



Contrasting Agronomic Responses of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) Native Landraces to Planting Date: A Risk Management Strategy for Drought Stress

S. R. Amiri^{1,2*}, Kh. Salimi¹, N. Zakeri³, T. Yousefi⁴, S. Nazarzaei¹

1- Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, University of Saravan, Saravan, Iran

2- Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Iran

3- Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

4- Research Expert, University of Saravan, Saravan, Iran

(*- Corresponding author's Email: R.amiri@saravan.ac.ir, R.Amiri@ujiroft.ac.ir)

Received: 20 December 2025
Revised: 13 February 2026
Accepted: 18 April 2026
Available Online: 12 May 2026

How to cite this article:

Amiri, S. R., Salimi, Kh., Zakeri, N., Yousefi, T., & Nazarzaei, S. (2026). Contrasting agronomic responses of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) native landraces to planting date: A risk management strategy for drought stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 24(3), 403-417. (In Persian)
<https://doi.org/10.22067/jcsc.2026.97109.1438>

Introduction

Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) is a highly important drought-tolerant legume crop with considerable potential for cultivation in arid and semi-arid regions. Beyond its intrinsic value as a food and forage crop, guar seed contains galactomannan gum, which is extensively utilized across the food, pharmaceutical, textile, paper, and oil industries. Expanding guar cultivation in water-limited environments like Sistan and Baluchestan Province, particularly the Saravan region, can significantly contribute to crop diversification and sustainable production systems. However, this region's hot and dry climate, coupled with limited water resources and temperature fluctuations, strongly influences guar's vegetative and reproductive growth phases. Planting date is a critical agronomic factor determining the environmental conditions experienced by the crop. Delayed planting often exposes reproductive stages to severe terminal drought and high temperatures. Native landraces, having evolved under specific environmental constraints, are valuable genetic resources that possess desirable traits for adaptation, earliness, and yield stability. Identifying the optimum planting date and the most adaptable native landrace is therefore essential for mitigating risks. Consequently, this study aimed to evaluate the interaction effects of planting dates and native landraces on guar phenology, yield components, and seed yield under Saravan's climatic conditions.

Materials and Methods

The field experiment was conducted during the 2024–2025 cropping season in Saravan, Sistan and Baluchestan Province, Iran. A factorial experiment based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications was implemented. The experimental factors comprised three planting dates (March 6, April 6, and May 5; corresponding approximately to 15 Esfand, 15 Farvardin, and 15 Ordibehesht) and three native guar landraces (Garmbit, Saravan, and Sarbaz). The experimental site featured a sandy loam soil with an electrical conductivity of 1.9 dS m⁻¹, a pH of 8.7, and 0.65% organic carbon. Soil total nitrogen was 0.07%, while available phosphorus and potassium were 12 and 210 mg kg⁻¹, respectively. Standard land preparation, including primary plowing, perpendicular disking, and leveling, was performed. Fertilization was applied based on soil test results, and all plots received uniform irrigation and standard agronomic management. Phenological traits, including vegetative and reproductive growth durations, were meticulously recorded. Furthermore, leaf area, number of pods



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<https://doi.org/10.22067/jcsc.2026.97109.1438>

per plant, number of seeds per pod, number of seeds per plant, 100-seed weight, and final seed yield (kg ha^{-1}) were evaluated. Data were subjected to analysis of variance, and treatment means were compared using appropriate mean comparison procedures to assess main and interaction effects.

Results and Discussion

The results demonstrated that planting date, landrace, and their interaction significantly affected all evaluated traits, including phenology, yield components, and final seed yield. This significant interaction implies that the native landraces exhibited distinct responses to planting date variations. The Sarbaz landrace displayed the highest yield potential under early planting conditions, producing a maximum seed yield of 2689 kg ha^{-1} on March 6. This indicates its substantial genetic potential to exploit favorable early-season environmental conditions. However, its performance declined drastically under delayed planting. At the May 5 planting date, its seed yield dropped to 1033 kg ha^{-1} , representing a severe 62% reduction compared to early planting. This vulnerability was linked to the exposure of its critical reproductive stages to high terminal temperatures. In contrast, the Garmbit landrace exhibited exceptional yield stability across all planting dates. Its seed yield decreased from 2393 kg ha^{-1} under the first planting date to 1535 kg ha^{-1} under delayed planting, equating to a moderate reduction of only 36%. The superior stress tolerance of Garmbit was primarily attributed to its early maturity (ranging from 84 to 94 days), which facilitated a stress-escape strategy before the onset of severe late-season heat. Additionally, Garmbit successfully maintained an active photosynthetic source through a stable leaf area and preserved essential yield components, such as pod and seed production, under stress. Conversely, the Saravan landrace generally showed lower productivity and was more susceptible to terminal stress due to its later maturity.

Conclusion

The findings underscore the critical importance of matching planting dates with the specific genetic and phenological characteristics of guar landraces. The earliest planting date, March 6, provided the optimal environmental window for maximizing yield potential, particularly for the high-yielding but sensitive Sarbaz landrace. Thus, early planting of Sarbaz is strongly recommended when the goal is to achieve maximum productivity under favorable conditions. On the other hand, Garmbit was definitively identified as the most stable and adaptable landrace across varying planting dates. Its inherent early maturity, effective terminal stress-escape mechanism, and robust capacity to maintain leaf area and critical yield components minimized yield losses under delayed planting. Therefore, Garmbit is highly recommended for risk management, climate resilience, and sustainable guar production in Saravan and similar arid regions of Sistan and Baluchestan. Future breeding programs should continue to leverage these native genetic resources to enhance drought tolerance and yield stability.

Keywords: Landrace $\times$ environment interaction, Stress escape, Yield components, Yield stability

مقاله پژوهشی

جلد ۲۴، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۵، ص ۴۱۷-۴۰۳

پاسخ‌های زراعی متمایز توده‌های بومی گوار (*Cyamopsis tetragonoloba*) به تاریخ کاشت:

راهبردی برای مدیریت تنش خشکی

سیدرضا امیری^{۱*}، خالد سلیمی^۱، نادر ذاکری^۲، طیبه یوسفی^۳، سلمان نظرزایی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۱/۲۹

چکیده

گوار (*Cyamopsis tetragonoloba*) گیاهی متحمل به خشکی و مناسب برای کشت در مناطق خشک مانند سیستان و بلوچستان است. با این حال، اطلاعات مدونی در خصوص مدیریت بهینه زراعی آن، به‌ویژه واکنش توده‌های بومی به تاریخ کاشت وجود ندارد. این پژوهش، با هدف تعیین مناسب‌ترین تاریخ کاشت و سازگارترین توده بومی گوار برای دستیابی به عملکرد پایدار در شرایط آب‌وهوایی سرباز انجام شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ اجرا گردید. عامل‌های آزمایشی شامل سه تاریخ کاشت (۱۵ اسفند، ۱۵ فروردین و ۱۵ اردیبهشت) و سه توده بومی گوار (گرمیت، سراوان و سرباز) بودند. صفات فنولوژیک، اجزای عملکرد و عملکرد نهایی دانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اثر متقابل تاریخ کاشت و توده بر صفات مورد بررسی از جمله عملکرد دانه معنی‌دار بود. توده سرباز در تاریخ کاشت اول (۱۵ اسفند) با تولید ۲۶۸۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشت، اما در تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت دچار افت شدید ۶۲ درصدی شد و عملکرد آن به ۱۰۳۳ کیلوگرم در هکتار رسید. در مقابل، توده گرمیت پایداری عملکرد قابل توجهی نشان داد، به‌طوری که افت عملکرد آن (۳۶ درصد) تقریباً نصف کاهش شدید ۶۲ درصدی مشاهده‌شده در توده سرباز بود (کاهش از ۲۳۹۳ به ۱۵۳۵ کیلوگرم در هکتار). این پایداری به راهبرد فرار از تنش (زودرسی با ۸۴ تا ۹۴ روز) و توانایی حفظ اجزای کلیدی عملکرد مانند تعداد غلاف و دانه در بوته تحت تنش نسبت داده شد. نتایج نشان داد که توده‌های بومی الگوهای پاسخ‌دهی متفاوتی را در مواجهه با تغییر تاریخ کاشت نشان می‌دهند. توده گرمیت به‌دلیل پایداری بالا و برخورداری از صفت زودرسی (تکمیل چرخه رشد در ۸۴ تا ۹۴ روز)، به‌عنوان توده برتر برای مدیریت تنش و تولید پایدار توصیه می‌شود؛ زیرا با کوتاه کردن دوره رشد، مدت زمان مواجهه با تنش‌های انتهایی فصل را کاهش می‌دهد. در مقابل، توده سرباز یک توده پرتانسیل اما حساس است. تاریخ کاشت ۱۵ اسفند پتانسیل حداکثر عملکرد را به‌ویژه برای توده‌های پرتانسیل مانند سرباز فراهم می‌آورد.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، اجزای عملکرد، پایداری عملکرد، فرار از تنش

