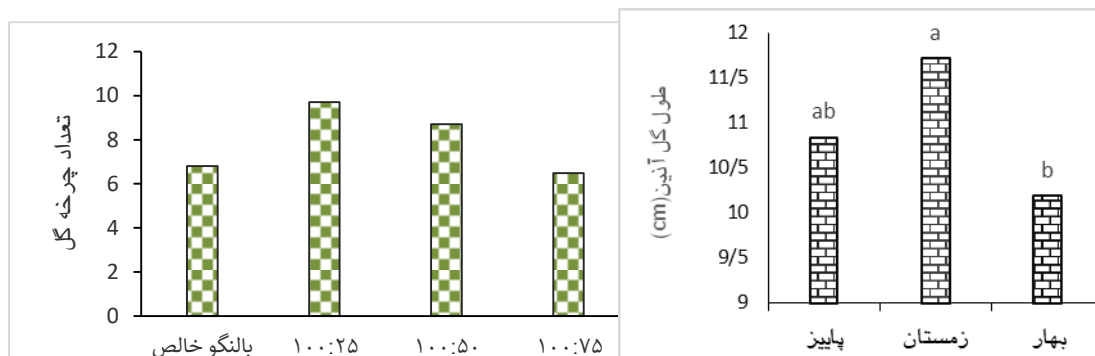
حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

شنبلیله، افزایش رقابت میان گیاهان زراعی، منجر به کاهش تعداد کپسول در بوته شد (مهنی و همکاران ۲۰۲۰). با توجه به اینکه بالاترین اجزای عملکرد (تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول) مربوط به کشت خالص سیاهدانه بود، در کشت خالص که از تعداد ساقه بیشتری برخوردار بود، به دلیل تشکیل تعداد نیام بیشتر و در نتیجه تعداد دانه بیشتر در بوته، از میانگین وزن تک دانه و هزاردانه در این تیمار کاسته شده است (میرهاشمی و همکاران ۲۰۰۹). نتایج محققان نشان داد که در تیمار کشت مخلوط، با افزایش تراکم بالنگوی شهری از تعداد شاخه فرعی خرفه کاسته شد، به طور کلی در تراکم‌های پایین، به دلیل کمتر بودن رقابت و نیز وجود فضای بیشتر برای توسعه انشعابات بوته، گیاهان با استفاده از منابع موجود مقدار بیشتری شاخه فرعی تولید می‌نمایند، اما با افزایش تراکم گیاهی از تعداد شاخه فرعی کاسته می‌شود (پیترس و ویلسون ۱۹۸۱).

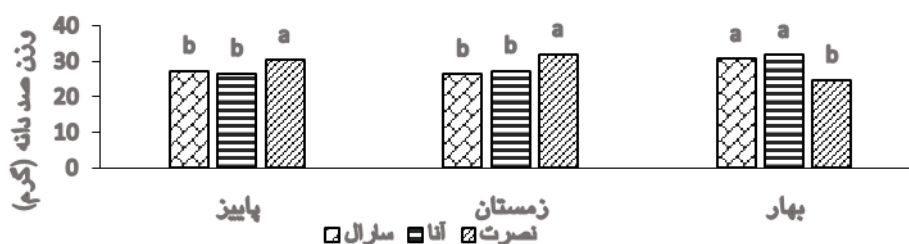
در نتیجه ساخت مواد فتوسنتزی کاهش پیدا می‌کند که با کم شدن مواد فتوسنتزی رقابت درون بوته‌ای افزایش یافته و نه تنها تعداد گل کمتری در هر بوته تشکیل می‌شود بلکه ریزش گل نیز زیاد شده و در نهایت تعداد نیام در هر بوته کمتر شده است (وقار و همکاران ۲۰۰۹).

تعداد چرخه گل و طول گل آذین

با بررسی جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) مشخص گردید بین الگوهای کشت مخلوط بالنگو با گیاه نخود از نظر تعداد چرخه گل تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. با توجه به مقایسه میانگین تعداد چرخه گل آذین در الگوهای کاشت (شکل ۵)، در الگوی کشت (۱۰۰ درصد نخود : ۲۵ درصد بالنگو) بیشترین تعداد چرخه گل آذین در گیاه بالنگو (۹/۷ سانتیمتر) ثبت گردید. با بررسی مقایسه میانگین (شکل ۵) مشاهده گردید که بالنگوی کشت شده در فصل زمستان (۱۱/۷۲ سانتیمتر) دارای بیشترین طول گل آذین بود و طول گل آذین بالنگوهای کشت شده در فصل بهار کمترین میزان را نشان دادند. در کشت مخلوط سیاهدانه و



شکل ۵ - مقایسه میانگین طول گل آذین در زمانهای مختلف کشت و تعداد چرخه گل در بوته بالنگو در نسبت های کشت مخلوط



شکل ۶ - مقایسه میانگین وزن صد دانه در زمانهای مختلف کشت

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات ارتفاع بوته، تعداد چرخه گل، تعداد فندقه در بوته، وزن دانه در بوته، طول گل آذین، عملکرد دانه گیاه بالنگو

