University of Tehran Press

Iranian Journal of Field Crop Science

Online ISSN: 2423-8082

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

Evaluation of Biochemical and Agronomic Traits of Dryland Chickpea Intercropped with Dragon's Head (*Lallemantia iberica*) in Saqqez

Hiwa Nikdel[1], Jalil Shafagh-Kolvanagh[2]✉, Safar Nasrollahzadeh[3], Yaegoob Raee[4], Homayoun Kanouni[5]

1. Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
2. Corresponding Author, Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran. Email: : shafagh@ tabrizu.ac.ir
3. Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran. Email: nasr.tbu@tabrizu.ac.ir
4. Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran. Email: yaegoob@tabrizu.ac.ir
5. Field and Horticultural Crops Research Center, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, Iran. Email: h.kanouni@areeo.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: May 21, 2023
Received in revised form: July 27, 2023
Accepted: July 30, 2023
Published online: December 22, 2023

Keywords:
Expecting cultivation,
factorial,
pure cultivation,
rainfed,
water use efficiency.

ABSTRACT

This research was carried out in order to evaluate the biochemical and agronomic traits of dryland chickpea intercropped with dragon's head in Saqqez city (Kurdistan province). It was conducted as a factorial split-plot experiment, arranged in a randomized complete block design, with three replications during the 2021-2022 cropping year. Treatments included three planting times (autumn, expecting, and spring) as first factor, three chickpea cultivars (Saral, Nosrat, and Anna) as second factor and five cultivation patterns [(pure chickpea), (25% *L. iberica*: 100% chickpea), (50% *L. iberica*: 100% chickpea), (75% *L. iberica*: 100% chickpea), and pure *L. iberica* cultivation (100% *L. iberica*). The highest leaf chlorophyll a and b contents were obtained in winter with intercropping of %100 Nosrat chickpea + %50 *L. iberica* and planting ratio (%100 chickpea +% 25 *L. iberica*), respectively. The highest leaf carotenoid content was obtained in spring with planting ratio of %100 Saral chickpea + %75 *L. iberica*. The highest water use efficiency was obtained in winter, in the Nosrat variety, and in pure cultivation. The land equivalent ratio in all intercropping patterns was more than one, which showed the superiority of *L. iberica* and chickpea intercropping compared to pure cropping.

Cite this article: Nikdel, H., Shafagh-Kolvanagh, J., Nasrollahzadeh, S., Raee, Y., & Kanouni, H. (2023). Evaluation of biochemical and agronomic traits of dryland chickpeas intercropped with (*Lallemantia iberica*) in Saqqez. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *54*(4), 211-226. DOI: 10.22059/ijfcs.2023.357149.654996.

© The Authors.

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/ijfcs.2023.357149.654996

انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

شاپا الکترونیکی: ۸۰۸۲-۲۴۲۳

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

ارزیابی ویژگی‌های بیوشیمیایی و زراعی نخود دیم در کشت مخلوط بالنگوی شهری در سقز

هیوا نیکدل[۱]، جلیل شفق کلوانق[۲]✉، صفر نصرالله‌زاده[۳]، یعقوب راعی[۴]، همایون کانونی[۵]

۱- گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۲- نویسنده مسئول، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: shafagh@ tabrizu.ac.ir

۳- گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: nasr.tbu@tabrizu.ac.ir

۴- گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: yaegoob@tabrizu.ac.ir

۵- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران. رایانامه: h.kanouni@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۳۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۵/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۰/۰۱

کلیدواژه‌ها:

دیم،
فاکتوریل،
کارایی مصرف آب،
کشت انتظاری،
کشت خالص.

چکیده

این پژوهش به منظور ارزیابی ویژگی‌های بیوشیمیایی و زراعی نخود دیم تحت شرایط کشت مخلوط با گیاه بالنگو در شرایط دیم شهرستان سقز (استان کردستان) به صورت طرح کرتهای خردشده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ اجرا شد. عامل نخست شامل سه زمان کاشت (پاییزه، انتظاری، بهاره)، عامل دوم در سه سطح شامل رقم‌های نخود (سارال، نصرت ، آنا) و عامل سوم نیز در پنج الگوی کشت شامل کشت خالص نخود ، (۲۵ ٪ بالنگو: ۱۰۰٪ نخود)، (۵۰ ٪ بالنگو: ۱۰۰٪ نخود)، (۷۵ ٪ بالنگو: ۱۰۰ ٪ نخود) و کشت خالص بالنگو (۱۰۰٪ بالنگو) بودند. بر اساس نتایج بیشترین میزان کلروفیل **a** و **b** در زمستان در کشت مخلوط (۱۰۰ ٪ نخود نصرت + ۵۰ ٪ بالنگو) و در نسبت کشت (۱۰۰ ٪ نخود آنا + ۲۵ ٪ بالنگو) به‌دست آمدند. بیشترین میزان کارتنوئید برگ در فصل بهار و در نسبت کاشت (۱۰۰ ٪ نخود سارال + ۷۵ ٪ بالنگو) به‌دست آمد. با توجه به مقایسه میانگین اثرات متقابل (رقم * زمان * الگوی کاشت)، بیشترین میزان کارایی مصرف آب در فصل زمستان و در رقم نصرت و در کشت خالص به‌دست آمد. نسبت برابری زمین در تمامی الگوهای کشت مخلوط بیشتر از یک بود که نشان‌دهنده برتری الگوی کشت مخلوط نخود و بالنگو نسبت به کشت خالص است.

استناد: نیکدل، ه.، شفق کلوانق، ج.، نصرالله‌زاده، ص.، راعی، ی.، و کانونی، ه. (۱۴۰۲). ارزیابی ویژگی‌های بیوشیمیایی و زراعی نخود دیم در کشت مخلوط بالنگوی شهری در سقز. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۴(۴)، ۲۱۱-۲۲۶.

DOI: 10.22059/ijfcs.2023.357149.654996

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان

۱. مقدمه

یکی از شیوه‌های ایجاد پایداری و حفظ سلامت تولید بوم‌نظام‌های کشاورزی استفاده از روش‌های کشت مخلوط است **(Raei *et al*., 2011)**. کشت مخلوط به عنوان مهمترین راه افزایش تنوع زیستی، در اکوسیستم‌های کشاورزی معرفی شده است. کشت مخلوط به کشت دو و یا تعداد بیشتری محصولات زراعی اطلاق می‌شود که با یکدیگر در یک قطعه زمین و در یک سال زراعی کشت می‌شوند؛ به نحوی که از لحاظ زراعی با یکدیگر برهمکنش داشته باشند و منجر به هم‌افزایی تولید در طول یک زمان مشخص شوند **(Vandermeer, 1989)**. نتایج پژوهش‌های گوناگون نشان داده است که برتری اکولوژیک کشت مخلوط، نتیجه استفاده کارآمد از منابع محیطی است (**Wang *et al*., 2015**). در صورتی که اجزای کشت مخلوط از نظر استفاده از منابع محیطی رشد متفاوت باشند، استفاده موثرتری از نور، آب و عناصر غذایی نسبت به کشت جداگانه خواهند داشت؛ به‌عبارت دیگر برتری زیستی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص زمانی اتفاق می‌افتد که رقابت بین گونه‌ای برای منابع رشد نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای کمتر باشد **(Banik *et al*., 2006)**. علاوه بر این، امکان مهار 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 منحصر به فردی را فراهم می‌سازد **(Vrignon-Brenasa *et al*., 2015; Maoa *et al*., 2015)**. این نوع نظام‌های زراعی قرن‌ها در کشاورزی نقش مهمی در تأمین مواد غذایی داشته اند و در حال حاضر نیز جایگاه خاصی را در طراحی بوم‌نظام‌های زراعی پایدار به خود اختصاص می‌دهند **(Mikic *et al*., 2014; Kremer *et al*., 2011)**. حبوبات به عنوان یکی از مهمترین منابع تأمین نیازهای غذایی بشر در بین گیاهان زراعی از جایگاه خاصی برخوردار بوده و به دلیل همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن نقش مؤثری در افزایش حاصلخیزی خاک دارند و به همین علت در تناوب با سایر گیاهان زراعی کشت و یا در سیستم‌های کشت مخلوط مورد استفاده قرار می‌گیرند (**Amani Machiani *et al*., 2019**).

