

Effect Of Planting Pattern On Some Morphophysiological Traits Of Several Chickpea Cultivars Under Rainfed Conditions

Seyed Siavash Zangeneh¹, Hassan Heidari^{2*}, Pardis Boroomandan³, Zhaleh Zarei⁴

1- MSc student, Department of Plant Production and Genetics Engineering, Faculty of Agricultural Science and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran

2- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics Engineering, Faculty of Agricultural Science and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran

3- Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics Engineering, Faculty of Agricultural Science and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran

4- Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics Engineering, Faculty of Agricultural Science and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran

*Corresponding author: heidari1383@gmail.com, h.heidari@razi.ac.ir

1. Introduction

Drought damages agricultural crops in Iran every year. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is one of the most important grain legumes cultivated in arid and semi-arid regions, where rainfed production is frequently constrained by limited soil moisture and irregular rainfall distribution. Improving crop establishment and vegetative growth through appropriate planting system is considered an effective management strategy to enhance crop adaptation under rainfed conditions. Among water-saving strategies, furrow irrigation stands out as a beneficial technique for enhancing crop water productivity and achieving higher yields compared to other irrigation methods in water-scarce environments (Memon et al., 2020). Ridge-furrow rainwater harvesting (RFRH) systems are specifically employed in arid and semi-arid regions to improve soil water availability, crop yield, and water use efficiency (WUE) by modifying micro-topography to capture and store rainwater (Zhang et al., 2024). Chourasiya et al. (2018) reported that establishing chickpea using a furrow-and-ridge system, compared to flat planting, improved plant growth and significantly increased grain yield and production productivity. Similarly, a study by Patel et al. (2016) demonstrated that furrow-based planting methods, as opposed to flat planting, enhanced growth and increased both grain yield and crop residue in chickpeas. Planting system influences soil water conservation, aeration, root development, and nutrient availability, thereby affecting crop growth and physiological performance. In addition, chickpea cultivars may differ in their response to various planting systems due to genetic variability. Therefore, identifying the most suitable combination of cultivar and planting system is essential for improving chickpea growth under rainfed farming systems. The present study was conducted to evaluate the effects of different planting systems on the morphophysiological characteristics and grain yield of chickpea cultivars and to identify suitable combinations of cultivar and planting system for improving chickpea performance under rainfed conditions.

2. Materials and Methods

The experiment was carried out during the 2023–2024 growing season at the Research Farm of the Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. The experiment was arranged as a factorial based on a randomized complete block design (RCBD) with four replications. Experimental treatments consisted of three chickpea cultivars

(Mansour, Ana, and Ata) and three planting systems including conventional flat planting, planting in 0.5-m furrows, and planting in 1-m furrows. The crop was grown under rainfed conditions, and all agronomic practices were uniformly applied throughout the growing season. Morphophysiological traits including relative water content (RWC), leaf area index (LAI), fresh plant weight, dry plant weight, number of leaflets, stem diameter, plant height, and number of secondary branches were measured at the appropriate growth stage. Data were analyzed using SAS software, and mean comparisons were performed using the Least Significant Difference (LSD) test at the 5% probability level.

3. Results and Discussion

The results indicated that planting system and cultivar significantly affected most of the evaluated morphophysiological traits and grain yield. Significant interactions between cultivar and planting system were also observed for several traits. Compared with conventional flat planting, both 0.5-m and 1-m furrow planting systems improved vegetative growth, resulting in greater plant height, higher leaflet number, and improved leaf area development. The highest leaf area index was recorded in the Mansour cultivar under the 1-m furrow planting system, representing approximately an 80% increase compared with the lowest value observed in the Ana cultivar grown in the 0.5-m furrow treatment. Among the tested cultivars, Mansour consistently exhibited superior vegetative performance, particularly in terms of plant height, leaf area index, and leaflet number, whereas Ana generally produced the lowest values across most planting systems.

Grain yield also responded significantly to the interaction between cultivar and planting system. The highest grain yield was obtained from the Ata cultivar under the 1-m furrow planting system, which was approximately 57.7% higher than that recorded for the same cultivar under conventional flat planting. This result indicates that the response of chickpea cultivars to furrow planting was genotype-dependent. The favorable response of Ata to the 1-m furrow system may be associated with improved soil water availability and more favorable conditions for vegetative development and assimilate accumulation under rainfed conditions. In contrast, the relatively stable performance of Mansour across different planting systems suggests greater adaptability to varying field conditions. Overall, the results demonstrate that improvements in morphophysiological traits under furrow planting can contribute to enhanced grain production, although the magnitude of this response depends on cultivar characteristics.

4. Conclusions

The findings demonstrated that planting system is an effective agronomic practice for improving morphophysiological characteristics and grain yield of chickpea under rainfed conditions. Furrow planting, particularly the 1-m furrow system, promoted better vegetative growth than conventional flat planting. Among the evaluated cultivars, Mansour showed the greatest adaptability to different planting systems and consistently produced superior morphophysiological characteristics. However, the highest grain yield was obtained from Ata under the 1-m furrow planting system, highlighting the importance of cultivar-specific responses to planting system. Therefore, the 1-m furrow planting system, combined with a suitable cultivar such as Ata for grain production or Mansour for stable vegetative performance, can be considered a promising management option for improving chickpea production under rainfed conditions similar to those of the present study.

5. Keywords

Chickpea cultivar; Furrow planting; Leaf area index; Morphophysiological traits; Rainfed agriculture; Relative water content

اثر آرایش کاشت بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک چند رقم نخود در شرایط دیم

سید سیاوش زنگنه^۱، حسن حیدری^{۲*}، پردیس برومندان^۳، ژاله زارعی^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۳- استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۴- استادیار حق التدریس، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

*نویسنده مسئول: heidari1383@gmail.com, h.heidari@razi.ac.ir

چکیده

بهبود استقرار گیاه و رشد رویشی نخود از طریق انتخاب الگوی کاشت مناسب، یکی از راهکارهای مؤثر برای افزایش سازگاری این گیاه زراعی در شرایط دیم محسوب می‌شود. از اینرو، این پژوهش با هدف بررسی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک ارقام مختلف نخود و شناسایی مناسب‌ترین الگوی کاشت برای بهبود رشد رویشی و وضعیت فیزیولوژیک گیاه در شرایط دیم انجام شد. آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل سه رقم نخود (منصور، آنا و آتا) و الگوی کاشت در سه سطح (کشت مسطح، کشت درون جوی‌های با عرض نیم‌متری و کشت درون جوی‌های با عرض یک‌متری) بودند. نتایج نشان داد که الگوی کاشت و رقم اثر معنی‌داری بر اغلب صفات رویشی و فیزیولوژیک داشتند و اثر برهمکنش آن‌ها نیز قابل توجه بود. کاشت درون جوی‌های با عرض یک‌متری و درون جوی‌های با عرض نیم‌متری موجب افزایش شاخص‌های رشد رویشی از جمله عملکرد دانه، ارتفاع بوته و تعداد برگ‌چه در بوته نسبت به کشت مسطح شد. بیشترین عملکرد دانه با مقدار ۱۲۲/۹۰ گرم در مترمربع در رقم آتا و کشت در جوی یک‌متری حاصل شد، در حالی که کمترین مقدار آن با ۷۷/۹۳ گرم در مترمربع در رقم آتا و کشت مسطح مشاهده شد. بالاترین شاخص سطح برگ در رقم منصور در آرایش کاشت درون جوی‌های با عرض یک‌متری مشاهده شد که نسبت به کمترین مقدار در رقم آنا در الگوی کاشت درون جوی‌های با عرض نیم‌متری حدود ۸۰ درصد افزایش نشان داد. در میان ارقام، رقم منصور در بیشتر صفات رویشی برتر بود، در حالی که رقم آنا عموماً کمترین مقادیر را داشت. بر اساس نتایج این پژوهش، استفاده از الگوی کاشت درون جوی، به‌ویژه جوی‌های یک‌متری، همراه با رقم منصور، به‌عنوان مناسب‌ترین تیمار برای بهبود صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد نخود در شرایط این پژوهش معرفی شد. بهبود خصوصیات

مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دانه نخود در کشت جوی و پشته احتمالا بعثت بهبود جمع‌آوری و نگهداری آب باران در محل ریشه و فراهم کردن شرایط مناسب‌تر رطوبتی در ناحیه ریشه باشد.

واژه‌های کلیدی: محتوای نسبی آب برگ؛ شاخص سطح برگ؛ زیست‌توده؛ کشت جوی و پشته؛ رشد رویشی

مقدمه

حبوبات مجموعه‌ای متنوع از گیاهان خوراکی هستند که دانه‌های آن‌ها مانند نخود، لوبیا، عدس و ماش از گذشته‌های دور در تغذیه انسان نقش اساسی داشته‌اند و یکی از مهم‌ترین منابع تأمین مواد مغذی و حفظ سلامت محسوب می‌شوند. این گیاهان با دارا بودن ترکیباتی نظیر ریبوفلاوین، ویتامین C و کاروتن، منبعی ارزشمند از پروتئین گیاهی و مواد مغذی ضروری‌اند و توانایی آن‌ها در تأمین اسیدهای آمینه ضروری به‌ویژه لیزین، جایگاه ویژه‌ای در رژیم‌های غذایی انسانی به‌ویژه در کشورهای کم‌درآمد به آن‌ها بخشیده است (Hayat et al., 2014). افزون بر این، قیمت مناسب و قابلیت دسترسی بالای آن‌ها در سراسر جهان، حبوبات را به جایگزینی اقتصادی و مطمئن برای منابع پروتئینی حیوانی تبدیل کرده است (Cheng et al., 2019). بنابراین از دیدگاه کشاورزی و زیست‌محیطی، حبوبات از جمله گیاهانی هستند که به واسطه توانایی تثبیت نیتروژن هوا در خاک، موجب کاهش نیاز به کودهای شیمیایی و ارتقای حاصل‌خیزی زمین می‌شوند، از این رو کشت آن‌ها به حفظ تنوع زیستی و پایداری محیط‌زیست کمک می‌کند (Stagnari et al., 2017). نخود به‌عنوان یک لگوم، با تثبیت نیتروژن اتمسفری (N_2) موجب بهبود حاصل‌خیزی خاک می‌شود و می‌تواند تا حدود ۸۵٪ از نیاز نیتروژنی خود را از طریق تثبیت همزیستی N_2 تأمین کند (Kaur et al., 2022). ارقام مورد مطالعه شامل سه رقم کابلی (سفید) نخود دیم، شامل منصور، آنا و آتا، بودند که از نظر ویژگی‌های مورفولوژیک، عملکردی و سازگاری اقلیمی با یکدیگر تفاوت داشتند. مشخصات ارقام در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های اصلی ارقام نخود مورد استفاده در آزمایش.