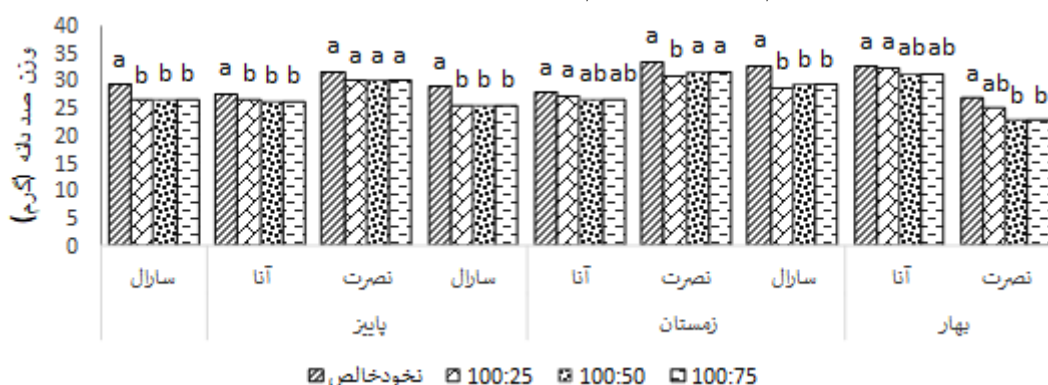
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد فندقه در بوته	طول گل آذین	وزن دانه در بوته	عملکرد دانه
تکرار	۲	۴/۷۶**	۲۴/۴۱**	۷/۴۹**	۱/۰۲۲**	۱۴۷۰/۳**
زمان	۲	۰/۷ ^{ns}	۵/۳۳ ^{ns}	۰/۵۴ ^{ns}	۰/۵۹ ^{ns}	۶۰/۰۷ ^{ns}
خطا	۴	۱/۵۵	۳/۳۹	۰/۴۴	۰/۹۹	۵۸/۱۵
رقم	۲	۰/۵۳ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۶۲ ^{ns}	۵/۶۴ ^{ns}
نسبت کاشت	۴	۷۷/۲۷**	۱۷۰/۰۶**	۳۱/۱۱ ^{ns}	۴/۳۹*	۶۱۷/۸ ^{ns}
زمان × رقم	۴	۲/۴۱ ^{ns}	۳/۵۴ ^{ns}	۰/۱۵۳۹ ^{ns}	۰/۲۰۵ ^{ns}	۱/۰۹ ^{ns}
زمان × نسبت کاشت	۸	۰/۶۲ ^{ns}	۲/۶۵ ^{ns}	۰/۲۰۲۰ ^{ns}	۰/۱۹۲۷ ^{ns}	۴/۶۴ ^{ns}
رقم × نسبت کاشت	۸	۰/۵۶ ^{ns}	۰/۸۷۶ ^{ns}	۰/۱۴۱۸ ^{ns}	۰/۲۸۶۰ ^{ns}	۲۹/۸ ^{ns}
زمان × رقم × نسبت کاشت	۱۶	۰/۵ ^{ns}	۱/۶۳ ^{ns}	۰/۱۷۳۰ ^{ns}	۰/۱۵۳۲ ^{ns}	۲/۵ ^{ns}
خطا	۷۲	۰/۸۱	۱/۶۳	۰/۲۱۵۷	۰/۲۰۹	۱۳/۵۳
کل	۱۳۴					
ضریب تغییرات %		۱۵/۵۴	۲۳/۸۵	۱۵/۹۲	۲۷/۴۵	۲۵/۴۵

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

وزن صد دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان می‌دهد که بین ارقام کشت شده از لحاظ زمان کاشت تفاوت معنی داری وجود نداشته ولی بین نسبت های کاشت در سطح پنج درصد اختلاف معنی دار وجود دارد، به طوری که بیشترین وزن ۱۰۰ دانه نخود در فصل پاییز و در رقم نصرت (۳۱/۶۴ گرم) مشاهده گردید. همچنین براساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) الگوی کاشت ۱۰۰:۲۵ دارای بیشترین وزن دانه (۱/۰۷۴ گرم) در بوته بالنگو بود. با توجه به (شکل ۶) در فصل زمستان رقم نصرت (۳۱/۶۴) و در فصل بهار رقم آنا (۳۱/۹۴) گرم

بیشترین وزن صد دانه را به خود اختصاص دادند. با توجه به (شکل ۷) میانگین وزن صد دانه و الگوهای کشت شده مشاهده گردید که در الگوی کشت خالص نخود بیشترین وزن ۱۰۰ دانه مشاهده گردید، و بعد از آن در الگوی کشت ۱۰۰:۲۵ بیشترین وزن صد دانه بدست آمد. همچنین در تحقیق دیگر روی ارزیابی کشت مخلوط کنجد و نخود، وزن هزار دانه نخود از کشت خالص به سمت کشت مخلوط این دو گیاه زراعی، دارای شیب افزایشی بود (پورامیر و همکاران ۲۰۱۰).



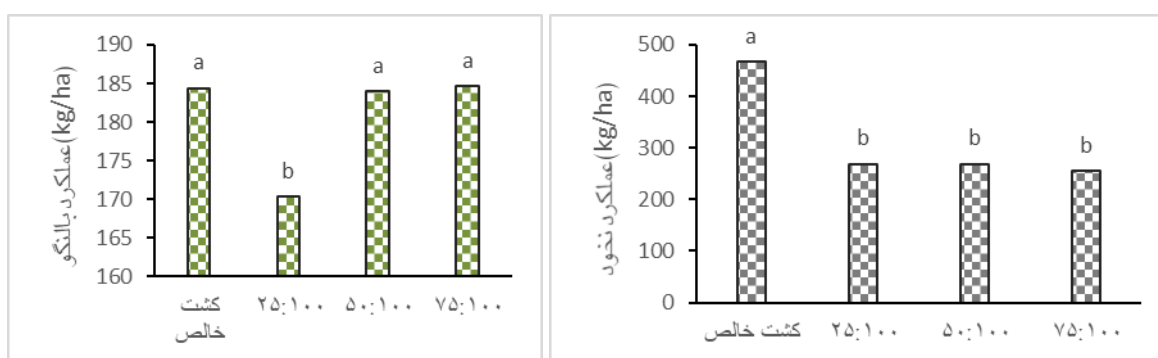
شکل ۷- مقایسه میانگین وزن صد دانه در الگوهای مختلف کشت

