

The Effects of Sowing Date and Herbicide Type on Growth Characteristics and Yield of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) under Arid Conditions

Maryam Shamshirkesh Shahri¹, Seyed Vahid Eslami^{2*}, Sohrab Mahmoodi³, Mehdi Minbashi Moeini⁴

1- Department of Plant Production and Genetics, University of Birjand, Birjand, Iran

2- Department of Plant Production and Genetics Engineering, Plant and Environmental Stress Research Group, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

3- Department of Plant Production and Genetics Engineering, Plant and Environmental Stresses Research Group, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

4- Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

sveslami@birjand.ac.ir

Introduction

Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.), also known as cluster bean, is an industrial, drought-tolerant legume of significant economic importance owing to the valuable galactomannan gum stored in its seed endosperm. In arid and semi-arid agroecosystems like Gonabad (Iran), guar represents a strategic crop for crop diversification and water-use optimization. However, its productivity is severely constrained by its slow initial growth rate and poor early-season competitiveness against weeds, potentially leading to yield losses exceeding 80%. Identifying the optimal sowing date to synchronize phenological stages with favorable environmental conditions, coupled with selective and sustainable chemical/integrated weed management strategies, is pivotal to maximizing guar yield potential and competitive ability in arid climates.

Materials and Methods

A two-year field experiment was conducted during the 2022 and 2023 growing seasons at the Agricultural and Natural Resources Research Station of Gonabad, Iran (57°45' E, 34°5' N, 1060 m a.s.l.). The experiment was laid out in a split-plot design based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications on adjacent, distinct plots each year. The main plots comprised four sowing dates: 5 May, 22 May, 5 June, and 22 June. Subplots included seven weed management regimes: trifluralin (2 L ha⁻¹, PPI), EPTC + dichloramid (3 L ha⁻¹, PPI), imazethapyr (0.75 L ha⁻¹, PRE), clethodim (1 L ha⁻¹, POST) + supplementary broadleaf weeding, bentazon (2 L ha⁻¹, POST) + supplementary grass weeding, imazamox (60 g ha⁻¹, POST), and a season-long weed-free control. Herbicides were applied using a calibrated manual compression sprayer (5 L capacity) operating at an operating pressure of 2–2.5 bar, calibrated to deliver a spray volume of 400 L ha⁻¹. The nozzle height was maintained at approximately 40–50 cm above the canopy/soil surface. To prevent spray drift between adjacent experimental plots, transparent plastic barriers were placed along plot borders during application. Because error variances were heterogeneous across years according to Bartlett's test (e.g., grain yield: $\chi^2 = 38/01$, $P < 0/01$), analysis of variance

(ANOVA) was performed separately for each year using SAS (v9.2), and treatment means were compared using the Protected LSD test at $P < 0/05$.

Results and Discussion

Weed flora analysis revealed that broadleaf weeds dominated the field community (accounting for ~95% of total dry biomass), primarily consisting of perennial species such as camelthorn (*Alhagi* spp.) and seashore laburnum (*Sophora alopecuroides* L.), alongside Russian thistle (*Salsola kali* L.), whereas annual grasses accounted for only ~5%. In the first year, the interaction effect (D×H) was not significant; the 5 June sowing date produced the highest biological yield (4604.03 kg ha⁻¹). In the second year, the D×H interaction significantly affected plant height ($P < 0.05$), branch number ($P < 0.05$), and pod number per plant ($P < 0.01$). The maximum plant height (97.45 cm), branch number (21.81 branches plant⁻¹), and pod number (207 pods plant⁻¹) were recorded under season-long hand weeding on 5 June. Among chemical treatments, imazamox on 22 May achieved the highest plant height (92.36 cm), whereas EPTC and bentazon on 5 June yielded the highest branching (17.78 branches plant⁻¹), and EPTC on 22 May produced the highest pod number (186.12 pods plant⁻¹). Across both seasons, the 5 June sowing date consistently maximized grain yield (1087.98 and 1633.91 kg ha⁻¹ in 2022 and 2023, respectively) and 1000-seed weight (41.28 and 45.70 g). Early planting (5 May) hindered initial seedling establishment due to low soil temperatures, whereas late planting (22 June) abbreviated the vegetative period, forced premature reproductive onset, and coincided seed filling with autumn temperature decline. Among weed controls, season-long weeding was superior, followed by clethodim and bentazon combined with supplementary weeding. Conversely, trifluralin exhibited poor efficacy due to soil incorporation limitations and high summer volatilization under dry soil conditions.

Conclusion

The findings of this two-year investigation demonstrate that sowing guar during the first half of June (particularly around 5 June) provides optimal thermal and environmental conditions to enhance vegetative development, optimize yield components, and maximize both seed and biological yields under the arid environment of Gonabad. In contrast, early sowing (5 May) significantly suppressed yields due to sluggish seedling establishment under lower early-season temperatures, while delayed sowing (22 June) induced premature reproductive transition and exposed the pod-filling stages to suboptimal autumn temperatures. Regarding weed interference, guar exhibited severe vulnerability to early-season competition, with season-long weed-free conditions securing the highest productivity. Among chemical tactics, although bentazon and clethodim combined with supplemental hand weeding showed high agronomic efficacy, escalating labor costs make pre-plant incorporated EPTC and post-emergence imazamox more economically viable alternatives. Overall, synchronizing early-June sowing with targeted, cost-effective weed management provides a sustainable agronomic strategy to optimize environmental resource-use efficiency and stabilize guar production across the arid agroecosystems of southern Razavi Khorasan Province.

Keywords: Guar, Sowing Date, Seed Yield, Arid Climate, Weed Management.

تأثیر تاریخ کاشت و نوع علف کش بر خصوصیات رشدی و عملکرد گوار در شرایط خشک (*Cyamopsis tetragonoloba* L.)