Table 1. Main characteristics of the chickpea cultivars used in the experiment.

ویژگی Characteristic	آتا Ata	آنا Ana	منصور Mansour
Germplasm نام کد/ژرم‌پلاسِم	X03TH148	FLIP 98-130C	FLIP 95-55C
Year of release سال معرفی	2018	2017	2011
Origin منشأ	ICARDA	ICARDA	ICARDA
Seed type تیپ دانه	کابلی (سفید) Kabuli (White)	کابلی (سفید) Kabuli (White)	کابلی (سفید) Kabuli (White)
Plant height (cm) ارتفاع بوته	36	36	52
100-seed weight (g) وزن ۱۰۰ دانه	37	36	36
Average seed yield (kg ha ⁻¹) عملکرد متوسط دانه	1300	1399	1068

Protein (%) پروتئین	24	26	20
مقاومت به برق زدگی Resistance to Ascochyta blight	Resistant مقاوم	Semi-Resistant نیمه مقاوم	Resistant مقاوم
مقاومت به فوزاریوم Resistance to Fusarium	Semi-Resistant نیمه مقاوم	Semi-Resistant نیمه مقاوم	Resistant مقاوم
Suitable climate اقلیم مناسب	Cold to moderately cold climate سرد تا معتدل سردسیر	Cold to moderately cold climate سرد تا معتدل سردسیر	Temperate to warm climate معتدل تا گرمسیر
فصل کاشت توصیه شده Recommended planting season	Autumn پاییز	Autumn پاییز	Autumn پاییز

منابع: Saeid et al., 2021؛ Saeid et al., 2018؛ Hasanian Khoshroo, 2022

آرایش کاشت یکی از اجزای حیاتی فناوری پیشرفته تولید محصولات کشاورزی است. این روش نه تنها باعث استقرار مناسب گیاه زراعی می‌شود، بلکه نقش قابل توجهی در صرفه‌جویی در مصرف آب به ویژه در شرایط محدودیت آب دارد. رطوبت خاک یکی از عوامل محدودکننده اصلی تولید نخود در مناطق دیم محسوب می‌شود. بنابراین، حفظ و مدیریت آب باران از طریق روش‌های کاشت مناسب ضروری است تا بتوان از آن در طول دوره‌های خشکی طولانی، به ویژه در حساس‌ترین مراحل رشد گیاه زراعی، به‌طور مؤثر استفاده کرد. استفاده از آرایش کاشت مناسب در زراعت نخود، تأثیر بسزایی بر موفقیت عملیات زراعی، مدیریت علف‌های هرز، مصرف آب و در نهایت، عملکرد نهایی خواهد داشت. این روش‌ها عمدتاً بر اساس نوع خاک، در دسترس بودن تجهیزات، و اینکه کشت به صورت دیم (بدون آبیاری) یا آبی انجام می‌شود، انتخاب می‌گردند (Shashikumar et al., 2013). روش‌های صرفه‌جویی در مصرف آب، مانند روش آبیاری جویچه‌ای، به عنوان یک روش مفید آبیاری برای افزایش بهره‌وری آب گیاه زراعی و دستیابی به عملکرد بیشتر گیاه زراعی در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری در منابع محدود آب، قابل توجه است (Memon et al., 2020). سامانه‌های جمع‌آوری آب باران از طریق جوی و پشته (RFRH) به طور گسترده در مناطق خشک و نیمه‌خشک برای بهبود دسترسی به آب خاک، عملکرد گیاه زراعی و کارایی مصرف آب (WUE) با اصلاح ریزوتوپوگرافی برای جمع‌آوری و ذخیره آب باران استفاده می‌شوند (Zhang et al., 2024).

Chourasiya و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که استقرار نخود در سامانه جوی و پشته در مقایسه با کشت مسطح، موجب بهبود رشد گیاه و افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و بهره‌وری تولید شد. همچنین Patel و همکاران (۲۰۱۶) در یک پژوهش نشان دادند که استفاده از روش‌های کاشت مبتنی بر ایجاد جوی (furrow planting) نسبت به کشت مسطح، سبب بهبود رشد و افزایش عملکرد دانه و بقایای گیاهی نخود شد. تحقیقات جدید درباره روش‌های مختلف کاشت (برای مثال الگوی کاشت دو ردیفه یا مکانیزه) نشان می‌دهند که روش کاشت می‌تواند در ترکیب با فاصله‌های بین ردیف تفاوت‌های مشهودی در رشد و عملکرد ایجاد کند. نتایج یک مطالعه نشان داد کاشت نخود در الگوی کاشت مسطح و با فواصل مناسب ردیف موجب افزایش تعداد شاخه‌ها و تجمع مواد خشک نسبت به سایر روش‌ها شد (Swathi et al., 2022). Nadimi Dafrazi و همکاران (۱۴۰۱) اثر روش‌های کاشت جوی و پشته و مسطح و همچنین، میزان کود نیتروژن بر عملکرد دانه گندم را بررسی کردند. نتایج نشان داد که روش کاشت جوی و پشته به همراه ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار،

منجر به بالاترین عملکرد دانه و صفات گیاهی از جمله ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، پروتئین دانه و عملکرد زیستی در گندم شده است. بر اساس آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲، رتبه چهارم میزان تولید دیم، مربوط به نخود با تولید حدود ۲۴۴ هزار تن و سهم ۲/۳۷ درصد از کل میزان تولید محصول زراعی دیم است. استان کرمانشاه در میان استان‌های تولید کنند نخود دیم، با سهم ۳۷/۸۴ درصدی در رتبه یک قرار دارد. در میان ارقام مورد استفاده در منطقه، رقم منصور به‌عنوان رقم غالب/متداول معرفی شده است (Ministry of Agriculture Jihad, 2024). با توجه به مطالب فوق هدف این پژوهش، بررسی اثر آرایش کشت بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک ارقام مختلف نخود و شناسایی مناسب‌ترین الگوی کاشت برای بهبود رشد رویشی و وضعیت فیزیولوژیک گیاه در شرایط دیم بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی اجرا شد. مختصات جغرافیایی محل آزمایش شامل عرض ۳۴ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی، طول ۴۷ درجه و ۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریا بود. گیاه مورد بررسی نخود دیم (*Cicer arietinum* L.) شامل سه رقم منصور، آنا و آتا بود. با توجه به شرایط اقلیمی مناطق معتدل و بر اساس مشاهدات سال‌های اخیر در استان کرمانشاه، تاریخ کاشت اسفندماه در نظر گرفته شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل رقم در سه سطح (منصور، آنا و آتا) و الگوی کاشت در سه سطح (کشت مسطح معمولی، کشت درون جوی‌های با عرض نیم‌متری و کشت درون جوی‌های با عرض یک‌متری) بودند. بافت خاک سیلتی لومی رسی، هدایت الکتریکی ۱/۴۳، اسیدیته ۷/۷ و کربن آلی خاک ۰/۶۵ درصد بود. اطلاعات هواشناسی مربوط به محل آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش از مهر ۱۴۰۲ تا شهریور ۱۴۰۳.

Table 2. Meteorological information at the test site from October 2023 to September 2024.

ماه month	دما (سانتی‌گراد) Temperature (°C)			رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity (%)	حداکثر بارندگی در یک روز (میلی‌متر) Maximum rainfall in one day (mm)	بارندگی ماهانه (میلی‌متر) Monthly rainfall (mm)
	حداکثر Max	متوسط Age	حداقل Min			
مهر ۱۴۰۲ October 2023	27.8	19.2	10.6	39.0	5.2	8.8
آبان ۱۴۰۲ November 2023	20.6	13.1	5.7	60.1	15.9	39.0
آذر ۱۴۰۲ December 2023	15.6	8.0	0.4	61.1	10.3	18.1
دی ۱۴۰۲ January 2024	11.8	6.2	0.6	71.9	5.2	17.3
بهمن ۱۴۰۲ February 2024	11.5	5.4	-0.4	73.5	31.0	103.3
اسفند ۱۴۰۲ March 2024	13.3	6.6	0.8	63.2	84.4	73.7
فروردین ۱۴۰۳ April 2024	19.7	11.8	4.0	61.4	23.7	66.3
اردیبهشت ۱۴۰۳ May 2024	23.3	15.5	8.3	60.7	33.3	11.8
خرداد ۱۴۰۳	33.4	23.2	13.0	36.1	4.2	5.4

June 2024						
تیر ۴۰۳	38.3	27.2	16.0	24.0	0	0
July 2024						
مرداد ۴۰۳	39.5	28.3	17.1	24.7	0	0
August 2024						
شهریور ۴۰۳	36.5	25.4	14.3	26.6	0	0
September 2024						

منبع: سالنامه آماری استان کرمانشاه، ایستگاه هواشناسی سرارود (IMO, 2026).

بذرهای اصلاح شده ارقام نخود منصور، آنا و آتا از معاونت تحقیقات دیم سرارود، وابسته به مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، تهیه و برای اجرای آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند. در ابتدای اجرای آزمایش، زمین محل طرح با استفاده از فارو نیم‌متری شیارکشی شد و سپس کرت‌بندی انجام گرفت. برای ایجاد کرت‌های مسطح، سطح خاک با شن‌کش تسطیح شد. در منطقه کرمانشاه، کشت نخود دیم عمدتاً به صورت کشت مسطح و متکی بر بارندگی طبیعی انجام می‌شود. با توجه به محدودیت و پراکنش نامنظم بارندگی در مناطق دیم، در این پژوهش کشت مسطح به عنوان روش متداول منطقه در نظر گرفته شد و در مقابل، سیستم جوی و پشته با دو عرض جوی ۰/۵ و ۱ متر مورد بررسی قرار گرفت. انتخاب این دو آرایش جوی با هدف ارزیابی امکان بهبود جمع‌آوری و نگهداری آب باران در محل، فراهم کردن شرایط مناسب‌تر رطوبتی در ناحیه ریشه و بررسی تأثیر عرض جوی بر رشد و عملکرد ارقام مختلف نخود انجام شد. کرت‌های نیم‌متری با استفاده از جوی و پشته‌های ایجاد شده توسط دستگاه فارو و به صورت دستی آماده شدند. کرت‌های یک‌متری نیز با ادغام دو فارو نیم‌متری و کشت درون جوی ایجاد شد. ابعاد هر کرت ۲×۲ متر و فاصله کرت‌ها از یکدیگر یک‌متر در نظر گرفته شد. در هر کرت، چهار ردیف کشت با فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر و فاصله ۱۰ سانتی‌متر بین بوته‌ها روی ردیف در نظر گرفته شد که معادل تراکم تقریبی ۲۰ بوته در مترمربع بود. این تراکم با هدف ایجاد تراکم یکنواخت و مناسب برای استقرار بوته‌ها و امکان مقایسه دقیق اثر آرایش مختلف کاشت و ارقام بر صفات مورد بررسی انتخاب شد. بذرکاری به صورت دستی در تاریخ ۱۴۰۲/۱۲/۲۱ انجام شد. سامانه کشت به صورت دیم و وابسته به نزولات جوی بود. در طول دوره رشد، کلیه عملیات داشت شامل وجین علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد. نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک در مرحله ۵۰ درصد گلدهی انجام شد. از دو ردیف میانی هر کرت، ۳-۵ بوته جهت اندازه‌گیری صفات انتخاب شد. اندازه‌گیری صفات بصورت زیر انجام شد:

محتوای نسبی آب برگ (RWC)

برای تعیین محتوای نسبی آب برگ، نمونه‌ها از جوان‌ترین برگ‌های بالغ در ساعت ۱۰ تا ۱۲ صبح برداشت شدند. وزن تازه بلافاصله اندازه‌گیری شد. سپس برگ‌ها به مدت ۱۸ ساعت در آب مقطر قرار داده شدند و وزن اشباع آن‌ها ثبت شد. در ادامه، برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک شدند و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. محتوای نسبی آب برگ در مرحله ۸۰ روز پس از کاشت محاسبه شد (Turner & Kramer, 1980).

$$RWC = \frac{Fw - Dw}{Tw - Dw} \times 100 \quad \text{معادله (۱)}$$

که در این معادله، RWC، محتوای نسبی آب برگ (درصد)، Dw: وزن خشک برگ (گرم)، Fw: وزن تر برگ (گرم)، Tw: وزن اشباع (گرم) می باشد.

شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ با استفاده از روش وزنی و بر اساس اندازه گیری سطح برگ های یک بوته (سانتی متر مربع) تعیین شد. بدین منظور، برگ های یک بوته نمونه به طور کامل جدا و پس از اندازه گیری سطح برگ نمونه، وزن شدند. سپس با استفاده از نسبت سطح برگ به وزن نمونه، سطح کل برگ های بوته برآورد شد. در ادامه، شاخص سطح برگ از نسبت مجموع سطح برگ بوته به سطح زمینی که بوته اشغال می کند محاسبه گردید (Bréda, 2003).

وزن مخصوص برگ

پس از تعیین وزن خشک و سطح برگ، وزن مخصوص برگ بر اساس معادله زیر محاسبه شد (Heidari, 2012):

$$SLW = \frac{LDW}{LA} \quad \text{معادله (۲)}$$

در این رابطه، SLW بیانگر وزن مخصوص برگ (گرم بر سانتی متر مربع)، LDW نشان دهنده وزن خشک برگ (گرم) و LA معرف سطح برگ (سانتی متر مربع) است.

وزن تر و خشک بوته

برای اندازه گیری وزن تر و خشک، اندام های هوایی (برگ و ساقه) پنج بوته جدا شد و وزن تازه آن ها با ترازوی دیجیتال اندازه گیری شد. سپس نمونه ها در هوای آزاد قرار داده شدند و پس از خشک شدن، وزن خشک آن ها اندازه گیری شد. وزن تر و خشک اندام ها بر حسب گرم در بوته محاسبه شد و در نهایت وزن کل تر و خشک به دست آمد.

تعداد برگ چه

تعداد برگ چه شامل تعداد برگ چه سبز، در هر بوته محاسبه شد.

قطر ساقه

قطر ساقه با استفاده از کولیس و همزمان با مراحل اندازه گیری ارتفاع گیاه اندازه گیری شد.

ارتفاع گیاه

ارتفاع گیاه از سطح خاک تا انتهای ساقه اصلی اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری در مرحله ۹۰ روز پس از کاشت، انجام شد.

سبزی‌نگی برگ

اندازه‌گیری سبزی‌نگی برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (Minolta، مدل SPAD-502) انجام شد. تعداد ۱۰ بوته به‌عنوان نمونه انتخاب شدند؛ و قرائت اعداد کلروفیل‌متر توسط دستگاه کلروفیل‌متر دستی و در سطح میانی برگ انجام گرفت. میانگین ۱۰ نمونه به‌عنوان سبزی‌نگی برگی کرت یادداشت شد.

تعداد شاخه اصلی و فرعی

به‌منظور شمارش تعداد شاخه اصلی و فرعی در بوته، در زمان رسیدگی فیزیولوژیک گیاه زراعی، از هر کرت آزمایشی تعداد ۳ بوته به‌طور تصادفی از دو ردیف میانی انتخاب شد.

عملکرد دانه

به‌منظور تعیین عملکرد دانه، در زمان برداشت نهایی، مساحتی معادل یک مترمربع به‌صورت تصادفی از بخش میانی هر کرت انتخاب و بوته‌های موجود در آن برداشت شدند. پس از جداسازی دانه‌ها از غلاف و خشک شدن طبیعی نمونه‌ها در شرایط هواخشک، وزن دانه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری و عملکرد دانه بر حسب گرم در مترمربع محاسبه شد.

محاسبات آماری

داده‌های حاصل از نمونه‌برداری و یادداشت‌برداری صفات مورد بررسی با استفاده از نرم‌افزارهای SAS نسخه 9.4 و MSTAT-C تجزیه و تحلیل شدند. مقایسه میانگین داده بر اساس آزمون LSD و در سطح ۵ درصد انجام شد. ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش سامانه کشت و ارقام بر قطر ساقه در سطح پنج درصد ($p < 0.05$) معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر برهمکنش آرایش کاشت و رقم بر قطر ساقه نخود نشان داد که در آرایش کشت مسطح رقم آتا (۴/۸۵ میلی‌متر) نسبت به دو رقم آنا و منصور برتری داشت. اما در آرایش کشت درون جوی‌های با عرض نیم‌متری بالاترین مقدار مربوط به رقم آنا (۴/۲۷ میلی‌متر) و کمترین قطر ساقه در همین آرایش کاشت مربوط به رقم منصور بود. در رابطه با کشت درون جوی‌های یک متری اختلاف آماری بین ارقام مشاهده نشد که این نشان دهنده واکنش یکسان ارقام آتا و آنا و منصور در این آرایش کشت می‌باشد. در مجموع مقایسه میانگین تمام تیمارها نشان داد که رقم آتا در آرایش کشت مسطح بالاترین قطر ساقه نسبت به سایر ارقام داشت. کمترین قطر ساقه در مقایسه با سایر تیمارها مربوط به رقم منصور در آرایش کشت درون جوی‌های نیم متری بود (شکل ۱). تفاوت واکنش ارقام نخود در

آرایش‌های مختلف کشت نشان داد که ویژگی‌های ژنتیکی ارقام در بهره‌برداری از شرایط فیزیکی و رطوبتی خاک نقش مهمی دارد. برتری رقم آتا در آرایش کشت مسطح و رقم آتا در آرایش جوی نیم‌متری بیانگر سازگاری متفاوت این ارقام با شرایط محیطی حاکم بر هر آرایش کشت است. از سوی دیگر، عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین ارقام در کشت کنار جوی‌های یک متری نشان می‌دهد که این الگوی کاشت شرایط نسبتاً مشابهی را برای رشد ساقه ارقام فراهم کرده است. نتایج این پژوهش با یافته‌های Kumar, et. al., و Patel, et. al., 2016 و همچنین 2015 همخوانی دارد؛ آن‌ها نیز گزارش کردند که تغییر آرایش کشت می‌تواند رشد رویشی نخود را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین (Purushothaman, et. al., 2017) پرورش‌تامن و همکاران تفاوت پاسخ ژنوتیپ‌های نخود به شرایط رطوبتی را ناشی از ویژگی‌های ژنتیکی و تفاوت در بهره‌برداری از آب و توسعه ریشه دانستند.

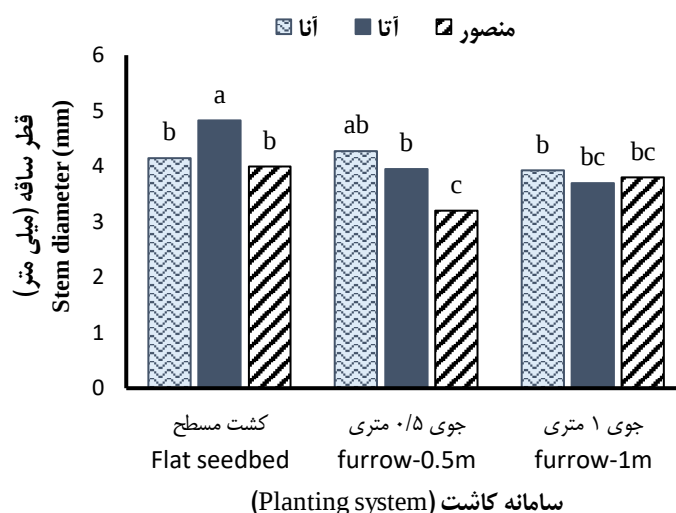
جدول ۳. تجزیه واریانس تاثیر آرایش کاشت، ارقام و برهمکنش آنها بر صفات مورد بررسی نخود زراعی در شرایط دیم.

Table 3. Analysis of variance (ANOVA) for the effects of planting pattern, chickpea cultivars, and their interaction on the studied traits of chickpea under rainfed conditions.

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	قطر ساقه Stem diameter	تعداد شاخه اصلی Number of primary branches	تعداد شاخه فرعی Number of secondary branches per plant	شاخص سطح برگ Leaf area index	وزن مخصوص برگ Specific leaf weight
بلوک Block	3	2.31**	0.18 ^{ns}	12.81*	0.03 ^{ns}	2.05*
سامانه کشت Planting system	2	1.06**	0.19 ^{ns}	13.08 ^{ns}	0.13 ^{ns}	1.44 ^{ns}
ارقام Cultivars	2	0.89*	0.52 ^{ns}	10.58 ^{ns}	0.02 ^{ns}	3.52 ^{ns}
سامانه کشت × ارقام Planting system × Cultivars	4	0.57*	0.11 ^{ns}	26.41**	0.33**	4.98 ^{ns}
خطا Error	24	0.16	0.22	3.93	0.05	5.97
ضریب تغییرات (درصد)		10.27	16.17	17.01	13.46	8.00

ns، * و ** به ترتیب: بدون اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and ** indicate non-significant, significant at the 5% probability level, and significant at the 1% probability level, respectively.



شکل ۱. مقایسه میانگین تأثیر آرایش کاشت و رقم نخود بر قطر ساقه. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک داشتند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند.