نخود با نام علمی ***Cicer arietnium* (L.)** گیاهی یک‌ساله متعلق به تیره حبوبات می‌باشد. طبق آمار سال ۲۰۲۰، حدود ۷۰ درصد از تولید جهانی نخود مربوط به کشور هندوستان است و ترکیه با چهار درصد تولید جهانی در رتبه دوم و روسیه، میانمار، پاکستان و اتیوپی نیز به‌ترتیب در رتبه‌های سوم، چهارم، پنجم و ششم قرار دارند. از نظر سطح زیر کشت در جهان، نخود پس از لوبیا (***Phaseolus vulgaris***) و عدس (***Lens culinaris***) در رتبه سوم قرار گرفته است. سطح زیر کشت نخود در ایران سالانه بین ۵۰۰ تا ۵۲۰ هزار هکتار است که بیشترین تولید مربوط به استان‌های سردسیر است. ایران با تولید سالانه حدود ۲۵۰ هزار تن نخود، ۱٫۸ درصد تولید نخود جهان را به خود اختصاص داده است. بیش از ۸۰ درصد تولید نخود کشور مربوط به استان‌های کرمانشاه، لرستان، کردستان، آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی است **(Fao, 2021)**. بررسی‌ها نشان داده است که کشت حبوبات از طریق بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک موجب افزایش رشد و بهبود عملکرد گیاهان همراه می‌شود (**Hamzei *et al*., 2012**). در بین سامانه‌های گوناگون کشت مخلوط، ترکیب گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن (لگوم‌ها) به همراه سایر گیاهان به عنوان متداول‌ترین و قدیمی‌ترین سیستم در نقاط مختلف جهان به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه محسوب می‌شود. درکشت 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 به‌دست آمد (**Zarifpour *et al*., 2014**). برای کشت یک گیاه در یک منطقه جدید باید جزئیات اثر متقابل گیاه با عوامل زراعی، ژنتیکی و اقلیمی مشخص شود. کشت نخود در کشور به‌صورت رایج در اواخر زمستان و اوایل بهار به صورت دیم انجام می‌شود. تصمیم‌گیری در مورد زمان کاشت مطلوب یک گیاه زراعی بسیار بااهمیت بوده و از عوامل مهم دست‌یابی به حداکثر عملکرد در گیاهان است (**Adas, 2002**). تأثیر عوامل محیطی بر مراحل فنولوژیکی گیاه باعث می‌شود که تاریخ کاشت از منطقه‌ای به منطقهٔ دیگر و حتی در یک منطقه بین ژنوتیپ‌ها متفاوت باشد (**Hadley & Summer Field, 1983; Sandhu, 1984**).

یکی از عوامل مهم مدیریتی مؤثر بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود، تاریخ کاشت است. تاریخ‌های مختلف کاشت، سبب برخورد مراحل رویشی و زایشی گیاه با نور خورشید، دماها و طول روزهای متفاوت می‌شود. این موضوع در نخود که معمولاً در شرایط خشک و یا با تکیه بر رطوبت ذخیره‌شده در خاک کشت می‌شود و با درجه حرارت‌های بالا در انتهای فصل رشد مواجه می‌شود،

حائز اهمیت است (**Faraji, 2003**). تعدادی از پژوهشگران با مطالعه روی چهار رقم نخود، رقم‌های بیونیج و **ILC 485** را با توجه به عملکرد بالاتر در شرایط تنشی بهتر ارزیابی کرده و اظهار داشتند که در شرایط تنش خشکی، انجام آبیاری تکمیلی در مراحل حساس گلدهی و غلاف‌دهی به‌طور معنی‌داری سبب بهبود عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نخود می‌شود (**Mohammadi *et al.*, 2016**).

در پژوهش دیگری نیز رشد نخود کابلی را در شرایط آب و هوای مدیترانه‌ای و در چهار تاریخ کاشت (اواخر پاییز، اوایل زمستان، اواسط زمستان و اواخر زمستان) مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که با افزایش طول دوره رشد نخود مقادیر وزن خشک کل، دوام سطح برگ، تعداد شاخه در بوته و ارتفاع بوته افزایش معنی‌داری نشان داد. عملکرد دانه نیز در کشت‌های اواخر پاییز، اوایل زمستان و اواسط زمستان در حدود ۵۰–۸۰ درصد بیشتر از کشت در اواخر زمستان بود (**Lopez-Bellido *et al.*, 2008**). نتایج پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که اعمال تاریخ‌های کاشت زودهنگام یا دیرهنگام و رژیم‌های دمایی نامطلوب در طول دوره رشد، سبب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد می‌شود و بالاترین عملکرد دانه از تاریخ کاشت مناسب به‌دست می‌آید (**Bashir, 2010**). تاریخ کاشت تأخیری بر مراحل نموی و انتقال مواد از مبدأ به مقصد به‌طور چشمگیری اثر می‌گذارد و باعث کوتاه‌شدن ارتفاع بوته، کاهش فاصله بین گره‌ها و کوتاه‌شدن دوره پرشدن دانه و سرانجام کاهش عملکرد دانه می‌شود (**Alisian *et al.*, 2005**). سلطانی و سینکلیر در تحقیق خود روی شناسایی صفات مهم نخود به منظور افزایش عملکرد در شرایط کم‌آبی، اهمیت بالای شرایط آب و هوایی را در عملکرد نخود ذکر کردند (**Soltani & Sinclair, 2012**).

گیاه دارویی بالنگوی شهری یا قره‌زرک (***Lallemantia Iberica* Fischer & C.A. Meyer**) با نام انگلیسی **Lallemantia** یا **Dragon's head** از تیره نعناع می‌باشد. این گیاه با توجه به خواص دارویی، صنعتی و نقش آن در کشاورزی، گیاهی چندمنظوره محسوب می‌شود (**Gunes *et al.*, 2005**). بالنگوی شهری در مناطق خشک به‌خوبی رشد می‌کند. بنابراین، از این گیاه می‌توان به‌عنوان گیاهی جایگزین برای محصولات زراعی رایج در مناطق خشک استفاده کرد (**Katayoun, 2006**). با توجه به آب و هوای سرد و معتدل منطقه سقز و مواجه‌شدن دوره رشد گیاهان این منطقه با گرمای آخر فصل و همچنین دماهای پایین در فصل زمستان، هدف از انجام این پژوهش دست‌یابی به مناسب‌ترین الگوهای کشت مخلوط و تاریخ کاشت مناسب نخود در کشت مخلوط با بالنگو در راستای تولید پایدار این گیاهان در شرایط آب و هوایی شهرستان سقز و تغییرات بیوشیمیایی ازجمله رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه نخود بود.

۲. روش‌شناسی پژوهش

تحقیق حاضر به‌صورت یک آزمایش مزرعه‌ای تحت شرایط دیم به‌صورت اسپلیت‌پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۱–۱۴۰۰ در سقز (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. شهرستان سقز در شمال غرب ایران دارای آب و هوای سرد و معتدل در زمستان و بهار و هوای گرم وخشک در فصل تابستان می‌باشد. فاکتور اول شامل سه زمان کاشت (پاییزه، انتظاری، بهاره)، فاکتور دوم در سه سطح شامل ارقام نخود (سارال، نصرت و آنا) و فاکتور سوم در پنج الگوی کاشت شامل کشت خالص نخود (۱۰۰٪ نخود)، (۲۵ ٪ بالنگو: ۱۰۰٪ نخود)، (۵۰٪ بالنگو: ۱۰۰٪ نخود)، (۷۵٪ بالنگو: ۱۰۰ ٪نخود) و کشت خالص بالنگو (۱۰۰٪ بالنگو) بود. تیمارهای مورد بررسی در این تحقیق شامل سه زمان کشت پاییزه (۱۴۰۰/۰۸/۰۷)، کشت انتظاری (۱۴۰۰/۱۲/۰۹) و کشت بهاره (۱۴۰۰/۰۱/۰۵) بود. بذرهای نخود و بالنگو از سازمان تحقیقات کشاورزی استان کردستان تهیه شد. بذر بالنگو شامل توده محلی نظر کهریزی بود. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم در پاییز، دیسک و تسطیح زمین و کشت به‌صورت مسطح انجام شد، خطوط به‌صورت دستی و با فوکا ایجاد شد. تراکم مورد استفاده نخود ۳۰ بوته در متر مربع با فاصلهٔ بین ردیف ۴۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود. میزان بذر مورد نیاز برای هر هکتار بالنگو ۲۰ کیلوگرم در نظر گرفته شد. بذور بالنگو همزمان با نخود در فاصله ردیف‌های ۲۰ سانتی‌متری در بین خطوط نخود به‌طور همزمان کشت شدند. با توجه به شرایط آزمایش (دیم) هیچ‌گونه کود (آلی و معدنی) استفاده نشد و عملیات مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی و در چندین مورد انجام

شد. همچنین برای مبارزه با آفت هلیوتیس نخود از سم فن‌والریت به میزان یک لیتر در هکتار استفاده شد. نخودهای کشت‌شده در پاییز و زمستان در خردادماه سال ۱۴۰۱ برداشت شدند. ولی نخودهای کشت‌شده در بهار با فاصله ۱۲ روز دیرتر در تیرماه برداشت شدند. همچنین بالنگوهای کشت‌شده در پاییز و زمستان تقریبا همزمان با نخود برداشت شدند. سپس در یک محیط سایه قرار داده شده و با توجه به اندازه نمونه‌ها عملیات جدا کردن دانه‌ها از بوته با دست صورت گرفت. از مزرعه کشت‌شده پیش از انجام کشت نمونه خاک برداشت شد و جهت تعیین آزمایش خاک به آزمایشگاه خاکشناسی ارسال شد. برای محاسبهٔ شاخص کارایی آب از رابطهٔ زیر استفاده شد (**Tanner & Sinclair, 1983**).

$$WUE = Y/WC \qquad \text{رابطه ۱) –}$$

در این رابطه **y** عملکرد قابل فروش و **wc** میزان بارش در طی فصل رشد است. بارش مؤثر در طی فصل رشد با استفاده از رابطه‌های زیر برای هر ماه محاسبه شد **(Movaghar-Moghadam & Galmakani, 2002).**

PE=0.6 (PT)-10 (PT<70mm)
PE=0.8 (PT)-2.4 (PT>70 mm)

PT، بارش مؤثر هر ماه برحسب میلیمتر **PE** در این رابطه بارش کل هر ماه برحسب میلیمتر است.