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

عملکرد دانه

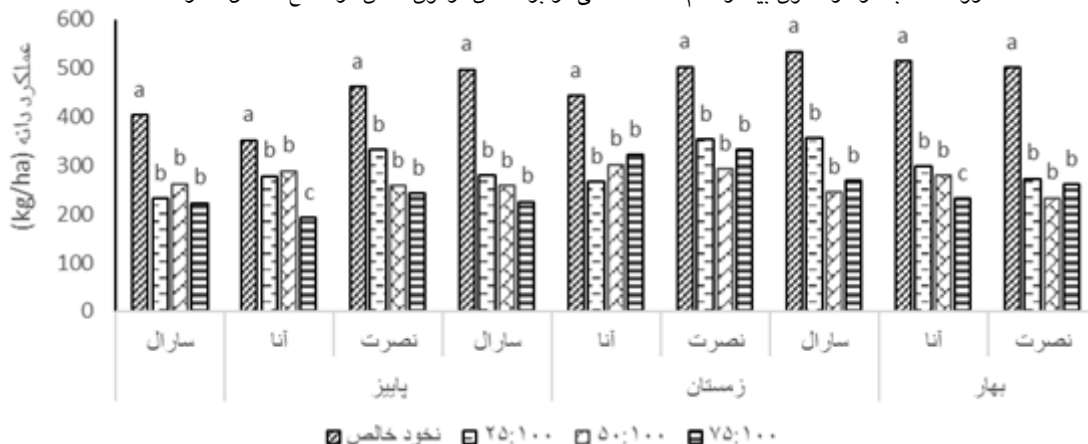
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که بین ارقام نخود کشت شده از لحاظ زمان کاشت و ارقام کشت شده تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. با توجه به شکل (۸) مقایسه میانگین عملکرد ارقام نخود، بین الگوهای کشت مخلوط در سطح یک درصد اختلاف معنی دار وجود دارد، به‌طوری که میانگین عملکرد نخود در کشت خالص (۴۶۸ کیلوگرم در هکتار) و در الگوی کشت (۱۰۰:۲۵) ۲۹۶/۶ کیلوگرم در هکتار و در الگوی کشت (۱۰۰:۵۰) ۲۶۸ کیلوگرم در هکتار و در الگوی کشت (۱۰۰:۷۵) ۲۵۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. با توجه به شکل (۸) مقایسه میانگین عملکرد دانه، ارقام نخود تحت تاثیر زمان کشت و الگوهای مختلف کشت نشان داد که کشت خالص ارقام، از عملکرد دانه بیشتری برخوردار هستند. پژوهشگران گزارش کردند بیشترین عملکرد دانه سیاهدانه از کشت خالص و

افزایش نخود در سطوح ۱۰٪ نخود + ۱۰۰٪ سیاهدانه و ۲۰٪ نخود + ۱۰٪ سیاهدانه عملکرد دانه سیاهدانه را کاهش نداد و سپس از سطوح ۴۰٪ نخود + ۱۰۰٪ سیاهدانه به بعد عملکرد گیاه اصلی را کاهش داد (رضائی چپانه و قلی‌نژاد ۲۰۱۵). نتایج پژوهش حاضر با نتایج یاد شده مطابقت دارد. محققان با بررسی اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر خصوصیات کمی و کیفی زیره سبز و نخود مشاهده کردند که با جابجایی از کشت خالص به سمت مخلوط از عملکرد دانه زیره سبز کاسته شد. آن‌ها علت این کاهش عملکرد را در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به خالص به رقابت گیاهان در سیستم کشت مخلوط بر سر منابع محیطی ذکر کردند (ظریف پور و همکاران ۲۰۱۴).



شکل ۸- مقایسه میانگین عملکرد نخود و یالنگو تحت تاثیر الگوهای کشت مخلوط

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.



شکل ۹- مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام نخود تحت تاثیر زمان کشت و الگوهای کشت مخلوط

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط

نسبت برابری زمین (جدول ۵) در تمامی الگوهای کشت مخلوط بیشتر از یک بود که نشان دهنده برتری کشت مخلوط بالنگو با نخود نسبت به کشت خالص می‌باشد. بیشترین مقدار LER معمولی کل (۴/۱۸) در فصل پاییز و در نسبت کاشت (۱۰۰:۷۵) در رقم آنا مشاهده شد. همچنین بیشترین مقدار LERs استاندارد در فصل بهار و در نسبت کاشت (۱۰۰:۲۵) در رقم نخود نصرت (۳,۰۸) مشاهده شد. میتوان استنباط نمود که بالنگو گیاه غالب بوده و از کشت مخلوط با نخود اثر مثبت پذیرفته است. به عبارتی نخود محیط را به نفع بالنگو تغییر داده است، که نشان از اثر مثبت نخود بر بالنگو دارد. نسبت برابری جزیی زمین نخود و بالنگو در اکثر الگوهای کشت مخلوط بیشتر از ۱/۱ بود، که نشان دهنده برتری این الگوهای کشت براساس کارایی استفاده از زمین می‌باشد (ییلماز و همکاران ۲۰۱۵). در تحقیق دیگری مشخص شد که در کشت مخلوط زیره سبز و عدس، نسبت برابری زمین جزیی زیره سبز نسبت به عدس بالاتر بود به طوریکه بالاترین LER جزیی عدس (۰/۸۴) و زیره سبز (۰/۹۵) از تیمار کشت مخلوط ردیفی به دست آمد (رضائی چپانه و همکاران ۲۰۱۵). استفاده کارآمد از منابع محیطی، تبادل مواد غذایی، افزایش توانایی رقابتی در کنترل علفهای هرز، تثبیت نیتروژن، وجود اختلاف در سیستم ریشه‌ای اجزای مخلوط و جذب بیشتر تشعشع دلیل افزایش LER در کشت مخلوط می‌باشد (بانیک و همکاران ۲۰۰۶). امانی ماچپانی و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند در کلیه الگوهای کشت مخلوط نعنای فلفلی و سویا نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود. محققان در کشت مخلوط زیره سبز و شنبلیله (رضوانی مقدم و مرادی ۲۰۱۲) زیان واسفرزه (موسی‌پور و همکاران ۲۰۱۵) و نخود و سیاهدانه (رضایی‌چپانه و قلی نژاد ۲۰۱۵) مقدار

نسبت برابری زمین را در تمام تیمارهای مخلوط بالاتر از یک گزارش کردند که این امر نشان دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است.