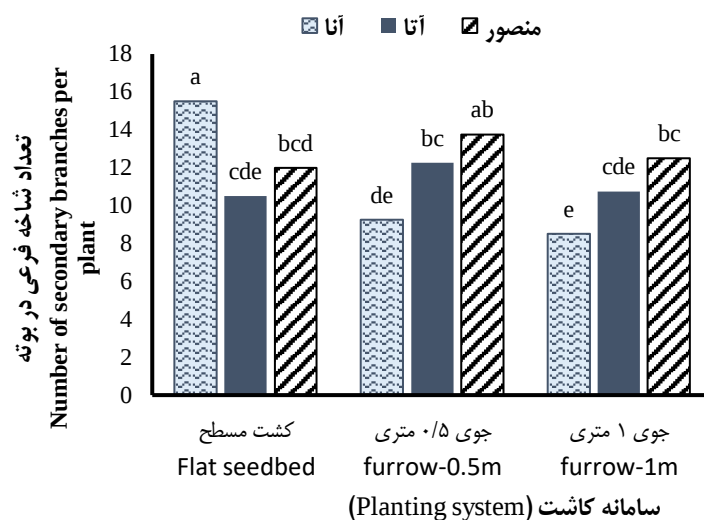
Figure 1. Mean comparison of the interactive effects of planting system and chickpea cultivar on stem diameter. Means were compared using the LSD test at the 5% probability level. Means sharing at least one common letter were not significantly different.

تعداد شاخه فرعی و اصلی در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش سامانه کشت و ارقام بر تعداد شاخه فرعی در سطح یک درصد ($p < 0.01$) معنی‌دار بود ولی هیچ یک از اثرات ساده سامانه کشت، ارقام و اثرات برهمکنش آن‌ها بر تعداد شاخه اصلی معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج حاصل از بررسی داده‌ها نشان داد که تعداد شاخه‌های فرعی در بوته در ارقام مختلف به‌طور متفاوتی تحت تأثیر آرایش‌های کاشت قرار گرفت (شکل ۲). در شرایط کشت مسطح، رقم آنا با مقدار ۱۵/۵۰ بیشترین تعداد شاخه فرعی را دارا بود، در حالی که رقم آتا با مقدار ۱۰/۵۰ کمترین مقدار این صفت را نشان داد. در آرایش کاشت درون جوی‌های با عرض نیم‌متری، بیشترین تعداد شاخه فرعی به رقم منصور با مقدار ۱۳/۷۵ اختصاص یافت و کمترین مقدار آن در رقم آنا با مقدار ۹/۲۵ مشاهده شد. در کشت درون جوی‌های با عرض یک متری نیز اختلاف بین ارقام مشهود بود، به‌طوری‌که رقم منصور با مقدار ۱۲/۵۰ بیشترین و رقم آتا با مقدار ۸/۵۰ کمترین تعداد شاخه فرعی را به خود اختصاص داد. در مجموع، بیشترین تعداد شاخه فرعی مربوط به رقم آنا در آرایش کشت مسطح و کمترین مقدار آن متعلق به همین رقم در کشت درون جوی‌های با عرض یک متری بود (شکل ۲).

در بررسی تأثیر روش‌های مختلف کاشت و ارقام نخود بر عملکرد دانه و برخی صفات زراعی، سه رقم هاشم، فیلیپ ۹۳۹۳ (آزاد) و گریت نتایج نشان داد که تعداد شاخه فرعی نیز با تغییر روش کاشت تحت تأثیر قرار گرفت (Jafari et al., 2014). بنابراین چنین می‌توان استنباط کرد که تفاوت در تعداد شاخه‌های فرعی بین ارقام و آرایش‌های کاشت احتمالاً ناشی از واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها به تغییرات رطوبت، تهویه و شرایط فیزیکی خاک در آرایش‌های مختلف کاشت است. گزارش شده است که پاسخ صفات رشد نخود به آرایش الگوی کاشت به ویژگی‌های ژنتیکی رقم و شرایط محیطی وابسته بوده و همه صفات رشد الزاماً روند یکسانی را نشان نمی‌دهند (Joshi et al., 2020).

Archana et al., 2021). در یک مطالعه با مقایسه الگوی کاشت جوی و پشته‌ای با کرتی بر روی ارقام لوبیا نتایج نشان داد که آرایش کاشت به طور معنی‌داری بر تعدادی از صفات مورد بررسی تأثیر داشت (Mehrpouyan et al., 2010).



شکل ۲. مقایسه میانگین تأثیر آرایش کاشت و رقم نخود بر تعداد شاخه فرعی در بوته. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک داشتند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند.

Figure 2. Mean comparison of the interactive effects of planting system and chickpea cultivar on number of secondary branches per plant. Means were compared using the LSD test at the 5% probability level. Means sharing at least one common letter were not significantly different.

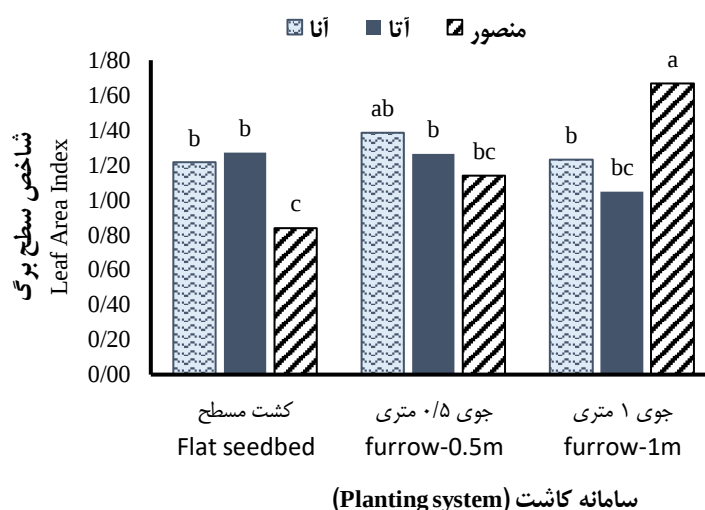
شاخص سطح برگ (LAI) و وزن مخصوص برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش سامانه کشت و ارقام بر شاخص سطح برگ در سطح یک درصد ($p < 0.01$) معنی‌دار بود ولی هیچ یک از اثرات ساده سامانه کشت، ارقام و اثرات برهمکنش آن‌ها بر وزن مخصوص برگ معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که شاخص سطح برگ ارقام مختلف تحت تأثیر الگوهای متفاوت کاشت قرار گرفت (شکل ۳). در آرایش کشت مسطح، بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به رقم آنا (۱/۲۲) و آتا (۱/۲۷) و کمترین مقدار آن متعلق به رقم منصور (۰/۸۴) بود. در آرایش کاشت درون جوی‌های با عرض نیم‌متری، اختلاف آماری میان ارقام از نظر شاخص سطح برگ مشاهده نشد. در آرایش کشت درون جوی‌های با عرض یک متری، افزایش قابل‌توجهی در شاخص سطح برگ مشاهده شد و رقم منصور با بیشترین مقدار شاخص سطح برگ (۱/۶۷) برتری معنی‌داری نسبت به سایر ارقام نشان داد، در حالی که رقم آتا با مقدار ۱/۰۵ کمترین شاخص سطح برگ را در این آرایش کاشت داشت. در مجموع کشت درون جوی‌های با عرض یک متری سبب افزایش شاخص سطح برگ نسبت به کشت مسطح و کاشت درون جوی‌های با عرض نیم‌متری شد، در حالی که کمترین مقادیر شاخص سطح برگ عمدتاً در آرایش کاشت مسطح (رقم منصور) مشاهده شد. اما بالاترین شاخص سطح برگ در کشت جوی یک متری با رقم منصور بود (شکل ۳). این تفاوت‌ها را می‌توان به اثر برهمکنش ویژگی‌های ژنتیکی ارقام و شرایط فیزیکی-محیطی آرایش‌های مختلف کاشت نسبت داد. آرایش کشت درون جوی‌های با عرض یک

متری با بهبود تهویه خاک، توزیع مناسب تر رطوبت و دسترسی بهتر ریشه به آب و عناصر غذایی، شرایط مطلوب تری برای رشد رویشی و توسعه سطح برگ فراهم کرده است؛ از این رو افزایش شاخص سطح برگ در این آرایش، به ویژه در رقم منصور، مشاهده شد. برتری رقم منصور احتمالاً ناشی از توان ژنتیکی بالاتر این رقم در بهره برداری از منابع محیطی و پاسخ پذیری بیشتر آن به شرایط بهینه رشد است، کاهش شاخص سطح برگ در آرایش کاشت مسطح نیز می تواند به دلیل تجمع رطوبت، تهویه ضعیف تر خاک و محدودیت رشد ریشه باشد که در نهایت رشد رویشی و گسترش سطح برگ را محدود کرده است.

با توجه به نتایج، ارتباط بین تعداد شاخه های فرعی و شاخص سطح برگ در ارقام مورد مطالعه یکسان و مستقیم نبود و به سامانه کشت و رقم وابسته بود. به عنوان مثال، رقم آنا در کشت مسطح بیشترین تعداد شاخه فرعی را داشت، اما بیشترین شاخص سطح برگ این رقم مشاهده نشد؛ در مقابل، رقم منصور در جوی یک متری با تعداد شاخه فرعی کمتر از رقم آنا در کشت مسطح، بیشترین شاخص سطح برگ را در بین تیمارها ایجاد کرد. این موضوع بیانگر آن است که ظرفیت توسعه کانوپی در ارقام نخود صرفاً تابع تعداد شاخه های فرعی نبوده و ویژگی های ساختاری برگ و نحوه توزیع اندام های هوایی نیز در تعیین LAI نقش دارند.

در مجموع، نتایج نشان می دهد که انتخاب آرایش کاشت مناسب همراه با رقم سازگار، نقش تعیین کننده ای در بهبود شاخص سطح برگ و توان تولیدی گیاه دارد. ساختار جوی های عریض به طور قابل توجهی نفوذ و ذخیره آب در واحد سطح را در داخل شیارهای کاشت افزایش می دهد و به طور قابل توجهی تنش آب را در مراحل بحرانی رشد محصول کاهش می دهد. بنابراین پشته های عریض هم برداشت آب و هم ظرفیت زهکشی را افزایش می دهند (Zhang et al., 2024). Han و همکاران (۲۰۲۵) بیان کردند که در مقایسه با کاشت مسطح، کاشت شیاری شاخص سطح برگ و میزان فتوسنتز را افزایش می دهد. همچنین در بررسی های مشابه گزارش شده است که روش کاشت ردیفی جفتی یا جوی و پشته، محیط رشد بهتری را نسبت به روش مسطح فراهم کرد (Mandal et al., 2019).



شکل ۳. مقایسه میانگین تاثیر آرایش کاشت و رقم نخود بر شاخص سطح برگ. مقایسه میانگین ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و میانگین هایی که حداقل یک حرف مشترک داشتند، از نظر آماری اختلاف معنی داری نداشتند.

Figure 3. Mean comparison of the interactive effects of planting system and chickpea cultivar on Leaf Area Index (LAI). Means were compared using the LSD test at the 5% probability level. Means sharing at least one common letter were not significantly different.