مریم شمشیرکش شهری^۱، سید وحید اسلامی^{۲*}، سهراب محمودی^۳، مهدی مین باشی معینی^۴

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۲- گروه پژوهشی گیاه و تنش های محیطی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

۳- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، گروه پژوهشی گیاه و تنش های محیطی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۴- مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی تهران، ایران.

sveslami@birjand.ac.ir

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تاریخ کاشت در چهار سطح (۱۵ اردیبهشت، یکم خرداد، ۱۵ خرداد و یکم تیر) و مدیریت شیمیایی علف های هرز در هفت سطح (علف کش های تری فلورالین (ترفلان 48% EC)، ای پی تی سی (آرادیکان 82% EC)، ایمازتاپیر (پرسویت 10% SL)، کلتودیم (سلکت سوپر 12% EC)، بنتازون (بازاگران 48% SL)، ایمازاموکس (ایمترایکسترا WG 70%) به همراه تیمار وجین کامل) بر شاخص های رشدی و عملکردی گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) در قالب طرح کرت های خرد شده بر پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار، طی دو سال زراعی ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گناباد اجرا شد. نتایج نشان داد که پهن برگان چندساله، شامل خارستر، تلخه بیان، علف شور و سایر پهن برگ ها، با سهم ۹۵ درصدی از کل زیست توده خشک، جامعه غالب علف های هرز مزرعه بودند؛ در مقابل، سهم باریک برگ ها تنها ۵ درصد بود. همچنین، در سال اول که اثر متقابل تاریخ کاشت و مدیریت علف های هرز معنی دار نبود، تاریخ کاشت ۱۵ خرداد بیشترین مقادیر صفات رشدی و اجزای عملکرد را به همراه داشت؛ به طوری که بیشترین عملکرد بیولوژیک (۶۴۰۳ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد دانه (۱۰۸۷/۹۸ کیلوگرم در هکتار) در این تاریخ به دست آمد. در سال دوم، برهم کنش تاریخ کاشت و مدیریت علف های هرز بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و تعداد غلاف در بوته معنی دار بود؛ به گونه ای که بالاترین مقادیر این صفات از تیمار وجین تمام فصل در تاریخ کاشت ۱۵ خرداد حاصل شد. در میان گزینه های مدیریت شیمیایی در سال دوم، بالاترین ارتفاع بوته با کاربرد کلتودیم (همراه با وجین مکمل) در تاریخ یکم خرداد (۹۲/۳۶ سانتی متر)، بیشترین تعداد شاخه فرعی با کاربرد ای پی تی سی و بنتازون در تاریخ ۱۵ خرداد (۱۷/۷۸ عدد در بوته) و بالاترین تعداد غلاف در بوته با کاربرد ای پی تی سی در تاریخ یکم خرداد (۱۸۶/۱۲ عدد در بوته) به دست آمد. همچنین در سال دوم، بیشترین عملکرد دانه (۱۶۳۳/۹۱ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۶۶۵۱/۲۳ کیلوگرم در هکتار) از تاریخ کاشت ۱۵ خرداد به دست آمد؛ در حالی که کاشت زود هنگام (۱۵ اردیبهشت) و تأخیر در کاشت (یکم تیرماه) موجب افت معنی دار عملکرد گردیدند. در میان روش های مهار علف های هرز، وجین تمام فصل با تولید ۱۲۵۶/۵ تا ۱۴۰۹/۳۳ کیلوگرم در هکتار دانه، بالاترین کارایی را داشت و پس از آن، علف کش های کلتودیم (۸۹۰/۲۷ تا ۱۳۴۱/۱۰ کیلوگرم در هکتار) و بنتازون (۸۵۱/۸۹ تا ۱۳۰۴/۸۳ کیلوگرم در هکتار) عملکرد مطلوبی را در دو سال ثبت نمودند؛ همچنین علف کش های ای پی تی سی و ایمازاموکس

نیز نتایج قابل قبولی نشان دادند. بنابراین، کاشت گوار در نیمه اول خردادماه، همراه با انتخاب علفکش مناسب، راهکاری مؤثر برای کاهش رقابت علفهای هرز و پایداری عملکرد گوار در شهرستان گناباد پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: گوار؛ تاریخ کاشت؛ عملکرد دانه؛ اقلیم خشک؛ مدیریت علفهای هرز

مقدمه

گوار یا لوبیای خوشه‌ای^۱ یک گیاه دیپلوئید از خانواده لگوم‌ها و مقاوم به خشکی است که به‌دلیل وجود پلی‌ساکارید گالاکتومانان^۲ در آندوسپرم بذر خود، کاربرد گسترده‌ای در صنایع غذایی، داروسازی و استخراج نفت و گاز پیدا کرده است. هند با اختصاص بیش از ۸۰ درصد از تولید جهانی، بزرگ‌ترین تولیدکننده این محصول صنعتی به‌شمار می‌رود (Mudgil et al., 2013). مقاومت به خشکی، نیاز آبی اندک و توان تثبیت نیتروژن، این گیاه را به گزینه‌ای مطلوب برای گنجاندن در تناوب‌های زراعی مناطق خشک و نیمه‌خشک تبدیل کرده است (Sharma et al., 2017). از آنجایی‌که، تاثیر عوامل محیطی بر مراحل فنولوژیک گیاهان باعث می‌شود که تاریخ کاشت از منطقه‌ای به منطقه دیگر برای یک گیاه متفاوت باشد (Zanetti et al., 2019)، در این راستا، انتخاب تاریخ کاشت مناسب جهت افزایش توان رقابتی گیاه، در کنار به‌کارگیری علفکش‌های مؤثر، راهکاری راهبردی برای مدیریت جوامع علفهای هرز در زراعت گوار محسوب می‌شود (Sharma et al., 2007; Riaz Chattha et al., 2017). تاریخ کاشت مناسب، از طریق هماهنگی مراحل رشدی گیاه با نوسانات دمایی و طول روز منطقه، تاثیر مستقیمی بر فرآیندهای فیزیولوژیک و عملکرد نهایی گیاه دارد (Zanetti et al., 2019; Huang et al., 2021). یادآو و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعات خود گزارش کردند که کاشت زودهنگام در شرایط دمایی مطلوب، موجب بهبود شاخص سطح برگ و گسترش کانوپی می‌شود، در حالی که تاخیر در کاشت به‌دلیل همزمانی مرحله گلدهی با تنش‌های دمایی اواخر فصل، منجر به ناباروری گل‌ها و کاهش تعداد غلاف در بوته می‌شود (Heydarzade et al., 2020). برخی محققین در هند گزارش کردند بیشترین عملکرد و شاخص‌های عملکرد ارقام مختلف گوار از تاریخ کاشت در هفته اول و دوم جولای (نیمه اول مردادماه) به‌دست آمد (Kalyani, 2012). همچنین نتایج پژوهشی دیگر نشان داد تأخیر در کاشت گوار بعد از نیمه ژوئن (اواخر خردادماه)، نامناسب بوده و در مقابل، شرایط دمایی و بارندگی مناسب، قبل از این تاریخ موجب افزایش چشمگیر رشد و عملکرد ارقام مختلف گوار گردید (Singla et al., 2016). علاوه بر تاریخ کاشت، رقابت علفهای هرز یکی از چالش‌های اصلی تولید گوار است چراکه، رقابت بر سر منابع (نور، آب و عناصر غذایی) علاوه بر کاهش عملکرد، کیفیت آن را نیز تحت تأثیر قرار