جدول ۱– میانگین دما و بارندگی ماهیانه منطقه در طول فصل رشد.

Month	Max temperature (c)	Min temperature (c)	Temperature (c) Mean	Rainfall (mm)	The length of the growing season (monthly) autumn (day)	The length of the growing season (monthly) winter (day)	The length of the spring growing season monthly (day)
October	15.1	0.5	7.8	57.9	23		
November	11.9	-1.7	5.1	84	30		
December	5	-5	0	91	30		
January	4.8	-9.1	2.2	36.5	30		
February	9.6	–1	4.3	109.5	29	21	
March	18.2	1.7	9.9	11.1	31	31	26
April	20.7	4.8	12.8	36.9	31	31	31
May	39.5	13.8	23.8	0	31	31	31
June	31.6	12.1	21.8	0	20	10	19
Total				426.9	225	124	107

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک محل آزمایش.

Soil texture	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	pH	Total N (%)	K (mg/kg)	P (mg/kg)	EC (µmos/cm)	Organic matter (%)
Sandy loam	24	46	30	7.76	0.11	289	4	0.706	1.05

به‌منظور اندازه‌گیری مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، از برگ‌های سالم و بالغ نمونه‌گیری انجام شد و پس از عصاره‌گیری، میزان جذب نور نمونه‌ها در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵، ۶۶۳ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر مدل **jenway 6305** ساخت کشور آلمان، قرائت و میزان کلروفیل **a**، **b** و کاروتنوئید بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ محاسبه شد (**Arnon, 1967**).

Chlorophyll a = (12/7 * A663) - (2/69* A645) V/100W
Chlorophyll b = (22/9 * A645) - (4/68 * A663) V/100W
Carotenoids = 100(A470) +3.27(mg chl. a) - 104 (mg chl. b)/227

b کلروفیل+ **a** کلروفیل= کلروفیل کل

A= جذب نور در طول موج‌های**663** ، **645** ، **470** نانومتر، **W** = وزن تر نمونه برحسب گرم

به‌منظور ارزیابی کشت مخلوط نسبت به خالص، از شاخص‌های نسبت برابری زمین[1](**LER**) رابطه (۸) ، نسبت برابری زمین استاندارد [2](**LERs**) و نسبت رقابت [3](**CR**) استفاده شد (**Yilmaz *et al*., 2015**).

LER= (Ylai/Ylam)+(Yci/Ycm) رابطه ۲)

در این رابطه **Ylai** و **Ylam** به‌ترتیب عملکرد بالنگو درکشت خالص و مخلوط و **Yci** و **Ycm** به‌ترتیب عملکرد ارقام نخود در کشت خالص و مخلوط می‌باشند. 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 (**Yilmaz *et al*., 2015**).

CR =CRCc×CRCla (رابطه ۳)

CRc = (LERci/LERla)*(Zlai/Zci)
CRla = (LERla/LERci)*(Zci/Zlai)

CRCc, CRCla نسبت رقابت در گیاه بالنگو و نخود می‌باشد. در این رابطه **Zlai** و **Zci** به‌ترتیب نسبت بالنگو و نخود کشت‌شده در الگوهای مختلف کشت مخلوط می‌باشد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای **SPSS-21** و **SAS** نسخه ۹/۴ انجام شد. پس از نرمال‌کردن داده‌ها با آزمون کولموگروف–اسمیرنوف، مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (**LSD**) در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت و با توجه به پراکنش داده‌ها جهت به‌دست‌آوردن ضریب تغییرات از نرم‌افزار **SAS** نسخه ۹/۴ استفاده شد. همچنین در صفات عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف از تبدیل داده جذری از نرم‌افزار **SPSS-21** استفاده شد و جهت ترسیم شکل‌ها نرم‌افزار **EXCEL** ۲۰۱۰ استفاده شد.

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

۳–۱. محتوای کلروفیل a برگ‌های نخود

بیشترین (۵۳/۹۳ میلی‌گرم بر گرم) و کمترین (۲۶/۰۷ میلی‌گرم بر گرم) میزان کلروفیل **a** برگ‌های نخود به‌ترتیب در کشت زمستان در الگوی کشت مخلوط (۱۰۰ ٪ نخود نصرت + ۵۰ ٪ بالنگو) و در زمستان در رقم سارال (۱۰۰ ٪ نخود) به‌دست آمدند (شکل‌های ۱، ۲ و ۳). همچنین در بهار، بیشترین (۲۴/۴۳ میلی‌گرم بر گرم) و کمترین (۷۱/۱۹ میلی‌گرم بر گرم) میزان کلروفیل **a** به‌ترتیب در کشت مخلوط (۱۰۰٪ نخود خالص + ۲۵٪ بالنگو)، رقم سارال و در رقم نخود نصرت و در الگوی کاشت مخلوط (۱۰۰ ٪ نخود) حاصل شد. در پاییز، بیشترین (۳۵/۷۲ میلی‌گرم بر گرم) و کمترین (۲۰/۶۳ میلی‌گرم بر گرم) میزان کلروفیل **a** به‌ترتیب در رقم نصرت و در الگوی کاشت (۱۰۰ ٪ نخود + ۵۰ ٪ بالنگو) و در رقم نخود آنا و در الگوی کشت (۱۰۰ ٪ نخود + ۲۵ ٪ بالنگو) به‌دست آمدند. با توجه به شکل ۳ میانگین محتوی کلروفیل برگ نخود در فصل بهار می‌توان اظهار داشت که با تغییر فصل کاشت نخود بیشترین میزان کلروفیل **a** به‌دست آمده است. در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص ارقام نخود میزان کلروفیل برگ افزایش یافت، بررسی‌ها حاکی از آن است که میزان جذب نور با افزایش تعداد کلروپلاست‌ها در واحد سطح برگ و تراکم کلروفیل کلروپلاست، ازدیاد حاصل می‌کند که این بیشتر بودن محتوای کلروفیل برگ منجر به کارآیی بیشتر مصرف نور، جبران فقدان جذب کامل نور در کشت مخلوط و حصول عملکرد دانه بالا خواهد شد **(Rohi Saralan *et al*., 2019)**. با توجه به جدول ۱ بذور کشت‌شده در فصل پاییز نسبت به بذرهای کشت‌شده در زمستان و بهار از شرایط بارشی حداکثر استفاده را می‌نمایند. در بهار برگها حداکثر استفاده را از شرایط تابشی نور خورشید می‌کنند و نسبت به تکمیل مراحل رویشی خود اقدام می‌کنند. در حالی که بذور کشت‌شده در فصل بهار با توجه به کاهش تعداد روزهای رویشی و کاهش بارش‌ها، جهت تکمیل مراحل رویشی خود انرژی بیشتری را صرف

1. **Land Equivalent Ratio**
2. **Land Equivalent Ratio Standard**
3. **Competition Ratio**

تکمیل این مراحل کرده؛ لذا این کار روی ارتفاع بوته و تعداد گل‌های بارور، تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه تاثیر منفی می‌گذارد.