**نسبت معادل سطح زیر کشت و زمان (ATER)،
نسبت معادل سطح برداشت (AHER) و کارایی
استفاده از زمین (LUE)**

نسبت معادل سطح زیر کشت و زمان در حقیقت بیانگر کارایی تبدیل انرژی نورانی به شیمیایی می‌باشد. با توجه به جدول (۶) مقدار ATER در همه الگوهای کشت مخلوط به جز الگوی (۱۰۰:۵۰)، رقم نخود نصرت، کشت پاییزه (۰/۹۷) و الگوی کشت (۱۰۰:۲۵)، نخود رقم نصرت، کشت بهاره (۰/۹۷)، بقیه الگوهای کشت بزرگتر از یک بود. اگر ATER بیشتر از یک باشد نشان‌دهنده بازده بالا در استفاده از زمان و زمین است. همچنین مقدار AHER در همه الگوهای کشت مخلوط و فصول کشت بزرگتر از یک بود. میزان AHER در نسبت‌های کشت مخلوط در فصل بهار بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. نسبت معادل سطح برداشت بیانگر کارایی یا بازده مصرف منابع محیطی در کشت مخلوط می‌باشد. احتمال می‌رود بالاتر بودن شاخص ATER در کشت مخلوط به دلیل افزایش کارایی مصرف نور و جذب بیشتر تشعشع فعال فتوسنتزی، کاهش رشد علف‌های هرز و کاهش رقابت بین دو گونه باشد (ورما و همکاران ۲۰۱۳ و سینگ و همکاران ۲۰۱۳). امانی ماچپانی و همکاران (۲۰۱۸) نیز نتیجه گرفتند که مقادیر AHER، ATER، LER و LUE در اکثر الگوهای کشت نعنای فلفلی و سویا بیشتر از یک بود.

جدول ۵- مقادیر نسبت برابری زمین LER معمولی و LER استاندارد

LER استاندارد		LER معمولی		رقم نخود		نسبت کاشت	فصل کاشت
کل	بالنگو	نخود	کل	نخود	بالنگو		
۱/۲	۰/۸۹	۰/۳۱	۲/۰۳	۰/۹۲	۱/۱۱	100:25	پاییز
۰/۳۱	۰/۹۵	۰/۳۶	۲/۲۳	۱/۱۴	۱/۱۹	100:50	
۲/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۴/۱۸	۲/۸۱	۱/۲۵	100:75	
۱/۲۰	۰/۸۷	۰/۳۲	۱/۲	۰/۳۲	۰/۸۷	100:75	
۱/۱۵	۰/۸۱	۰/۳۵	۱/۱۵	۱/۰۷	۰/۸۱	100:25	
۱/۳۲	۱/۰۰	۰/۳۲	۱/۳۲	۰/۹۴	۱/۰۰	100:50	
۱/۳۸	۱/۰۴	۰/۳۴	۱/۳۸	۰/۳۴	۱/۰۴	100:70	
۱/۱۲	۰/۸۶	۰/۲۶	۱/۱۲	۰/۲۶	۰/۸۶	100:25	
۱/۲۴	۱/۰۱	۰/۲۳	۱/۲۴	۰/۲۳	۱/۰۱	100:50	زمستان
۱/۹۰	۰/۸۸	۰/۹۹	۱/۹	۰/۹۹	۰/۹۱	100:25	
۲/۱۰	۲/۲۰	۱/۰۷	۲/۱	۱/۰۷	۱/۰۳	100: 50	
۱/۴۷	۰/۴۷	۱/۰۰	۱/۴۷	۱/۰۱	۰/۴۷	100:75	
۱/۶۲	۰/۸۱	۰/۸۱	۱/۶۲	۰/۸۱	۰/۸۱	100:50	
۱/۲۸	۰/۶۷	۰/۶	۱/۳۲	۰/۶۰	۰/۶۷	100:75	
۱/۶۸	۰/۷۴	۰/۹۳	۱/۶۸	۰/۹۳	۰/۷۴	100:25	
۱/۷۸	۰/۷۲	۱/۰۶	۱/۷۸	۱/۰۶	۰/۷۲	100:25	
۱/۴۸	۰/۸۵	۰/۶۳	۱/۴۸	۰/۶۳	۰/۸۵	100:50	بهار
۱/۴۱	۰/۸۳	۰/۵۸	۱/۴۱	۰/۵۸	۰/۸۳	100:75	
۲/۴	۱/۵۰	۰/۹۰	۲/۴۰	۰/۹۰	۱/۵۰	100:50	
۲/۱۲	۱/۱۱	۱/۰۱	۲/۱۲	۱/۰۱	۱/۱۱	100:25	
۲/۳۲	۱/۳۷	۰/۹۵	۲/۳۲	۰/۹۵	۱/۳۷	100:75	
۲/۷۳	۱/۶۱	۰/۸۴	۲/۷۳	۰/۸۴	۱/۸۹	100:75	
۱/۸۹	۱/۱۷	۰/۷۲	۱/۸۹	۰/۷۲	۱/۱۷	100:50	
۳/۰۸	۱/۲۵	۱/۸۳	۳/۰۸	۱/۸۳	۱/۲۵	100:25	
۱/۶۱	۰/۶۸	۰/۹۳	۱/۶۱	۰/۹۳	۰/۶۸	100: 50	
۱/۶۵	۰/۷۴	۰/۹۲	۱/۶۵	۰/۹۲	۰/۷۴	100:25	
۲/۱۴	۱/۳۳	۰/۸۱	۲/۱۴	۰/۸۱	۱/۳۳	100:75	

