

Testing Value for Cultivation and Use (VCU) of "Sakar" Chickpea Variety Candidates for Commercialization

Babak Darvishi^{1*}, Hossein Kamari², Saman Sheidaei³, Mohammadreza Jazayeri Noushabadi⁴

1. Assistant professor, Seed and Plant Certification and Registration Institute. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran. E-mail: b.darvishi@spcrri.ir, ORCID ID: 0000-0003-0955-2525
2. Researcher, Seed and Plant Certification and Registration Institute. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran. E-mail: hossin.kamari@gmail.com, ORCID ID: 0009-0006-8208-0471
3. Assistant professor, Seed and Plant Certification and Registration Institute. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran. E-mail: s.sheidaei@areeo.ac.ir, ORCID ID: 0000-0001-5110-860X
4. Assistant professor, Seed and Plant Certification and Registration Institute. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran. E-mail: m.jazayeri@areeo.ac.ir, ORCID ID: 0000-0002-7062-1692

Introduction: Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is considered as a valuable legume crop that, in addition to having high nutritional value, is well adapted to rainfed farming conditions. Also it is one of the most important crops in the semi-arid regions of the world, and is widely cultivated in Iran. In 2023, chickpea cultivation area in Iran is about 423,700 hectares and its production is estimated at more than 175,000 tons with an average yield of 413 kilograms per hectare. Developing new varieties with superior agronomic characteristics and consumer's desirable traits is a fundamental step towards increasing yield, improving mechanization capabilities and strengthening market competitiveness. The Value for Cultivation and Use (VCU) test, as a key step in the registration and commercialization process plays a decisive role as it ensures the superior performance and quality of new varieties over existing varieties. The newly developed chickpea cultivar 'Sakar' was selected for evaluation due to its promising morphological and physiological traits. The aim of this study was to investigate the agronomic performance and consumption-related characteristics of the "Sakar" cultivar in comparison with five commercial cultivars in diverse climatic conditions of Iran.

Materials and Methods: This study was conducted during two cropping seasons in three locations: Urmia, Naqadeh, and Karaj. A Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications was used to evaluate the candidate cultivar 'Sakar' alongside five control cultivars. Data collection was based on the national VCU testing protocol and phenological traits, yield components and seed quality were evaluated. Post-harvest traits such as water absorption index, seed swelling index and cooking time were measured using standard laboratory methods. Analysis of variance (ANOVA) was performed to assess differences among cultivars and mean comparisons were conducted using Duncan's multiple range test at the 5% significance level. All statistical analyses were carried out using SAS software.

Results and Discussion: The candidate cultivar 'Sakar' was later flowering than the other cultivars with 154.4 days to flowering. Sakars flowering time was significantly delayed compared to the average of the other cultivars (152.7 days). 'Sakar' cultivar with a maturity period of 190.7 days was classified in the late-maturing cultivar group along with 'Nosrat' (190.2 days) and 'Ata' (189.8 days). The first pod height in 'Sakar' (20.5 cm) was significantly higher than the mean of the other cultivars (17.8 cm), which is considered as an advantage for 'Sakar' mechanical harvesting. 'Sakar' also showed high branching (7.05 branches per plant), similar to 'Ata' (7.0) and 'Nosrat' (6.77). Although the number of pods per plant in 'Sakar' (39.4 pods) was significantly lower than the average of the improved cultivars (49.15 pods), it had the highest number of seeds per pod (1.15) and the highest 100-seed weight of 37 g which was ranked in the highest statistical group with 100-seed weight in Saeed (37.9 grams) and Anna (37 grams) cultivars. 'Sakar' also produced the highest fresh seed weight (81.3 g) and showed a higher water absorption index (1.19%) compared to the general mean (1.12%). Its dry seed volume (83 mL) was the highest among the cultivars. Based on the seed swelling index (2.23) and cooking time (38.3 minutes), 'Sakar' was categorized as an intermediate cultivar. Overall, due to its higher first pod height and relatively large seed size, 'Sakar' can serve as an efficient and promising germplasm for breeding and production programs in regions with environmental conditions similar to the study areas.

Conclusion: The candidate cultivar 'Sakar' showed impressive agronomic performance in the evaluations; higher first pod height, adequate branching and relatively large seed size were its outstanding features. In addition, the sakar cultivar showed favorable quality traits such as higher grain fresh weight, higher water absorption index and higher grain dry volume. Although this cultivar was ranked at an average level in terms of grain swelling index and cooking time, the combination of all Sakar characteristics indicates that Sakar can be used as an efficient and promising germplasm for breeding and production programs in areas with environmental conditions similar to the experimental sites.

Acknowledgement: This article is extracted from the research project of the Seed and Plant Certification and Registration Institute under the approved number 04-08-08-050-011221 dated 2025/10/18 which is hereby thanked and appreciated.

Keywords: Agronomic Value, Commercialization, Cultivar, Chickpea

پیشینه

ارزیابی ارزش زراعی نخود رقم "ساکار" (*Cicer arietinum* L.) متقاضی تجاری سازی

بابک درویشی^{۱*}، حسین کمری^۲، سامان شیدائی^۲، محمدرضا جزایری نوش آبادی^۴

۱. استادیار، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

رایانامه: b.darvishi@spcri.ir

۲. محقق، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

رایانامه: hossin.kamari@gmail.com

۳. استادیار، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

رایانامه: s.sheidaei@areeo.ac.ir

۴. استادیار، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

رایانامه: m.jazayeri@areeo.ac.ir

چکیده

به منظور ارزیابی ارزش زراعی و مصرفی لاین جدید نخود به نام "ساکار" به عنوان رقم کاندیدای معرفی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال زراعی در سه منطقه (ارومیه، نقده و کرج) اجرا شد. در طول فصل رشد، داده‌برداری بر اساس دستورالعمل آزمون ارزش زراعی انجام شد و صفات زراعی، عملکرد و ویژگی‌های کیفی نخود رقم ساکار مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس نتایج به دست آمده، رقم ساکار با میانگین ۱۵۴/۴ روز تا گلدهی و ۱۹۰/۷ روز تا رسیدگی جزو ارقام دیررس طبقه‌بندی شد. ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین در این رقم (۲۰/۵ سانتی‌متر) به‌طور معنی‌داری بیشتر از میانگین ارتفاع اولین غلاف در سایر ارقام (۱۷/۸ سانتی‌متر) بود که برای برداشت مکانیزه یک مزیت محسوب می‌شود. رقم ساکار با میانگین ۷/۰۵ شاخه در بوته، شاخه‌دهی بالایی داشت. اگرچه میانگین تعداد غلاف در بوته در رقم ساکار کمتر از میانگین سایر ارقام بود، اما میانگین تعداد دانه در غلاف (۱/۱۵ عدد) و میانگین وزن صد دانه (۳۷ گرم) در این رقم بالاتر بود. شاخص جذب آب (۱/۱۹ درصد) و شاخص تورم دانه (۲/۲۳) در رقم ساکار حدواسط سایر ارقام بود. از نظر زمان پخت نیز رقم ساکار با میانگین زمان پخت ۳۸/۳ دقیقه در گروه دانه‌های با زمان پخت متوسط طبقه‌بندی شد. به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که رقم ساکار به دلیل سهولت برداشت مکانیزه ناشی از ارتفاع بیشتر اولین غلاف و نیز بازارپسندی بالاتر حاصل از تولید دانه‌های نسبتاً درشت می‌تواند در مناطق مشابه با شرایط آزمایش همانند ارقام شاهد به عنوان یک ژرم پلاسما جدید و کارآمد در توسعه و تولید حبوبات کشور مورد استفاده قرار گرفته و نقش مؤثری در توسعه کشت نخود در کشور ایفا کند.

مقدمه

حبوبات پس از غلات، دومین منبع غذایی مهم برای انسان محسوب می‌شوند و نقش کلیدی در تأمین پروتئین رژیم غذایی جمعیت جهان ایفا می‌کنند (Basiri, 2024). نخود (*Cicer arietinum* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی مناطق نیمه‌خشک جهان به‌شمار می‌رود که در ایران نیز به‌طور گسترده کشت می‌شود. بر اساس گزارش‌های منتشرشده در سال ۲۰۲۳، سطح زیرکشت نخود در ایران حدود ۴۲۳/۷ هزار هکتار بوده و تولید آن بیش از ۱۷۵ هزار تن با میانگین عملکرد ۴۱۳ کیلوگرم در هکتار برآورد شده است. در سطح جهانی نیز سطح زیرکشت نخود در همین سال حدود ۱۴/۰۹ میلیون هکتار با میانگین عملکرد ۱۱۷۱/۷ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (FAO, 2023).

اصلاح نباتات، برگرفته از تکامل طبیعی، تلاشی هدفمند برای بهبود صفات زراعی و پاسخ به نیازهای بشر در تأمین غذا و مواد اولیه است (Mafakheri et al., 2015). امروزه این دانش به عنوان رکنی اساسی در توسعه پایدار کشاورزی و امنیت غذایی نقش دارد. ارقام پرپتانسیل با افزایش عملکرد و کاهش ریسک تولید، درآمد کشاورزان را بالا می‌برند. از این رو، توسعه ارقام جدید متناسب با تنوع اقلیمی ایران ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است (Kakaei, 2025).