مقدمه

سازگار باشند، یک راهبرد کلیدی برای حفظ امنیت غذایی و تنوع‌بخشی به الگوی کشت محسوب می‌شود. به‌ویژه در منطقه سرباز واقع در جنوب شرق ایران، کشاورزی به‌دلیل دماهای بسیار بالا در تابستان و محدودیت شدید منابع آبی با ریسک بالایی همراه است. در این منطقه، کشت گیاهان رایج و پُرآب‌بر دیگر توجیه اقتصادی و

تغییرات اقلیمی و محدودیت فزاینده منابع آب، کشاورزی پایدار را به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان با چالش‌های جدی مواجه کرده است (Rockström et al., 2010). در این مناطق، شناسایی و معرفی گیاهان زراعی که با شرایط نامساعد محیطی

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه سراوان، سراوان، ایران

۲- گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

۳- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۴- کارشناس مدیر امور پژوهشی، دانشگاه سراوان، سراوان، ایران

(Email: R.amiri@saravan.ac.ir, R.Amiri@ujiroft.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

<https://doi.org/10.22067/jcesc.2026.97109.1438>

یک منطقه خاص، منابع ژنتیکی ارزشمندی برای برنامه‌های به‌نژادی و یافتن صفات مطلوب مانند تحمل به تنش و پایداری عملکرد محسوب می‌شوند. در واقع، تنوع ژنتیکی گسترده‌ای در بین توده‌های بومی گوار برای صفات کلیدی زراعی گزارش شده است، به‌طوری که ارتفاع گیاه می‌تواند از ۰/۵ تا ۳ متر و طول دوره رشد از ۸۰ تا بیش از ۱۶۰ روز متغیر باشد. علاوه بر این، عادت رشد بوته نیز از تک‌ساقه تا بسیار منشعب متفاوت است (Ravelombola et al., 2021). واکنش اجزای عملکرد به تاریخ‌های مختلف کاشت نیز اغلب در بین ژنوتیپ‌ها متفاوت است، که این امر وجود اثر متقابل معنی‌دار ژنوتیپ در محیط را برجسته می‌سازد و بر لزوم ارزیابی توده‌های بومی تحت شرایط مدیریتی مختلف تأکید دارد (Sharma et al., 2021). مطالعه گریستا و همکاران (Gresta et al., 2017) نشان داد که ژنوتیپ‌های مختلف گوار واکنش‌های متفاوتی از نظر ارتفاع بوته، تعداد غلاف و عملکرد دانه به تاریخ کاشت و رژیم‌های آبیاری نشان می‌دهند. این یافته بر اهمیت اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و لزوم ارزیابی توده‌های بومی تحت شرایط مدیریتی مختلف تأکید دارد.

در برنامه‌های اصلاح نباتات برای اقلیم‌های خشک، همواره یک موازنه کلیدی بین انتخاب ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا (که ممکن است به تنش حساس باشند) و ژنوتیپ‌های با پایداری عملکرد بالا (که عملکردی مطمئن‌تر دارند) وجود دارد. شناسایی اساس فیزیولوژیک و فنولوژیک این راهبردهای متمایز در ژرمپلاسسم بومی برای مدیریت ریسک تنش خشکی حیاتی است. این پژوهش با فرضیه وجود پاسخ‌های زراعی متضاد در توده‌های بومی گوار به تاریخ کاشت، با هدف شناسایی و ارزیابی این راهبردها و معرفی ژنوتیپ‌های مناسب برای تولید پُرپتانسیل و تولید پایدار در شرایط آب‌وهوایی منطقه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور ارزیابی واکنش عملکرد و اجزای آن در سه توده بومی گوار به تاریخ‌های مختلف کاشت، در سال زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۳ در شهرستان سرباز با عرض جغرافیایی ۲۶ درجه و ۳۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۰ متر از سطح دریا و با میانگین بارش سالانه ۱۱۰ میلی‌متر در سال زراعی اجرا شد (جدول ۱).

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. عامل‌های آزمایشی شامل تاریخ کاشت به‌عنوان عامل اول در سه سطح (۱۵ اسفند، ۱۵ فروردین و ۱۵ اردیبهشت) و توده بومی گوار به‌عنوان عامل دوم در سه سطح (گرمیت، سراوان و سرباز) بودند که از توده‌های رایج و سازگار یافته منطقه هستند و برای این مطالعه انتخاب شدند. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کاشت به‌طول چهار متر بود که فاصله بین ردیف‌ها

اکولوژیک ندارد، بنابراین توسعه کشت گیاهان گرمسیری متحمل و کم‌توقعی مانند گوار (*Cyamopsis tetragonoloba*) که بومی و سازگار با این اقلیم خشن هستند، نه‌تنها راهکاری هوشمندانه برای مدیریت منابع محدود آب است، بلکه به‌عنوان یک محصول صنعتی ارزشمند می‌تواند پایداری درآمد کشاورزان این منطقه را تضمین کند (Nakhaei & Baradaran, 2025). گوار، گیاهی یک‌ساله از خانواده حبوبات، به‌عنوان یک گزینه بسیار مطلوب برای کشت در این مناطق شناخته می‌شود. این گیاه به‌دلیل تحمل بالا به خشکی، قابلیت سازگاری با خاک‌های فقیر، نیاز آبی کم و در عین حال نیاز به تابش شدید آفتاب و رطوبت نسبی پایین، پتانسیل بالایی برای کشت در اقلیم‌های گرم و خشک دارد (Pathak & Roy, 2015). علاوه بر این، گوار با تثبیت نیتروژن اتمسفر به بهبود حاصلخیزی خاک کمک کرده و به‌عنوان یک محصول با ارزش اقتصادی بالا، که صمغ استخراج شده از دانه آن در صنایع متعددی کاربرد دارد، می‌تواند به بهبود معیشت کشاورزان کمک شایانی نماید (Gresta et al., 2013).

با وجود پتانسیل ژنتیکی گیاهان برای تولید عملکرد مطلوب، تحقق این پتانسیل در گرو بهینه‌سازی عوامل مدیریتی در مزرعه است. در این میان، تاریخ کاشت به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و در عین حال کم‌هزینه‌ترین عوامل مدیریتی، نقشی حیاتی در موفقیت تولید محصول ایفا می‌کند (Hussain et al., 2022). تاریخ کاشت با تعیین شرایط محیطی غالب مانند دما و طول روز، در طول مراحل حساس فنولوژیک گیاه، می‌تواند رشد رویشی، توسعه زایشی و در نهایت عملکرد دانه را به‌شدت تحت تأثیر قرار دهد. تاریخ کاشت به‌عنوان یک عامل مدیریتی حیاتی، نه‌تنها بر رشد و نمو، بلکه بر مرحله اولیه استقرار بوته نیز تأثیرگذار است. انتخاب تاریخ کاشت مناسب به گیاه اجازه می‌دهد تا مراحل کلیدی رشد خود، به‌ویژه مراحل گل‌دهی و پُر شدن غلاف را، با مطلوب‌ترین شرایط محیطی هم‌گام سازد. تأخیر در کاشت می‌تواند گیاه را در مراحل انتهایی رشد با تنش‌های شدید گرما و خشکی مواجه کند که این امر منجر به کاهش دوره پُر شدن دانه و افت شدید عملکرد می‌شود (Saini & Westgate, 1999). تحقیقات نشان داده‌اند که تأخیر در کاشت می‌تواند طول دوره رشد را افزایش دهد که این امر ممکن است منجر به تجمع بیشتر مواد مغذی و بهبود عملکرد شود، اما از سوی دیگر، مطالعاتی مانند مطالعه گریستا و همکاران (Gresta et al., 2013) در شرایط مدیترانه‌ای، اواسط ماه می را به‌عنوان بهترین تاریخ کاشت برای دستیابی به حداکثر عملکرد معرفی کرده‌اند. این نتایج متناقض، بر لزوم ارزیابی تاریخ کاشت بهینه برای هر منطقه اقلیمی و ژرمپلاسسم خاص تأکید می‌کند.

علاوه بر تاریخ کاشت، انتخاب ژنوتیپ یا توده مناسب نیز از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا ژنوتیپ‌های مختلف واکنش‌های متفاوتی به شرایط محیطی و مدیریتی نشان می‌دهند (Suthar et al., 2018). توده‌های بومی به‌دلیل سازگاری طولانی‌مدت با شرایط

بذرها به‌صورت دستی در عمق سه تا پنج سانتی‌متری خاک انجام گرفت. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت صورت گرفت و جهت تضمین استقرار مناسب گیاهچه‌ها، دور آبیاری بعدی به‌فاصله سه روز از یکدیگر انجام شدند. آبیاری‌های بعدی تا پایان فصل رشد به‌صورت نشتی (جوی و پشته‌ای) انجام گردید. دور آبیاری در مراحل اولیه رشد رویشی (اسفند و فروردین) هر ۱۰ روز یک بار تنظیم شد و با گرم شدن هوا و ورود گیاهان به مرحله زایشی (اردیبهشت و خرداد) جهت جلوگیری از تنش خشکی، به هر هفت روز یک بار کاهش یافت. مدیریت علف‌های هرز در طول فصل رشد، در دو مرحله به‌صورت وجین دستی صورت پذیرفت.

۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف پس از تنک کردن، ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌های آزمایشی یک متر و بین هر بلوک (تکرار) دو متر فاصله به‌عنوان حاشیه لحاظ گردید. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دو نوبت دیسک عمود بر هم و تسطیح نهایی بود. کوددهی براساس نتایج آزمون خاک و نیاز غذایی گیاه صورت گرفت (جدول ۲). تمامی کود فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود پتاسیم از منبع پتاسیم سولفات به‌میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت به زمین اضافه و با خاک مخلوط گردید. کود نیتروژن از منبع اوره به‌میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت استفاده شد. کاشت

جدول ۱ متوسط دما و بارندگی در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ شهرستان سرבاز

Table 1- Average temperature and precipitation data under growing season 2024-2025 for Sarbaz county

ماه	میانگین بارش	میانگین حداکثر دما	میانگین حداقل دما
Month	Mean precipitation (mm)	Mean max. temp. (°C)	Mean min. temp. (°C)
فروردین	11.5	33.1	19.5
Mar.-Apr.			
اردیبهشت	4.3	37.8	23.4
Apr.-May.			
خرداد	1.1	41.2	26.8
May.-Jun.			
تیر	3.5	41.5	28.1
Jun.-Jul.			
مرداد	5.8	39.8	27.2
Jul.-Aug.			
شهریور	1.2	38	24.5
Aug.-Sep.			
مهر	0.8	35.5	20
Sep.-Oct.			
آبان	2.5	31	15
Oct.-Nov.			
آذر	5.7	27	11.8
Nov.-Dec.			
دی	15.1	24	9.9
Dec.-Jan.			
بهمن	20.3	25	11.7
Jan.-Feb.			
اسفند	18.2	29	15.8
Feb.-Mar.			

گرفته شد. روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (کل دوره رشد) نیز با شمارش تعداد روز از تاریخ کاشت تا زمانی که ۹۰ درصد غلاف‌ها در بوته‌های هر کرت به رنگ قهوه‌ای تغییر رنگ داده بودند، محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری سطح برگ در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی، از سه بوته در هر کرت به‌صورت تصادفی نمونه‌برداری شد. تعیین سطح برگ با استفاده از روش شمارش شبکه‌ای انجام گرفت. بدین منظور، برگ‌ها روی کاغذ گراف (شطرنجی) با شبکه‌بندی یک سانتی‌متری

پس از رسیدگی فیزیولوژیک، برداشت نهایی از دو ردیف میانی هر کرت با حذف اثر حاشیه از ابتدا و انتهای خطوط انجام شد. یادداشت‌برداری از صفات فنولوژیک براساس پایش روزانه کرت‌ها انجام گردید. روز تا گل‌دهی (پایان دوره رویشی) به‌عنوان تعداد روز از تاریخ کاشت تا زمانی که ۵۰ درصد بوته‌های هر کرت دارای حداقل یک گل باز شده بودند، ثبت شد. دوره پُر شدن دانه (دوره زایشی) حد فاصل بین زمان ۵۰ درصد گل‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک در نظر

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر تاریخ کاشت، توده و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. معنی‌دار بودن اثر متقابل حاکی از آن است که واکنش توده‌های مختلف به تغییر در تاریخ کاشت یکسان نبوده است.

مقایسه میانگین‌ها (شکل ۱ و جدول ۴) نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۲۶۸۹ کیلوگرم در هکتار) متعلق به توده سرباز در اولین تاریخ کاشت ۱۵ اسفند بود. این توده با بهره‌گیری از شرایط مطلوب ابتدای فصل رشد توانست پتانسیل ژنتیکی بالای خود را بروز دهد. باین‌حال، این توده حساسیت شدیدی به تأخیر در کاشت نشان داد؛ به‌طوری که عملکرد آن با یک ماه تأخیر (۱۵ فروردین) به ۱۹۱۵ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت و در نهایت در تاریخ کاشت سوم (۱۵ اردیبهشت) به ۱۰۳۳ کیلوگرم در هکتار رسید. این افت عملکرد ۶۲ درصدی، پتانسیل بالای این توده را در شرایط بهینه و هم‌زمان ریسک بالای کشت آن را در مواجهه با تنش‌های ناشی از تأخیر در کاشت (مانند گرما و خشکی انتهای فصل) به‌وضوح نشان می‌دهد.

در مقابل، توده گرمیت پایداری عملکرد قابل توجهی از خود به نمایش گذاشت. عملکرد این توده از ۲۳۹۳ کیلوگرم در هکتار در تاریخ کاشت ۱۵ اسفند، با روندی تدریجی و کاهشی کمتر نسبت به سایر توده‌ها، به ۱۵۳۵ کیلوگرم در هکتار در کاشت سوم کاهش یافت. این کاهش حدوداً ۳۶ درصدی به‌مراتب کمتر از افت شدید توده سرباز بود. نکته حائز اهمیت این است که در آخرین تاریخ کاشت که شرایط محیطی نامساعدتر بود، عملکرد توده گرمیت به‌طور معنی‌داری (حدود ۱/۵ برابر) بیشتر از توده سرباز بود.

قرار داده شدند و پس از ترسیم محیط آن‌ها، تعداد مربع‌های اشغال‌شده در محدوده ترسیم‌شده شمارش گردید. در نهایت، سطح برگ با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد:

$$\text{Leaf area (cm}^2\text{)} = N \times B \quad (1)$$

که در آن، N: تعداد بلوک‌های (مربع‌های) یک سانتی‌متری پوشش داده‌شده توسط نمونه برگ و B: مساحت هر بلوک در کاغذ گراف است. به‌منظور ارزیابی اجزای عملکرد، ده بوته به‌صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و صفاتی شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف (از میانگین ۱۰ غلاف از قسمت‌های مختلف بوته) و تعداد کل دانه در بوته شمارش و ثبت گردید. برای تعیین وزن ۱۰۰ دانه، سه نمونه ۱۰۰ عددی بذر به‌صورت تصادفی از توده بذر هر کرت شمارش و با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شد. در نهایت، برای تعیین عملکرد دانه، بوته‌های موجود در سطح یک مترمربع از دو ردیف میانی هر کرت برداشت و توزین گردیدند و عملکرد نهایی با رطوبت استاندارد ۱۴ درصد محاسبه و به کیلوگرم در هکتار تبدیل شد. داده‌های جمع‌آوری‌شده با استفاده از نرم‌افزار R (نسخه ۴/۳/۱) تجزیه و تحلیل شدند. تجزیه واریانس براساس مدل آماری طرح انجام گرفت. برای مقایسه میانگین اثرات متقابل معنی‌دار، از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد ($P \leq 0.05$) با استفاده از بسته نرم‌افزاری agricolae استفاده گردید. نمودارهای مربوط به اثرات متقابل نیز با استفاده از بسته ggplot2 در همان نرم‌افزار ترسیم شدند.

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2- Selected physicochemical properties of the experimental site soil

ویژگی Property	واحد Unit	مقدار Value
بافت خاک Soil texture	-	لومی-شنی Sandy loam
اسیدیته pH	-	7.8
هدایت الکتریکی EC	dS m ⁻¹	1.9
کربن آلی Organic C	%	0.35
نیتروژن کل Total N	%	0.07
فسفر قابل دسترس Available P	mg kg ⁻¹	12
پتاسیم قابل دسترس Available K	mg kg ⁻¹	210

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات زراعی و عملکرد گیاه گوار تحت تأثیر تاریخ کاشت و توده
Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for agronomic traits and yield of guar as affected by planting date and landrace

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	عملکرد دانه Seed yield	وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight	دانه در بوته Seeds per plant	دانه در غلaf Seeds per pod	تعداد غلaf Pods per plant	سطح برگ Leaf area	دوره زایشی Reproductive period	روز تا گل‌دهی Days to flowering
تکرار Block (replication)	۲	14520 ns	0.02 ns	185 ns	0.11 ns	1.9 ns	85 ns	15.4 ns	2.1 ns
تاریخ کاشت Planting date (A)	۲	2910250 **	5.85**	6240**	2.5**	84.3**	1940 **	78.5**	62.8**
توده Landrace (B)	۲	1945600 **	0.28**	25110**	8.20**	365.1**	181.5 **	852.1**	25.4**
اثر متقابل Interaction (A×B)	۴	645800 **	0.34**	4380**	271**	235**	1.3**	12.6*	3.8*
خطا Error	۱۶	18500	0.03	205	0.15	4.2	89	9.2	1.8
ضریب تغییرات C.V (%)	–	8.3	4.2	7.5	5.5	7.3	7.8	4.5	4.4

ns، * و **: به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.
ns, * and **: non-significant, significant at $P \leq 0.05$ and $P \leq 0.01$, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت و توده بر صفات مورد بررسی
Table 4- Mean comparison for the interaction of planting date and landrace on evaluated traits