^۱- *Cyamopsis tetragonoloba* L.

^۲ - Galactomannan

می‌دهد (Jia et al., 2018). صرف‌نظر از مزایای گسترده کشت گوار در تناوب با گیاهان زراعی، گوار از گیاهانی است که به دلیل نداشتن صفات رقابتی مناسب، از جمله سرعت رشد اولیه کم، شاخص سطح برگ و ارتفاع اندک در مراحل اولیه رشد به حضور علف‌های هرز بسیار حساس بوده و رقیب مناسبی به‌خصوص در مراحل اولیه رشد با علف‌های هرز نمی‌باشد (Kumar et al., 2023)، لذا عدم کنترل به‌موقع علف‌های هرز موجب خسارت و کاهش ۸۰ درصدی عملکرد می‌گردد (Evalle., 2014). آندرسندر و همکاران (Undersander et al., 1991)، کاشت گوار در مزارع با آلودگی شدید علف‌های هرز، به ویژه مزارع دارای علف‌های هرز چند ساله را اکیداً ممنوع کرده‌اند. ریاض چاتا و همکاران (Riaz Chattha et al., 2007)، گزارش کردند که کاربرد علف‌کش در مرحله ۲ تا ۳ برگی گوار، همراه با یک مرحله وجین در ۵۰ روز پس از کاشت، منجر به افزایش ۶۸ درصدی عملکرد دانه شده است. با این وجود، به دلیل حساسیت فیزیولوژیک اکثر لگوم‌ها به بسیاری از علف‌کش‌های پس‌رویشی، به‌کارگیری روش‌های شیمیایی در این خانواده گیاهی همواره با چالش گیاه‌سوزی و محدودیت همراه بوده است (Solh & Pala, 1990). گوار به‌عنوان یک گیاه صنعتی و مقاوم، ظرفیت بالایی برای توسعه در مناطق خشک (نظیر گناباد) دارد. با این حال، چالش گیاه‌سوزی ناشی از علف‌کش‌ها در لگوم‌ها و خسارت علف‌های هرز، دستیابی به عملکرد مطلوب را محدود کرده است. با توجه به ضرورت اصلاح الگوی کشت و مقابله با تنش‌های شوری و کم‌آبی در این منطقه، تدوین راهکارهای مدیریت تلفیقی (تلفیق تاریخ کاشت و کنترل علف‌های هرز) برای بهینه‌سازی پتانسیل تولید گوار ضروری است. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی و دستیابی به مناسب‌ترین الگوی مدیریتی جهت افزایش عملکرد و شاخص‌های عملکردی در شرایط اقلیمی منطقه اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی دو سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ و ۱۴۰۱-۱۴۰۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان گناباد (با مختصات جغرافیایی ۵۷ درجه و ۴۵ دقیقه طول شرقی، ۳۴ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۰۶۰ متر از سطح دریا) در دو قطعه مجزا و مجاور اجرا گردید. داده‌های اقلیمی منطقه (شامل حداقل و حداکثر دما) در طول فصل کشت که از ایستگاه هواشناسی گناباد دریافت شد، در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: میانگین دماهای بیشینه و کمینه (درجه سانتیگراد) در طی تحقیق در دو سال ۱۴۰۲ و ۱۴۰۱

Table 1: Mean maximum and minimum temperatures (°C) during the 2022 and 2023 growing seasons

سال - year	فروردین March/April		اردیبهشت April/May		خرداد May/June		تیر June/July	
	کمینه Min (°C)	بیشینه Max (°C)	کمینه Min (°C)	بیشینه Max (°C)	کمینه Min (°C)	بیشینه Max (°C)	کمینه Min (°C)	بیشینه Max (°C)
1401-2022	-	-	26.6	31.1	19.9	34.3	23.3	37.9
1402-2023	-	-	17.5	31.5	23.2	36.8	24.5	38.5
سال - year	مرداد July/August		شهریور August/September		مهر September/October		آبان October/November	

	کمینه Min (°C)	پیشینه Max (°C)	کمینه Min (°C)	پیشینه Max (°C)	کمینه Min (°C)	پیشینه Max (°C)	کمینه Min (°C)	پیشینه Max (°C)
1401-2022	22.7	36.2	16.8	33.0	13.6	30.3	8.3	20.8
1402-2023	21.7	36.6	19.9	34.6	12.9	27.5	10.9	24.1

بذر گوار مورد استفاده از ایستگاه تحقیقاتی گناباد تهیه و پس از اطمینان از سلامت و قوه نامیه (آزمون جوانه‌زنی)، آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح و جوی و پشته‌سازی انجام شد. پژوهش به صورت طرح کرت‌های خردشده با سه تکرار، که در آن تاریخ کاشت در چهار سطح، شامل؛ ۱۵ اردیبهشت، یکم خرداد، ۱۵ خرداد و یکم تیر، به عنوان فاکتور اصلی و مدیریت شیمیایی علف‌های هرز در سه گروه کاربردی شامل؛ هفت سطح به عنوان فاکتور فرعی اجرا گردید (جدول ۲).