دستیابی به تنوع ژنتیکی در محصولات زراعی از دو مسیر اصلی امکان‌پذیر است: نخست، تولید ارقام جدید از طریق برنامه‌های اصلاحی در مؤسسات تحقیقاتی داخلی یا بخش خصوصی و دوم، واردات ارقام اصلاح‌شده و ثبت‌شده از منابع خارجی. در هر دو رویکرد، آزمون "تاز" (VCU) یا ارزیابی ارزش زراعی و مصرفی ارقام در شرایط متنوع اقلیمی کشور، شرط اساسی برای تجاری‌سازی و توسعه کشت آن‌ها محسوب می‌شود. اهمیت این ارزیابی در مورد گیاهانی نظیر نخود که عمدتاً در اراضی دیم کشت می‌شوند، دوچندان است؛ چرا که دیمزارها به‌طور خاص در معرض نوسانات شدید اقلیمی، از جمله تنش‌های حرارتی و رطوبتی قرار دارند. از این رو، شناسایی و معرفی ارقامی با عملکرد پایدار و سازگاری اقلیمی بالا، گامی بنیادین در راستای توسعه پایدار کشاورزی دیم در کشور به‌شمار می‌رود (Darvishi et al., 2022).

آزمون تعیین ارزش زراعی و مصرفی (VCU) نقش مهمی در ارزیابی مزیت‌های ژنتیکی مواد گیاهی کاندید برای معرفی و آزادسازی به‌عنوان رقم جدید ایفا می‌کند. این آزمون معمولاً از طریق مقایسه عملکرد و صفات زراعی ارقام کاندید با ارقام تجاری رایج، در شرایط مزرعه، گلخانه یا آزمایشگاه و در اقلیم‌های هدف انجام می‌گیرد (Mendler-Drienyovszki et al., 2024). در آزمون VCU، ارقام جدید در قالب آزمایش‌های تکراردار و در چندین منطقه هدف در کنار ارقام شاهد تجاری،

¹- Value of Cultivation and Use

کشت و ارزیابی می‌شوند تا صفات مهم زراعی آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد. همچنین، در صورتی که اصلاح‌گر در اظهارنامه خود ادعای مقاومت رقم جدید به بیماری‌ها یا تنش‌های محیطی را مطرح کند، لازم است روش‌های ارزیابی و شرایط آزمون مقاومت یا تحمل به‌طور دقیق توسط اصلاح‌گر تشریح شود (Hamidi et al., 2021).

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی ارزش زراعی نخود رقم ساکار به‌عنوان رقم متقاضی تجاری‌سازی در اقلیم‌های مختلف کشت نخود در ایران طراحی شده است. در این مطالعه، عملکرد و سایر صفات زراعی و مورفولوژیک رقم ساکار بر اساس شاخص‌های مندرج در دستورالعمل آزمون VCU نخود با ارقام ثبت‌شده در فهرست ملی ارقام گیاهی مقایسه شده است تا میزان برتری و سازگاری این رقم در هر یک از اقلیم‌های هدف مشخص گردد.

مواد و روش‌ها

پس از اجرای عملیات زراعی شامل شخم پاییزه و بهاره، دیسک‌زنی، تسطیح با لولر و کوددهی بر اساس نیاز تغذیه‌ای خاک، زمین‌های آزمایشی در سه منطقه شامل ارومیه، نقده و کرج در دو سال زراعی (۱۴۰۱-۱۴۰۲ و ۱۴۰۳-۱۴۰۲) به‌صورت یکنواخت آماده‌سازی شدند. مشخصات جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و شرایط اقلیمی مناطق مورد مطالعه در [جدول ۱](#) نشان داده شده است. در این جدول، منطقه‌بندی اقلیمی به‌روش کوپن-گایگر انجام شده است (Raziei, 2017).

طرح آزمایش به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با شش رقم نخود و سه تکرار در هر منطقه اجرا گردید. هر بلوک شامل شش کرت بود و هر کرت از پنج ردیف به طول ۵ متر تشکیل شده بود، فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. رقم جدید نخود (ساکار) به همراه پنج رقم شاهد شامل نصرت، آنا، آتا، سعید و یک توده محلی در کرت‌های مربوطه در هر سه منطقه کشت شدند. عملیات کاشت دیم به‌صورت انتظاری و در اوایل دی ماه سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ انجام گرفت.

در طول دوره رشد گیاه، عملیات داشت شامل وجین علف‌های هرز و کنترل آفات انجام گرفت. ثبت داده‌های مربوط به صفات زراعی مهم از جمله ارتفاع بوته، تعداد غلاف در هر بوته، تعداد دانه در هر غلاف و تاریخ‌های گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیک مطابق با دستورالعمل آزمون ارزش زراعی صورت پذیرفت.

به‌منظور برآورد دقیق عملکرد، نیم‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌همراه دو ردیف حاشیه‌ای حذف گردید و عملکرد نهایی بر اساس مساحت باقی‌مانده هر کرت ثبت شد. پس از اندازه‌گیری صفات مزرعه‌ای، صفاتی نظیر وزن صد دانه، شاخص جذب آب و شاخص تورم دانه نیز مورد ارزیابی و ثبت قرار گرفت. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها شامل تجزیه واریانس ساده و مرکب دو ساله و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای هر منطقه به‌صورت جداگانه و همچنین تجزیه واریانس مرکب برای داده‌های دو سال و سه منطقه انجام شد. برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ استفاده گردید و آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد برای بررسی تفاوت میان صفات مورد مطالعه

به کار گرفته شد. آمار هواشناسی مناطق مورد مطالعه در ماه‌های دوره رشد از سال‌های زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ و ۱۴۰۲-۱۴۰۳ در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و شرایط اقلیمی مناطق مورد مطالعه

Table 1- Geographical coordinates, altitude above sea level and climatic zoning in studied areas

مناطق مورد مطالعه Studied areas	مختصات جغرافیایی Geographical coordinates	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude above sea level (m)	منطقه بندی اقلیمی Climatic zoning
کرج Karaj	35° N 49' 45" 50° E 58' 03"	1312	نیمه خشک سرد (BSk)
ارومیه Urmia	37° N 32' 38" 45° E 03' 53"	1330	مدیترانه‌ای تابستان گرم (Csa)
نقده Naqadeh	36° N 56' 59" 45° E 22' 59"	1330	مدیترانه‌ای تابستان گرم (Csa)

جدول ۲: آمار هواشناسی مناطق مورد مطالعه در دوره رشد نخود (دی تا تیر) در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲

Table 2- Meteorological statistics of the studied areas in the growth period of chickpea in 2022-2023

ماه (Month)	بارندگی کرج Karaj rainfall (mm)	دمای کرج Karaj average temperature (°C)	بارندگی ارومیه Urmia rainfall (mm)	دمای ارومیه Urmia average temperature (°C)	بارندگی نقده Naqadeh rainfall (mm)	دمای نقده Naqadeh average temperature (°C)
دی (Jan)	30	3.2	37	-1.5	35	2.0
بهمن (Feb)	27	5.3	32	0.5	30	4.3
اسفند (Mar)	48	9.4	42	5.3	37	10.1
فروردین (Apr)	38	15.3	37	12.5	32	16.4
اردیبهشت (May)	22	20.8	27	17.3	24	22.4
خرداد (Jun)	6	27.3	12	22.8	6	28.2
تیر (Jul)	2	33.8	3	26.8	2	32.5

جدول ۳: آمار هواشناسی مناطق مورد مطالعه در دوره رشد نخود (دی تا تیر) در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۳

Table 3- Meteorological statistics of the studied areas in the growth period of chickpea in 2023-2024

ماه (Month)	بارندگی کرج Karaj rainfall (mm)	دمای کرج Karaj average temperature (°C)	بارندگی ارومیه Urmia rainfall (mm)	دمای ارومیه Urmia average temperature (°C)	بارندگی نقده Naqadeh rainfall (mm)	دمای نقده Naqadeh average temperature (°C)
دی (Jan)	26	3.8	33	-2.3	31	1.5
بهمن (Feb)	24	5.6	28	0.2	26	3.8

ماه (Month)	بارندگی کرج Karaj rainfall (mm)	دمای کرج Karaj average temperature (°C)	بارندگی ارومیه Urmia rainfall (mm)	دمای ارومیه Urmia average temperature (°C)	بارندگی نقده Naqadeh rainfall (mm)	دمای نقده Naqadeh average temperature (°C)
اسفند (Mar)	42	9.7	38	5.1	34	9.6
فروردین (Apr)	32	15.6	33	12.2	28	15.8
اردیبهشت (May)	18	21.1	23	17.1	20	21.9
خرداد (Jun)	4	27.6	8	22.3	4	27.6
تیر (Jul)	1	34.1	1	26.2	1	31.9

به منظور تعیین نیازهای کودی نخود در مناطق مورد مطالعه، نمونه‌ای مرکب از خاک مزرعه انتخاب و با هدف تعیین خصوصیات فیزیکی- شیمیایی آن به آزمایشگاه خاک‌شناسی مؤسسه تحقیقات خاک و آب ارسال گردید که نتایج آن در [جدول ۴](#) نشان داده شده است.