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش سامانه کشت و ارقام بر ارتفاع بوته در سطح یک درصد ($p < 0.01$) معنی دار بود (جدول ۴). بر اساس نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین داده‌ها، ارتفاع بوته ارقام مختلف آرایش‌های متفاوت کاشت، به جزء جوی‌های نیم و یک-متری تحت تأثیر قرار گرفت (شکل ۴). در آرایش کشت مسطح، بیشترین ارتفاع بوته (۴۲ سانتی‌متر) مربوط به رقم آنا و کمترین مقدار آن به رقم آتا با مقدار ۳۰/۵ سانتی‌متر اختصاص داشت. در آرایش کاشت درون جوی‌های با عرض نیم‌متری، رقم منصور با مقدار ۴۰/۲۵ سانتی‌متر بیشترین و رقم آتا با مقدار ۳۸/۵ سانتی‌متر کمترین ارتفاع بوته را نشان داد. بعلاوه، نتایج نشان داد که کشت درون جوی‌های با عرض یک متری، بیشترین ارتفاع بوته (۴۴/۷۵ سانتی‌متر) مربوط به رقم آتا بود، در حالی که رقم منصور با مقدار ۴۰/۵ سانتی‌متر کمترین مقدار این صفت را در این آرایش کاشت داشت. به طور کلی، بیشترین ارتفاع بوته در بین تیمارهای مورد بررسی مربوط به رقم آتا در کشت درون جوی‌های با عرض یک متری و کمترین مقدار آن متعلق به رقم آتا در آرایش کشت مسطح بود (شکل ۴).

جدول ۴. تجزیه واریانس تأثیر آرایش کاشت، ارقام و برهمکنش آنها بر صفات مورد بررسی نخود زراعی در شرایط دیم.

Table 4. Analysis of variance (ANOVA) for the effects of planting system, chickpea cultivars, and their interaction on the studied traits of chickpea under rainfed conditions.

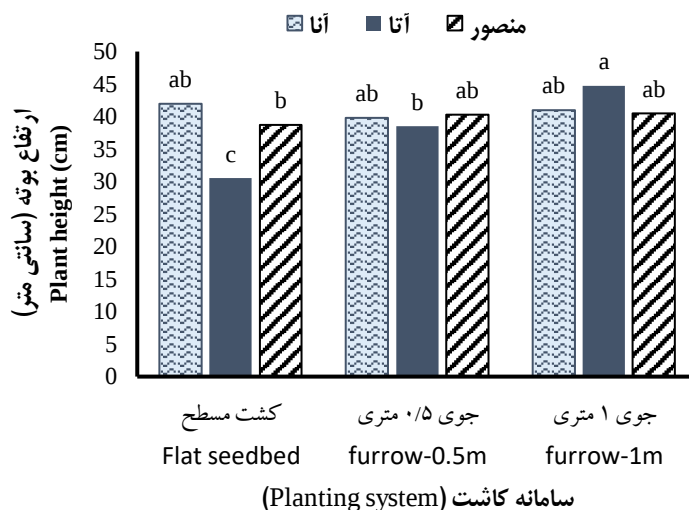
منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	سبزیگی برگ SPAD	تعداد برگچه در بوته Number of leaflets per plant	محتوای نسبی آب برگ Relative water content	وزن تر بوته Plant fresh weight	وزن خشک بوته Plant dry weight	عملکرد دانه Grain yield
بلوک Block	3	78.37**	23.59 ^{ns}	144808*	6.73 ^{ns}	43.55 ^{ns}	3.88*	306.37 ^{ns}
سامانه کشت Planting system	2	75.02**	8.87 ^{ns}	178616*	18.37**	65.65 ^{ns}	47.15**	831.60 ^{ns}
ارقام Cultivars	2	27.69 ^{ns}	20.55 ^{ns}	318084**	0.64 ^{ns}	210.34**	15.20**	1046.28*
سامانه کشت × ارقام Planting system × Cultivars	4	68.86**	16.75 ^{ns}	129333*	10.64*	241.11**	9.26**	825.64*
خطا Error	24	13.28	15.22	36351	3.33	24.29	1.06	268.20
ضریب تغییرات (درصد)		9.21	6.06	18.98	3.76	18.04	13.05	15.45

ns, * و ** به ترتیب: بدون اختلاف معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and ** indicate non-significant, significant at the 5% probability level, and significant at the 1% probability level, respectively.

بررسی هم‌زمان ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ نشان داد که پاسخ این دو صفت به آرایش الگوی کاشت در ارقام مختلف یکسان نبود. در رقم آنا، بیشترین ارتفاع بوته در کشت مسطح (۴۲ سانتی‌متر) مشاهده شد که با شاخص سطح برگ نسبتاً بالا (۱/۲۲) همراه بود، در حالی که در رقم آتا، افزایش ارتفاع بوته از ۳۰/۵ سانتی‌متر در کشت مسطح به ۴۴/۷۵ سانتی‌متر در جوی یک‌متری، با کاهش شاخص سطح برگ از ۱/۲۷ به ۱/۰۵ همراه شد. در مقابل، رقم منصور در جوی یک‌متری با ارتفاع بوته ۴۰/۵ سانتی‌متر، بیشترین شاخص سطح برگ (۱/۶۷) را نشان داد. بنابراین، افزایش ارتفاع بوته لزوماً به افزایش شاخص سطح برگ منجر نشد و به نظر می‌رسد تفاوت ارقام در الگوی توسعه و گسترش سطح برگ و نحوه تخصیص رشد رویشی، نقش مهم‌تری در تعیین LAI داشته باشد.

تغییرات ارتفاع بوته ارقام نخود تحت آرایش‌های مختلف کاشت نشان‌دهنده تأثیر برهمکنش ویژگی‌های ژنتیکی رقم و شرایط آرایش کاشت بر رشد رویشی گیاه است. برتری رقم آتا در ارتفاع بوته در آرایش کاشت جوی‌های یک‌متری احتمالاً به دلیل فراهم شدن شرایط متعادل رطوبت، تهویه مناسب خاک و دسترسی یکنواخت‌تر به منابع غذایی است که رشد ساقه را تقویت کرده و توسعه عمودی بوته را افزایش داده است. در مقابل، کاهش ارتفاع بوته این رقم در آرایش کشت مسطح می‌تواند ناشی از محدودیت در دسترسی به آب و مواد غذایی یا رقابت با شرایط محیطی کمتر مطلوب باشد. برتری رقم منصور در آرایش کاشت درون جوی‌های با عرض نیم‌متری نیز بیانگر توانایی این رقم در استفاده مؤثر از رطوبت متمرکز و افزایش رشد ساقه است، در حالی که رقم آتا در بیشتر آرایش‌ها ارتفاع کمتری نشان داد که می‌تواند ناشی از حساسیت بیشتر آن به نوسانات رطوبتی و تهویه خاک باشد. به طور کلی، نتایج حاکی از آن است که بیشترین ارتفاع بوته زمانی حاصل می‌شود که رقم با توان رشد رویشی مناسب، در آرایش کاشتی قرار گیرد که شرایط فیزیکی و رطوبتی مطلوب برای توسعه ساقه فراهم کند. در بررسی تأثیر روش‌های مختلف کاشت و ارقام نخود بر عملکرد دانه و برخی صفات زراعی، سه رقم هاشم، فیلیپ ۹۳۹۳ (آزاد) و گریت نتایج نشان داد که رقم بر روی صفت ارتفاع بوته تأثیرگذار بود و ارقام مختلف در این ویژگی با یکدیگر تفاوت داشتند (Jafari et al., 2014). در پژوهشی بر روی نخود گزارش شد که آرایش‌های کاشت مرتفع، شامل جوی و پشته، در مقایسه با کشت مسطح موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته و بهبود صفات رشد گیاه شدند (Joshi et al., 2020). Archana و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که استفاده از آرایش‌های جوی و پشته و آرایش‌های مرتفع، در مقایسه با کشت مسطح، موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته و بهبود رشد نخود شد.



شکل ۴. مقایسه میانگین تاثیر آرایش کاشت و رقم نخود بر ارتفاع بوته. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک داشتند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند.

Figure 4. Mean comparison of the interactive effects of planting system and chickpea cultivar on plant height. Means were compared using the LSD test at the 5% probability level. Means sharing at least one common letter were not significantly different.

تعداد برگچه در بوته

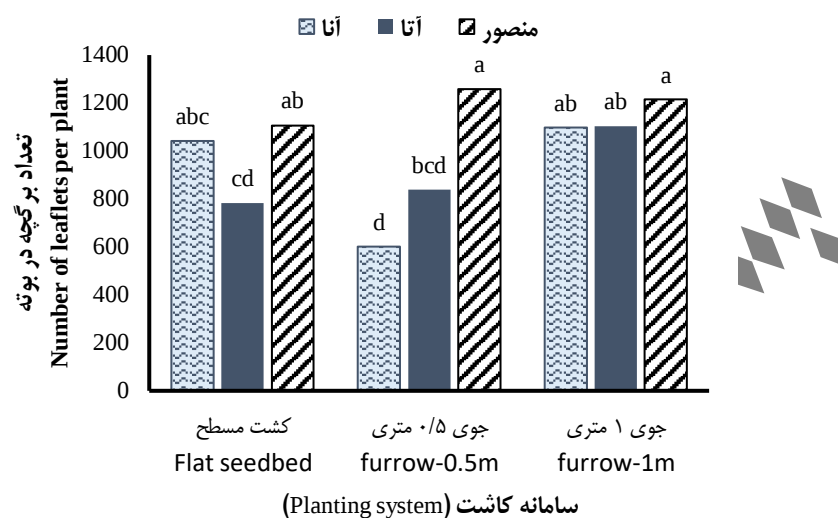
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش سامانه کشت و ارقام بر تعداد برگچه در بوته در سطح پنج درصد ($p < 0.05$) معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تعداد برگچه ارقام مختلف آرایش‌های متفاوت کاشت به‌جز آرایش کشت جوی‌های یک‌متری تحت تأثیر قرار گرفت (شکل ۵). در آرایش کشت مسطح، بیشترین تعداد برگچه مربوط به رقم منصور با مقدار ۱۱۰۷ و کمترین مقدار آن متعلق به رقم آنا با مقدار ۷۸۲/۵ بود. در آرایش کاشت درون جوی‌های با عرض نیم‌متری، رقم منصور با مقدار ۱۲۵۷ بیشترین و رقم آنا با مقدار ۶۰۰/۳ کمترین تعداد برگچه را به خود اختصاص داد. در آرایش کشت درون جوی‌های با عرض یک متری اختلاف آماری از نظر تعداد برگچه میان ارقام مورد بررسی مشاهده نشد. در مجموع از نظر ارقام، رقم منصور در مقایسه با ارقام آنا و آنا تعداد برگچه در بوته بیشتری را در هر سه آرایش کشت نشان داد (شکل ۵).