جدول ۲: تیمارهای مدیریت علف‌های هرز
Table 2. Weed management treatments

مدیریت علف‌های هرز Weed Management	مقدار توصیه شده Recommended dose	گروه کاربردی Weed Management	زمان کاربرد Time of Application
تری فلورالین Trifluralin (Treflan, EC 48%)	2 L/ha	Pre-plant	2-3 days before sowing
ای پی تی سی EPTC + Dichloramid (Eradicane, 82%)	3 L/ha	Pre-plant	2-3 days before sowing
ایماز تاپیر Imazethapyr (Pursuit, SL 10%)	0.75 L/ha	Pre-emergence	Immediately after sowing (at field capacity)
کلتودیم Clethodim (Select Super, EC 12%)	1 L/ha	Post-emergence	3-4leaf stage of guar; 2-4leaf stage of weeds
بنزازون Bentazon (Basagran, SL 48%)	2 L/ha	Post-emergence	3-4leaf stage of guar; 2-4leaf stage of weeds
ایمازاموکس Imazamox (Imertar Extra, WG 70%)	60 g/ha	Post-emergence	3-4leaf stage of guar; 2-4leaf stage of weeds
وجین دستی Hand weeding	-	Control	Throughout the growing season

هر کرت با ابعاد ۳×۷ شامل شش ردیف کاشت به طول هفت متر به صورت جوی - پشته (کاشت روی پشته) با انتهای بسته، با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر (مساحت هر کرت ۲۱ مترمربع) بود. فواصل بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (Haque *et al.*, 2014). فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین تکرارها سه متر بود (مساحت کل ۲۱ مترمربع) که هر کرت جهت اعمال تیمارها به دو نیمه تقسیم شد؛ نیمه بالایی برای کاربرد تیمار علف‌کش و نیمه پایینی به عنوان شاهد متناظر همان تیمار (آلوده به علف‌هرز)، در نظر گرفته شد (Cochran & Cox, 1957). بلافاصله پس از کاشت، آبیاری اولیه جهت استقرار بذور انجام شد، و تا مرحله سبز شدن، دو نوبت آبیاری به فواصل چهار روز به روش جوی و پشته‌ای و پس از آن هفته‌ای یکبار اعمال گردید. به منظور دستیابی به تراکم مطلوب (۱۳ بوته در مترمربع) و کاهش رقابت درون‌گونه‌ای، عملیات

تنک کردن در مرحله چهار تا شش برگی گوار (پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها) به صورت دستی انجام شد. عملیات وجین دستی نیز از مرحله دو تا چهار برگی علف‌های هرز تا پایان دوره رشد در تیمارهای تلفیقی اجرا گردید. سم‌پاشی تیمارها با استفاده از سم‌پاش دستی ۵ لیتری (مجهز به نازل بادبزی) و با فشار ۲۵۰ کیلو پاسکال انجام شد. حجم آب مصرفی برای کالیبراسیون، ۴۰۰ لیتر در هکتار تعیین گردید. ارتفاع نازل در حدود ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متری از سطح زمین تنظیم شد تا پوشش یکنواختی حاصل گردد. علف‌کش‌های پیش‌کاشت (تری‌فلورالین و ای‌پی‌تی‌سی) دو تا سه روز قبل از کاشت در عمق پنج تا هشت سانتی‌متری با خاک به وسیله شن‌کش مخلوط شدند و سایر علف‌کش‌ها در ساعات خنک روز (دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه و سرعت باد کمتر از ۲۰ کیلومتر در ساعت) به کار رفتند. کوددهی شامل ۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار (در دو نوبت: کاشت و ساقه‌دهی)، ۷۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۷۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار (هر دو قبل از کاشت) انجام شد (Jazayeri et al., 2020). سی روز پس از کاربرد علف‌کش نمونه برداری علف‌های هرز با استفاده از کادر نیم متر × نیم متر انجام گرفت. علف‌های هرز پس از شمارش، در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس توزین شدند. کارایی درصد کنترل علف‌های هرز (WCE^3) وسیله معادله ۱ محاسبه شد؛

$$WCE = ((WPC - WPT) / WPC) \times 100 \quad (\text{معادله-۱})$$

در این رابطه WPC جمعیت علف‌های هرز در نیم‌کرت شاهد (آلوده به علف‌هرز)؛ و WPT جمعیت علف‌های هرز در نیم‌کرت تیمار شده است (Varshney, 1990). پس از رسیدگی فیزیولوژیکی گوار، شاخص‌های اندازه‌گیری شده شامل؛ ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گوار از سطح یک مترمربع در هر نیم‌کرت پس از حذف اثر حاشیه‌ای محاسبه و برداشت گردید. پیش از انجام تجزیه مرکب، آزمون بارتلت برای بررسی همگنی واریانس خطای دو سال اجرا شد و مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

با توجه به ناهمگنی معنی‌دار واریانس خطا در اکثر صفات کلیدی نظیر عملکرد دانه ($\chi^2 = 38.01$, $P < 0.01$) و ارتفاع بوته ($\chi^2 = 58.05$, $P < 0.01$) بر اساس آزمون بارتلت، امکان انجام تجزیه مرکب دوساله فراهم نشد (Gomez & Gomez, 1984)؛ بنابراین، تجزیه واریانس داده‌ها برای هر سال زراعی به صورت جداگانه با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه 9.2) انجام گرفت.