جدول ۴- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک در مناطق مورد مطالعه
Table 4- Physicochemical properties of soil samples in the studied areas

مناطق مورد مطالعه Studied areas	بافت خاک (Texture)	اسیدیته (pH)	شوری (EC) (dS/m)	کربن آلی Organic C (%)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر (P) (mg/kg)	پتاسیم (K) (mg/kg)
کرج Karaj	لوم رسی Clay loam	7.40	1.8	0.65	0.06	15.2	310
ارومیه Urmia	لوم رسی Clay loam	7.25	2.0	0.58	0.07	14.1	295
نقده Naqadeh	لوم Loam	7.50	1.6	0.52	0.06	13.8	280

نتایج و بحث

تعداد روز تا گلدهی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال، مکان، رقم و اثر متقابل سال × مکان × رقم بر تعداد روز تا گلدهی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود ([جدول ۵](#)). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که دوره گلدهی در سال دوم به‌طور معنی‌داری طولانی‌تر از سال نخست بود که احتمالاً ناشی از تفاوت شرایط محیطی از جمله دما و رطوبت خاک در دو سال آزمایش است. از نظر مکانی، بیشترین تعداد روز تا گلدهی در نقده و کمترین آن در کرج ثبت شد؛ این موضوع بیانگر تأثیر اقلیم سردتر نقده بر تأخیر در ورود گیاه به مرحله زایشی است. بین ارقام نیز تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد روز تا گلدهی مشاهده شد؛ به‌طوری‌که ارقام ساکار، نصرت و آتا دیرگل‌تر و ارقام آنا و توده محلی زودگل‌تر بودند ([جدول ۶](#)). اثر متقابل سال × مکان × رقم نیز الگوهای متفاوتی را نشان داد. در کرج، رقم نصرت در سال اول و رقم ساکار در سال دوم بیشترین روز تا گلدهی را داشتند. در ارومیه، رقم ساکار در هر دو سال دیرگل‌ترین بود که نشان‌دهنده پایداری نسبی این رقم در شرایط

اقلیمی مختلف است. در نقده نیز رقم ساکار در سال اول و رقم آنا در سال دوم بیشترین روز تا گلدهی را داشتند (شکل ۱). از نظر فیزیولوژیک، طولانی بودن فاصله جوانه‌زنی تا گلدهی سبب افزایش احتمال مواجهه گیاه با تنش خشکی انتهای فصل شده و در نتیجه تعداد غلاف و دانه کاهش می‌یابد (Singh et al., 1990). همچنین گزارش شده است که بین عملکرد دانه و تعداد روز تا گلدهی همبستگی منفی و معنی‌دار وجود دارد و ژنوتیپ‌های زودگل در شرایط تنش عملکرد بالاتری تولید می‌کنند (Singh & Saxena, 1999). بنابراین، نتایج این پژوهش نیز با یافته‌های پیشین هم‌خوانی دارد و اهمیت انتخاب ژنوتیپ‌های زودگل در مناطق مستعد تنش خشکی را تأیید می‌کند.

طول دوره رسیدگی: نتایج نشان داد که اثر سال، مکان، رقم و اثر متقابل آن‌ها بر طول دوره رسیدگی معنی‌دار بود (جدول ۵). طول دوره رسیدگی در سال دوم بیشتر از سال نخست بود که می‌تواند ناشی از شرایط محیطی مساعدتر برای رشد رویشی و تأخیر در ورود به مرحله رسیدگی باشد. از نظر مکانی، کرج کوتاه‌ترین و ارومیه و نقده طولانی‌ترین دوره رسیدگی را داشتند. این تفاوت بیانگر تأثیر اقلیم سردتر ارومیه و نقده بر تأخیر در رسیدگی فیزیولوژیک است. بین ارقام نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده شد؛ ارقام ساکار، نصرت و آتا دیررس‌تر و ارقام سعید، توده محلی و آنا زودرس‌تر بودند (جدول ۶). اثر متقابل سال × مکان × رقم نشان داد که در کرج تفاوت معنی‌داری بین ارقام در هر دو سال مشاهده نشد که احتمالاً ناشی از شرایط نسبتاً یکنواخت اقلیمی این منطقه است. در ارومیه، رقم آنا در هر دو سال زودرس‌ترین بود. در نقده نیز توده محلی در سال اول و رقم ساکار در سال دوم کوتاه‌ترین دوره رسیدگی را داشتند (شکل ۱). مطالعات پیشین نیز اثر معنی‌دار مکان و رقم بر رسیدگی فیزیولوژیک نخود را گزارش کرده‌اند. درویشی و همکاران (Darvishi et al., 2022) نشان دادند که دانه ارقام نخود در مناطق سرد دیرتر از مناطق معتدل گرم می‌رسند. همچنین صادق‌زاده اهری (Sadeghzadeh Ahari, 2016) تفاوت معنی‌دار بین ارقام از نظر رسیدگی فیزیولوژیک را گزارش کرده و ژنوتیپ‌های زودرس را دارای عملکرد بالاتر معرفی کرده است. این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر هم‌راستا است و اهمیت انتخاب ارقام زودرس در مناطق سردسیر را تأیید می‌کند.

ارتفاع بوته: اثر سال، مکان، رقم و اثر متقابل آن‌ها بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۵). ارتفاع بوته در سال دوم بیشتر از سال نخست بود که احتمالاً ناشی از شرایط محیطی مساعدتر برای رشد رویشی است. از نظر مکانی، بیشترین ارتفاع بوته در کرج و کمترین در نقده ثبت شد. این موضوع نشان می‌دهد که اقلیم معتدل گرم کرج شرایط بهتری برای رشد رویشی نخود فراهم می‌کند. بین ارقام نیز از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری مشاهده شد؛ ارقام آتا و سعید بلندترین و توده محلی کوتاه‌ترین ارتفاع بوته را داشتند (جدول ۶). مطالعه خان و همکاران (Khan et al., 2024) نشان داد که تفاوت‌های محیطی و مکانی اثر معنی‌داری بر صفات رشدی و عملکرد نخود دارند و ژنوتیپ‌ها واکنش‌های متفاوتی نسبت به شرایط اقلیمی مختلف نشان می‌دهند. همچنین مشخص شد که در مناطق گرم‌تر، رشد رویشی و ارتفاع بوته افزایش می‌یابد و اثر متقابل ژنوتیپ ×

محیط نقش مهمی در تعیین عملکرد و صفات مورفولوژیک دارد. اثر متقابل سال $\times$ مکان $\times$ رقم نشان داد که در کرج، ارقام سعید، آتا و نصرت در هر دو سال بلندتر از سایر ارقام بودند. در ارومیه و نقده، توده محلی در سال اول کوتاه‌ترین بود و در سال دوم تفاوت معنی‌داری بین ارقام مشاهده نشد ([شکل ۱](#)). مطالعات قبلی نیز تأثیر رقم بر ارتفاع بوته را تأیید کرده‌اند. مندنی و جلیلیان ([Mandani & Jalilian, 2019](#)) و عطایی سماق و همکاران ([Ataei Samagh et al., 2017](#)) گزارش کردند که ارقام اصلاح‌شده معمولاً ارتفاع بیشتری نسبت به توده‌های محلی دارند. این موضوع نشان‌دهنده نقش برنامه‌های اصلاحی در بهبود ویژگی‌های مورفولوژیک نخود است.

پیش‌اندیش

جدول ۵. خلاصه جدول تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در ارقام نخود

Table 5- Summary of variance analysis of studied traits in chickpea cultivars

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	تعداد روز تا گلدهی Days to flowering	طول دوره رسیدگی Maturity period	ارتفاع بوته Plant height	ارتفاع اولین غلاف First pod height	تعداد شاخه جانبی Number of lateral branches	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد بذر در غلاف Number of seeds per pod	وزن صدانه 100-seed weight
سال: Year (Y)	1	207.42 **	608.04 **	252.02 **	0.76 ^{ns}	4.44 **	14.15 ^{ns}	0.033 ^{ns}	4.35 ^{ns}
مکان: Location (L)	2	508.33 **	1565.94 **	784.29 **	187.76 **	1.36 ^{ns}	3465.71 **	0.005 ^{ns}	14.34 *
سال×مکان: Y×L	2	73.71 **	10.33 **	247.84 **	0.4 ^{ns}	4.19 **	12.35 ^{ns}	0.011 ^{ns}	2.58 ^{ns}
(Y×L) B: بلوک (سال×مکان)	6	0	8.68	7.03	2.66	1.01	32.4	0.0086	3.61
رقم: Cultivar (C)	5	17.68 **	15.8 **	400.23 **	132.13 **	23.45 **	1396.21 **	0.049 *	77.24 **
سال×رقم: Y×C	5	8.55 **	9.83 **	37.37 **	12.2 **	5.72 **	207.21 **	0.016 ^{ns}	73.77 **
مکان×رقم: C×L	10	72.18 **	69.04 **	51.65 **	26.84 **	9.12 **	1791.87 **	0.052 *	49.83 **
سال×مکان×رقم: C×L×Y	10	11.65 **	18.23 **	22.67 **	12.96 **	3.33 **	155.23 ^{ns}	0.007 ^{ns}	70.47 **
Error: اشتباه آزمایشی	66	0.02	2.04	4.51	0.96	0.54	11.69	0.020	3.25
CV%: ضریب تغییرات	-	0.92	0.75	4.93	5.34	11.94	7.61	13.03	5.06