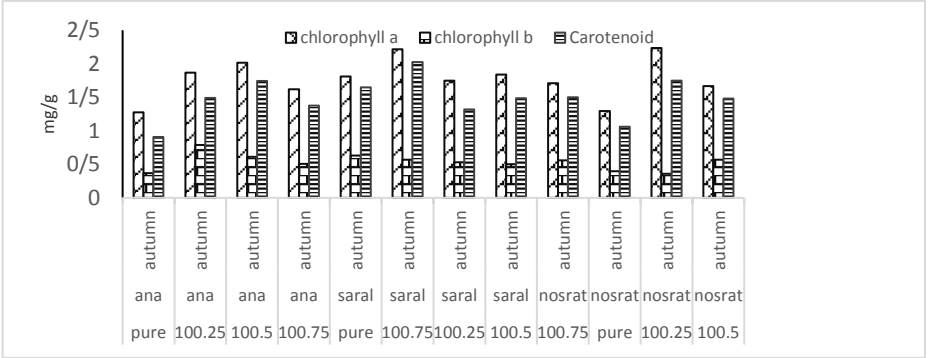
۲-۳. محتوی کلروفیل b برگ‌های نخود

در زمستان، بیشترین (۱۲/۴۵ میلی‌گرم برگرم) و کمترین (۲/۲۸ میلی‌گرم بر گرم) میزان کلروفیل **b** برگ‌های نخود (۱۲/۴۵ میلی‌گرم بر گرم) و در الگوی کشت مخلوط (۱۰۰ ٪ نخود آنا + ۲۵ ٪ بالنگو) و در کشت خالص نخود، در رقم نخود آنا به‌دست آمدند (شکل‌های ۱، ۲ و ۳). در فصل پاییز بیشترین (۹/۴۷ میلی‌گرم بر گرم) و کمترین (۳/۸۲ میلی‌گرم بر گرم) میزان کلروفیل **b** در کشت مخلوط (۱۰۰٪ نخود سارال + ۷۵ ٪ بالنگو)، و کمترین میزان کلروفیل **b** (۳/۸۲ میلی‌گرم بر گرم) در فصل بهار در الگوی‌کاشت (۱۰۰ ٪ نخود نصرت + ۲۵ ٪ بالنگو) به‌دست آمد. در فصل پاییز نیز بیشترین میزان کلروفیل **b** (۷/۲ میلی‌گرم بر گرم) در الگوی کاشت (۱۰۰ ٪ نخود آنا +۵۰ ٪ بالنگو) به‌دست آمد. در مطالعهٔ روی ژنوتیپ‌های مختلف گیاه ذرت (***Zea mays***) مشخص شد که کلروفیل **b** حساسیت بیشتری نسبت به **a** به تنش‌های محیطی و تغییر در تاریخ کشت داشته است **(Benjamin *et al.*, 2006)**. بنابراین کشت مخلوط نخود با بالنگو باعث افزایش میزان کلروفیل **b** در ارقام نخود و در فصل‌های مختلف کشت شده است؛ به‌نحوی‌که بیشترین میزان کلروفیل **b** در فصل زمستان و در رقم نخود آنا با الگوی کاشت (۱۰۰:۲۵) مشاهده شد.

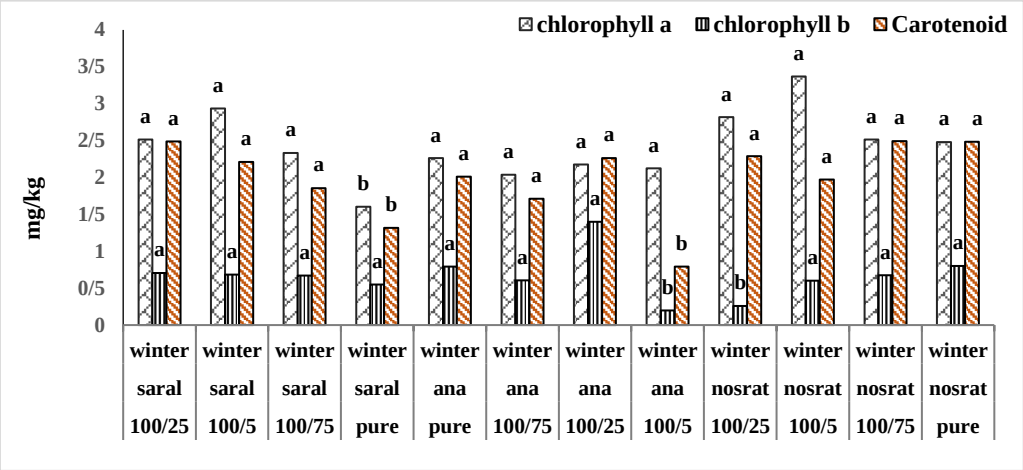
۳-۳. محتوی کارتنویید برگ‌های نخود

در بهار بیشترین (۳/۰۲ میلی‌گرم بر گرم)، کمترین (۰/۳۹ میلی‌گرم بر گرم) میزان کارتنویید برگ‌های نخود به‌ترتیب در الگوی کشت (۱۰۰ ٪ نخود سارال + ۷۵ ٪ بالنگو) و در رقم آنا در الگوی کاشت (۱۰۰٪ نخود آنا + ۲۵ ٪ بالنگو) به‌دست آمدند (شکل‌های ۱، ۲ و ۳). همچنین در زمستان بیشترین میزان کاروتنویید در نسبت کشت (۱۰۰ نخود آنا + ۲۵ درصد بالنگو) وجود داشت. در پاییز نیز بیشترین میزان کاروتنویید (۱/۴۹ میلی‌گرم بر گرم)، در رقم آنا (۱۰۰٪ نخود آنا + ۵۰ ٪ بالنگو) بود. کاروتنوئیدها علاوه بر نقش قابل توجه در دریافت تابش نوری، توانایی حذف انواع گونه‌های اکسیژن فعال یا ممانعت از تولید آن‌ها را نیز دارا بوده و وجود کاروتنوئید بیشتر می‌تواند باعث افزایش پایداری به تنش آبی شود. این توانایی بالای کاروتنوئیدها در حذف انواع گونه‌های اکسیژن فعال سبب شده است تا آن را در دسته آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی قرار دهند **(Sarvajeet & Narendra., 2010)**. گزارش شده است که مقدار کاروتنوئیدها با تاخیر در زمان کشت در جو (***Hordeum vulgare***)، گندم معمولی (***Triticum aestivum***) و گندم دوروم (***Triticum durum***) به‌ترتیب ۱۲/۲٪ ، ۱۵/۷٪، ۲۷٪ افزایش یافت **(Beleggia *et al.*, 2021)**. بین این تغییرات عملکرد دانه و تغییرات رنگیزه‌های فتوسنتزی یک رابطه خطی وجود دارد و در این بین با کاروتنوئیدها بالاترین ضریب همبستگی وجود دارد. بنابراین، کاهش میزان رنگیزه‌ها در طی تنش آبی سبب کاهش فتوسنتز، کاهش میزان مواد پرورده و در نهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود. کاهش بیشتر کلروفیل **b** در کشت‌های دیرهنگام ناشی از تخریب کلروپلاست می‌باشد **(Dadkhah *et al.*, 2014)**.

شکل ۱- محتوی کلروفیل برگ نخود در فصل پاییز.

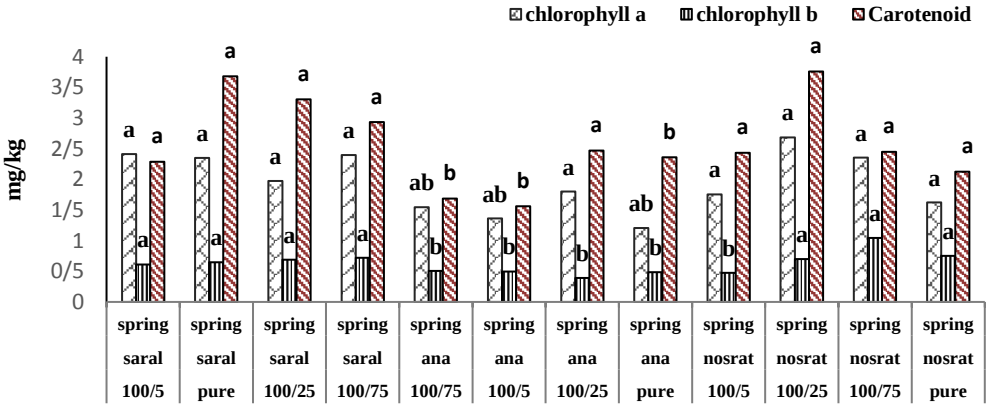


حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون **LSD** در سطح احتمال پنج درصد است.



شکل ۲ـ محتوی کلروفیل برگ نخود در زمستان.

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون **LSD** در سطح احتمال پنج درصد است.

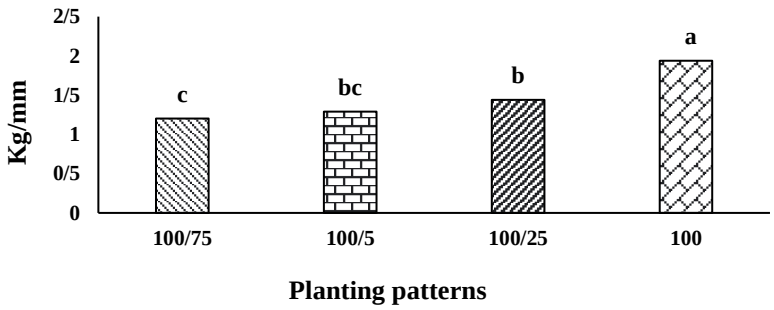


شکل ۳ـ محتوی کلروفیل برگ نخود در بهار.

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون **LSD** در سطح احتمال پنج درصد است.

۳-۴. کارایی مصرف آب (WUE)

بین تیمارهای نخود از نظر زمان کشت و رقم کشت‌شده تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). همچنین با توجه به شکل ۴ مشخص شد که در بین الگوهای کشت‌شده در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که در بین الگوهای کشت‌شده، کشت خالص نخود (۱/۹۴ کیلوگرم بر میلی‌متر آب مصرفی) بیشترین و الگوهای کشت مخلوط نخود (۱۰۰:۷۵) و (۱۰۰:۵۰) کمترین میزان کارایی مصرف آب را به خود اختصاص دادند.



شکل ۴. میزان کارایی مصرفی آب در الگوهای نخود (کیلوگرم بر میلی‌متر آب مصرفی).

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون **LSD** در سطح احتمال پنج درصد است.