³ Weed Control Efficiency

ترکیب فلور علف‌های هرز موجود در محل اجرای آزمایش

فلور علف‌های هرز مزارع بسته به نوع خاک، رژیم حرارتی، شرایط رطوبتی، باروری خاک، نظام مدیریت علف‌های هرز، تاریخ کاشت، فصل کاشت و ناحیه جغرافیایی متفاوت است (Milberg et al., 2001). ارزیابی فلور مزرعه نشان داد که گونه‌های پهن‌برگ چندساله نظیر خارشتر (*Alhagi spp.*)، تلخه بیان (*Sophora alopecuroides* L.) و علف‌شور (*Salsola kali* L.) بیشترین بخش غالب جامعه علف‌های هرز را تشکیل دادند (جدول ۳)، در حالی که باریک‌برگ‌ها سهم ناچیزی را به خود اختصاص دادند. سایر گونه‌های علف‌هرز مشاهده‌شده شامل قاصدک (*Taraxacum officinale*)، پنیرک (*Malva neglecta*)، سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)، گلرنگ وحشی (*Carthamus oxyacantha* L.)، پیچک (*Convolvulus arvensis* L.) و تلخه (*Acroptilon repens* L.) بودند که هر یک یا سهم کمتر از یک درصد، به‌منظور تمرکز بر گونه‌های غالب، تحت عنوان «سایر گونه‌ها» تجمیع شدند (جدول ۳). به نظر می‌رسد وفور دو گونه علف‌هرز تلخه‌بیان و خارشتر احتمالاً به‌دلیل توانایی این گونه‌ها در تکثیر غیربذری و گسترش از طریق اندام‌های زیرزمینی نظیر ریزوم‌ها و ریشه‌های خزنده باشد. این اندام‌های زیرزمینی ضمن ذخیره مواد پرورده، امکان بازرویش سریع گیاه را پس از کنترل مکانیکی یا شیمیایی فراهم می‌سازند (Colquhoun, 2001). علاوه بر این، علف‌کش‌های پیش‌کاشت (مانند تری‌فلورالین و ای‌پی‌تی‌سی) عمدتاً جوانه‌زنی بذور را هدف قرار می‌دهند و علف‌کش‌های تماسی نیز تنها بخش‌های هوایی را کنترل می‌کنند؛ لذا، اندام‌های زیرزمینی این گونه‌ها از اثر مستقیم سموم مصون مانده و در مدت کوتاهی مجدداً موجب رشد و گسترش آلودگی علف‌های هرز مزرعه می‌شوند (Zimdahl, 2013). احتمالاً سهم اندک باریک‌برگ‌ها نیز به‌دلیل پایین بودن تراکم بانک بذر این گونه‌ها بود.

جدول ۳- ترکیب گونه‌های علف‌های هرز

Table 3. Weed species composition

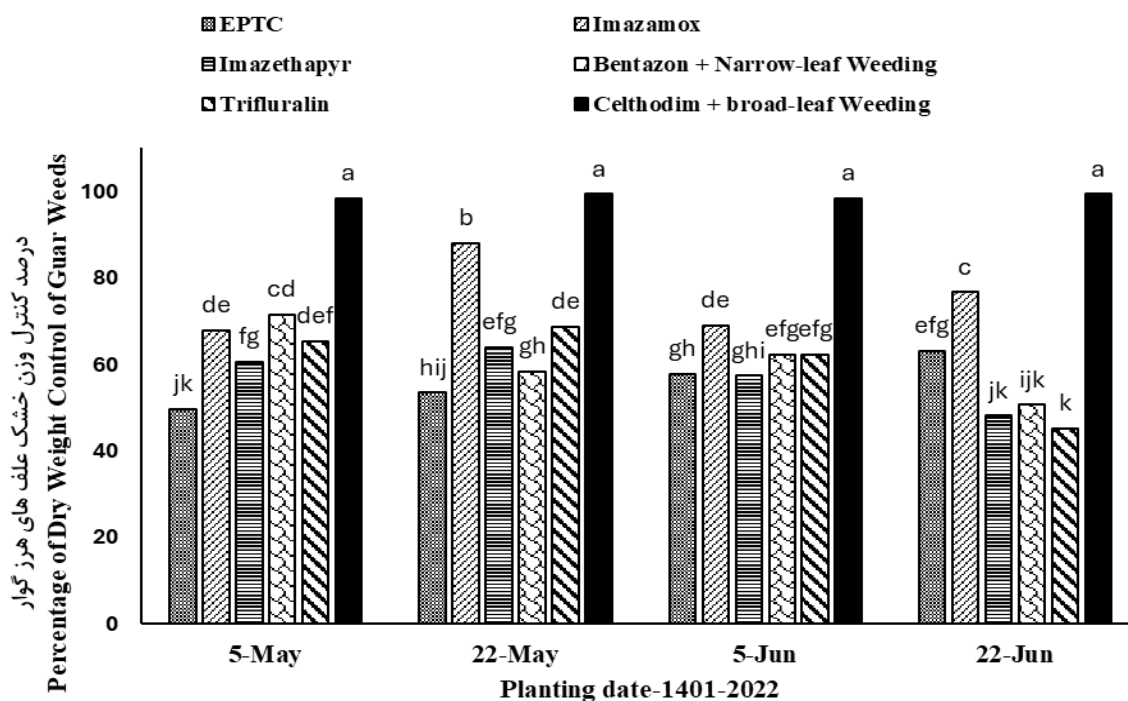
نام علمی Weed species	نام فارسی Persian name	نام انگلیسی English name	خانواده Family	Frequency (%) - فراوانی (درصد)	
				1401	1402
<i>Alhagi spp</i>	خارشتر	Alhagi	<i>Fabaceae</i>	29	28
<i>Sophora alopecuroides</i> L.	تلخه بیان	Seashore laburnum	<i>Fabaceae</i>	32	52
<i>Salsola kali</i> L.	علف شور	Russian thistle	<i>Solanaceae</i>	31	7
<i>Echinochloa crus-galli</i> L.	سوروف	Barnyard grass	<i>Poaceae</i>	6	8
<i>Setria viridis</i> L.	دم روباهی (چسبک)	Green foxtail	<i>Poaceae</i>		
Other species	سایر گونه‌ها	-	-	2	5

* شامل گونه‌های با سهم کمتر از ۱ درصد (برای جزئیات گونه‌ها به متن مراجعه شود)