ادامه جدول شماره ۵

Continuation of Table No. 5

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	عملکرد دانه Seed yield	شاخص جذب آب Water absorption index	حجم خشک Dry volume	حجم مرطوب Wet volume	شاخص متورم شدن Swelling index	زمان پخت Cooking time
سال: Year (Y)	1	18455.64 ^{ns}	0.00099 ^{ns}	2.67 ^{ns}	1.11 ^{ns}	0.011 ^{ns}	16.29 **
مکان: Location (L)	2	1479949.33 **	0.0015 ^{ns}	46.65 **	192.06 **	0.049 *	0.194 ^{ns}
سال×مکان: Y×L	2	9185.36 ^{ns}	0.0021 ^{ns}	5.58 ^{ns}	2.95 ^{ns}	0.020 ^{ns}	0.623 ^{ns}
(Y×L) B: بلوک (سال×مکان)	6	7955.44	0.0004	2.8	2.08	0.046	2.45
رقم: Cultivar (C)	5	933087.04 **	0.077 **	360.99 **	2669.4 **	0.33 **	489.6 **
سال×رقم: Y×C	5	200345.34 **	0.0062 ^{ns}	5.39 ^{ns}	9.36 ^{ns}	0.0099 ^{ns}	0.64 ^{ns}
مکان×رقم: C×L	10	918051.37 **	0.0027 ^{ns}	22.33 **	142.11 **	0.0063 ^{ns}	1.31 ^{ns}
سال×مکان×رقم: C×L×Y	10	131684.13 **	0.0032 ^{ns}	3.69 ^{ns}	11.51 ^{ns}	0.006 ^{ns}	0.28 ^{ns}
Error: اشتباه آزمایشی	66	13495.25	0.0067	4.61	14.22	0.014	1.87
CV%: ضریب تغییرات	-	14.61	7.08	2.76	2.3	5.2	3.62

ns، * و **: به ترتیب نبود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: No significant difference and significant difference at the five percent and one percent probability levels, respectively.

جدول ۶. مقایسه میانگین صفات نخود در سطوح فاکتورهای مورد مطالعه

Table 6- Mean comparison of chickpea traits in the levels of studied factors

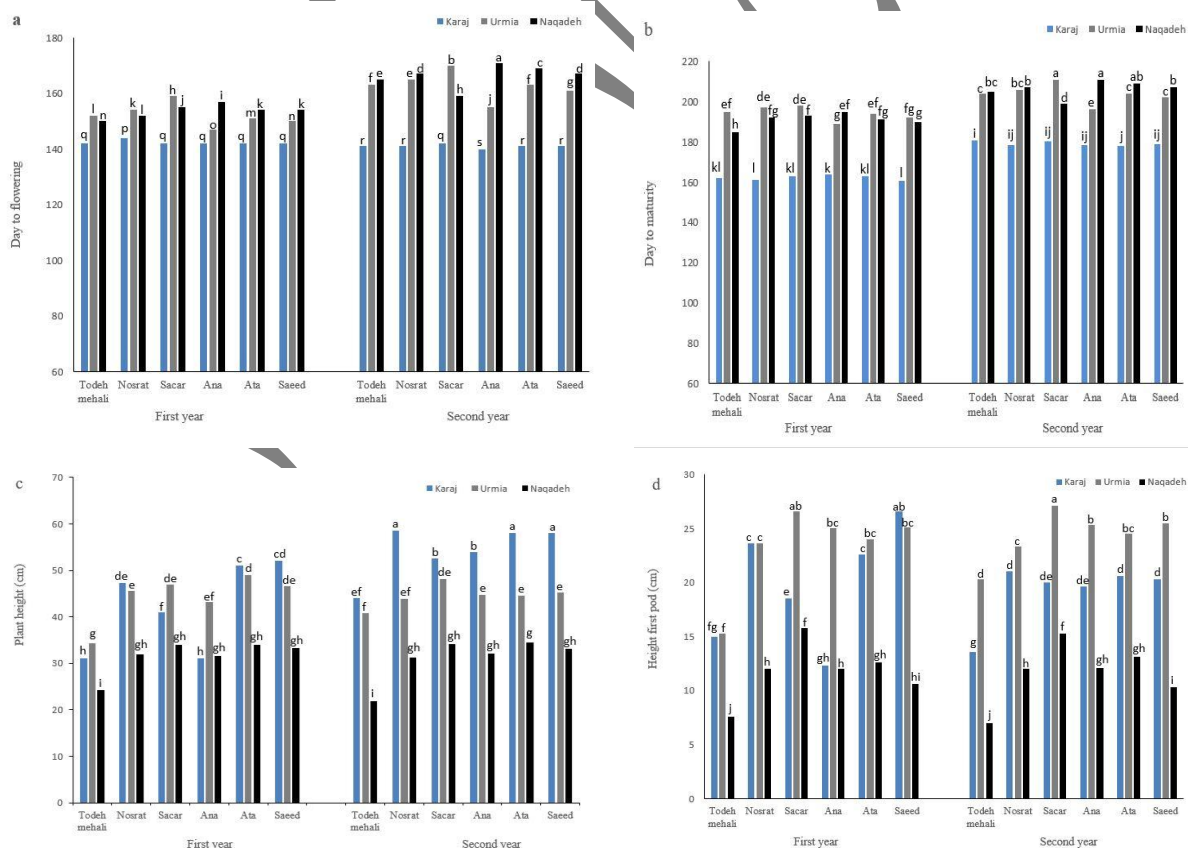
عامل‌های مورد مطالعه	سطح	میانگین صفات مورد مطالعه													
		Average of studied traits													
Studied factors	Level	تعداد روز تا گلدهی	طول دوره رسیدگی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	ارتفاع اولین غلاف	تعداد شاخه جانبی	تعداد غلاف در بوته	تعداد پود در غلاف	وزن صدانه	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص جذب آب	حجم خشک	حجم مرطوب	شاخص متورم شدن	زمان پخت
		(روز) Days to flowering (day)	(روز) Maturity period (day)	Plant height (cm)	(سانتی‌متر) First pod height (cm)	Number of lateral branches	Number of pods per plant	Number of seeds per pod	(گرم) 100-seed weight (g)	Seed yield (kg/ha)	(درصد) Water absorption index (%)	(میلی لیتر) Dry volume (ml)	(میلی لیتر) Wet volume (ml)	(درصد) Swelling index (%)	(دقیقه) Cooking time (min)
سال Year	First : اول	149.3 b	182.4 b	39.4 b	18.3 a	6.35 a	43.8 b	1.06 b	35.29 a	737.9 b	1.158 a	77.6 a	163.1 b	2.27 a	38.2 a
	Second : دوم	156.7 a	196.4 a	46.6 a	18.41 a	6 b	45.9 a	1.13 a	35.89 a	851.2 a	1.157 a	77.8 a	164.6 a	2.31 a	37.3 b
مکان Location	Karaj : کرج	141.6 c	170.6 b	53.3 a	23.8 a	5.5 c	65.7 a	1.11 a	35.8 a	1348.1 a	1.163 a	78.1 b	164.1 b	2.28 a	38.3 a
	Urmia : ارومیه	157.5 b	199 a	44.4 b	19.5 b	6.08 b	51.1 b	1.09 a	36.6 a	667.5 b	1.174 a	80.4 a	169.9 a	2.29 a	37.6 b
	Naqadeh : نقده	160 a	198.6 a	31.3 c	11.7 c	6.94 a	17.8 c	1.1 a	34.2 b	368 c	1.136 a	74.6 c	157.5 c	2.32 a	37.5 b
رقم Cultivar	توده محلی Todeh mehali	152.1 e	188.6 c	34.3 d	13.1 d	4.05 d	33.2 f	1.03 b	32.8 c	450.8 e	1.04 d	69.9 d	140.8 d	2.06 c	47.3 a
	Nosrat : نصرت	153.8 b	190.2 a	44.7 b	19.2 b	6.77 ab	58.1 a	1.16 a	35.1 b	1109.3 a	1.23 a	79.8 b	168.6 b	2.30 b	35.2 d
	Sakar : ساکار	154.4 a	190.7 a	44.5 b	20.5 a	7.05 a	39.4 e	1.15 a	37 a	718.2 d	1.19 ab	83 a	177 a	2.32 b	38.1 c
	Ana : آنا	152 f	188.8 bc	41.1 c	17.7 c	6.38 b	50.8 b	1.07 ab	37 a	945.4 b	1.16 bc	79.9 b	167.7 b	2.26 b	33.4 e
	Ata : آتا	153.3 c	189.8 ab	47 a	19.6 b	7 a	41.8 d	1.12 ab	33.6 c	693.5 d	1.17 bc	77.5 c	164.5 c	2.34 b	33.7 e
	Saeed : سعید	152.5 d	188.4 c	46.4 a	19.7 b	5.77 c	45.9 c	1.07 ab	37.9 a	850.3 c	1.12 c	76.2 c	164.6 c	2.48 a	39.1 d

حروف مشترک در سطوح هر فاکتور مورد مطالعه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار می‌باشد

Common letters at the levels of each studied factor indicate the absence of significant differences

ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین: اثر سال، مکان، رقم و اثر متقابل سال × مکان × رقم بر ارتفاع اولین غلاف معنی دار بود (جدول ۵). بیشترین ارتفاع اولین غلاف در کرج و کمترین در نقده ثبت شد. این الگو مشابه تغییرات ارتفاع بوته است و نشان می دهد که شرایط اقلیمی معتدل گرم کرج موجب افزایش ارتفاع بوته و در نتیجه افزایش ارتفاع اولین غلاف می شود. بین ارقام، ساکار بیشترین و توده محلی کمترین ارتفاع اولین غلاف را داشتند (جدول ۶). ارتفاع بالاتر اولین غلاف در رقم ساکار یک مزیت مهم برای برداشت مکانیزه محسوب می شود. بر اساس گزارش گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2015)، ارتفاع اولین غلاف باید بیش از ۳۰ سانتی متر باشد تا برداشت مکانیزه به طور مطلوب انجام شود.