اثر متقابل زمان و رقم معنی‌دار نشد، ولی با توجه به اثرات متقابل مشاهده شد که رقم نخود نصرت در فصل کاشت زمستان دارای بیشترین میزان کارایی مصرف آب بود (جدول ۳). کمترین میزان کارایی مصرف آب در فصل بهار و در الگوی کشت (۱۰۰٪ نخود: ۷۵٪ بالنگوی شهری) ثبت شد. با توجه به اثرات متقابل ارقام نخود و الگوهای کشت‌شده بیشترین میزان کارایی استفاده از آب در رقم نصرت و الگوی کشت خالص) مشاهده شد. همچنین با توجه به جدول تجزیه واریانس ۳، اثرات متقابل (رقم * زمان * الگوی کشت) بیشترین میزان کارایی آب در فصل زمستان در رقم نصرت و کشت خالص (۲/۱۸ کیلوگرم بر میلی‌متر آب مصرفی) مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد تغییر زمان کشت از بهار به پاییز و دست‌یابی به کارایی مصرف آب نزدیک به دو برابری با استفاده از رقم‌های اصلاح‌شده، سیاست سودمند و قابل اجرایی باشد. هرچه اتکای تولید به آب بارندگی باشد گیاه از منابع آب به‌طور کارآمدتری استفاده می‌کند. تغییر در فصل کاشت به معنی استفاده بیشتر از آب بارندگی می‌باشد. همچنین با توجه به جدول تجزیه واریانس ۳، اثرات متقابل (رقم* زمان* الگوی کاشت) بیشترین میزان کارایی آب در فصل زمستان در رقم نصرت و کشت خالص (۲/۱۸ کیلوگرم بر میلی‌متر آب مصرفی) مشاهده شد. به نظر می‌رسد تغییر زمان کشت از بهار به پاییز و دست‌یابی به کارایی مصرف آب نزدیک به دو برابری با استفاده از رقم‌های اصلاح‌شده سیاست سودمند و قابل اجرایی باشد (**Dehghan *et al.*, 2009**).

جدول ۳. تجزیهٔ واریانس صفات ارتفاع بوته، غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه، وزن صددانه، شاخص برداشت، بهره‌وری آب در گیاه نخود.

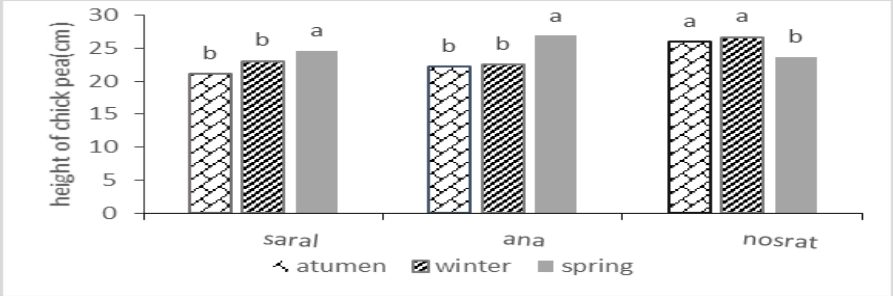
Sources of variance	df	Plant height	Number of pods per plant	Number of seeds per pod	seed yield	100 seed weight	Water use efficiency
Replication	2	26.9	30.41	39.45	309.77	274.2	24.63
Date	2	43.3**	3.56 ns	6.26 ns	17.83 ns	8 ns	0.159 ns
Error a	4	16.3	16.36	22.72	39.44	17	0.6
Cultivar	2	22.5ns	1.71ns	2.23 ns	9.56 ns	7 ns	0.076 ns
planting ratio	3	12.9 ns	808.97 **	731.42**	1548.9**	61.45*	2.95 **
Planting date × cultivar	4	55.6 **	5.74 ns	2.9ns	7.7 ns	159.4**	0.187 ns
Planting ratio* time	6	4.1ns	1.029 ns	1.42 ns	5.2 ns	0.8 ns	0.077ns
Planting ratio* cultivar	6	3.9 ns	1.134 ns	0.74 ns	2.28 ns	3.1 ns	0.055 ns
Planting ratio* cultivar * time	12	8.4 ns	1.59 ns	1.55 ns	2.61 ns	1.1 ns	0.056 ns
Error	66	10.3	2.72	2.74	11.04	18.5	0.15
Coefficient of Variation (%)		16.72	15.54	16.4	23.67	14.71	27

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

۳–۵. ارتفاع بوته نخود

جدول تجزیه واریانس نشان داد بین تیمارهای نخود از نظر زمان کاشت بر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد؛ ولی اثر متقابل زمان و الگوی کاشت و اثر متقابل رقم و نسبت کاشت برای این صفت معنی‌دار نشد. بیشترین ارتفاع بوته (۲۲/۶۶ سانتی‌متر) در فصل پاییز در رقم نصرت، الگوی کاشت (۱۰۰٪ نخود نصرت + ۷۵ ٪ بالنگوی شهری) و در زمستان (۲۶/۷ سانتی‌متر) در رقم نصرت با نسبت کاشت (۱۰۰٪ نخود نصرت + ۵۰٪ بالنگوی شهری) و در بهار (۲۷/۸۳ سانتی‌متر) در الگوی کاشت (۱۰۰٪ نخود آنا + ۷۵ ٪ بالنگو) به‌دست آمد. اثر متقابل زمان کاشت و رقم بین تیمارها در سطح یک درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود. مقایسه میانگین الگوهای کشت‌شده نشان داد که رقم نخود نصرت در کشت خالص و به‌صورت کشت زمستانه دارای بیشترین ارتفاع (۲۸/۶۶ سانتی‌متر) بود. همچنین نتایج اثر متقابل زمان و رقم (شکل ۶) نشان‌دهنده اختلاف بین ارقام در زمان‌های مختلف کاشت بود. بررسی جدول مقایسه میانگین زمان کشت و ارقام کشت‌شده (شکل ۶) برتری رقم نصرت در بین ارقام کشت‌شده از لحاظ ارتفاع بوته را نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد با تأخیر در تاریخ کاشت به‌دلیل کوتاه‌شدن طول دوره رشد نخود و کاهش رطوبت قابل دسترس گیاه، ارتفاع بوته کاهش یافت. بر اساس نتایج آزمایش‌های انجام‌شده هنگامی که دو گونه با ارتفاع بوته، پوشش گیاهی و الگوی رشد متفاوت به‌صورت همزمان در کشت مخلوط قرار می‌گیرند، کمترین رقابت را با یکدیگر

ایجاد می‌کنند و این موضوع باعث افزایش عملکرد کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی می‌شود (**Borjaii *et al*., 2013**). از طرفی کشت زودهنگام، باعث استقرار مناسب گیاه می‌شود و نهایتاً افزایش طول بوته گیاهان را در پی دارد (**Hashemabadi & Sdaqthur, 2005**)



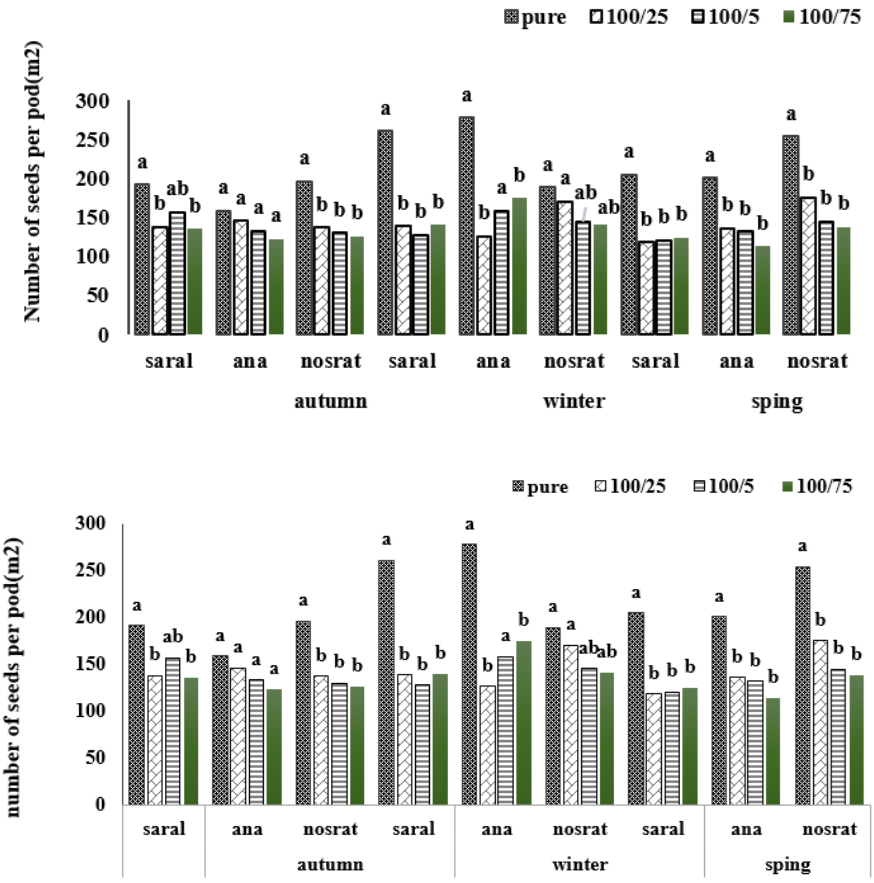
شکل ۶. مقایسه زمان کشت بر ارتفاع ارقام نخود.