مقایسه روند تغییرات تعداد برگچه و شاخص سطح برگ نشان داد که رابطه بین این دو صفت در ارقام مختلف نخود یکسان نبود. اگرچه افزایش تعداد برگچه در برخی ترکیب‌های رقم و الگوی کاشت با افزایش شاخص سطح برگ همراه بود، اما این رابطه در همه تیمارها برقرار نبود. به‌عنوان مثال، رقم منصور در کشت مسطح، با وجود برخورداری از بیشترین تعداد برگچه، کمترین شاخص سطح برگ را در میان ارقام نشان داد؛ در مقابل، همین رقم در کشت جوی یک‌متری، علاوه بر تعداد بالای برگچه، بیشترین شاخص سطح برگ را نیز به خود اختصاص داد. این نتایج نشان می‌دهد که شاخص سطح برگ علاوه بر تعداد برگچه، تحت تأثیر اندازه برگچه‌ها، سطح برگ تشکیل‌شده و نحوه آرایش و گسترش اندام‌های برگ نیز قرار می‌گیرد. بنابراین، افزایش تعداد برگچه به‌تنهایی الزاماً به افزایش شاخص سطح برگ منجر نمی‌شود و پاسخ این دو صفت می‌تواند تحت تأثیر ویژگی‌های ژنتیکی رقم و شرایط ایجادشده در الگوی‌های مختلف کاشت قرار گیرد.

تفاوت تعداد برگچه ارقام نخود در آرایش‌های مختلف کاشت را می‌توان به تعامل بین ویژگی‌های ژنتیکی هر رقم و شرایط فیزیکی-آبی آرایش کاشت نسبت داد. افزایش تعداد برگچه در رقم منصور، به‌ویژه در آرایش کاشت درون جوی‌های با عرض نیم‌متری، احتمالاً ناشی از توان بالاتر این رقم در بهره‌برداری مؤثر از رطوبت متمرکز و عناصر غذایی موجود در خاک است که رشد رویشی و تولید برگچه را تقویت کرده است. در مقابل، کاهش تعداد برگچه در رقم آنا در همان آرایش نشان‌دهنده حساسیت بیشتر این رقم به محدودیت‌های محیطی مانند نوسانات رطوبتی و تهویه کمتر خاک است که منجر به محدود شدن توسعه رویشی شده است. برتری رقم آنا در آرایش کاشت جوی‌های یک‌متری نیز می‌تواند ناشی از شرایط متعادل‌تر آب و تهویه خاک در این آرایش باشد که رشد رویشی و تولید برگچه را برای این رقم بهبود بخشیده است. به‌طور کلی، نتایج حاکی از آن است که بیشترین تعداد برگچه زمانی حاصل می‌شود که رقم دارای رشد رویشی قوی با

الگوی کاشتی متناسب با نیازهای آب و مواد غذایی ترکیب شود و نشان‌دهنده اهمیت انتخاب مناسب ترکیب رقم و الگوی کاشت برای افزایش توسعه رویشی گیاه است.

روش‌های مختلف کاشت شامل کشت در کف جوی و روی پشته و اثرات برهمکنش رقم و روش کاشت بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه و همچنین بر برخی ویژگی‌های رشد ذرت شیرین تأثیر معنی‌داری داشت (Alhosseini et al., 2014). Liao و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که کشت سویا در سامانه جوی و پشته با بهبود شرایط رطوبتی و حرارتی خاک، موجب افزایش رشد رویشی، شاخص سطح برگ و در نهایت افزایش عملکرد دانه نسبت به کشت مسطح شد.



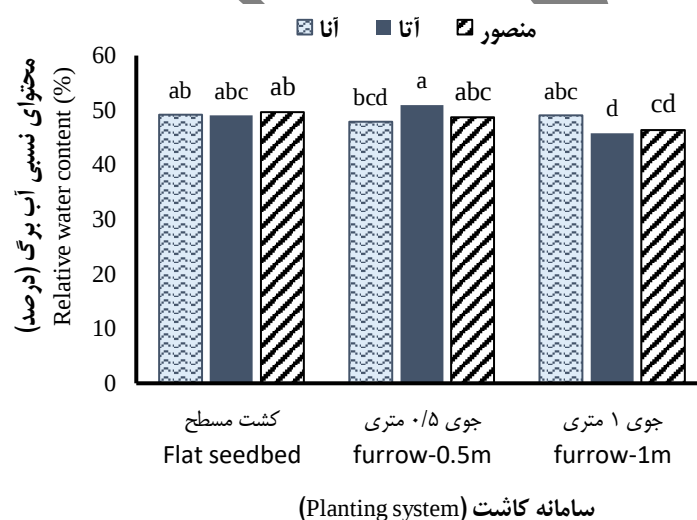
شکل ۵. مقایسه میانگین تأثیر آرایش کاشت و رقم نخود بر تعداد برگچه در بوته. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک داشتند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند.

Figure 5. Mean comparison of the interactive effects of planting system and chickpea cultivar on number of leaflets per plant. Means were compared using the LSD test at the 5% probability level. Means sharing at least one common letter were not significantly different.

محتوای نسبی آب برگ (RWC)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش سامانه کشت و ارقام بر محتوای نسبی آب برگ در سطح پنج درصد ($p < 0.05$) معنی‌دار بود (جدول ۴). به ترتیب بیشترین (۵۰/۸۸ درصد) و کمترین (۴۵/۷۷ درصد) محتوای نسبی آب برگ مربوط به رقم آتا در الگوی کاشت درون جوی‌های نیم متری و کشت درون جوی‌های یک‌متری بود (شکل ۶). همچنین، در الگوی کاشت درون جوی‌های با عرض نیم‌متری و کشت درون جوی‌های با عرض یک‌متری، اختلاف آماری معنی‌داری در ارقام آتا و منصور از نظر محتوای نسبی آب برگ مشاهده نشد. علاوه بر این، در الگوی کشت مسطح، تأثیر آرایش کاشت بر محتوای نسبی آب برگ ارقام مورد بررسی از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۶). علت این نتایج می‌تواند به این دلیل باشد که در کف جوی بارندگی به صورت موضعی و متمرکز انباشته می‌شود. این تمرکز باعث نفوذ عمیق‌تر آب و کاهش سریع‌تر تبخیر از سطح خاک می‌شود. در نتیجه ریشه‌ها در این ناحیه با خاک مرطوب‌تری در تماس هستند. این

موضوع منجر به تأمین مداوم آب و در نتیجه حفظ پتانسیل آب برگ بالا می‌شود که مستقیماً RWC را افزایش می‌دهد. RWC یک شاخص از تعادل آب است که هم به ژنتیک گیاه و هم به محیط (در دسترس بودن آب) بستگی دارد. وقتی محیط (الگوی کاشت جوی‌دار) به اندازه کافی آب فراهم می‌کند، ظرفیت تأمین آب آنقدر بالا است که تفاوت‌های کوچک بین دو رقم را پنهان می‌کند. به عبارت دیگر، هر دو رقم آنا و منصور در این شرایط به دلیل فراوانی آب تفاوت‌های ژنتیکی آن‌ها فرصت بروز پیدا نمی‌کند. کاهش رطوبت نسبی آب برگ در جوی یک متری می‌تواند به این دلیل باشد که پشته‌های بیش از حد عریض در هدایت آب به داخل جوی‌ها ناکارآمد هستند و در نتیجه راندمان برداشت آب باران از طریق جوی-پشته را کاهش می‌دهند (Zhou et al., 2025). مقادیر نسبتاً پایین محتوای نسبی آب برگ مشاهده‌شده در این پژوهش را می‌توان به شرایط دیم و محدودیت آب در دوره اندازه‌گیری نسبت داد. نخود در شرایط دیم، به‌ویژه در مراحل پایانی فصل رشد، تحت تأثیر کاهش تدریجی رطوبت خاک و افزایش تقاضای تبخیری قرار می‌گیرد که می‌تواند موجب کاهش وضعیت آب برگ شود.



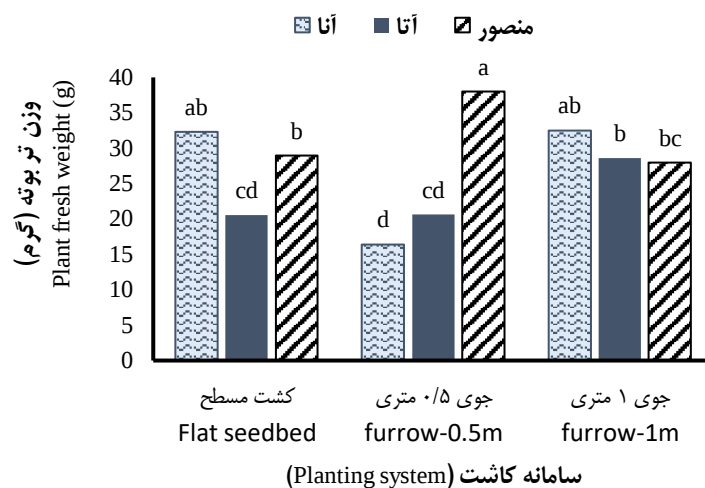
شکل ۶. مقایسه میانگین تأثیر آرایش کاشت و رقم نخود بر محتوای نسبی آب برگ. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک داشتند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند.

Figure 6. Mean comparison of the interactive effects of planting system and chickpea cultivar on relative water content (RWC). Means were compared using the LSD test at the 5% probability level. Means sharing at least one common letter were not significantly different.