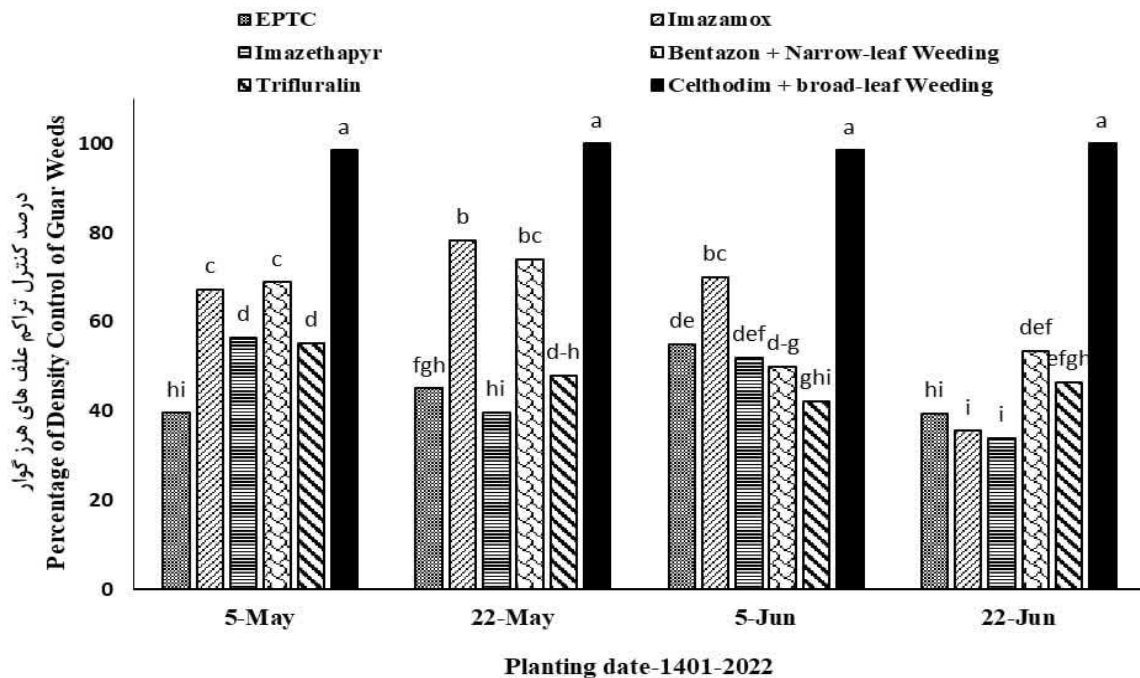
* Minor species with <1% contribution to total dry biomass (see text for species details).

تراکم و وزن خشک علف‌های هرز

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی تاریخ کاشت و نوع علف‌کش و همچنین برهم‌کنش آن‌ها بر هر دو صفت درصد مهار تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در هر دو سال آزمایش در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (نتایج تجزیه واریانس ارائه نشده است). با توجه به معنی‌داری برهم‌کنش دو عامل، کارایی علف‌کش‌ها به‌طور مستقل قابل تفسیر نبوده و به‌شدت تحت تأثیر تاریخ کاشت و شرایط حرارتی حاکم بر دوره رشد تغییر یافت (شکل‌های ۱ تا ۴).

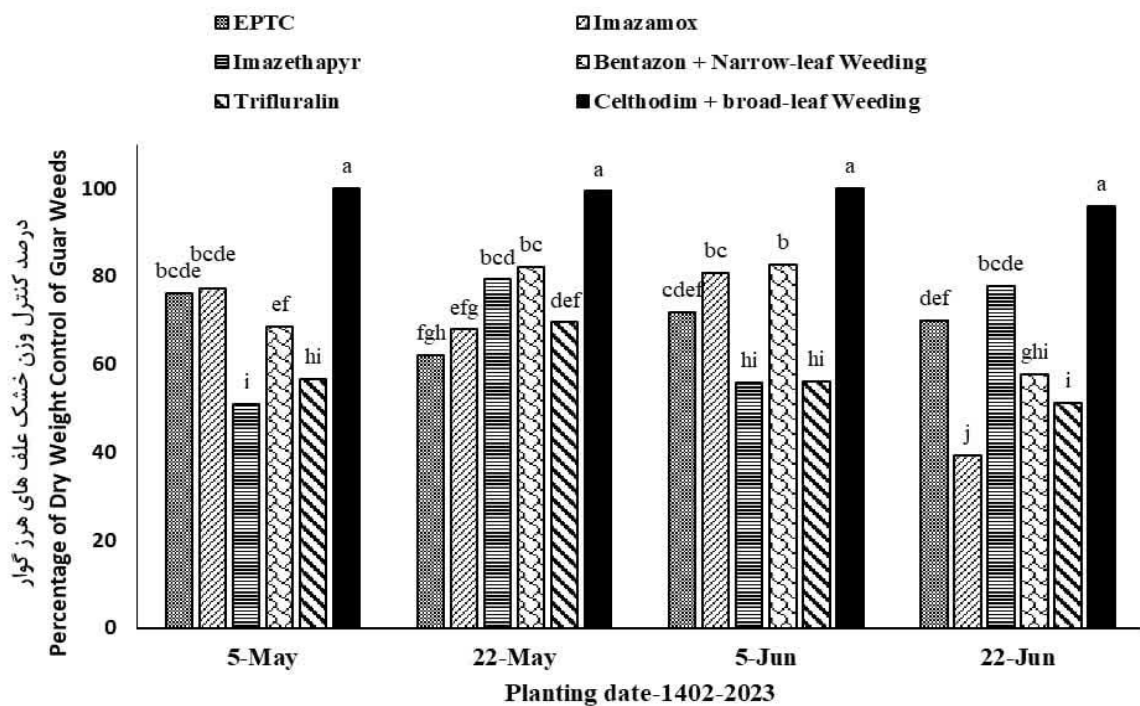


شکل ۱- اثر متقابل تاریخ کاشت و مدیریت شیمیایی بر درصد کنترل وزن خشک علف‌های هرز در سال اول آزمایش
 Figure 1. Interaction effect of planting date and chemical management on weed dry weight control percentage in the first year