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون **LSD** در سطح احتمال پنج درصد است.

در شرایط سایه با کاهش نسبت نور قرمز به قرمز دور (**R/FR**) و کاهش میزان تشعشعات فعال فتوسنتزی (**PAR**) افزایش ارتفاع گیاهان قابل انتظار است (**Yang *et al*., 2014**). تعدادی از پژوهشگران در بررسی ژنوتیپ‌های متحمل به سرما در کشت پاییز و بهاره اظهار داشتند که کشت پاییزه سبب افزایش ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌ها می‌شود (**Mandani *et al*., 2018**). **Lopez-Bellido *et al*. (2008)** رشد نخود کابلی را در شرایط آب و هوایی مدیترانه و در چهار تاریخ کشت (اواخر پاییز، اوایل زمستان، اواسط زمستان و اواخر زمستان) مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که ارتفاع بوته با افزایش طول دوره رشد نخود افزایش معنی‌داری را نشان داد.

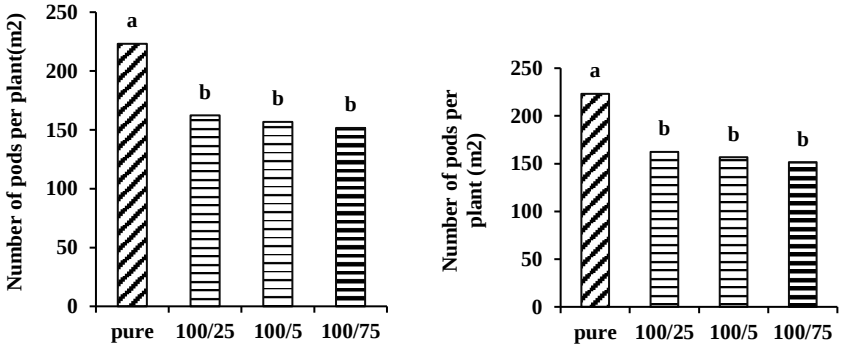
۳-۶. تعداد غلاف و دانه در بوته

بین ارقام از نظر تعداد غلاف در بوته در سطح پنج درصد و از نظر الگوهای کشت‌شده در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. از نظر تعداد دانه در بوته نخود بین الگوهای کشت‌شده در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت؛ ولی از نظر زمان کاشت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اثر متقابل نسبت‌های کاشت و رقم و زمان کاشت بر این صفات معنی‌دار نشد. جدول مقایسه میانگین (شکل ۷) نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته در رقم نصرت و در کشت خالص در بهار (۲۷۶ غلاف در متر مربع) بود. همچنین رقم آنا در زمستان (۲۷۸ دانه در متر مربع) بیشترین تعداد دانه در متر مربع را نشان داد. در بررسی مقایسه میانگین الگوهای کشت‌شده نخود با گیاه بالنگو (شکل ۸) مشاهده شد که در کشت خالص نخود بیشترین تعداد غلاف در متر مربع (۲۲۳ غلاف) و بیشترین تعداد دانه در غلاف (۲۱۵ دانه) را به خود اختصاص داد. تغییرات تعداد غلاف در بوته در رقم‌های مختلف، به‌دلیل تفاوت‌های ژنتیکی است. تعداد غلاف یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد است که بر عملکرد دانه بسیار مؤثر است. افزایش تعداد غلاف در بوته در تاریخ کشت‌های زودهنگام را می‌توان ناشی از طولانی‌بودن دوره رشد رویشی و تولید شاخه‌های فرعی در بوته دانست. در پژوهش دیگری مشاهده شد در اثر طولانی‌بودن دورهٔ زایشی، تعداد غلاف در هر ساقه افزایش یافت (**Iravani Panah *et al*., 2021**). در کاشت پاییزه، گیاه برای رشد رویشی و زایشی فرصت کافی داشته و کمتر تحت تأثیر تنش آخر فصل قرار می‌گیرد. کاهش تعداد غلاف در بوته در کشت زمستانه نسبت به کشت پاییزه، توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است (**Ortega *et al*., 2006**). با تأخیر در کشت به‌علت کاهش طول دوره رشد تعداد غلاف در بوته کاهش یافت که دلیل این امر این است که با تأخیر در کاشت و مواجه‌شدن مراحل رشد گیاه با حرارت و احیاناً خشکی، پوشش سبز و دوام سطح برگ کاهش می‌یابد؛ در نتیجه، ساخت مواد فتوسنتزی کمتر شده و رقابت درون‌بوته‌ای افزایش یافته و نه تنها تعداد گل کمتری در هر بوته تشکیل می‌شود، بلکه ریزش گل نیز زیاد شده و در نهایت تعداد غلاف در هر بوته کمتر می‌شود (**Veghar *et al*., 2005**).



شکل ۷. مقایسه ارقام نخود از نظر تعداد غلاف و تعداد دانه.

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون **LSD** در سطح احتمال پنج درصد است.



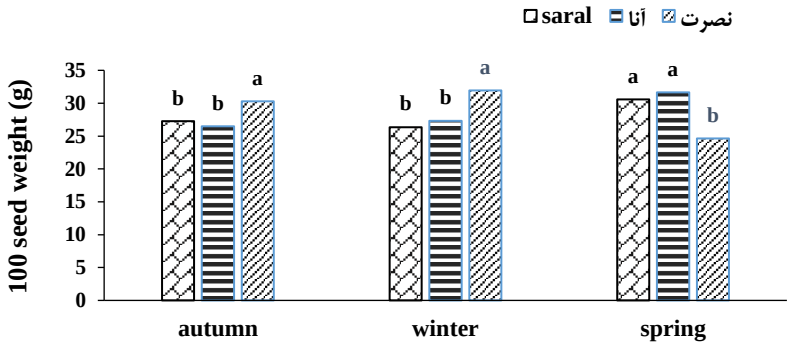
شکل ۸. مقایسه الگوهای کشت نخود از لحاظ تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته.

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون **LSD** در سطح احتمال پنج درصد است.

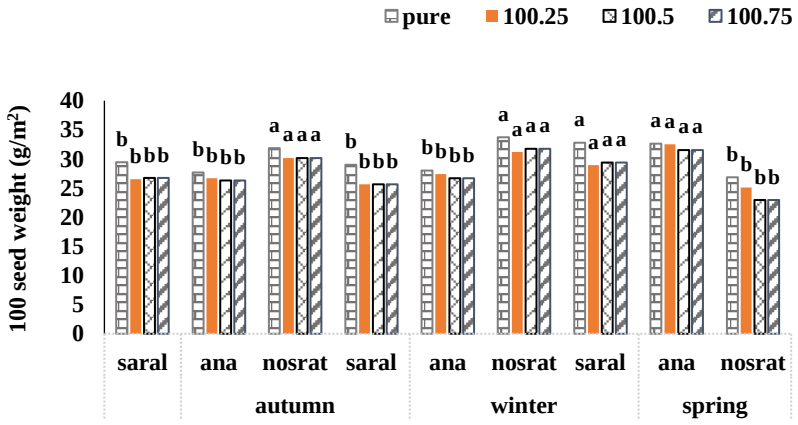
۳-۷. وزن صددانه

بین ارقام کشت‌شده از لحاظ زمان کاشت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت؛ ولی بین نسبت‌های کاشت در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت، همچنین اثر متقابل رقم و زمان کاشت معنی‌دار شد؛ به نحوی‌که بیشترین وزن ۱۰۰ دانه نخود (۳۱/۶۴ گرم در متر مربع) در پاییز و در رقم نصرت به‌دست آمد (جدول ۳). با توجه به شکل ۱۰ بیشترین وزن ۱۰۰ دانه در زمستان مربوط به رقم نصرت (۳۱/۶۴ گرم در متر مربع) و در بهار مربوط به رقم آنا (۳۱/۹۴ گرم در متر مربع) بود. با توجه به شکل ۱۰ میانگین بیشترین وزن صد دانه (۳۳/۷۱ گرم در متر مربع) در الگوی کشت خالص نخود رقم نصرت در زمستان به‌دست آمد. در همین راستا

Naseri *et al.* (2011) گزارش کردند که با تاخیر در زمان کاشت وزن صددانه نخود کاهش یافت. همچنین در تحقیق دیگر روی کشت مخلوط کنجد (***Sesamum indicum***) و نخود، وزن هزار دانه نخود از کشت خالص به سمت کشت مخلوط این دو گیاه زراعی، دارای شیب افزایشی بود (**Pouramir *et al.*, 2010**).



شکل ۹. وزن صد دانه رقم‌های نخود در زمان‌های متفاوت کاشت.
حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون **LSD** در سطح احتمال پنج درصد است.