با توجه به شرایط اقلیمی ایران، از جمله بارندگی کم، توزیع نامناسب بارش و تنش های محیطی مانند سرمای زمستان و گرمای زودرس تابستان، حتی ارقام اصلاح شده نیز معمولاً به حداکثر پتانسیل ژنتیکی خود نمی رسند (Darvishi et al., 2022). در این پژوهش نیز ارتفاع بوته ارقام اصلاح شده بین ۱۷/۷ تا ۲۰/۵ سانتی متر متغیر بود که کمتر از حد مطلوب برای برداشت مکانیزه است.



شکل ۱- مقایسه میانگین روز تا گلدهی (a)، روز تا رسیدگی (b)، ارتفاع بوته (c) و ارتفاع اولین غلاف (d) در سطوح اثر متقابل سال × مکان × رقم
Fig. 1- Comparison of the mean days to flowering (a), days to maturity (b), plant height (c), and first pod height (d) across the levels of the year × location × cultivar interaction

حروف مشترک در ستون ها بیانگر عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح احتمال پنج درصد است
Common letters in the columns indicate nonsignificant differences at the 5% probability level

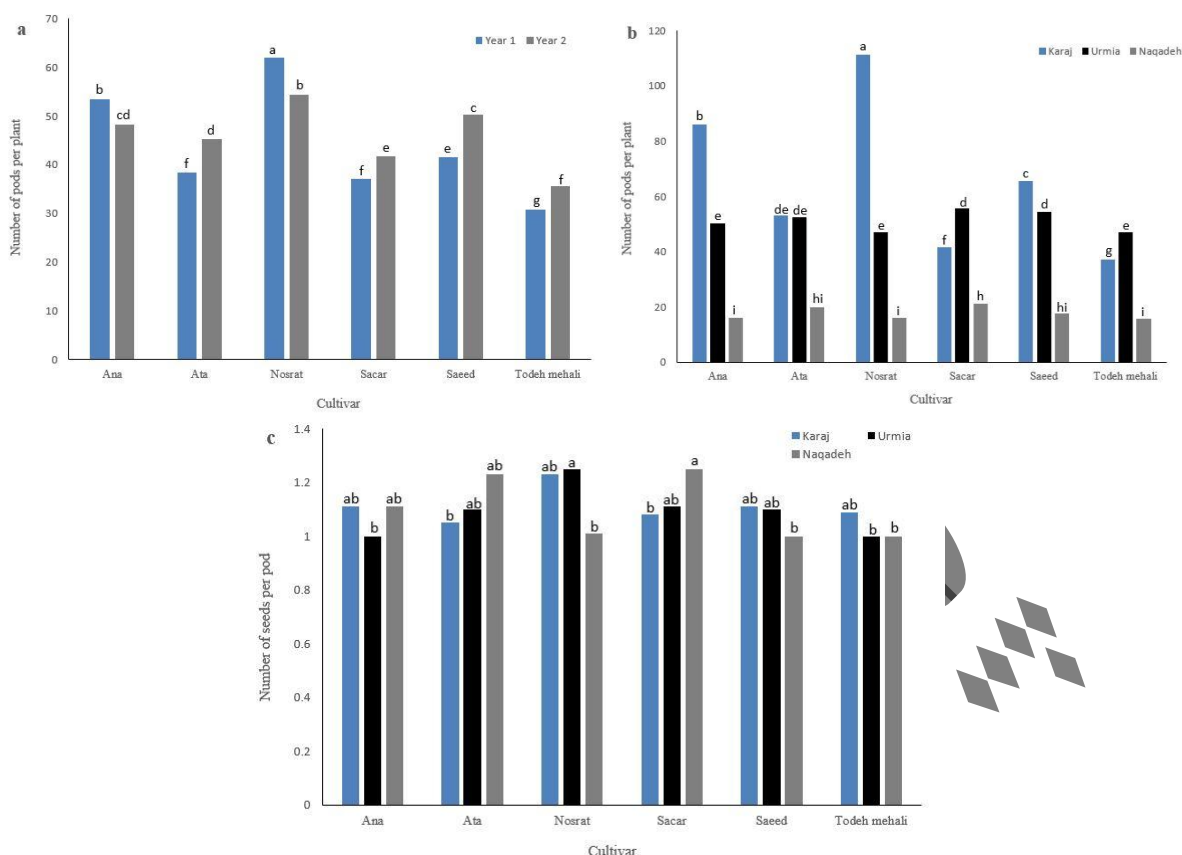
تعداد غلاف در بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که فاکتورهای مکان و رقم، همچنین اثرات متقابل سال $\times$ رقم و مکان $\times$ رقم بر تعداد غلاف در بوته اثر معنی‌دار داشتند ([جدول ۵](#)). مقایسه میانگین‌ها در سطوح مختلف فاکتورهای مکان و رقم ([جدول ۶](#)) نشان داد که تعداد غلاف در بوته در منطقه کرج به طور معنی‌داری بیشتر از مناطق ارومیه و نقده بود. در میان ارقام، رقم نصرت بیشترین تعداد غلاف و ارقام توده محلی و ساکار کمترین مقدار را تولید کردند ([جدول ۶](#)).

بررسی اثر متقابل سال $\times$ رقم نشان داد که در سال نخست، ارقام نصرت و آنا به طور معنی‌داری بیشترین تعداد غلاف را داشتند، در حالی که در سال دوم تنها رقم نصرت بیشترین مقدار را نشان داد. در هر دو سال، توده محلی کمترین تعداد غلاف را تولید کرد ([شکل ۲](#)).

اثر متقابل مکان $\times$ رقم نیز بیانگر آن بود که در منطقه کرج، رقم نصرت و در منطقه ارومیه، ارقام سعید و ساکار بیشترین تعداد غلاف را داشتند. در مقابل در منطقه نقده تفاوت معنی‌داری میان ارقام مشاهده نشد ([شکل ۲](#)).

تعداد دانه در غلاف: در میان فاکتورهای مورد بررسی، تنها رقم اثر معنی‌داری بر تعداد بذر در غلاف داشت. علاوه بر این، این صفت تحت تأثیر اثر متقابل مکان $\times$ رقم نیز قرار گرفت ([جدول ۵](#)). بر اساس مقایسه میانگین‌ها، ارقام نصرت و ساکار بیشترین و رقم توده محلی کمترین تعداد بذر در غلاف را داشتند ([جدول ۶](#)). در منطقه کرج، تفاوت معنی‌داری میان ارقام مشاهده نشد. در منطقه ارومیه، رقم نصرت بیشترین و ارقام آنا و توده محلی کمترین تعداد بذر در غلاف را تولید کردند. در منطقه نقده نیز رقم ساکار بیشترین و ارقام سعید و توده محلی کمترین مقدار را داشتند ([شکل ۲](#)).

مطالعات مختلف نشان داده‌اند که در حبوبات صفات مرتبط با عملکرد از جمله تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف به شدت تحت تأثیر ژنوتیپ، شرایط محیطی و اثرات متقابل آن‌ها قرار دارند. زیباری ([Zibari, 2024](#)) گزارش کرد که در باقلا ژنوتیپ‌ها واکنش‌های متفاوتی نسبت به محیط‌های مختلف نشان می‌دهند و این موضوع باعث تغییر معنی‌دار در تعداد غلاف و بذر می‌شود. به طور مشابه، سَکولوویچ و همکاران ([Sokolović et al., 2025](#)) در یک مجموعه بزرگ ژرم‌پلاسِم باقلا در اروپا نشان دادند که پایداری صفات و عملکرد ژنوتیپ‌ها به شدت به برهم‌کنش ژنوتیپ $\times$ محیط وابسته است. نتایج آن‌ها تأکید می‌کند که برخی ژنوتیپ‌ها تنها در محیط‌های خاص عملکرد برتر دارند. همچنین پارکینا و همکاران ([Parkina et al., 2025](#)) در مطالعه‌ای روی لوبیای معمولی نشان دادند که تغییرات مکانی و اقلیمی می‌تواند موجب نوسان قابل توجه در تعداد غلاف و سایر صفات زایشی شود. در مجموع، این پژوهش‌ها اهمیت ارزیابی ژنوتیپ‌ها در چند محیط و چند سال را برای شناسایی ارقام پایدار و پرمحصول برجسته می‌کنند.