کاهش یا افزایش عملکرد واقعی

شاخص افت واقعی عملکرد (AYL) علاوه بر بررسی رقابت بین گونه‌ای، با در نظر گرفتن عملکرد هر گیاه وضع هر گونه در مخلوط رقابت درون گونه ای را با جزئیات دقیق‌تری بیان میکند. با توجه به جدول شماره (۶) مشخص گردید که عملکرد واقعی نسبت‌های کشت شده در فصل بهار افزایش داشته که نشان‌دهنده مزیت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است. ولی در فصل پاییز گیاه بالنگو در کشت مخلوط با کاهش

عملکرد مواجه شد. میزان این شاخص در عملکرد کل افزایش را نشان داد که نشان از جبران عملکرد توسط گیاه همراه در کشت مخلوط (نخود) می‌باشد. همچنین بیشترین افزایش عملکرد واقعی کل در فصل پاییز و در نسبت کشت (۱۰۰:۲۵) (۳/۷) در رقم آنا ثبت گردید. و در نسبت‌های (۱۰۰:۲۵) رقم سارال و (۱۰۰:۲۵) رقم نصرت، کاهش عملکرد واقعی ثبت شد. همچنین بیشترین میزان این شاخص در فصل زمستان و در نسبت کشت (۱۰۰:۲۵)، در رقم آنا (۲/۶۳) بدست آمد. در نسبت‌های

گونه دیگر به صورت مخلوط کشت شود. ولی اگر نسبت رقابت گونه‌ای بیشتر از ۱ باشد، مفهوم آن این است که آن گونه در کشت مخلوط از غالبیت برخوردار است (ویلی ۱۹۷۹). باتوجه به جدول (۶) نسبت رقابت در الگوی کاشت (۱۰۰:۲۵)، رقم آنا، در فصل پاییز دارای بیشترین میزان (۴/۸۶) بود. همچنین نسبت رقابت گونه‌ای در فصول زمستان و بهار نیز الگوی کشت (۱۰۰:۲۵) نخود رقم آنا بیشترین میزان بود. در گیاه بالنگو نیز در فصول پاییز و زمستان الگوی کشت (۱۰۰:۷۵) مربوط به رقم آنا بیشترین میزان رقابت ثبت شد.

بهره‌وری سیستم

شاخص دیگری که بهره‌وری و کارایی سیستم کشت مخلوط را نمایان می‌سازد، شاخص بهره‌وری سیستم (SPI) می‌باشد. بالاتر بودن این شاخص بیانگر افزایش کارایی سیستم مخلوط است. طبق جدول (۶) شاخص بهره‌وری سیستم در تمامی الگوهای کشت مخلوط مثبت می‌باشد، که این نشان دهنده سودمندی کشت مخلوط می‌باشد. بیشترین میزان شاخص بهره‌وری سیستم به الگوی کشت (۱۰۰:۷۵)، رقم نصرت در فصل بهار (۴۷۱۳/۰۲) تعلق داشت. نصیری محلاتی و همکاران (۲۰۱۴) نتیجه گرفتند بیشترین میزان SPI در نسبت ۲:۲ ذرت با لوبیا حاصل شد. لامعی‌هروانی - (۲۰۱۳) در بررسی عملکرد و شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای یکساله با جو اعلام کرد که بیشترین مقدار شاخص بهره‌وری سیستم با ۲/۹۲ متعلق به تیمار کشت مخلوط جایگزین ۷۵ درصد نخود علوفه‌ای و ۲۵ درصد جو بود.

کشت (۱۰۰:۷۵) رقم آنا، و نسبت کشت (۱۰۰:۵۰) رقم سارال و نسبت کشت (۱۰۰:۷۵) رقم سارال و نسبت کاشت (۱۰۰:۷۵) رقم نصرت شاهد کاهش عملکرد کل در شرایط کشت مخلوط بود. که این کاهش عملکرد احتمالاً ناشی از افزایش رقابت برون گونه ای و کاهش اثرات تسهیل و تکمیل کنندگی دو گونه در این تیمارها می‌باشد. زو و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که AYL مثبت بیانگر آن است که محصول واقعی گیاهان در کشت مخلوط بیشتر از محصول پیش بینی شده بوده و از عوامل محیطی رشد استفاده بیشتری کرده‌اند. منفی بودن AYL عدم سودمندی کشت مخلوط را نشان می‌دهد (دهیما و همکاران ۲۰۰۸). در بررسی کشت مخلوط ذرت با لوبیای چشم بلبلی و لوبیای معمولی، اظهار شده است که با کاهش سهم ذرت در کشت مخلوط، شاخص کاهش عملکرد واقعی ذرت افزایش می‌یابد (یلماز و همکاران ۲۰۰۸). دلیل این افزایش قابلیت تثبیت نیتروژن توسط لگوم ها در کشت مخلوط ذکر شده است. در کشت مخلوط نخود فرنگی با برخی از غلات، شاخص کاهش عملکرد واقعی کل در تمام تیمارها مثبت بوده و بر اساس این شاخص در کشت مخلوط این گیاهان، ۲ تا ۶۳ درصد افزایش عملکرد نسبت به تک کشتی گزارش شده است (لیتورجیدوس و همکاران ۲۰۱۱).