وزن تر بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش سامانه کشت و ارقام بر وزن تر بوته در سطح یک درصد ($p < 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۴). بالاترین و کمترین وزن تر بوته به ترتیب از رقم منصور (۳۷/۹۶ گرم در بوته) و رقم آنا (۱۶/۴۲ گرم در بوته) در آرایش کاشت درون جوی‌های نیم متری بدست آمد (شکل ۷). معنی‌دار شدن اثر برهمکنش رقم و آرایش کاشت بر وزن تر بوته نشان‌دهنده تفاوت پاسخ ارقام نخود به شرایط رطوبتی و فیزیکی آرایش‌های مختلف کاشت است. برتری رقم منصور در آرایش کاشت درون جوی‌های با عرض نیم‌متری

را می‌توان به توان بالاتر این رقم در استفاده مؤثر از رطوبت متمرکز در جوی‌ها، توسعه بهتر سامانه ریشه و افزایش جذب آب نسبت داد، که در نهایت به افزایش رشد رویشی و وزن تر بوته منجر شده است. این ممکن است به این دلیل باشد که توپوگرافی جوی‌ها جمع‌آوری آب باران را به سمت منطقه ریشه افزایش می‌دهند و از بارندگی‌های بی‌اثر و کم، استفاده مؤثر می‌کند و در نتیجه منبع آب خوبی را برای رشد و توسعه گیاه تضمین می‌کند و در نتیجه بهره آب بیشتری به دست می‌آورد (Wu et al., 2023). در مقابل، کاهش شدید وزن تر بوته در رقم آنا در همین آرایش بیانگر حساسیت بیشتر این رقم به شرایط اشباع نسبی خاک، تهویه ضعیف‌تر و نوسانات رطوبتی درون جوی‌هاست که رشد رویشی آن را محدود کرده است. همچنین، در آرایش کشت مسطح، یکنواختی نسبی توزیع رطوبت سبب شده است که اختلاف معنی‌داری بین ارقام منصور و آنا مشاهده نشود، اما کاهش وزن تر بوته در رقم آنا احتمالاً به دلیل توان کمتر این رقم در رشد رویشی و تولید زیست‌توده در این شرایط بوده است. در مجموع، نتایج نشان می‌دهد که حداکثر وزن تر بوته زمانی حاصل می‌شود که رقم دارای توان ژنتیکی بالاتر با الگوی کاشتی متناسب با نیازهای فیزیولوژیک آن ترکیب شود. در پژوهش‌های مشابه بیان کرده‌اند که بهبود وزن بوته و ریشه در کاشت با آرایش مرتفع نسبت به کاشت با آرایش مسطح عمدتاً به دلیل محیط خاک مطلوب و عمق بهتر خاک بود (Singh et al., 2020).



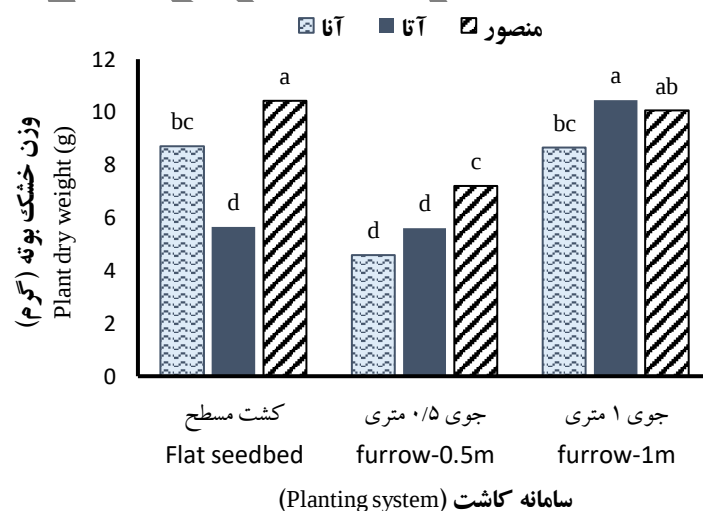
شکل ۷. مقایسه میانگین تاثیر آرایش کاشت و رقم نخود بر وزن تر بوته. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک داشتند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند.

Figure 7. Mean comparison of the interactive effects of planting system and chickpea cultivar on plant fresh weight. Means were compared using the LSD test at the 5% probability level. Means sharing at least one common letter were not significantly different.

وزن خشک بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش سامانه کشت و ارقام بر وزن خشک بوته در سطح یک درصد ($p < 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۴). بررسی اثر برهمکنش رقم و آرایش کاشت نشان داد که وزن خشک بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر این عوامل قرار گرفت. بیشترین وزن خشک بوته مربوط به رقم منصور در آرایش کشت مسطح ($10/42$ گرم در بوته) و رقم آتا در کشت درون جوی‌های با عرض

یک متری (۱۰/۴۵ گرم در بوته) بود. رقم آنا در آرایش‌های کاشت مسطح و جوی نیم متر و همچنین رقم آنا در کشت درون جوی‌های نیم متری کمترین وزن خشک بوته را ثبت کردند. (شکل ۸). معنی‌دار بودن اثر برهمکنش رقم و آرایش کاشت بر وزن خشک بوته بیانگر تفاوت ظرفیت ارقام نخود در انباشت ماده خشک تحت شرایط متفاوت رشد است. برتری رقم منصور در آرایش کاشت درون جوی‌های با عرض نیم‌متری و یک‌متری را می‌توان به بهره‌گیری مؤثرتر این رقم از رطوبت متمرکز و فراهمی بهتر عناصر غذایی در این آرایش نسبت داد که سبب افزایش فتوسنتز و در نهایت تجمع بیشتر ماده خشک شده است. در مقابل، کاهش شدید وزن خشک بوته در رقم آنا در همین آرایش نشان‌دهنده حساسیت این رقم به شرایط نامطلوب‌تر فیزیکی خاک، نظیر تهویه ضعیف‌تر و نوسانات رطوبتی در درون جوی‌هاست که موجب محدودیت رشد و کاهش انباشت زیست‌توده شده است. در مجموع، نتایج حاکی از آن است که تولید ماده خشک بوته نخود به‌شدت وابسته به سازگاری رقم با آرایش کاشت بوده و انتخاب ترکیب مناسب رقم و آرایش نقش مهمی در بهبود رشد و عملکرد گیاه دارد. در تحقیقات مشابه بیان شده است که آرایش کاشت جوی و پشته موجب افزایش معنی‌دار تجمع ماده خشک گیاه نخود شد (Vinayak Naik & Ralli, 2010). در مطالعه‌ای بر روی گیاه سویا مشاهده شد که تجمع ماده خشک در روش کاشت روی پشته بیشتر بود (Pujari, 2010). پژوهشگران بیان کرده‌اند که افزایش عرض پشته ممکن است سرعت رشد و تجمع ماده خشک را افزایش دهد (Pan & Dhingra, 2003). دلیل این موضوع این است که الگوی کاشت پشته-جوی اثرات آب، کود، هوا و گرما در خاک را هماهنگ می‌کند، رشد و توسعه بخش‌های بالای سطح زمین را ارتقا می‌دهد و عملکردهای فیزیولوژیکی را بهبود می‌بخشد، تولید فتوسنتزی و ظرفیت تشکیل مواد را افزایش می‌دهد (Wu et al., 2023).

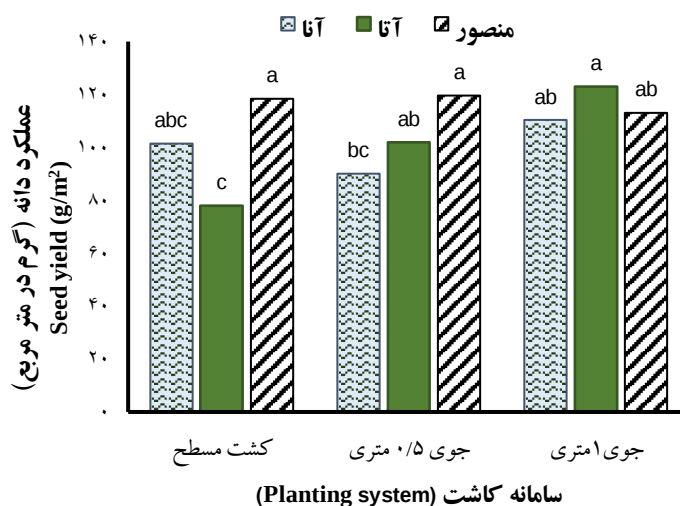


شکل ۸. مقایسه میانگین تاثیر آرایش کاشت و رقم نخود بر وزن خشک بوته. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک داشتند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند.

Figure 8. Mean comparison of the interactive effects of planting system and chickpea cultivar on plant dry weight. Means were compared using the LSD test at the 5% probability level. Means sharing at least one common letter were not significantly different.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل سامانه کشت و رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار بود ($p < 0.05$) (جدول ۴). بیشترین عملکرد دانه با مقدار ۱۲۲/۹۰ گرم در مترمربع در رقم آتا و کشت در جوی یک‌متری حاصل شد، در حالی که کمترین مقدار آن با ۷۷/۹۳ گرم در مترمربع در رقم آتا و کشت مسطح مشاهده شد (شکل ۹). این تفاوت نشان می‌دهد که پاسخ عملکردی ارقام نخود به تغییر شرایط محیط ریشه یکسان نبوده است. در شرایط محدودیت آب، حفظ وضعیت مناسب آب گیاه و تداوم فعالیت‌های فیزیولوژیک از عوامل مهم تعیین‌کننده رشد و عملکرد نخود هستند. در این ارتباط، Subham و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که افزایش ذخیره آب خاک در مراحل مختلف رشد نخود با بهبود محتوای نسبی آب برگ، شاخص سطح برگ، وضعیت کلروفیل و فعالیت روزنه‌ای همراه بوده و در نهایت عملکرد و بهره‌وری آب را افزایش می‌دهد. همچنین، عملکرد بالاتر رقم آتا در جوی یک‌متری در پژوهش حاضر را می‌توان، دست‌کم بخشی، ناشی از پاسخ مطلوب‌تر این رقم به شرایط رطوبتی ایجادشده در این آرایش کشت دانست. در مقابل، عملکرد نسبتاً پایدار رقم منصور در هر سه آرایش کشت می‌تواند نشان‌دهنده سازگاری بیشتر این رقم با دامنه‌ای از شرایط محیطی باشد. این موضوع با اهمیت برهم‌کنش ژنوتیپ، محیط و مدیریت در تعیین عملکرد و بهره‌وری آب نخود نیز همخوانی دارد (Amiri et al., 2021).



شکل ۹- مقایسه میانگین تاثیر بستر کاشت و رقم نخود بر عملکرد دانه. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک داشتند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که نوع الگوی کاشت و رقم نخود از عوامل مؤثر بر بهبود صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دانه بوده و تغییر در آرایش کاشت می‌تواند رشد رویشی و عملکرد نخود را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دهد. به‌طور کلی، آرایش‌های کاشت درون جوی‌های با عرض نیم‌متری و یک‌متری نسبت به کشت مسطح شرایط مناسب‌تری برای رشد گیاه فراهم کردند و موجب بهبود صفاتی نظیر ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ و تعداد برگچه در بوته شدند. همچنین، بیشترین عملکرد دانه در رقم آتا و کشت در جوی یک‌متری

حاصل شد که نسبت به کشت مسطح همین رقم حدود ۵۷/۵ درصد افزایش داشت و بیانگر پاسخ مثبت این رقم به آرایش جوی یکمتری بود. در مقابل، رقم منصور در اغلب صفات رویشی برتری محسوسی نسبت به ارقام آنا و آتا داشت که بیانگر سازگاری مناسب‌تر این رقم با شرایط آزمایش و بهره‌گیری مؤثر از شرایط ایجادشده در آرایش‌های مختلف کاشت است. بنابراین، کشت جوی یکمتری همراه با رقم آتا می‌تواند برای دستیابی به عملکرد دانه بیشتر، و رقم منصور در آرایش‌های جوی و پشته می‌تواند برای بهبود صفات رویشی و توسعه کانوپی، گزینه مناسبی باشد. در مجموع، استفاده از آرایش‌های کاشت جوی و پشته، به‌ویژه جوی یکمتری، همراه با انتخاب رقم متناسب با هدف تولید، می‌تواند به‌عنوان راهکاری مناسب برای بهبود رشد و عملکرد نخود در شرایط دیم مناطق مشابه منطقه مورد مطالعه پیشنهاد شود.