تاریخ کاشت Planting date	توده Landrace	عملکرد دانه Seed yield (kg ha ⁻¹)	تعداد غلاف در بوته Pods per plant	تعداد دانه در بوته Seeds per plant	وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight (g)	تعداد دانه در غلاف Seeds per pod	سطح برگ Leaf area (cm ²)	کل دوره رشد Total growth period (days)	دوره زایشی Reproductive period (days)	دوره رویشی Vegetative period (days)
۱۵ اسفند 6 March	گرمبیت Garmbeit	2393	30	228	5.24	7.7	153.3	83.7	57	26.7
	سراوان Saravan	1234	23	120	5.15	5.3	64.6	105.7	75.7	30
	سرباز Sarbaz	2689	34	249	5.40	7.3	124.1	96	67.3	28.7
۱۵ فروردین 6 April	گرمبیت Garmbeit	1924	29	227	4.23	7.7	181.2	89	60.7	28.3
	سراوان Saravan	1570	22	169	4.64	7.7	86.9	104	73.3	30.7
	سرباز Sarbaz	1915	28	218	4.39	7.9	144.2	101	70.7	30.3
۱۵ اردیبهشت 5 May	گرمبیت Garmbeit	1535	30	239	3.21	8	133.4	93.7	60.4	33.3
	سراوان Saravan	791	21	132	3	6.3	64.5	109.3	73	36.3
	سرباز Sarbaz	1033	27	142	3.63	5.3	120.8	96.7	63	33.7

است. توده سراوان علی‌رغم بومی بودن در منطقه گسترده‌تر جنوب شرق، در تمام تاریخ‌های کاشت کمترین عملکرد را داشت (میانگین

این موضوع بیانگر راهبرد تحمل توده گرمبیت در تخصیص منابع و تضمین عملکردی پایدارتر در طیف وسیع‌تری از شرایط محیطی

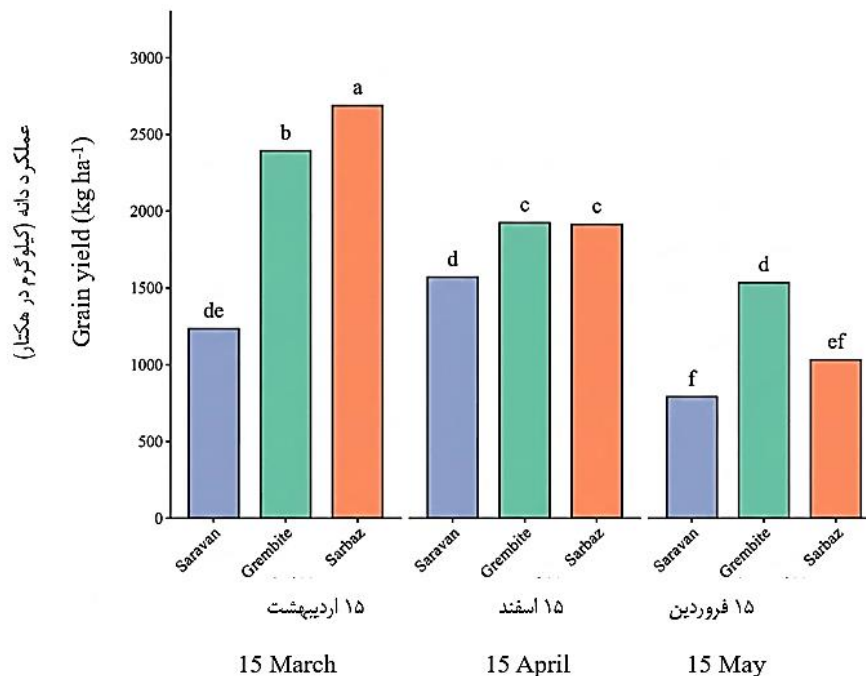
می‌سازد. این تنوع در واکنش ژنوتیپ‌ها، که توسط کلیانی (Kalyani, 2025) نیز روی ژنوتیپ‌های مختلف گوار مشاهده شد، بر لزوم ارزیابی ژرم‌پلاسم بومی برای شناسایی منابع ژنتیکی با پایداری عملکرد بالا تأکید دارد.

سطح برگ در بوته

سطح برگ به‌عنوان منبع فتوسنتزی گیاه (منبع تولید آسیمیلات‌ها)، نقشی حیاتی در تأمین انرژی لازم برای رشد اندام‌های زایشی (مخزن) ایفا می‌کند. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل تاریخ کاشت و توده برگ بر سطح برگ نیز معنی‌دار بود. بررسی میانگین‌ها (شکل ۲ و جدول ۴)، الگوهای واکنشی جالبی را نشان داد. توده گرمبیت در تاریخ کاشت دوم (۱۵ فروردین) با تولید بیشترین سطح برگ در کل آزمایش (حدود ۱۸۱ سانتی‌مترمربع)، اگرچه پتانسیل بالای خود برای رشد رویشی را به نمایش گذاشت. اگرچه سطح برگ این توده در کاشت سوم به ۱۳۳ سانتی‌مترمربع کاهش یافت، اما توانایی آن در حفظ یک سطح برگ نسبتاً بالا و کارا حتی در شرایط تنش، به تداوم تأمین آسیمیلات‌ها برای اندام‌های زایشی کمک کرده و یکی از دلایل کلیدی پایداری عملکرد آن است.

۱۱۹۸ کیلوگرم در هکتار). با بررسی صفات فنولوژیک و فیزیولوژیک، این عملکرد پایین را می‌توان به عدم تطابق فنولوژیک و محدودیت منبع نسبت داد. براساس جدول ۴، توده سراوان دیررس‌ترین توده بود (طول دوره رشد ۱۰۶ تا ۱۰۹ روز). این دیررسی باعث شد تا مراحل حساس پر شدن دانه با اوج گرما و خشکی انتهای فصل هم‌زمان شود، درحالی‌که گیاه نتوانسته بود سطح برگ کافی (میانگین پایین ۷۲ سانتی‌مترمربع) را برای پشتیبانی از این دوره طولانی تأمین کند. بنابراین، راهبرد دیررسی این توده در شرایط اقلیمی آزمایش (شهرستان سرپاز) کارآمد نبوده و منجر به کاهش شدید وزن ۱۰۰ دانه و تعداد غلاف شد.

این نتایج با تحقیقات پیشین هم‌خوانی دارد که نشان می‌دهند تأخیر در کاشت به‌دلیل کوتاه شدن دوره رشد و مواجهه گیاه با دماهای بالا در مراحل حساس زایشی منجر به کاهش شدید عملکرد می‌شود (Gresta et al., 2013; Hussain et al., 2022; Mahdipour-Nakhaei & Afra et al., 2021). به‌طور مشابه نخعی و برادران (Baradaran, 2025) نیز گزارش کردند که تأخیر در کاشت گوار به‌طور معنی‌داری رشد، توسعه و در نهایت عملکرد دانه را به‌دلیل شرایط نامساعد محیطی محدود می‌کند. اما تفاوت در شیب این کاهش میان توده‌ها، اهمیت گزینش توده‌های پایدار مانند گرمبیت را برای مدیریت ریسک در مناطق مستعد تنش‌های محیطی آشکار



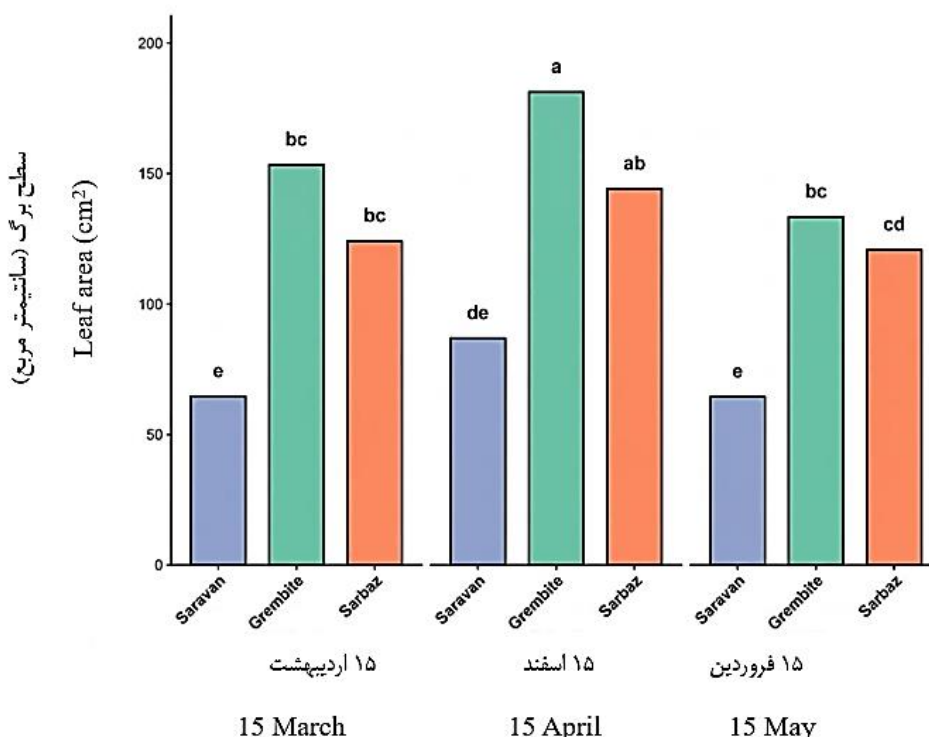
شکل ۱- اثر متقابل تاریخ کاشت و توده بر عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) گوار

Figure 1- Interaction effect of planting date and landrace on seed yield (kg ha^{-1}) of guar
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. columns with the same letter are not significantly different based on the LSD test ($P \leq 0.05$).