نسبت رقابت

بنا بر گزارش ویلی و رائو (۱۹۸۰) شاخص نسبت رقابت معیار مناسب‌تری برای ارزیابی توانایی رقابتی اجزای کشت مخلوط است و در مقایسه با شاخص‌های دیگر مانند شاخص غالبیت (A) و ضریب تراکم نسبی (K) دقت بیشتری در ارزیابی رقابت دارد. کم‌تر بودن نسبت رقابت به این معنی است که آن گونه می‌تواند با

جدول ۶- شاخص های ارزیابی کشت مخلوط نخود و بالنکو

فصل کاشت	نسبت مخلوط	رقم نخود	ATER	AHER	LUE	CR		AYL		SPI
						نخود	بالتگو	نخود	بالتگو	
پاییز	۱۰۰:۲۵	آنا	۲/۴۲	۳/۱۴	۲۲۲/۳۷	۴/۸۶	۰/۲۴	۳/۴۵	-۰/۰۸	۴۸۰/۴۲
	۱۰۰:۵۰	آنا	۲/۶۲	۳/۴۲	۲۴۲/۴۳	۲/۰۹	۱/۱۲	۱/۳۸	-۰/۰۴	۵۲۰/۲۴
	۱۰۰:۷۵	آنا	۳/۸۵	۵/۴۳	۴۰۱/۲۲	-۰/۵۹	۱/۶۹	-۰/۶۷	۱/۹۳	۷۶۳/۸۷
	۱۰۰:۲۵	سارال	۱/۰۵	۱/۹۶	۱۱۲/۳۹	۳/۶۲	-۰/۲۸	-۰/۱۶	-۰/۶۸	۶۳۳/۱۲
	۱۰۰:۵۰	سارال	۱/۰۵	۲/۳۲	۱۱۰/۳۳	۳/۰۱	-۰/۳۳	۲/۳۳	-۰/۶۵	۶۷۹/۹۷
	۱۰۰:۷۵	سارال	۱/۱۳	۲/۰۷	۱۲۲/۴۷	۲/۱۲	-۰/۴۷	-۰/۹۹	-۰/۶۸	۶۳۳/۲۷
	۱۰۰:۲۵	نصرت	۱/۲	۱/۹۸	۱۲۸/۷۴	۴/۰۹	-۰/۲۴	-۰/۳۹	-۰/۶۶	۶۲۸/۳
	۱۰۰:۵۰	نصرت	-۰/۹۷	۲/۲۶	۱۰۴/۴۹	۱۲/۹۸	-۰/۰۸	۲/۴۴	-۰/۷۴	۶۵۷/۹۸
	۱۰۰:۷۵	نصرت	۱/۰۱	۲/۴۲	۱۱۲/۷۷	۸/۸۴	-۰/۱۱	۱/۰۳	-۰/۰۸	۷۷۸/۶۳
	۱۰۰:۲۵	آنا	۱/۱۹	۲/۴۲	۲۳۳/۰۶	۳/۶۷	-۰/۳۷	۲/۶۴	-۰/۰۱	۱۵۲۱/۳۷
زمستان	۱۰۰:۵۰	آنا	۲/۳۹	۲/۴۳	۲۵۴/۸۸	۱/۹۳	-۰/۵۲	۱/۰۶	-۰/۰۷	۱۳۵۱/۵۸
	۱۰۰:۷۵	آنا	۲/۹۲	۱/۹۵	۲۰۲/۹۳	-۰/۶۲	۱/۶۱	-۰/۳۸	۰	۱۰۱۰/۹۶
	۱۰۰:۲۵	سارال	۲/۰۱	۲/۸۱	۲۲۰/۲۱	۱/۹۸	-۰/۵	-۰/۶۲	-۰/۱۹	۱۱۹۸/۲۵
	۱۰۰:۵۰	سارال	۳/۲۱	۳/۱۳	۱۳۱/۲	۱/۴۹	-۰/۶۷	-۰/۱	-۰/۴	۱۳۰۱/۱۴
	۱۰۰:۷۵	سارال	۱/۶۸	۱/۹۳	۱۶۹/۴۹	۳/۱۹	-۰/۳۱	۱/۹۸	-۰/۰۷	۱۱۲۶/۱۲
	۱۰۰:۲۵	نصرت	۱/۷۳	۲/۵	۱۷۹/۵	۲/۷۱	-۰/۳۷	۱/۸۷	-۰/۰۶	۱۵۵۲/۳۲
	۱۰۰:۵۰	نصرت	۲/۲	۲/۳۳	۱۸۲/۱۹	۲/۶۸	-۰/۳۷	-۰/۶۹	-۰/۳۷	۹۸۸/۴۵
	۱۰۰:۷۵	نصرت	۲/۴۲	۲/۲۳	۱۴۲/۵۶	۱/۸۹	-۰/۵۳	-۰/۱	-۰/۴۲	۹۱۸/۰۸
	۱۰۰:۲۵	آنا	۲/۶۲	۳/۲۳	۱۷۳/۸۵	۳/۳۲	-۰/۳	۲	-۰/۱	۱۸۷۹/۶۲
	۱۰۰:۵۰	آنا	۳/۸۵	۳/۹۱	۱۶۵/۶۲	۴/۳۹	-۰/۲۳	۳/۴۴	-۰/۰۱	۱۶۹۸/۵۳
بهار	۱۰۰:۷۵	آنا	۱/۰۵	۳/۶۹	۲۳۵/۷۱	۱/۹۲	-۰/۵۲	-۰/۸۳	-۰/۰۵	۱۷۷۵/۹۵
	۱۰۰:۲۵	سارال	۱/۰۵	۲/۳۹	۲۸۲/۲۸	۳	-۰/۳۳	۱/۵۲	-۰/۱۶	۲۸۸۰/۹۷
	۱۰۰:۵۰	سارال	۱/۱۳	۲/۲۹	۱۹۵/۲۴	۳/۲۷	-۰/۳۱	۱/۳۵	-۰/۲۸	۲۹۰۳/۲۹
	۱۰۰:۷۵	سارال	۱/۲	۳/۴۸	۳۱۴/۶۱	۲/۷۳	-۰/۳۷	۴	-۰/۵۶	۲۵۶۱/۰۷
	۱۰۰:۲۵	نصرت	-۰/۹۷	۴/۰۶	۱۶۴/۳۲	۱/۴۸	-۰/۶۸	-۰/۳۷	-۰/۰۷	۸۷۳۹/۸۲
	۱۰۰:۵۰	نصرت	۱/۰۱	۳/۰۷	۱۶۹/۲۵	۳/۲۱	-۰/۳۱	۱/۹۵	-۰/۸	۴۰۲۶/۱
	۱۰۰:۷۵	نصرت	۱/۱۹	۴/۶۱	۲۲۱/۳۷	۲/۱۹	-۰/۴۶	-۰/۷۸	-۰/۱۹	۴۷۱۳/۰۲