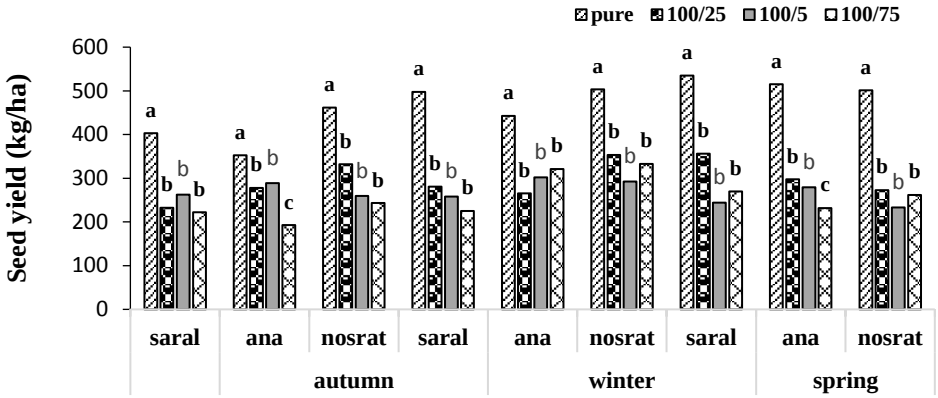


شکل ۱۰. وزن صد دانه ارقام نخود در الگوهای گوناگون کشت.
حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون **LSD** در سطح احتمال پنج درصد است.

۳-۸. عملکرد دانه

رقم‌های نخود از لحاظ عملکرد دانه و زمان کاشت تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. مقایسه میانگین عملکرد ارقام نخود نشان داد بین الگوهای کشت مخلوط تفاوت وجود داشت؛ به نحوی که عملکرد نخود در کشت خالص، ۴۶۸ کیلوگرم در هکتار و در الگوی کشت ۱۰۰:۲۵، ۲۶۹/۶ کیلوگرم در هکتار و در الگوی کشت ۱۰۰:۵۰، ۲۶۸ کیلوگرم در هکتار و در الگوی کشت ۱۰۰:۷۵، ۲۵۵ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۱۱ و جدول ۳). بیشترین میانگین عملکرد نخود در کشت خالص، رقم سارال در فصل زمستان (۵۳۴/۶۱ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد دانه در نسبت کاشت ۱۰۰:۷۵ ، رقم آنا و در فصل بهار (۱۹۲/۷ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. مقایسه عملکرد دانه ارقام نخود تحت تأثیر زمان و الگوهای مختلف کشت نشان داد که کشت خالص ارقام از عملکرد دانه بیشتری برخوردار است (شکل ۱۰). پژوهشگران گزارش کردند بالاترین عملکرد دانه سیاهدانه (***Nigella sativa***) از کشت خالص به دست آمده و با افزایش میزان نخود در سطوح کشت مخلوط (۱۰٪ نخود + ۱۰۰٪ سیاهدانه) و (۲۰٪ نخود + ۱۰٪ سیاهدانه) عملکرد دانه سیاهدانه، کاهش نداشته ولی از سطوح ۴۰٪ نخود + ۱۰۰٪ سیاهدانه به بعد عملکرد گیاه اصلی را کاهش

داشته است (**Rezaei-Chianeh *et al*., 2015**). نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش یادشده مطابقت دارد. محققان با بررسی اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر خصوصیات کمی و کیفی زیره سبز (***Cuminum cyminum***) 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 در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را رقابت گیاهان در سیستم کشت مخلوط بر سر منابع محیطی ذکر کردند (**Zarifpour *et al*., 2014**).



شکل ۱۱. مقایسه عملکرد دانه ارقام نخود تحت تاثیر الگوهای مختلفکشت.

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون **LSD** در سطح احتمال پنج درصد است.

۳-۹. شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط

۳-۹-۱. نسبت برابری زمین

نسبت برابری زمین در تمامی الگوهای کشت مخلوط بیشتر از یک بود که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط بالنگو با نخود نسبت به کشت خالص بود (جدول ۵). بیشترین مقدار **LER** معمولی کل (۴/۱۸) در پاییز در الگوی کشت ۱۰۰٪ نخود آنا + ۷۵ ٪ بالنگو به‌دست آمد. همچنین بیشترین مقدار **LER** استاندارد در بهار و در نسبت کشت ۱۰۰:۲۵ در رقم نصرت مشاهده شد. بنابراین بالنگو گیاه غالب بوده و از کشت مخلوط با نخود اثر مثبت پذیرفته است. به عبارت دیگر، 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 نشان‌دهنده برتری این الگوهای کشت براساس کارایی استفاده از زمین می‌باشد (**Yilmaz *et al*., 2015**). در تحقیق دیگری مشخص شد که در کشت مخلوط زیره سبز (***Cuminum cyminum***) و عدس (***Lens culinaris***) نسبت برابری جزئی زمین در زیره سبز نسبت به عدس بالاتر بود؛ به‌طوری‌که بالاترین **LER** جزئی عدس (***Lens culinaris***) (۰/۸۴) و زیره سبز (***Cuminum cyminum***) (۰/۹۵) از تیمار کشت مخلوط ردیفی به‌دست آمد (**Rezaei-Chiyaneh *et al*., 2015**). همچنین **Amani Machiani *et al*. (2018)** گزارش کردند که در کلیه الگوهای کشت مخلوط نعناع فلفلی (***Mentha piperita***) و سویا (***Glycine max***) نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود.

۳-۹-۲. نسبت رقابت

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 گونه دیگر به صورت مخلوط کشت شود، ولی اگر نسبت رقابت گونه‌ای بیشتر از یک باشد، یعنی آن گونه در کشت مخلوط از غالبیت برخوردار است (**Willey *et al*., 1979**). با توجه به جدول ۵، نسبت رقابت در الگوی کشت ۱۰۰:۲۵ رقم نخود نصرت در پاییز دارای بیشترین میزان (۱۳/۰۶) بود. همچنین نسبت رقابت گونه‌ای در فصول زمستان و بهار کمترین مقدار بود.

جدول ۵. مقادیر نسبت برابری زمین **LER** معمولی و **LER** استاندارد و نسبت رقابت **(CR)**.

Planting season	Planting ratio	cultivars	LER-Normal			LER-Standard			CR		
		chickpea	Lallemantia	chickpea	Total	Chickpea	Lallemantia	Total	chickpea	Lallemantia	Total
autumn	100-25	Ana	1.11	0.92	2.03	0.31	0.89	1.20	4.86	0.24	5.1
	100-50	Ana	1.19	1.14	2.23	0.36	0.95	1.31	2.09	1.12	3.21
	100-75	Ana	1.25	2.81	4.18	1	1	2.00	0.59	1.69	2.28
	100-75	Saral	0.87	0.32	1.20	0.32	0.87	1.20	3.62	0.28	3.9
	100-25	Saral	0.81	1.07	1.15	0.35	0.81	1.15	3.01	0.33	3.34
	100-50	Saral	1	0.94	1.32	0.32	1.00	1.32	2.12	0.47	2.59
	100-70	Nosrat	1.04	0.34	1.38	0.34	1.04	1.38	4.09	0.24	4.43
	100-25	Nosrat	0.86	0.26	1.12	0.26	0.86	1.12	12.98	0.08	13.06
	100-50	Nosrat	1.01	0.23	1.24	0.23	1.01	1.24	8.84	0.11	8.95
Waiting	100-25	Saral	0.91	0.99	1.90	0.99	0.88	1.90	3.67	0.27	3.94
	100-50	Saral	1.03	1.07	2.10	1.07	2.20	2.10	1.93	0.52	2.45
	100-75	Saral	0.47	1.01	1.47	1	0.47	1.47	0.62	1.61	2.23
	100-50	Ana	0.81	0.81	1.62	0.81	0/81	1.62	1.98	0.5	2.48
	100-75	Ana	0.67	0.60	1.32	0.60	0/67	1.28	1.49	0.67	2.16
	100-25	Ana	0.74	0.93	1.68	0.93	0.74	1.68	3.19	0.31	3.5
	100-25	Nosrat	0.72	1.06	1.78	1.06	0.72	1.78	2.71	0.37	3.08
	100-50	Nosrat	0.85	0.63	1/48	0.63	0.85	1.48	2.68	0.37	3.05
	100-75	Nosrat	0.83	0.58	1..41	0.58	0.83	1.41	1.89	0.53	2.42
spring	100-50	Ana	1.50	0.90	2.40	0.90	1.50	2.40	3.32	0.3	3.62
	100-25	Ana	1.11	1.01	2.12	1.01	1.11	2.12	4.39	0.23	4.62
	100-75	Ana	1.37	0.95	2.32	0.95	1.37	2.32	1.92	0.52	2.44
	100-75	Nosrat	1.89	0.84	2.73	0.84	1.61	2.73	3	0.33	3.33
	100-50	Nosrat	1.17	0.72	1.89	0.72	1.17	1.89	3.27	0.31	3.58
	100-25	Nosrat	1.25	1.83	3.08	1.83	1.25	3.08	2.73	0.37	3.1
	100-50	Saral	0.68	0.93	1.61	0.93	0.68	1.61	1.48	0.68	2.16
	100-25	Saral	0.74	0.92	1.65	0.92	0.74	1.65	3.21	0.31	3.52
	100-75	Saral	1.33	0.81	2.14	0.81	1.33	2.14	2.19	0.46	2.65