منابع

- Alhosseini, N. M., Rahmani, A., & Khavari Khorasani, S. (2014). Investigation of planting method and plant density on some of morphological traits, yield and yield components of sweet corn (*Zea mays* L. var. *saccharata*) Varieties. *Agronomy Journal* (Pajouhesh & Sazandegi), 103: 84-95. <https://doi.org/10.22092/AJ.2014.101209>
- Amiri, S., Eyni-Nargeseh, H., Rahimi-Moghaddam, S., & Azizi, Kh. (2021). Water use efficiency of chickpea agro-ecosystems will be boosted by positive effects of CO₂ and using suitable genotype $\times$ environment $\times$ management under climate change conditions. *Agricultural Water Management*, 252, 106928. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106928>
- Archana, B., Sampath, O., Suneetha Devi, K. B., & Ravi, P. (2021). Influence of Land Configurations and Mulching on Plant Growth and Yield of Chickpea (*Cicer Arietinum* L.). *International Journal of Environment and Climate Change*, 11(12), 165-71. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2021/v11i1230567>.
- Bréda, N. J. J. (2003). Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies. *Journal of Experimental Botany*, 54(392), 2403-2417. <https://doi.org/10.1093/jxb/erg263>
- Cheng, A., Raai, M. N., Zain, N. A. M., Massawe, F., Singh, A., & Wan-Mohtar, W. A. A. Q. I. (2019). In search of alternative proteins: Unlocking the potential of underutilized tropical legumes. *Food Security*, 11(6). <https://doi.org/10.1007/s12571-019-00977-0>
- Chourasiya, A., Naik K. R., Chauhan, A., & Das, Sh. (2018). Productivity and economic efficiency of chickpea as influenced by land configurations, irrigation scheduling and weed management. *International Journal of Chemical Studies*, 26(4): 1867-1870.
- Han, K., Yao, G., Li, Zh., Wang, Y., Li, M., Ning, T., & Kuzyakov, Y. (2025). Ridge and furrow cultivation raises water and nitrogen use efficiency and crop climate adaptability. *Agricultural Water Management*, 317: 109657. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109657>
- Hasanian Khoshroo, H. (2022). Introduction of rainfed chickpea and lentil cultivars suitable for autumn planting in cold rainfed regions. *Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)*, 1-59.
- Hayat, I., Ahmad, A., Masud, T., Ahmed, A., & Bashir, S. (2014). Nutritional and health perspectives of beans (*Phaseolus vulgaris* L.): an overview. *Critical reviews in food science and nutrition*, 54(5), 580-592. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.596639>
- Heidari, H. (2012). Effect of irrigation by contaminated water with cloth detergent on plant growth and seed germination traits of maize (*Zea mays*). *Life Science Journal*, 9(4): 1587-1590.

- IMO. (2026). Statistical Yearbook of Kermanshah Province, Sararud Meteorological Station. Access date: 8/22/2026. <https://www.kermanshahmet.ir/met/amar>
- Jafari, M., Sabzevari, A. & Asefpour Vakilian, K. (2014). Effects of planting methods on yield and morphological traits of three chickpea cultivars in rain fed conditions. *Russian Agricultural Sciences*, 40(5): 339-343. <https://doi.org/10.3103/S1068367414050115>
- Joshi, N., Usadadia, V. P., Barkha & Tajane, D. (2020). Influence of land configuration, irrigation levels and nipping on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Peer Reviewed Journal*, 8(6): 263-266. <https://www.doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i6d.10780>
- Kaur, G., Sanwal, S.K., Sehrawat, N., Kumar, A., Kumar, N. & Mann, A. (2022). Identification of salt tolerant chickpea genotypes based on yield and salinity indices. *Legume Research*, 45(11): 1381-1387. <https://doi.org/10.18805/LR-4519>
- Liao, Z., Zhang, K., Fan, J., Li, Z., Wang, X., Cheng, M., Zou, Y., et al. (2022). Ridge-furrow plastic mulching and dense planting with reduced nitrogen improve soil hydrothermal conditions, rainfed soybean yield and economic return in a semi-humid drought-prone region of China. *Soil and Tillage Research*, 217: 105291. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105291>
- Mandal, K.G., Thakur, A.K., & Mohanty, S. (2019). Paired-row planting and furrow irrigation increased light interception, pod yield and water use efficiency of groundnut in a hot sub-humid climate. *Agricultural Water Management* 213: 968–977. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.12.018>
- Mehrpouyan, M., Faramarzi, A., Jaefari, A., & Siyami, K. (2010). The effect of different methods and different dates of sowing on yield and yield components in two cultivars of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Pulses Research*, 1(1), 9-17. <https://doi.org/10.22067/IJPR.V1I1.6317>
- Memon, M.S., Ullah, K., Siyal, A.A., Leghari, N., Tagar, A. A. Ibupoto, K. A., Ata-ul-karim, S. T., Tahir M., & Memon, N. (2020). The effect of different raised bed sizes under furrow irrigation method on salt distribution in soil profile and yield by hydus (2/3D). *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 33 (1): 113-125. <https://doi.org/10.17582/journal.pjar/2020/33.1.113.125>
- Ministry of Agriculture Jihad. (2024). Statistical Yearbook of the 2023–2024 Crop Year. Deputy for Planning and Economic Affairs, Ministry of Agriculture Jihad. Access date 8/23/2026. <https://en.maj.ir/>
- Nadimi Dafrazi, M. H., Esfahani, M., Mohsenabadi, Gh., & Aalami, A. (2023). Effect of planting method and nitrogen fertilizer on radiation use efficiency, energy balance, soil characteristics and grain yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cereal Research*, 12(4), 367-382. <https://doi.org/10.22124/CR.2023.25076.1776>
- Pan, T., Liu, Z., Yan, L., Chen, F., Wang, J., Huang, X., & Xu, Y. (2025). Optimizing ridge–furrow configuration and nitrogen rate to enhance wheat nitrogen use efficiency under diverse climate and soil conditions. *Agriculture*, 15: 2543. <https://doi.org/10.3390/agriculture15242543>
- Patel, H. H., Thanki, J. D., Patel, T. U., Patel, D. D., & Patel, H. M. (2016). Planting techniques and irrigation levels influenced on chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Advances in Life Sciences*, 5(4), 1191–1195.
- Purushothaman, R., Krishnamurthy, L., Upadhyaya, H.D., Vadez, V., & Varshney, R.K. (2017). Genotypic variation in soil water use and root distribution and their implications for

drought tolerance in chickpea. *Funct Plant Biol*, 44(2):235-252.
<https://doi.org/10.1071/FP16154>

Ralli, S., Dhingra, K.K. (2003). Response of soybean to different planting methods. *Annals of Biology*, 19(2): 151-155.

Saeid, A., Kanouni, H., Sabbaghpour, S. H., Faraidi, Y., Mahdieh, H., Mahmoudi, F., Ashrafi, J., Kheirgoo, M., Abdolazimzadeh, R., Pirouti, M., Alipour, O., & Akbari Koukia, A. (2018). New chickpea variety Ana, suitable for autumn planting at dryland conditions in template and cold regions. *Legume Agriculture Extension Journal*. 1(2), 1-16. [In Persian]

Saeid, A., Sabbaghpour, S. H., Kanouni, H., Faraidi, Y., Mahdieh, M., Mahmoudi, F., Ashrafi, J., Kheirgoo, M., Abdolazimzadeh, R., Pirouti, M., Alipour, O., & Akbari Koukia, A. (2021). Ata, a new chickpea cultivar suitable for autumn sowing in rainfed cold and temperate regions of Iran. *Research Achievements in Field and Horticultural Crops*, 9(2), 165–181.
<https://doi.org/10.22092/rafhc.2021.124708.1181>

Shashikumar, M., Gowda, B., Hosamani, V., Manu, T. G., Santhosh, U. N. & Kamble, P. B. (2013). Studies on method of planting on seed yield and quality of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes. *Global Journal of Biology, Agriculture & Health Science*, 2(1): 25-28.

Singh, D., Kasana, B.S., & Kushwah, S.S. (2020). Evaluation of Different Sowing Methods on Growth Parameters in Chickpea (*Cicer aritinum* L.). *Journal of Krishi Vigyan*, 8(2): 120-123. <https://doi.org/10.5958/2349-4433.2020.00025.2>

Stagnari, F., Maggio, A., Galieni, A., & Pisante, M. (2017). Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: An overview. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(2), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s40538-016-0085-1>

Subham, M., Ramprosad, N., Arnab, K., Kumar, B. P., Arpita, N., Priyanka, Gh., & Rajib, N. (2022). Soil water stress and physiological responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.) subject to tillage and irrigation management in lower Gangetic plain. *Agricultural Water Management*, Elsevier, 263. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107443>

Swathi, S., Reddy, M. S., Babu, P. R. & Kavitha, P. (2022). Performance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under different sowing bed methods and irrigation levels. *Andhra Pradesh Journal of Agricultural Sciences*, 8(2): 69–72.

Turner, N. C., and Kramer, P. J. (1980). Adoption of plant to water and high temperature stress. Wiley Interscience, New York.

Vinayak, N., & Pujari, B. T. (2010). Influence of different irrigation methods and planting densities on yielding ability of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under late sown condition. M.Sc. (Agri.) Thesis, University of Agricultural Sciences, Raichur.

Wu, J.Z., Huang, X., Hou, Y., Tian, W.Z., Li, J.H., Zhang, J., Li, F., Lü, J.J., Yao, Y.Q., Fu, G.Z., Huang, M., & Li, Y.J. (2023). Effects of ridge and furrow planting patterns on crop productivity and soil nitrate-n accumulation in dryland summer maize and winter wheat rotation system. *Scientia Agricultura Sinica*, 56 (11): 2078-2091.
<https://doi.org/10.3864/j.issn.0578-1752.2023.11.004>

Zhang, J., Zhang, L., Liu, X., & Yang, X. (2024). Quantitative evaluation of soil water balance under a ridge-furrow rainwater harvesting system in Chinese rainfed agroecosystem. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(13): 8201–8211.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.13653>

Zhou, Q., Huang, M., Hu, C., Liu, A., Dong, S., Ren, K., Tian, W., Li, J., Li, F., Fu, G., et al. (2025). Effects of ridge and furrow planting patterns on crop yield and grain quality in

dryland maize–wheat double cropping system. Plants, 14: 3030.
<https://doi.org/10.3390/plants14193030>

پیش از انتشار