ماند (جدول ۴). این مشاهده نشان می‌دهد که دلیل اصلی فروپاشی عملکرد توده سر باز، کاهش در سطح منبع (برگ) نبوده است، بلکه به احتمال زیاد به دلیل محدودیت در کارایی مخزن یا ناتوانی گیاه در تخصیص و انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی تحت تنش شدید گرمای انتهای فصل بوده است (Sadras & Calderini, 2015). توده سراوان نیز به‌طور مداوم کمترین سطح برگ را داشت که با عملکرد پایین آن هم‌خوانی دارد.

این کاهش شدید در سطح منبع، توانایی گیاه برای تغذیه مخزن‌های زایشی (غلاف‌ها و دانه‌ها) را به‌شدت محدود کرده و دلیل اصلی ریزش غلاف‌ها، سقط جنین‌ها و پُر نشدن کامل دانه‌ها در این توده است (Sadras & Calderini, 2015).

نکته بسیار مهم علمی در رفتار توده سر باز مشاهده شد. سطح برگ این توده پایداری قابل توجهی داشت و بین ۱۲۴ سانتی‌متر مربع در کاشت اول و ۱۲۱ سانتی‌متر مربع در کاشت سوم، تقریباً ثابت باقی



شکل ۲- اثر متقابل تاریخ کاشت و توده بر سطح برگ (سانتی‌متر مربع) گوار

Figure 2- Interaction effect of planting date and landrace on leaf area (cm²) of guar

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter are not significantly different based on the LSD test ($P \leq 0.05$).

قبل از شدیدترین تنش‌های انتهای فصل سپری کند. در نتیجه، کل دوره رشد این توده (از ۸۴ تا ۹۴ روز) کوتاه‌ترین بود و با تکمیل به‌موقع مراحل پُر شدن دانه، پایداری عملکرد خود را تضمین کرد. در نقطه مقابل، توده سر باز که در تاریخ کاشت اول با داشتن یک دوره زایشی طولانی (۶۷ روز) به حداکثر عملکرد رسید، در کاشت تأخیری نتوانست این مزیت را حفظ کند. با تأخیر در کاشت، دوره زایشی این توده به ۶۳ روز کاهش یافت. این کوتاه شدن دوره پُر شدن دانه، دقیقاً در زمان مواجهه با گرمای شدید، دلیل اصلی افت شدید وزن ۱۰۰ دانه (شکل ۳ و جدول ۴) و فروپاشی عملکرد آن بود. این توده دارای طولانی‌ترین دوره رویشی در بین توده‌ها بود که با تأخیر در کاشت از ۳۰ روز به ۳۶ روز افزایش یافت. جالب آنکه، مطابق

طول دوره رشد رویشی و زایشی

زمان‌بندی مراحل فنولوژیک، به‌ویژه تعادل بین دوره رویشی (روز تا گل‌دهی) و دوره زایشی (از گل‌دهی تا رسیدگی)، نقش کلیدی در تعیین پتانسیل و پایداری عملکرد گیاه دارد. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل تاریخ کاشت و توده بر روز تا گل‌دهی، طول دوره زایشی و کل دوره رشد معنی‌دار بود که حاکی از وجود راهبردهای فنولوژیک متمایز در بین توده‌ها است.

توده گرمبیت، راهبرد فرار از تنش را از طریق گل‌دهی زودهنگام به کار گرفت. این توده با داشتن کوتاه‌ترین دوره رویشی (حدود ۲۷ تا ۳۳ روز) به‌سرعت وارد فاز زایشی شد. این امر به گرمبیت اجازه داد تا یک دوره زایشی نسبتاً طولانی و بسیار پایدار (حدود ۵۷ تا ۶۰ روز) را

شرایط مطلوب به نمایش گذاشت و پس از آن توده گرمبیت با حدود ۳۰ غلاف در جایگاه دوم قرار گرفت. با این حال، با تأخیر در کاشت و تشدید تنش‌های محیطی، این دو توده الگوهای واکنشی کاملاً متفاوتی از خود نشان دادند (شکل ۴ و جدول ۴). تعداد غلاف در توده سرباز با افتی محسوس به ۲۷ غلاف در آخرین تاریخ کاشت رسید. این کاهش حدوداً ۲۱ درصدی، یکی از دلایل افت عملکرد دانه (شکل ۱) در این توده محسوب می‌شود.

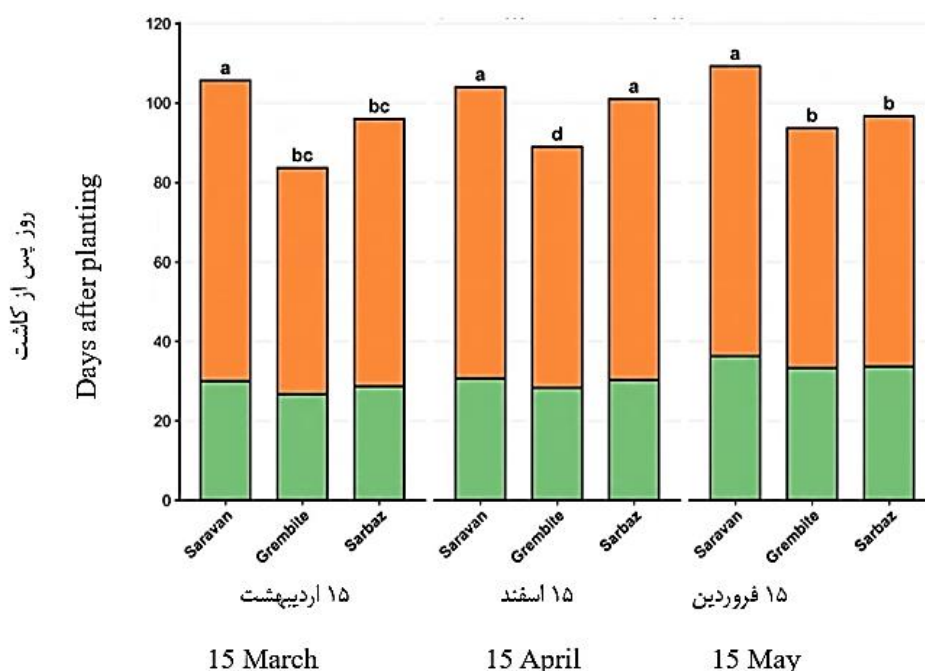
در مقابل، توده گرمبیت پایداری فوق‌العاده‌ای در حفظ غلاف‌های خود داشت و تعداد غلاف آن از ۳۰ عدد در کاشت اول به ۳۰ عدد در کاشت سوم رسید (تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد). این توانایی در حفظ ساختارهای زایشی تحت شرایط نامساعد، یکی از سازوکارهای کلیدی است که به پایداری عملکرد این توده کمک می‌کند. به‌طوری که در تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت، توده گرمبیت بیشترین تعداد غلاف را تولید کرد. این یافته با نتایج بوراس و همکاران (Borrás et al., 2004) روی سویا (*Glycine max* L.) مطابقت دارد که نشان دادند تأخیر در کاشت با کاهش تعداد گره‌ها و در نتیجه جایگاه‌های بالقوه برای تشکیل غلاف، منجر به کاهش تعداد غلاف در بوته شد. بنابراین، توانایی توده گرمبیت در حفظ تعداد غلاف، نشان‌دهنده تحمل فیزیولوژیک بالاتر آن به شرایط محدودکننده رشد است.