نتیجه گیری

با توجه به تغییرات اقلیمی جهانی آب و هوا و امکان تغیر فصل کاشت محصولات زراعی و نتایج حاصل از این پژوهش می توان اعلام نمود که رقم نصرت، جهت کشت در فصل زمستان و به صورت انتظاری رقمی مناسب و قابل معرفی به کشاورزان با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه سقز می باشد. همچنین عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان مورد آزمایش بجز کشت خالص تحت تاثیر نسبت های مختلف کشت مخلوط قرار گرفتند. با توجه به اینکه میزان LER در کشت مخلوط بالاتر از یک بود که نشان دهنده سودمندی کشت مخلوط می باشد. کشت مخلوط ۲۵ درصد بالنکو : ۱۰۰

درصد نخود از بسیاری جهات دارای برتری نسبت به سایر الگوهای کشت شده می باشد. لذا می توان این الگوی کشت را نیز به کشاورزان توصیه نمود بنابراین می توان اظهار داشت که با بکار گرفتن نسبت های صحیح کشت برای گیاهان در نظام کشت مخلوط بتوان عملکردها و خصوصیات کیفی گیاهان را بهبود بخشید.

سپاسگزاری

بدین وسیله از زحمات اساتید ذکر شده در این پژوهش بخاطر همکاری صمیمانه در اجرای این پژوهش قدردانی و تشکر می گردد.

منابع مورد استفاده

- Amani Machiani M, Javanmard A, Morshedloo MR and Maggi F. 2018. Evaluation of competition, essential oil quality and quantity of peppermint intercropped with soybean. *Industrial Crops and Products*, 111:743-754.
- Amani Machiani M, Rezaei-Chiyaneh E, Javanmard A, Maggi F and Morshedloo MR. 2019. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed yield and quali-quantitative production of the essential oils from fennel (*Foeniculum vulgare*) and dragonhead (*Dracocephalum moldavica*) in intercropping system under humic acid application. *Journal of Cleaner Production*, 235: 112-122.
- Amanzadeh Y, Khosravi dehaghi N, Ghorbani AR, Monsef-Esfahani HR and Sadat-Ebrahimi SE. 2011. Antioxidant activity of Essential oil of *Lallemantia iberica* in Flowering stage and Post-Flowering stage. *Biological Sciences*, 6(3): 114-117.
- Amirmardfar A, Dabbagh Mohammadi Nasab A, Raei Y, Khaghaninia S, Amini R, Tabataba Vakili S. 2015. Evaluation of yield and yield components of oil seed rape in the wheat-oil seed rape strip intercropping influenced by chemical and biological fertilizers. *Journal of Crop Ecophysiology*, 8 (4): 437-450. (In Persian).
- Banik B, 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.
- Borghi E, Crusciol CAC, Nascente AS, Sousa VV and Martins PO. 2013. Sorghum grain yield, forage biomass production and revenue as affected by intercropping time. *European Journal of Agronomy*, 51:130-139.
- Chapagain T, Riseman A. 2014. Barley-pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. *Field Crops Research*, 166: 18-25.
- Dhima K V, Lithourgidis AS, Vasilakoglou IB and Dordas CA. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratios. *Field Crops Research*, 100: 249-256.
- Jones G and Valamoti SM. 2005. *Lallemantia* an imported or introduced oil plant in Bronze Age northern Greece. *Vegetation History and Archaeobotany*, 14: 571-577.
- Hamzei J, Seyedi M, Ahmadvand G and Abutalebian MA. 2012. The effect of additive intercropping on weed suppression, yield and yield component of chickpea and barley. *Journal of Crop Production and Processing*, 2:43- 55 (In Persian).
- Hauggaard-Nielsen H, Gooding M, Ambus P, Corre-Hellou G, Crozat Y, Dahlmann C, Dibet A, Fragstein P, Pristeri A, Monti M and Jensen ES. 2009. Pea-barley intercropping for efficient symbiotic N₂-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. *Field Crops Research*, 113: 64-71.
- Kremer RJ and Kussman RJ. 2011. Soil quality in a pecan-kura clover alley cropping system in the Midwestern USA. *Agroforest System*, 93: 213-223.
- Khoramdel S, Siahmarguee A and Mahmudi Gh. 2016. Effect of replacement and additive intercropping series of ajowan with bean on yield and yield components. *Journal of Crop Production*, 9(1): 1-24. (In Persian).
- Lamei Hervani, J. 2013. Assessment of dry forage and crude protein yeilds, competition and advantage indices in mixed cropping of annual forage legume crops with barley in rainfed comditions of Zanjan province in Iran. *Spj.*, 29:169-183.
- 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.