شکل ۲- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته در سطوح اثر متقابل سال × رقم (a)، مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته در سطوح اثر متقابل مکان × رقم (b) و مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف در سطوح اثر متقابل مکان × رقم (c)
 Fig. 2- Comparison of the mean number of pods per plant across the levels of the year × cultivar interaction (a), comparison of the mean number of pods per plant across the levels of the location × cultivar interaction (b), and comparison of the mean number of seeds per pod across the levels of the location × cultivar interaction (c)

حروف مشترک در ستون‌ها بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است
 Common letters in the columns indicate nonsignificant differences at the 5% probability level

تعداد شاخه فرعی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که فاکتورهای سال، مکان و رقم و همچنین اثر متقابل سال × مکان × رقم بر تعداد شاخه فرعی اثر معنی‌دار داشتند (جدول ۵). بر اساس مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶)، تعداد شاخه جانبی در سال دوم به طور معنی‌داری کمتر از سال نخست بود. از نظر مکانی، منطقه نقده بیشترین و منطقه کرج کمترین تعداد شاخه فرعی را داشت. به طور کلی، در مناطق سردسیرتر (ارومیه و نقده) ارتفاع بوته کمتر و تعداد شاخه جانبی بیشتر بود. در میان ارقام، ارقام آتا، ساکار و نصرت بیشترین و توده محلی کمترین تعداد شاخه جانبی را تولید کردند. بررسی اثر متقابل سال × مکان × رقم نیز نشان داد که در سال نخست، ارقام نصرت و آتا در کرج بیشترین تعداد شاخه جانبی را داشتند؛ اما در سال دوم، بیشترین مقدار در منطقه نقده و در ارقام ساکار، آتا و سعید مشاهده شد (شکل ۳).

مطالعات مختلف نشان داده‌اند که صفات رویشی مانند تعداد شاخه جانبی در حبوبات به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی و ژنتیکی قرار دارند. پارکینا و همکاران (Parkina et al., 2025) گزارش کردند که تغییرات سالانه و مکانی می‌تواند موجب

نوسان معنی‌دار در شاخه‌دهی و سایر صفات مورفولوژیک شود و ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند. یافته‌های زیباری (Zibari, 2024) نیز تأیید می‌کند که در مناطق سردتر، گیاهان معمولاً ارتفاع کمتری داشته و تعداد شاخه جانبی بیشتری تولید می‌کنند که این الگو با نتایج حاضر هم‌خوانی دارد. این شواهد نشان می‌دهد که انتخاب رقم مناسب برای هر منطقه و سال زراعی نقش کلیدی در بهبود صفات رویشی و عملکرد دارد.

وزن صد دانه: نتایج نشان داد که فاکتورهای مکان و رقم بر وزن صد دانه اثر معنی‌داری داشتند و این صفت به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل سال $\times$ مکان $\times$ رقم نیز قرار گرفت (جدول ۵). وزن صد دانه در منطقه نقده به طور معنی‌داری کمتر از دو منطقه دیگر بود. در میان ارقام، ارقام سعید، آنا و ساکار بیشترین و ارقام آتا و توده محلی کمترین وزن صد دانه را داشتند (جدول ۶). در سال نخست و در منطقه کرج، رقم سعید به طور معنی‌داری بیشترین وزن صد دانه را تولید کرد اما در سال دوم در همین منطقه تفاوت معنی‌داری میان ارقام مشاهده نشد. همچنین در مناطق ارومیه و نقده، در هر دو سال، تفاوت معنی‌داری میان ارقام از نظر وزن صد دانه وجود نداشت (شکل ۳).

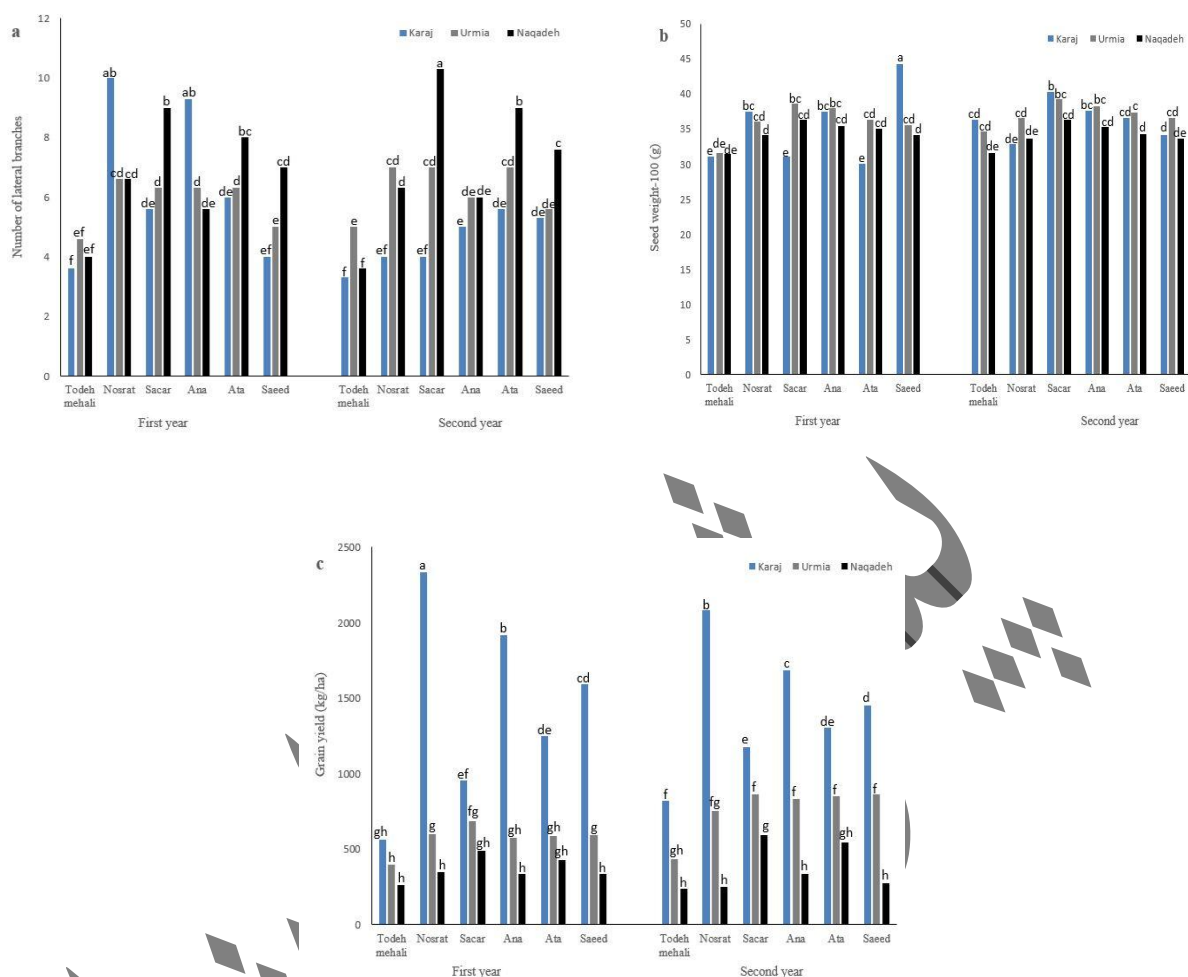
بر اساس مطالعات پیشین، صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه از اجزای اصلی عملکرد نخود محسوب می‌شوند (Ozdemir, 1996). همچنین ساران و همکاران (Saran et al., 2023) گزارش کردند که وزن صد دانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه دارند و انتخاب بر اساس این صفات می‌تواند به به‌نژادی ارقام پربازده منجر شود.

عملکرد دانه: نتایج نشان داد که فاکتورهای مکان و رقم بر عملکرد دانه اثر معنی‌داری داشتند و این صفت به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل سال $\times$ مکان $\times$ رقم نیز قرار گرفت (جدول ۵). عملکرد دانه در منطقه کرج به طور معنی‌داری بیشتر از ارومیه و نقده بود در حالی که منطقه نقده کمترین عملکرد را به خود اختصاص داد. در میان ارقام، رقم نصرت بیشترین و توده محلی کمترین عملکرد دانه را تولید کردند (جدول ۶). بررسی اثر متقابل سال $\times$ مکان $\times$ رقم نشان داد که در هر دو سال آزمون، ارقام نصرت، آنا و سعید در منطقه کرج به طور معنی‌داری عملکرد بالاتری نسبت به سایر ارقام در سایر مناطق داشتند (شکل ۳).

بر اساس گزارش‌های پیشین، مکان کشت، ژنوتیپ، شرایط اقلیمی و تاریخ کاشت از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد نخود هستند و می‌توانند عملکرد دانه را بین ۳۰ تا ۶۰ درصد تحت تأثیر قرار دهند (Edalat et al., 2015). همچنین عملکرد دانه در نخود یک صفت کمی است که تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار دارد (Ceyhan & Avci, 2005). بنابراین، همان‌گونه که در این پژوهش نیز مشاهده شد، ژنوتیپ‌ها ممکن است در شرایط اقلیمی و مکانی متفاوت، رفتارهای عملکردی متفاوتی از خود نشان دهند.