با اصول فیزیولوژیک، با تأخیر در کاشت و افزایش دما، دوره زایشی این توده از ۷۵/۷ روز به ۷۳ روز کاهش یافت که نشان‌دهنده تلاش گیاه برای تسریع در رسیدگی تحت تنش است. با این وجود، این دوره زایشی حتی پس از کوتاه شدن، همچنان به‌طور معنی‌داری طولانی‌تر از سایر توده‌ها باقی ماند. همین امر باعث شد تا مراحل کلیدی پر شدن دانه در این توده با شدیدترین دوره گرما و خشکی انتهای فصل هم‌زمان شود که این عدم تطابق فنولوژیک، دلیل اصلی کارایی پایین و عملکرد بسیار ناچیز آن بود. این نتایج به‌خوبی نشان می‌دهد که راهبرد فنولوژیک زودرسی توده گرمبیت، سازگاری و پایداری بهتری را برای مدیریت تنش در شرایط آب‌وهوایی منطقه، به‌خصوص در مواجهه با تأخیر در کاشت فراهم می‌کند (Richards, 2006).

تعداد غلاف در بوته

تعداد غلاف، به‌عنوان اولین جزء عملکردی که در گیاه تثبیت می‌شود، پتانسیل اولیه عملکرد را تعیین می‌کند. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل تاریخ کاشت و توده بر این صفت نیز معنی‌دار بود ($P \leq 0.01$).

در تاریخ کاشت اول (۱۵ اسفند)، توده سرباز با تولید بیشترین تعداد غلاف (حدود ۳۴ غلاف در بوته) پتانسیل ژنتیکی برتر خود را در

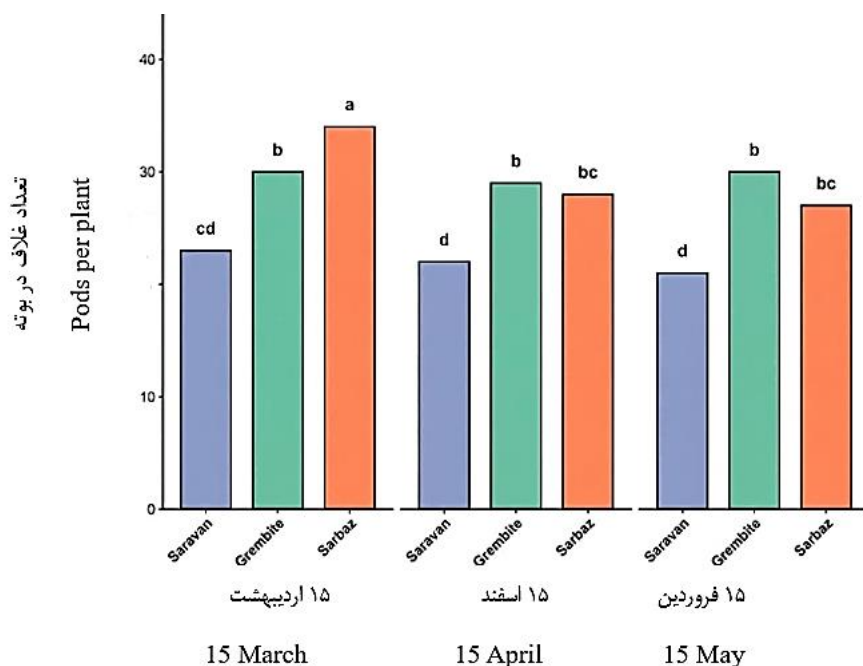


شکل ۳- اثر متقابل تاریخ کاشت و توده بر روز تا گل‌دهی و طول دوره زایشی گوار

Figure 3- Interaction effect of planting date and landrace on days flowering and reproductive period of guar

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter are not significantly different based on the LSD test ($P \leq 0.05$).



شکل ۴- اثر متقابل تاریخ کاشت و توده بر تعداد غلاف در بوته گوار

Figure 4- Interaction effect of planting date and landrace on pods per plant of guar

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter are not significantly different based on the LSD test ($P \leq 0.05$).

به ۸ دانه در کاشت سوم رسید (تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد). این ثبات نشان می‌دهد که توده گرمبیت از یک سازوکار فیزیولوژیکی کارآمد برای تغذیه اندام‌های زایشی خود حتی در شرایط نامساعد برخوردار است و دچار سقط جنین گسترده درون غلاف نمی‌شود. این ویژگی، یکی از دلایل کلیدی پایداری عملکرد این توده است. این ثبات می‌تواند به دلیل حفظ کارایی دستگاه فتوسنتزی (شکل ۲) و تخصیص مداوم آسیمیلات‌ها به مخزن‌های در حال رشد باشد که از سقط جنین جلوگیری می‌کند، موضوعی که حساسیت آن به تنش‌های محیطی به خوبی مستند شده است (Bianchi et al., 2020).

تعداد دانه در بوته

تعداد دانه در بوته به عنوان یکی از اصلی‌ترین اجزای عملکرد، نقش کلیدی در تعیین پتانسیل نهایی عملکرد دانه دارد. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل تاریخ کاشت و توده بر این صفت نیز معنی‌دار بود که بیانگر الگوهای واکنشی کاملاً متفاوت توده‌ها است.

همان‌طور که در شکل ۶ و جدول ۴ مشاهده می‌شود، توده سرباز در تاریخ کاشت اول با تولید حدود ۲۴۹ دانه در بوته، پتانسیل ژنتیکی بالایی خود را به نمایش گذاشت و بیشترین تعداد دانه را به خود اختصاص داد که کاملاً با عملکرد دانه بالایی آن در همین تاریخ

تعداد دانه در غلاف

این صفت نشان‌دهنده میزان موفقیت گیاه در تبدیل گل‌های بارور شده به دانه‌های کامل درون غلاف است و به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی در طول دوره گرده‌افشانی و پُر شدن دانه قرار دارد. براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳)، اثر متقابل آن‌ها بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود.

مقایسه میانگین‌ها (شکل ۵ و جدول ۴)، الگوهای واکنشی بسیار متفاوتی را در بین توده‌ها آشکار کرد. توده سرباز در تاریخ کاشت اول (۱۵ اسفند) با تولید میانگین ۷/۳ دانه در غلاف، بالاترین پتانسیل را از خود نشان داد. با این حال، این توده با تأخیر در کاشت دچار کاهش شدیدی در این صفت شد، به طوری که در تاریخ کاشت سوم (۱۵ اردیبهشت) تعداد دانه در غلاف آن به تنها ۵/۳ دانه کاهش یافت. این افت تقریباً ۲۷ درصدی نشان‌دهنده حساسیت بالای فرآیندهای زایشی این توده به تنش‌های محیطی انتهای فصل است. کاهش تعداد دانه در غلاف معمولاً به سقط جنین در مراحل اولیه پس از لقاح نسبت داده می‌شود که ناشی از محدودیت در تأمین مواد فتوسنتزی (آسیمیلات‌ها) به غلاف‌های در حال رشد است (Bianchi et al., 2020).

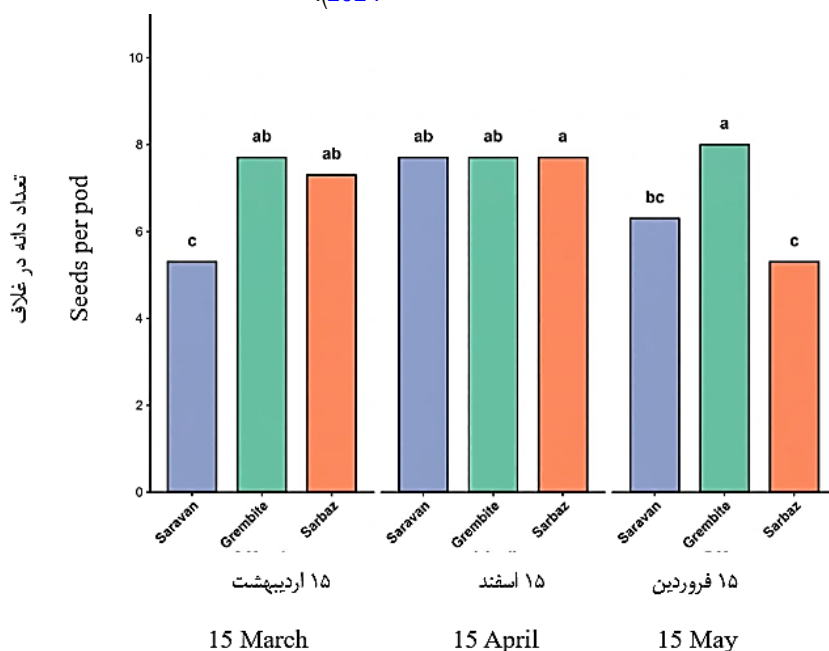
در نقطه مقابل، توده گرمبیت پایداری فوق‌العاده‌ای در حفظ این صفت از خود به نمایش گذاشت. تعداد دانه در غلاف این توده از ۷/۷

وزن ۱۰۰ دانه

وزن ۱۰۰ دانه به عنوان یکی از اجزای کلیدی تعیین کننده عملکرد، شاخصی از توانایی گیاه در تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه‌ها (کارایی مخزن) است. نتایج تجزیه واریانس (

جدول ۱) نشان داد که اثر تاریخ کاشت و همچنین اثر متقابل تاریخ کاشت × توده بر این صفت معنی دار بود (**جدول ۳**)، در حالی که اثر اصلی توده به تنهایی معنی دار نشد. معنی دار بودن اثر متقابل حاکی از آن است که توده‌ها واکنش متفاوتی به تغییر تاریخ کاشت از خود نشان دادند.