۴. نتیجه‌گیری کلی

با توجه به یافته‌های این ارزیابی می‌توان اظهار داشت که با توجه به تغییرات اقلیم جهانی، تغییر فصل کشت نخود از بهار به زمستان در شرایط زراعی دیم منجر به بهبود ویژگی‌های رشدی، اجزای عملکرد و بهبود خصوصیات بیوشیمیایی این گیاه می‌شود. به نحوی که افزایش طول دوره رشد و همچنین عدم برخورد مراحل حساس گلدهی و غلاف‌دهی به گرمای انتهای فصل، منجر به افزایش اجزای عملکرد و عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه می‌شود. کوتاه‌شدن طول رشد رویشی (کشت بهار) با کاهش فرآورده‌های فتوسنتزی در گیاه همراه بود و مواد فتوسنتزی کمتری به اندام‌های زایشی انتقال یافت؛ بنابراین عملکرد گیاه را کاهش داد. همچنین در بین ارقام نخود مورد آزمایش، رقم نصرت از عملکرد مناسبتری برخوردار بوده است و می‌توان آن را پیشنهاد کرد. همچنین در بین الگوهای کشت مخلوط نیز بعد از الگوی کشت خالص، الگوی کشت ۲۵ درصد بالنگو و ۱۰۰ درصد نخود دارای بیشترین عملکرد بود.

۵. منابع

Adas Consulting Ltd. (2002). ***Calendula as Agronomic Raw Material for Industrial Application*** **(CARMINA). (Final project report). ADAS Terrington, King, s. Lynn, Norfolk, 50p.**

Alisan, M., Arian, M.A., Khanzada, S., Nagvi, M.H., Lemardahal, M., & Nizamani, N.A. (2005). Yield and quality parameters of wheat genotypes as affected by sowing date and high-temperature stress. ***Pakistan Journal of Botany***, ***37***(3), 576-584.

Amani Machiani, M., Rezaei-Chiyaneh, E., Javanmard, A., Maggi, F., & Morshedloo, M.R. (2019). Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed yield and quality-quantitative production of the essential oils from fennel (*Foeniculum vulgare*) and dragonhead (*Dracocephalum moldavia*) in the intercropping system under the humic acid application. ***Journal of Cleaner Production***, ***235***, 112-122. **(In Persian).**

Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. ***Agronomy Journal***, ***23***, 112-121.

Banik, B., 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*(4), 325-332.

Bashir, M.U., Akbar, N., Iqbal, A., & Zaman, H. (2010). Effect of different sowing dates on yield and yield components of direct seed coarse rice. *Pakistan Journal of Agriculture Science*, *74*(4), 361-365.

Benjamin, J.G., & Nielsen, D.C. (2006). Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea, and chickpea. *Field Crops Research, 97*, 248–253.

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

Dadkhah, N.A., Ebadi, G., Parmoon, E., Gholipoori, E., & Jahanbakhsh, S. (2014). Effect of spraying zinc on photosynthetic pigments and grain yield of chickpea under level different irrigation. *Iranian Agriculture Drought Journal*, *2*(2), 141-161. (In Persian).

Dehghan, A., Zabihi-Afrouz, R., & Hosseini, M. (2009). *Water use efficiency of crops for Iran and compare it with countries of the world.* Research Institute of Planning, Economics and Rural Development, Ministry of Agriculture, Tehran, 82 pp. (In Persian).

FAO, Statistical Yearbook (2021). World Food and Agriculture.

Gunes, A., Cicek, N., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Guneri, E., & Guzelordu, T.(2006). Genotypic response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to drought stress implemented at pre-and post an thesis stages and its relations with nutrient uptake and efficiency. *Plant Soil Environment, 52*, 868-876.

Hadley, P., & Summer Field, R.J. (1983). Effect of temperature and photoperiod on the reproductive development of selected grain legume. *Field Crops Abstract*, *19*, 43.

Hamzei, J., Seyedi, M., Ahmadvand, G., & Abutalebian, M.A. (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).

Iravani Panah, H., Parsa Motlagh, B., Soleimani, A., & Mazaheri Tirani, M. (2021). Effect of different sowing dates on yield and some physiological traits of three chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, *53*(2), 1-16. (In Persian).

Kahrizy, S., & Sepehri, A. (2019). Effect of vermicompost, nitrogen and phosphorus fertilizers on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under terminal drought stress. *Agricultural Science and Sustainable Production*, *29*(1), 67-83. (In Persian).

Katayoun, M.S. (2006). Essential oil composition of *Lallemantia iberica* Fisch. et C.A. Mey. *Journal of Essential Oil Research*, *18*(2), 164–165. (In Persian).

Kremer, R.J., & Kussman, R.J. (2011). Soil quality in a pecan-kura clover alley cropping system in the Midwestern USA. *Agroforest System*, *93*, 213-223

Lopez-Bellido, F.J., Lopez-Bellido, R.J., Kasem Khalil, S., & Lopez-Bellido, L. (2008). Effect of planting date on winter Kabuli chickpea growth & yield under rainfed Mediterranean conditions. *Journal of Agronomy*, *100*(4), 954-964.

Mandani, F., & 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. (In Persian).

Mikic, A., Cupinax, B., Rubiales, D., Mihailovi, V., Sarunaitek, L., Fustec, J., Antanasovicx, S., Krsticx, D., Bedoussac, L., Zoricx, L., DorCevic, V., Peric, V., & Srebri, M. (2014). Models, developments, and perspectives of mutual legume intercropping. *Journal Advances Agronomy*, *130*, 1-83.

Mohammadi, M., Roozrokh, M., & Talebi, R. (2016). Effect of supplemental irrigation and iron foliar application on chickpea genotypes in Kermanshah. *Journal of Crop Ecophysiology*, *27*, 103-113. (In Persian).

Movaghar-Moghadam, H., & Galmakani, T. (2002). Calculation and monitoring of effective rainfall in irrigation systems. *Bulletin of the Institute of Ecology*, *4*, 13-21. (In Persian).

Naseri, R.S.A., Siyadat, A., Soleymani Fard, A., Soleymani, R., & Khosh Khabar, H. (2011). Effects of planting date and density on yield, yield components and protein content of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under rainfed conditions in Ilam province. *Iranian Journal of Pulses Research*, *2*(2), 7-18. (In Persian).

Ortega, P.F., Jose Grageda, G., & Morales, G. (1996). Effect of sowing dates, irrigation, plant densities and genotypes on chickpea in Sonora, Mexico. Inter. *Chickpea and Pigeon Pea Newsletter, 3*, 24-26.

Pouramir, F.M., Nassiri Mahallati, A., Koocheki, & Ghorbani, R. (2010). Assessment of sesame and chickpea yield and yield components in the replacement series intercropping. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *5*(8), 757-767. (In Persian).

Raei, Y., Bolandnazar, S.A., & 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. (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).

Rohi Saralan, A., Shafagh- Kolvanagh, J., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., & Saeidi, M. (2019). Yield and fatty acid composition of dragon's head (*Lallemantia iberica* Fischer & C.A. Meyer) intercropped with purslane (*Portulaca oleracea* L.) under mulching and biofertilizers. *Journal Agricultural Sciences and Sustainable Production, 29*(1), 51-66. (In Persian).

Sandhu, P. (1984). Effect of sowing dates, phosphorus, levels and herbicides on the response of *Rhizobium inoculation* in lentil. *Lens Newsletter, 11*, 35.

Sarvajeet, S.G., & Narendra, T. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in a biotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry, 3*, 1-22.

Soltani, A., & Sinclair, T.R. (2012). Identifying plant traits to increase chickpea yield in water-limited environments. *Field Crops Research, 133*, 186-196. (In Persian).

Vandermeer, J.H. (1989). *The Ecology of Intercropping.* Cambridge University Press, 297 pp.

Veghar, M.S., Noor Mohammady, R., Shams, K., Pazaki, A., & Khurbani, S. (2008). Effect of sowing time on yield and yield components of dryfarming chickpea (*Cicer arientinum* L.) in Kermanshah region. *Plant and Ecosystem, 5*(1), 1-18. (In Persian).

Vrignon-Brenasa, S., Celettea, F., Amosséc, C., & David, C. (2015). Effect of spring fertilization on ecosystem services of organic wheat and clover relay intercrops. *European Journal of Agronomy, 73*, 73-82.

Wang, Z., Zhao, X., Wu, P., He, J., Chen, X., Gao, Y., & Cao, X. (2015). Radiation interception and utilization by wheat/maize strip intercropping systems. *Journal Agricultural Forest Meteor, 204*, 58-66.

Willey, R.W. (1979). Intercropping its importance and research needs: Part I. Competition and yield advantage. *Field Crop Abstracts, 32*, 1–10.

Yang, F., Huang , S., Gao, R., Liu, W., Yong, T., Wang, X., Wu, X., & 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., Ozel, A., Atak, M., & 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, M.T., & 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).