شاخص جذب آب: از میان فاکتورهای مورد مطالعه فقط فاکتور رقم تأثیر معنی‌داری بر صفت شاخص جذب آب داشت (جدول ۵). این صفت در ارقام نصرت و ساکار به طور معنی‌داری بیشتر از سایر ارقام مورد مطالعه و در توده محلی به طور معنی‌داری کمتر از دیگر ارقام بود (جدول ۶).

نتایج پژوهش‌های انجام‌شده در سال‌های اخیر نشان می‌دهد که صفات مرتبط با کیفیت دانه از جمله وزن تر دانه و شاخص جذب آب به‌شدت تحت تأثیر تفاوت‌های ژنتیکی میان ارقام و همچنین شرایط محیطی قرار دارند. در مطالعه کاتورامو و همکاران (Katuuramu et al., 2020) مشخص شد که ویژگی‌هایی مانند وزن تر دانه و ظرفیت جذب آب در لوبیا به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مکان و اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط قرار می‌گیرند و ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند. یافته‌های مانجوناتا و همکاران (Manjunatha et al., 2023) نیز تأیید می‌کند که صفات مرتبط با وزن دانه در حبوبات از جمله وزن تر و خشک، در شرایط اقلیمی متفاوت دچار نوسان شده و تفاوت میان ارقام از نظر این صفات معنی‌دار است. این مطالعات نشان می‌دهند که برخی ژنوتیپ‌ها در مناطق خاص عملکرد بهتری از خود نشان می‌دهند، در حالی که در محیط‌های دیگر کاهش وزن دانه مشاهده می‌شود. به‌طور کلی، نتایج بسیاری از پژوهش‌ها هم‌راستا با یافته‌های حاضر هستند و اهمیت انتخاب رقم مناسب برای هر منطقه را در بهبود کیفیت دانه و ویژگی‌های فیزیکی آن برجسته می‌کنند.



شکل ۳. مقایسه میانگین تعداد شاخه جانبی (a)، وزن صد دانه (b)، عملکرد دانه (c) در سطوح اثر متقابل سال × مکان × رقم

Fig. 3- Comparison of the mean number of lateral branches (a), hundred-seed weight (b) and grain yield (c) across the levels of the year × location × cultivar interaction

حروف مشترک در ستون‌ها بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است
Common letters in the columns indicate nonsignificant differences at the 5% probability level

حجم خشک دانه: بررسی عوامل مورد مطالعه نشان داد که فاکتورهای مکان و رقم اثر معنی‌داری بر حجم خشک دانه دارند. علاوه بر این، اثر متقابل مکان × رقم نیز به طور معنی‌داری بر این صفت تأثیرگذار بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حجم خشک دانه در منطقه ارومیه به طور معنی‌داری بیشتر از مناطق کرج و نقده بوده و منطقه نقده کمترین مقدار این صفت را در میان سه منطقه مورد بررسی داشت. از نظر عملکرد ارقام، رقم کاندید ساکار بیشترین و توده محلی کمترین حجم خشک دانه را تولید کردند (جدول ۶).

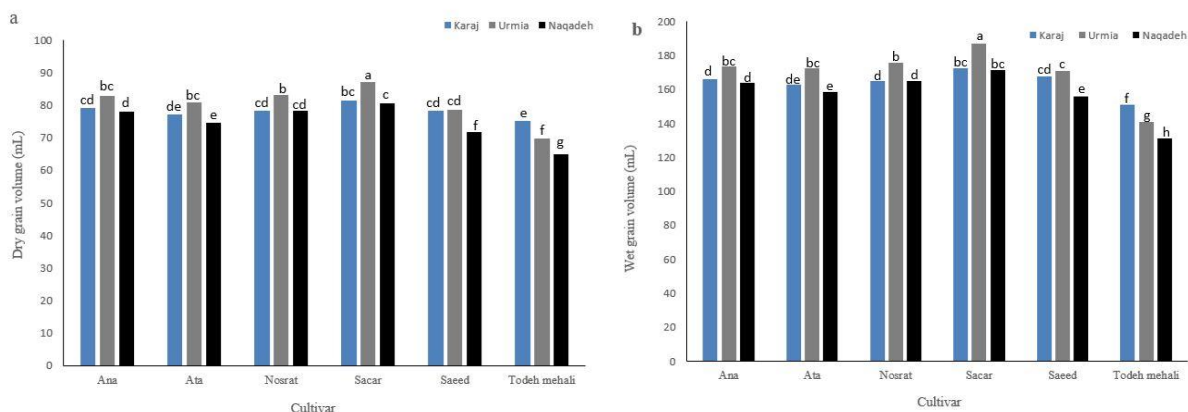
بررسی اثر متقابل مکان × رقم نشان داد که بیشترین حجم خشک دانه مربوط به رقم ساکار در منطقه ارومیه بود که به طور معنی‌داری از سایر ترکیب‌های مکان و رقم برتر بود. همچنین در مناطق نقده و ارومیه، توده محلی کمترین حجم خشک دانه را داشت در حالی که در منطقه کرج تفاوت معنی‌داری میان ارقام مشاهده نشد (شکل ۴).

حجم مرطوب دانه: نتایج نشان داد که فاکتورهای مکان و رقم اثر معنی‌داری بر حجم مرطوب دانه دارند. علاوه بر این، اثر متقابل مکان $\times$ رقم نیز به طور معنی‌داری این صفت را تحت تأثیر قرار داد ([جدول ۵](#)). بررسی میانگین‌ها نشان داد که حجم مرطوب دانه در منطقه ارومیه به طور معنی‌داری بیشتر از مناطق کرج و نقده بوده و منطقه نقده کمترین مقدار این صفت را در میان مناطق مورد مطالعه داشت. از نظر عملکرد ارقام، رقم کاندید ساکار بیشترین و توده محلی کمترین حجم مرطوب دانه را تولید کردند ([جدول ۶](#)). تحلیل اثر متقابل مکان $\times$ رقم نشان داد که بیشترین حجم مرطوب دانه مربوط به رقم ساکار در منطقه ارومیه بود که به طور معنی‌داری از سایر ترکیب‌های مکان و رقم برتر بود. همچنین در هر سه منطقه مورد بررسی، توده محلی کمترین حجم مرطوب دانه را به خود اختصاص داد ([شکل ۴](#)).

شاخص تورم دانه: در میان فاکتورهای مورد مطالعه فاکتورهای مکان و رقم تأثیر معنی‌داری بر صفت شاخص تورم دانه داشتند ([جدول ۵](#)). شاخص تورم دانه در رقم سعید به طور معنی‌داری بیشتر و در توده محلی به طور معنی‌داری کمتر از سایر ارقام مورد مطالعه بود و سایر ارقام شامل ارقام نصرت، ساکار، آنا و آتا در گروه آماری حد واسط قرار گرفتند ([جدول ۶](#)).

نتایج پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که ویژگی‌های فیزیکی دانه، از جمله حجم خشک، حجم مرطوب و شاخص تورم دانه به شدت تحت تأثیر تفاوت‌های ژنتیکی میان ارقام و همچنین شرایط محیطی قرار دارند. مطالعات سری‌واستاوا و همکاران ([Srivastava et al., 2023](#)) نشان داد که صفاتی مانند حجم دانه قبل و بعد از خیساندن و شاخص تورم دانه از جمله مهم‌ترین ویژگی‌های مرتبط با کیفیت دانه هستند و میان ژنوتیپ‌ها از این نظر تفاوت معنی‌داری مشاهده می‌شود. همچنین خطاک و همکاران ([Khattak et al., 2006](#)) گزارش کردند که ظرفیت تورم و تغییرات حجم دانه پس از جذب آب تحت تأثیر مستقیم ساختار ژنتیکی دانه و شرایط محیطی قرار دارد و برخی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های خاص عملکرد بهتری نشان می‌دهند. این یافته‌ها با نتایج حاضر هم‌خوانی دارد و نشان می‌دهد که رقم ساکار به دلیل ویژگی‌های فیزیکی مطلوب دانه در مناطق با شرایط مناسب مانند ارومیه حجم خشک و مرطوب بیشتری تولید می‌کند در حالی که توده محلی در همه مناطق کمترین مقدار را دارد. در مجموع، این شواهد اهمیت انتخاب رقم مناسب برای هر منطقه در بهبود کیفیت فیزیکی دانه را برجسته می‌کند.

زمان پخت: صفت زمان پخت به طور معنی‌داری تحت تأثیر فاکتورهای سال و رقم قرار گرفت ([جدول ۵](#)). زمان پخت دانه در سال نخست آزمون به طور معنی‌داری بیشتر از سال دوم بود ([جدول ۶](#)). در بین ارقام مورد مطالعه زمان پخت دانه‌ی ارقام آنا و آتا به طور معنی‌داری کمتر از سایر ارقام بود و به بیان دیگر این ارقام زودپخت‌ترین دانه را داشتند در حالیکه دیرپخت‌ترین دانه مربوط به توده محلی بود. رقم کاندید ساکار از نظر زمان پخت دانه در گروه میانی قرار گرفت ([جدول ۶](#)).