بررسی میانگین‌های اثر متقابل (**شکل ۷** و **جدول ۴**) نشان می‌دهد که در تاریخ کاشت اول (۱۵ اسفند) که شرایط محیطی مطلوب‌تر بود، توده سرباز با میانگین ۵/۴۰ گرم، سنگین‌ترین دانه‌ها را تولید کرد و پس از آن توده گرمبیت با میانگین ۵/۲۴ گرم قرار گرفت. با تأخیر در کاشت، وزن ۱۰۰ دانه در تمام توده‌ها کاهش یافت، اما شدت این کاهش متفاوت بود. در توده سرباز، با تأخیر در کاشت از ۱۵ اسفند به ۱۵ اردیبهشت، وزن ۱۰۰ دانه دچار افت حدوداً ۳۳ درصدی شد و از ۵/۴۰ گرم به ۳/۶۳ گرم رسید. این کاهش شدید بیانگر حساسیت بالای این توده به تنش‌های انتهایی فصل مانند گرما و خشکی است که منجر به کوتاه شدن دوره پُر شدن دانه و کاهش تخصیص آسیمیلات‌ها به مخزن (دانه) می‌شود (Carrera et al., 2024).

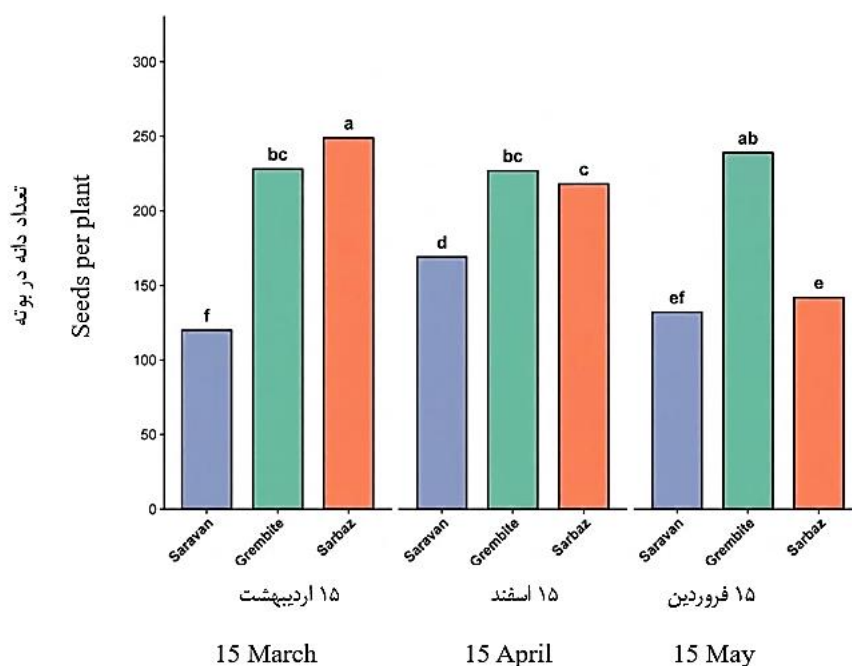


شکل ۵- اثر متقابل تاریخ کاشت و توده بر تعداد دانه در غلاف گوار

Figure 5- Interaction effect of planting date and landrace on seeds per pod of guar
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
Means with the same letter are not significantly different based on the LSD test ($P \leq 0.05$).

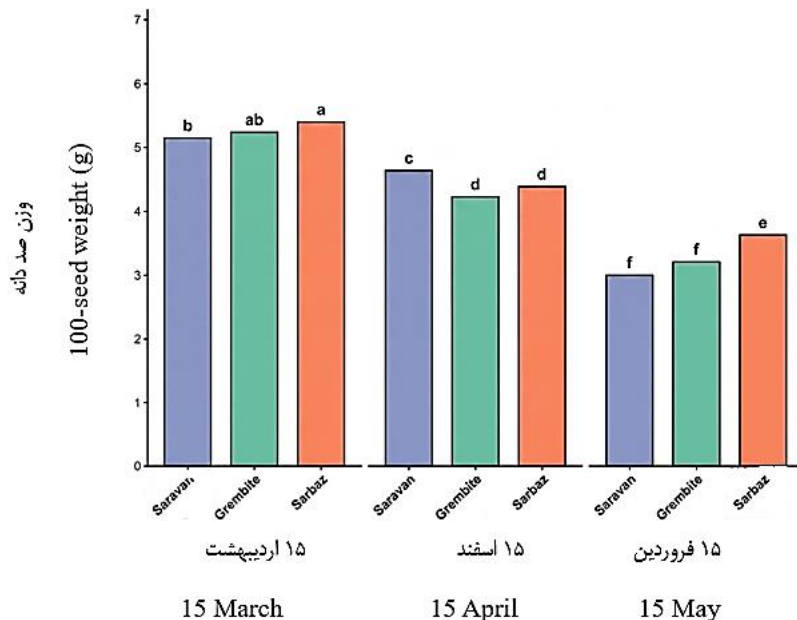
کاشت مطابقت دارد. با این حال، این توده حساسیت شدیدی به تنش‌های ناشی از تأخیر در کاشت نشان داد، به طوری که توانایی آن برای تولید و حفظ دانه‌ها به شدت کاهش یافت و در تاریخ کاشت سوم به تنها حدود ۱۴۲ دانه در بوته رسید که معادل کاهش ۴۳ درصدی نسبت به کاشت اول است. این کاهش شدید در حفظ مخزن‌های زایشی، دلیل اصلی افت چشمگیر عملکرد دانه در توده سرباز محسوب می‌شود.

در نقطه مقابل، توده گرمبیت یک راهبرد کاملاً متفاوت و پایدار را به نمایش گذاشت. این توده با افزایش تدریجی، تعداد دانه در بوته خود را از حدود ۲۲۸ دانه در تاریخ کاشت اول به ۲۳۹ دانه در تاریخ کاشت سوم رساند که نشان‌دهنده وجود یک سازوکار جبرانی مؤثر برای حفظ و حتی افزایش تعداد دانه تحت شرایط تنش است. این ثبات فوق‌العاده در تولید و نگهداری دانه، که نشان‌دهنده کارایی بالای این توده در تخصیص منابع به اندام‌های زایشی حتی تحت شرایط تنش است (Cho et al., 2023)، به طور مستقیم پایداری عملکرد بالایی توده گرمبیت را توجیه می‌کند. توده سراوان نیز در تمام تاریخ‌های کاشت به طور مداوم کمترین تعداد دانه را تولید کرد (از حدود ۱۲۰ تا ۱۶۹ دانه در بوته) که با عملکرد پایین آن هم‌خوانی دارد.



شکل ۶- اثر متقابل تاریخ کاشت و توده بر تعداد دانه در بوته گوار

Figure 6- Interaction effect of planting date and landrace on seeds per plant of guar
 میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
 Means with the same letter are not significantly different based on the LSD test ($P \leq 0.05$).



شکل ۷- اثر متقابل تاریخ کاشت و توده بر وزن ۱۰۰ دانه (گرم) گوار

Figure 7- Interaction effect of planting date and landrace on 100-seed weight (g) of guar
 میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
 Means with the same letter are not significantly different based on the LSD test ($P \leq 0.05$).

(۴۳ درصد) و در نهایت افت عملکرد ۶۲ درصدی نشان داد. نکته قابل توجه این است که این فروپاشی عملکرد با وجود پایداری سطح برگ (کاهش تنها سه درصد) رخ داد که نشان‌دهنده محدودیت در تخصیص مواد فتوسنتزی به مخزن‌ها تحت تنش است.

در نقطه مقابل، توده گرمیت راهبرد کاملاً متفاوتی را به نمایش گذاشت و به‌عنوان یک ژنوتیپ هوشمند و پایدار معرفی گردید. این توده با بهره‌گیری از راهبرد فنولوژیک فرار از تنش (تکمیل چرخه زندگی در ۸۴ تا ۹۴ روز) و حفظ پایداری در صفات کلیدی مانند سطح برگ (افت تنها ۱۳ درصد) و اجزای عملکرد، توانست عملکرد خود را با یک شیب ملایم (کاهش تنها ۳۶ درصد) حفظ کند. برتری عملکردی توده گرمیت در شرایط تنش‌زای کاشت تأخیری (تولید ۱۵۳۵ کیلوگرم در هکتار در کاشت سوم، حدود ۱/۵ برابر توده سرباز) آن را به گزینه‌ای قابل اعتماد برای مدیریت ریسک و تضمین تولید پایدار در شرایط آب‌وهوایی متغیر منطقه تبدیل می‌کند.