- Mandani F and Jalilian A. 2018. Evaluation of the Interaction between Sowing Date and Cultivar on Different Traits of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Kermanshah Climate Conditions. Plant production technology, 1: 31-57.
- Maoa L, Zhang L, Zhaoc X, Liuc S, Werfd WV, Zhange S, Spiertzd H and Lia Z. 2014. Crop growth, light utilization and yield of relay intercropped cotton as affected by plant density and a plant growth regulator. Field Crops Research, 5: 67-76.
- Mehni j, Mahdavi B, Azari A, Afkar s, Hashemi SE. 2020. Evaluation of yield and productivity indices of black cumin and fenugreek intercropping under weedy and weed-free conditions. Iranian Journal of Field Crop Science, 3: 73-87
- Mikic A, Cupinax B, Rubiales D, Mihailovi V, Sarunaitek L, Fustec J, Antanasovicx S, Krsticx D, Bedoussac L, Zoricx L, DorCevic V, Peric V and Srebri M. 2014. Models, Developments, and Perspectives of Mutual Legume Intercropping. Journal Advances Agronomy, 130: 1-83.
- Mirhashmi M, Koochehi A, Parsa M and Nasiri Mahallati M. 2009. Advantage ajotva seeds and fenugreek intercropping at different levels of manure and planting. Iranian Journal Agriculture Research, 7: 259-269. (In Persian).
- Mobasser HR, Vazirimehr MR and Rigi Kh. 2014. Effect of intercropping on resources use, weed management and forage quality. International Journal of Plant. Animal and Environmental Sciences, 4 (2): 706-713.
- Mousapour H, Ghanbari A, Sirousmehr AR and Asgharipour MR. 2015. Effect of sowing time on seed yield, advantage and competitive indices in ajwain (*Carum copticum* L.) and isabgol (*Plantago ovate* Forsk.) intercropping. Iranian Journal of Crop Sciences, 17(2): 139-152. (In Persian)
- Nassiri Mahallati M, Koochehi AR, Mondani F, Feizi H and Amirmoradi SH. 2014. Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. Journal of Cleaner Production, 8(2): 1-8.
- Peters NCB and Wilson JB. 1981. Some studies on the competition between (*Avena Fatua* L.) and spring barley. II variation of *A. fatua* emergence and development and its influence on crop yield. Journal of Weed Research, 23: 305-311.
- Singh M, Singh UB, Ram M, Yadav A and Chanotiya CS. 2013. Biomass yield, essential oil yield and quality of geranium (*Pelargonium graveolens* L.) as influenced by intercropping with garlic (*Allium sativum* L.) under subtropical and temperate climate of India. Industrial Crops and Products, 46: 234-237.
- Pouramir F, Koochehi A, Nasiri Mahallati M and Ghorbani R. 2010. Evaluating yield and yield components of sesame and pea intercropping replacement series. Iranian Journal of Agricultural Research, 8(5): 747-757. (In Persian).
- Raei Y, Bolandnazar SA and Dameghsi N. 2011. Evaluation of common bean and potato densities effects on potato tuber yield in mono-cropping and intercropping systems. Journal Agricultural Sciences and Sustainable Production, 21(2): 131-142.
- Rafael M, Enez-Díaz J, Castillo P, Jimenez-Gasco M. D. M, Landa B and Navas-Cortes J.A. 2015. Fusarium wilt of chickpeas: Biology, ecology and management. Crop Protection, 23: 1-12.
- Rezaei-Chiyaneh E and 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).
- Rezvani moghadam P and Moradi R. 2012. Assessment of Planting Date, Biological Fertilizer and Intercropping on Yield and Essential Oil of Cumin and Fenugreek. Iranian Journal of Crops Sciences, 43(2): 217-230. (In Persian)

- Tuna C and Orak A. 2007. The role of intercropping on yield potential of common vetch (*Vicia sativa* L.)/oat (*Avena sativa* L.) cultivated in pure stand and mixtures. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 2: 14-19.
- Valimohammadi F, Tajbakhsh M and Saeidi A. 2007. Comparison winter and spring sowing dates and effect of plant density on yield, yield components and some quality, morphological traits of chickpeas under environmental condition of Urmia, Iran. *Journal of Agronomy*, 6(4): 571-575.
- Verma RK, Chauhan A, Verma RS, Rahman L and Bisht A. 2013. Improving production potential and resources use efficiency of peppermint (*Mentha piperita* L.) intercropped with geranium (*Pelargonium graveolens* L. Herit ex Ait) under different plant density. *Industrial Crops and Products*, 44: 577-582
- Wang Z, Zhao X, Wu P, He J, Chen X, Gao Y and Cao X. 2015. Radiation interception and utilization by wheat/maize strip intercropping systems. *Journal Agricultural Forest Meteor*, 204: 58-66.
- Willey RW. 1979. Intercropping its importance and research needs: Part I. Competition and yield advantage. *Field Crop Abstracts*, 32: 1-10.
- Willey RW and Rao MR. 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. *Experimental Agriculture*, 16: 117-125.
- 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.
- Yang F, Huang S, Gao R, Liu W, Yong T, Wang X, Wu X and Yang W. 2014. Growth of soybean seedling in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red: far- red ratio. *Field Crops Research*, 155: 245-253.
- Yilmaz S, Atak M and Erayman M. 2008. Identification of advantages of maizelegume intercropping over solitary cropping through competition indices in the east Mediterranean region. *Turk Journal of Agriculture*, 32: 111-119.
- Yilmaz S, Ozel A, Atak M and Erayman 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.
- Zarifpour N, Naseri Poor Yazdi MT and Nassiri Mahallati M. 2014. Effect of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) on quantity and quality characteristic of species. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(1): 34-43 (In Persian).
- Zaferanieh M, Nezami A, Parsa M, Porsa H and Bagheri, A. 2009. Evaluation of fall sowing of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms under complementary irrigation in Mashhad condition: 2- Yield and yield components. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7: 483-492. (In Persian).