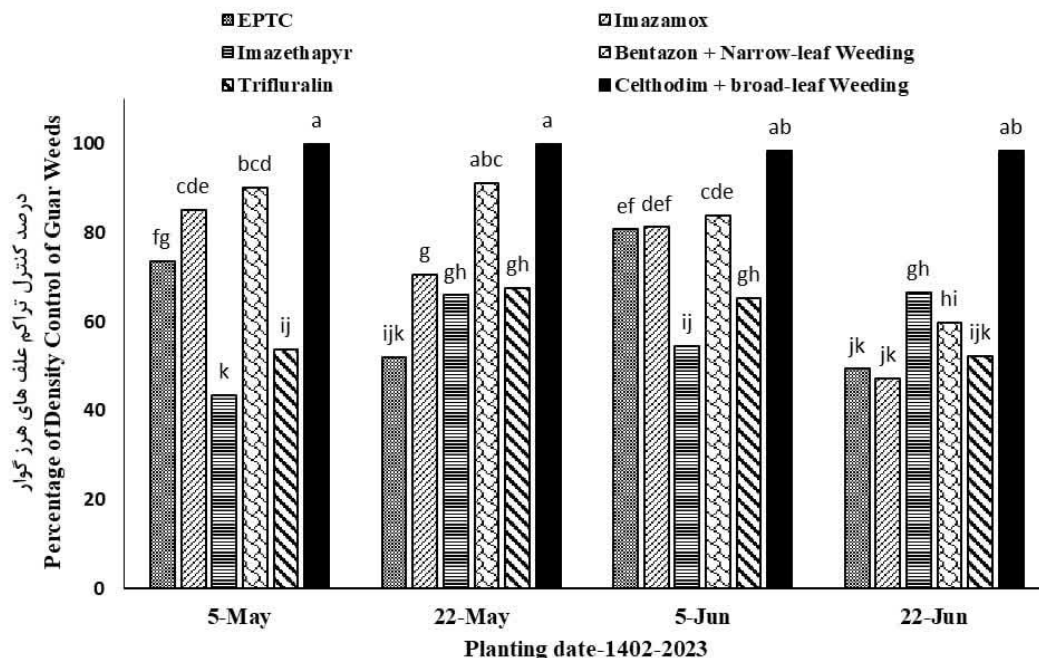


شکل ۲- اثر متقابل تاریخ کاشت و مدیریت شیمیایی بر درصد کنترل تراکم علف‌های هرز در سال اول آزمایش
 Figure 2. Interaction effect of planting date and chemical management on weed density control percentage in the first year

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.
 Means that share at least one common letter is not significantly different at the 5% level.



شکل ۳- اثر متقابل تاریخ کاشت و مدیریت شیمیایی بر درصد کنترل وزن خشک علف‌های هرز در سال دوم آزمایش
 Figure 3. Interaction effect of planting date and chemical management on weed dry weight control percentage in the second year



شکل ۴- اثر متقابل تاریخ کاشت و مدیریت شیمیایی بر درصد کنترل تراکم علف‌های هرز در سال دوم آزمایش
Figure 4. Interaction effect of planting date and chemical management on weed density control percentage in the second year

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.
 Means that share at least one common letter is not significantly different at the 5% level.

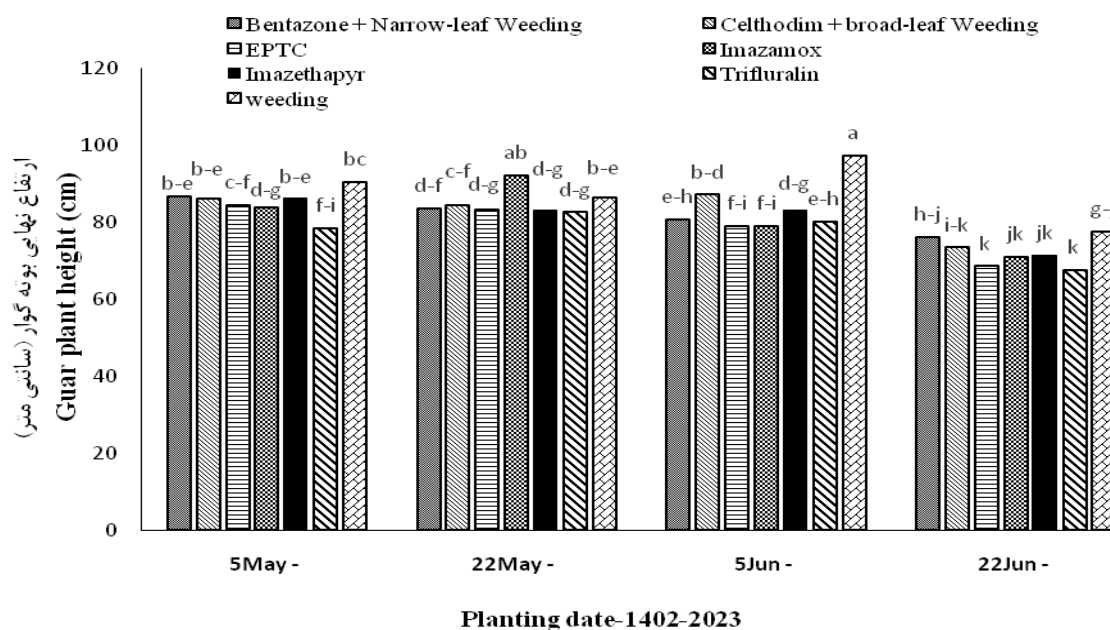
بررسی اثر متقابل نشان داد که در تمامی تاریخ‌های کاشت، تیمار کلتودیم بالاترین سطح کنترل روی صفات وزن خشک و تراکم علف‌های هرز را در هر دو سال زراعی نشان داد. خاصیت انتخابی بالای کلتودیم ناشی از تفاوت ساختاری آنزیم ACCase در گیاهان دولپه‌ای مانند گوار در مقایسه با تک‌لپه‌ای‌هاست؛ از این رو، گوار با استفاده از فعالیت آنزیم‌های سیتوکروم P450 توانایی بالایی در متابولیسم و غیرفعال‌سازی این ترکیب دارد (Shaner, 2014; Godara & Singh, 2015). در مقابل، علف‌کش‌های خاک‌مصرف (نظیر تریفلورالین) با تأخیر در تاریخ کاشت (به‌ویژه یکم تیرماه) با افت شدید کارایی مواجه شدند؛ این امر ناشی از فراریت بالا، تجزیه نوری سریع این ترکیبات در شرایط دمای بالای ۳۶ درجه سانتی‌گراد و رطوبت پایین خاک در تیرماه بوده است (Punia *et al.*, 2011). از سوی دیگر، تاریخ‌های کاشت پانزدهم اردیبهشت تا پانزدهم خرداد، با بهره‌گیری از دمای ملایم‌تر، شرایط بهینه‌ای را برای جوانه‌زنی سریع گوار و توسعه شاخص سطح برگ (LAI) فراهم آوردند که با ایجاد کانوپی متراکم، هم‌افزایی مؤثری با علف‌کش‌ها ایجاد نمود (Kumar *et al.*, 2023). همچنین، دمای بالای تابستان موجب رشد سریع گیاهچه‌های علف هرز شد؛ به‌طوری‌که این گیاهان به سرعت از مرحله حساس رشد (۲ تا ۴ برگ) عبور کرده و به دلیل ضخیم‌تر شدن لایه مومی برگ‌ها، کارایی جذب علف‌کش‌های پس‌رویشی به‌شدت کاهش یافت (Knezevic *et al.*, 2002).