شکل ۴- مقایسه میانگین حجم خشک دانه (a) و حجم مرطوب دانه (b) در سطوح اثر متقابل مکان × رقم

Fig. 4- Comparison of the mean dry seed volume (a) and wet seed volume (b) across the levels of the location × cultivar interaction

حروف مشترک در ستون‌ها بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است
Common letters in the columns indicate nonsignificant differences at the 5% probability level

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که رقم کاندید ساکار در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی دیرگل‌تر بوده و با میانگین ۱۵۴/۴ روز تا گلدهی، به‌طور معنی‌داری دیرتر وارد مرحله زایشی شد. این رقم همچنین همراه با ارقام نصرت و آنا طولانی‌ترین دوره رسیدگی را داشت و در گروه ارقام دیررس قرار گرفت. ارتفاع اولین غلاف در ساکار به‌طور قابل توجهی بیشتر از سایر ارقام بود که این ویژگی می‌تواند برداشت مکانیزه را تسهیل کند. از نظر شاخه‌دهی نیز ساکار در کنار ارقام آنا و نصرت در گروه ارقام پرشاخه قرار گرفت. اگرچه تعداد غلاف در بوته در رقم ساکار کمتر از میانگین سایر ارقام اصلاح‌شده بود، اما این رقم بیشترین تعداد دانه در غلاف را تولید کرد و در گروه ارقام دانه‌درشت قرار گرفت؛ به‌طوری‌که وزن صد دانه در رقم ساکار مشابه ارقام آنا و سعید در بالاترین سطح قرار داشت. ساکار همچنین یکی از بالاترین مقادیر شاخص جذب آب را نشان داد. حجم خشک دانه در این رقم نیز بیشترین مقدار را در میان ارقام مورد مطالعه داشت. از نظر شاخص تورم دانه و زمان پخت ساکار در گروه ارقام حدواسط طبقه‌بندی شد.

به‌طور کلی، رقم کاندید ساکار با برخورداری از ارتفاع مناسب اولین غلاف، دانه‌های نسبتاً درشت و مناسب بودن برای تهیه نخود آجیلی می‌تواند علی‌رغم عملکرد کمتر، محصول ارزشمندتری را تولید نموده و به‌عنوان یک ژرم‌پلاسما کارآمد در برنامه‌های به‌نژادی و نیز در تولید حبوبات در مناطق مشابه با شرایط این آزمایش مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پروژه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال به شماره مصوب ۰۵-۰۸-۰۸-۰۸-۰۸ مورخ ۱۴۰۴/۰۷/۲۶ می‌باشد که بدین وسیله از مؤسسه مذکور تشکر و قدردانی می‌شود.

References

- Ataei Samagh, H., Habibi, H., & Fotoukian, M. H. (2017). Effect of irrigation interval and surfactant application on some morphological and yield traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Environmental Stresses in Agricultural Sciences*, 10(1), 31–44. (In Persian).
- Basiri, Sh. (2024). A review of the consumption value of legumes in the human diet for ensuring food security. *Extension Journal of Legume Agriculture, Kurdistan Agricultural Research Center*, 5(1), 1–8. (In Persian).
- Ceyhan, E., & Avci, M. A. (2005). Combining ability and heterosis for grain yield and some yield components in pea (*Pisum sativum* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8, 1447–1452. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2005.1447.1452>
- Darvishi, B., Eshghi, M., Bahrami, S., Nasiri, H., Azad, R., Khandan, A., Bakhtar, R., & Norouzi, A. (2022). Determining the agronomic value of imported chickpea cultivars compared to Iranian cultivars. *Journal of Crops Improvement*, 24(2), 337–352. (In Persian).
- Edalat, M., Dadkhodaie, A., & Naderi Kharraji, R. (2015). The interrelationships of chickpea (*Cicer arietinum* L.) kernel yield and its components under rainfed conditions. *Iran Agricultural Research*, 34(1), 56–62. (In Persian).
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2023). Crops production report. Retrieved from <http://faostat.fao.org>
- Gupta, M., Manpreet, K., Inderjit, S., Sarvjeet, S., & Gaur, P. M. (2015). Developing chickpea cultivars suitable for mechanical harvesting. Department of Plant Breeding and Genetics, Punjab Agricultural University, Ludhiana, and International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Patancheru, Hyderabad.
- Hamidi, A., Baniyani, A., Vafaei-Tabar, M. R., Arab-Salmani, M., Burbur, S., Karimi, F., Mohammadi, S., & Mohajer Abbasi, A. (2021). Evaluation of some genotypes and new cotton cultivars for determining Value for Cultivation and Use (VCU) in Varamin. *Iranian Journal of Agricultural Sciences, University of Tehran*, 23(2), 361–375. (In Persian).
- Kakaei, M. (2025). Evaluation of drought tolerance indices in chickpea cultivars under different irrigation regimes. *Sustainable Agriculture Journal, University of Tabriz*, 34(2), 115–130. (In Persian).
- Katuuramu, D. N., Luyima, G. B., Nkalubo, S. T., Wiesinger, J. A., Kelly, J. D., & Cichy, K. A. (2020). *On-farm multi-location evaluation of genotype by environment interactions for seed yield and cooking time in common bean*. *Scientific Reports*, 10, Article 60087. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60087-2>
- Khan, A. M., Ali, Z., Mohsin, A. U., Soomro, A. A., Hussain, K., Rafiq, M., ... Blanchard, C. (2024). Genotype $\times$ environment interactions analysis for chickpea grain yield and related traits by a mixed model approach. *Discover Agriculture*, 2, Article 90. <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00110-6>
- Khattak, A. B., Khattak, G. S. S., Mahmood, Z., Bibi, N., & Ihsanullah. (2006). *Study of selected quality and agronomic characteristics and their interrelationship in Kabuli-type chickpea genotypes*. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(S2), 1–5. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01193.x>
- Mafakheri, Kh., Fatehi, F., Habibzadeh, M. J., & Ahmadi, S. (2015). Plant Breeding: Specialized courses for M.Sc. level, prepared for Ph.D. entrance exam (Advanced and molecular genetics, advanced plant breeding, plant biotechnology, biometrics, genetics). Dibakaran Tehran Cultural and Artistic Institute. (In Persian).

- Mandani, F., & Jalilian, A. (2019). Evaluation of the interaction between sowing date and cultivar on various traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Kermanshah climatic conditions. *Plant Production Technology*, 19(1), 37–51. (In Persian).
- Manjunatha, P. B., Aski, M. S., Mishra, G. P., Gupta, S., Devate, N. B., Singh, A., Bansal, R., Kumar, S., Nair, R. M., & Dikshit, H. K. (2023). *Genome-wide association studies for phenological and agronomic traits in mungbean*. *Frontiers in Plant Science*, 14, Article 1209288. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1209288>
- Mendler-Drienyovszki, N., Magyar-Tábori, K., Mancinelli, R., Black, L., Brown, H., Allam, M., Udupa, S. M., Atait, M., Novarina, E., Bardelli, T., Hansen, P. K., Cottney, P., & Giulini, A. (2024). Assessing the opportunities and risks of DUS and VCU variety testing for sustainable production through SWOT analysis. *Agriculture*, 14(10), 1817. <https://doi.org/10.3390/agriculture14101817>
- Ozdemir, S. (1996). Path coefficient analysis for yield and its components in chickpea. *International Chickpea and Pigeonpea Newsletter*, 3, 9–21.
- Parkina, O. V., Nguyen, N. T., Yakubenko, O. E., & Wang, Z. F. (2025). *Study of gene–environment interactions and ecological stability for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)*. *Agricultural Reviews*, 46(5), 828–832. <https://doi.org/10.18805/ag.RF-324>
- Raziei, T. (2017). Köppen-Geiger climate classification of Iran and investigation of its changes during 20th century. *Journal of the Earth and Space Physics*, 43, 419–439. <https://doi.org/10.22059/JESPHYS.2017.58916>
- Sadeghzadeh Ahari, D. (2016). Effect of seed size on yield, agronomic traits, and drought tolerance in chickpea. *Journal of Crops Improvement*, 19(1), 69–85. (In Persian).
- Saran, P., Singh, R., & Kumar, A. (2023). Correlation and path coefficient analysis for seed yield and its attributing traits in blackgram. *Legume Research*, 46(3), 345–352.
- Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI). (2009). *Guideline for the conduct of Value for Cultivation and Use of chickpea*. Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI), 13 p. (In Persian).
- Singh, K. B., & Saxena, M. C. (1999). *Chickpeas*. Macmillan Education Ltd, London.
- Singh, K. B., Bejiga, G., & Malhotra, R. S. (1990). Associations of some characters with seed yield in chickpea collection. *Euphytica*, 49, 83–88. <https://doi.org/10.1007/BF00024133>
- Sokolović, D., Babić, S., Petrović, M., Solís, I., Coughnon, M., Gutierrez, N., Pärssinen, P., Reheul, D., & Radović, J. (2025). *Genotype by environment interactions and phenotypic traits stability of the EUCLEG faba bean collection*. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1480110. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1480110>
- Srivastava, A. K., Dixit, G. P., Mohammad Nisar, & Singh, N. P. (2023). *Genetic variability and inter-relationships among grain physical and hydration traits in chickpea*. *Legume Research*, 46(5), 664–667. <https://doi.org/10.18805/LR-4407>
- Zibari, P. A. A. (2024). *Genotype × environment interaction and coefficient regression in some genotypes of faba bean (*Vicia faba* L.)*. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, 22(2), 11850–11862. <https://doi.org/10.57239/PJLSS-2024-22.2.00844>