بنابراین، برای کشاورزان منطقه سراوان، کاشت توده گرمیت به‌دلیل پایداری بالای عملکرد و تحمل به شرایط نامساعد انتهایی فصل، به‌عنوان یک گزینه کم‌ریسک و مطمئن توصیه می‌شود. با این حال، در صورت امکان کاشت زود هنگام در تاریخ بهینه (۱۵ اسفند)، توده سرباز می‌تواند پتانسیل دستیابی به حداکثر عملکرد را فراهم آورد. این نتایج بر اهمیت حیاتی ارزیابی و بهره‌گیری از ذخایر ژنتیکی بومی برای شناسایی صفات مطلوب سازگاری و پایداری در برنامه‌های به‌نژادی آینده تأکید دارد.

سپاسگزاری

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی مصوب دانشگاه سراوان (شماره طرح ۱۲۱۷۰) با عنوان «امکان‌سنجی کشت گوار در تاریخ‌های کاشت و تراکم‌های مختلف در جنوب شرق ایران» انجام شده است. لذا از مدیریت پژوهشی دانشگاه سراوان کمال تشکر و قدردانی را داریم.

در مقابل، توده گرمیت نیز کاهش قابل توجهی را تجربه کرد. وزن دانه این توده با تأخیر در کاشت، از ۵/۲۴ گرم به ۳/۲۱ گرم (کاهش حدوداً ۳۹ درصدی) رسید. این نتایج نشان می‌دهد که اگرچه عملکرد نهایی گرمیت در شرایط تنش بالاتر بود (به‌دلیل حفظ تعداد دانه بیشتر)، اما هر دو توده در فرآیند پُر کردن دانه‌ها تحت تأثیر منفی تنش قرار گرفتند. کاهش وزن دانه در اثر تأخیر در کاشت، به‌طور گسترده به کوتاه شدن دوره پُر شدن دانه به‌دلیل افزایش دما نسبت داده می‌شود (Avola et al., 2020). برتری توده گرمیت در این شرایط، ممکن است به توانایی بالاتر آن در انتقال مجدد مواد ذخیره‌شده از ساقه و برگ به دانه‌ها مرتبط باشد. این رفتار می‌تواند به توانایی بهتر در انتقال مجدد مواد ذخیره‌شده از اندام‌های رویشی به دانه‌ها مرتبط باشد. بنابراین، اگرچه توده سرباز در شرایط مطلوب پتانسیل بالایی دارد، اما توده گرمیت به‌دلیل پایداری در پُر کردن دانه‌ها، توده قابل اعتمادتری برای شرایط متغیر و تنش‌زای محیطی محسوب می‌شود. این تنوع گسترده در صفات زراعی در بین ژرمپلاسیم گوار، همان‌طور که در هند (Suthar et al., 2018) گزارش شده است، نشان‌دهنده پتانسیل بالای توده‌های بومی برای شناسایی صفات مطلوب جهت برنامه‌های اصلاحی آینده است.

نتیجه‌گیری

انتخاب تاریخ کاشت مناسب و ژنوتیپ سازگار، از جمله ارکان اصلی مدیریت موفق تولید گوار در مناطق خشک است. نتایج این پژوهش به‌وضوح نشان داد که واکنش توده‌های بومی گوار به تاریخ کاشت یکسان نبوده و وجود اثر متقابل معنی‌دار ژنوتیپ در محیط، تعیین‌کننده راهبرد بهینه برای دستیابی به عملکرد پایدار است.

توده سرباز، علی‌رغم پتانسیل ژنتیکی بالا و دستیابی به حداکثر عملکرد دانه (۲۶۸۹ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت بهینه (۱۵ اسفند)، به‌عنوان یک ژنوتیپ پرریسک و حساس به تنش شناخته شد. تأخیر در کاشت منجر به کاهش شدید اجزای عملکرد این توده گردید که خود را در قالب کاهش تعداد غلاف (۲۱ درصد)، تعداد دانه در بوته

References

- Avola, G., Riggi, E., Trostle, C., Sortino, O., & Gresta, F. (2020). Deficit Irrigation on guar genotypes (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.): Effects on Seed yield and water use efficiency. *Agronomy*, 10(6), 789. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060789>
- Bianchi, J. S., Quijano, A., Gosparini, C. O., & Morandi, E. N. (2020). Changes in leaflet shape and seeds per pod modify crop growth parameters, canopy light environment, and yield components in soybean. *The Crop Journal*, 8(2), 351–364. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2019.09.011>
- Borrás, L., Slafer, G. A., & Otegui, M. A. E. (2004). Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: A quantitative reappraisal. *Field Crops Research*, 86(2), 131–146. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2003.08.002>
- Carrera, C. S., Savin, R., & Slafer, G. A. (2024). Critical period for yield determination across grain crops. *Trends*

- in *Plant Science*, 29(3), 329–342. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2023.08.012>
5. Cho, Y. B., Stutz, S. S., Jones, S. I., Wang, Y., Pelech, E. A., & Ort, D. R. (2023). Impact of pod and seed photosynthesis on seed filling and canopy carbon gain in soybean. *Plant Physiology*, 193(2), 966–979. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiad324>
6. Gresta, F., Ceravolo, G., Presti, V. L., D'Agata, A., Rao, R., & Chiofalo, B. (2017). Seed yield, galactomannan content and quality traits of different guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) genotypes. *Industrial Crops and Products*, 107, 122–129. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.05.037>
7. Gresta, F., Sortino, O., Santonoceto, C., Issi, L., Formantici, C., & Galante, Y. M. (2013). Effects of sowing times on seed yield, protein and galactomannans content of four varieties of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in a Mediterranean environment. *Industrial Crops and Products*, 41, 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.04.007>
8. Hussain, I., Ali, M., Ghoneim, A. M., Shahzad, K., Farooq, O., Iqbal, S., Nawaz, F., Ahmad, S., Bárek, V., Brestic, M., Al Obaid, S., Fahad, S., Danish, S., Taban, S., AkÇA, H., & Datta, R. (2022). Improvement in growth and yield attributes of cluster bean through optimization of sowing time and plant spacing under climate change scenario. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(2), 781–792. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.11.018>
9. Kalyani, D. L. (2025). Performance of cluster bean genotypes under varied time of sowing. *Legume Research*, 35(2), 154–158.
10. Mahdipour-Afra, M., AghaAlikhani, M., Abbasi, S., & Mokhtassi-Bidgoli, A. (2021). Growth, yield and quality of two guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) ecotypes affected by sowing date and planting density in a semi-arid area. *Plos One*, 16(9), e0257692. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257692>
11. Nakhaei, A., & Baradaran, R. (2025). Effect of Planting date and plant density on growth characteristics and yield components of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in Birjand region. *Journal of Agroecology*, 17(2), 181–200. <https://doi.org/10.22067/agry.2022.77801.1120>
12. Pathak, R., & Roy, M. M. (2015). Climatic Responses, environmental indices and interrelationships between qualitative and quantitative traits in clusterbean *Cyamopsis tetragonoloba* (L) Taub. under arid conditions. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 85(1), 147–154. <https://doi.org/10.1007/s40011-013-0269-4>
13. Ravelombola, W., Manley, A., Adams, C., Trostle, C., Ale, S., Shi, A., & Cason, J. (2021). Genetic and genomic resources in guar: A review. *Euphytica*, 217(11), 199. <https://doi.org/10.1007/s10681-021-02929-2>
14. Richards, R. A. (2006). Physiological traits used in the breeding of new cultivars for water-scarce environments. *Agricultural Water Management*, 80(1), 197–211. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.07.013>
15. Rockström, J., Karlberg, L., Wani, S. P., Barron, J., Hatibu, N., Oweis, T., Bruggeman, A., Farahani, J., & Qiang, Z. (2010). Managing water in rainfed agriculture—The need for a paradigm shift. *Agricultural Water Management*, 97(4), 543–550. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.09.009>
16. Sadras, V. O., & Calderini, D. F. (2015). Chapter 1 - Crop physiology: applications for breeding and agronomy. In V. O. Sadras & D. F. Calderini (Eds.). *Crop Physiology* (Second Ed.). pp. 1-14. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417104-6.00001-7>
17. Saini, H. S., & Westgate, M. E. (1999). Reproductive Development in Grain Crops during Drought. In D. L. Sparks (Ed.). *Advances in Agronomy*, 68, 59–96. Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60843-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60843-3)
18. Sharma, R., Mahla, H. R., Kumar, S., & Gaikwad, K. (2021). Study of correlation, path coefficient and linkage of flower colour and hairiness with yield controlling quantitative traits in segregating population of cluster bean. *Current Plant Biology*, 26, 100202. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2021.100202>
19. Suthar, J. D., Rajpar, I., Ganjegunte, G. K., & Shah, Z. U. H. (2018). Evaluation of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) genotypes performance under different irrigation water salinity levels: Growth parameters and seed yield. *Industrial Crops and Products*, 123, 247–253. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.06.084>