پاسخ‌های رشدی و عملکردی گوار

ارتفاع بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، در سال اول اثر تاریخ کاشت و علف‌کش بر ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود. در سال دوم، اثر مدیریت علف‌های هرز در سطح یک درصد و اثر متقابل تاریخ کاشت $\times$ علف‌کش در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). در سال اول، کاشت در پانزدهم خرداد به دلیل فراهم بودن دمای مطلوب و سازگاری بهتر مراحل فنولوژیک با شرایط دمایی، بیشترین ارتفاع بوته (۶۳/۱۲ سانتی‌متر) را نشان داد (جدول ۵). به نظر می‌رسد گیاه در این تاریخ کاشت، به دلیل شرایط آب و هوایی مطلوب، فرصت کافی برای رشد و افزایش طول ساقه و افزایش ارتفاع گیاه را داشته است، که نتایج آن مشابه پژوهش (Nakhaei & Baradaran, 2025) می‌باشد. از طرفی، با تأخیر در کاشت تا یکم تیرماه (جدول ۵)، کوتاه شدن طول دوره رشد رویشی و کاهش فاصله میانگره‌ها، کاهش ارتفاع گیاه را در پی داشته است (Djman et al., 2022). عدم معنی‌داری این شاخص در سال دوم، را می‌توان به تفاوت در الگوهای اقلیمی دو سال زراعی، نظیر تعدیل دما در سال دوم نسبت داد (جدول ۱) که شرایط رشد اولیه مشابهی را برای تمام تاریخ‌های کاشت فراهم آورده و با کاهش نوسانات محیطی، تفاوت‌های ساختاری در رشد رویشی و ارتفاع نهایی بوته‌ها را در سال دوم به حداقل رسانده است. در بررسی مدیریت علف‌های هرز، تیمارهای وجین تمام فصل و علف‌کش کلتودیم بیشترین ارتفاع بوته را در هر دو سال آزمایش به خود اختصاص دادند (جدول ۶). به نظر می‌رسد، در شرایط رقابت گیاه و علف‌های هرز، به دلیل سایه‌اندازی گیاه طول میانگره‌های ساقه زیاد شده و در نتیجه، ارتفاع گیاه افزایش یافت (Nandini et al., 2017). همچنین، در بررسی نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت و علف‌کش در سال دوم، در تاریخ کاشت پانزدهم اردیبهشت، همه علف‌کش‌ها بجز تریفلورالین، عملکردی مشابه با وجین تمام فصل داشتند، کمترین ارتفاع گوار (۷۸/۶۰ سانتی‌متر) در همین تاریخ کاشت متعلق به تیمار علف‌کش تریفلورالین بود. در حالیکه در تاریخ کاشت یکم خرداد، کاربرد ایمازاموکس منجر به حصول بالاترین ارتفاع گوار (۹۲/۳۳ سانتی‌متر) شد. مابقی علف‌کش‌ها، در این تاریخ کاشت نتایج مشابهی را نشان دادند (شکل ۵). در تاریخ‌های کاشت پانزدهم خرداد و یکم تیر بالاترین ارتفاع گوار از وجین تمام فصل با ارتفاع (۹۷/۴۵ و ۷۷/۷۶ سانتی‌متر)، و پس از آن از علف‌کش‌های کلتودیم و بنتازون حاصل شد و تریفلورالین نیز کمترین تأثیر را بر ارتفاع گیاه گوار نشان داد (شکل ۵). افزایش ارتفاع گیاه در تاریخ کاشت‌های زودهنگام را می‌توان به دمای پایین خاک در مراحل اولیه رشد و تأخیر در جوانه‌زنی علف‌های هرز نسبت داد. با رشد و توسعه پوشش گیاه زراعی، ورود نور قرمز به سطح خاک محدود شده و در نتیجه جوانه‌زنی و تراکم علف‌های هرز کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، کاهش نفوذ نور به درون کانوپی و در نتیجه آن کاهش فتواکسیداسیون اکسین، رقابت برای جذب نور را افزایش داده و سبب طول‌شدن میانگره‌ها و افزایش ارتفاع گوار شده است. لذا، تلفیق تاریخ کاشت نیمه اول خرداد با وجین کامل علف‌های هرز از طریق فراهم‌سازی شرایط اقلیمی مطلوب و حذف کامل رقابت، پتانسیل رشد رویشی گوار را به حداکثر

می‌رساند (Kiani et al., 2012; Kumar et al., 2021). با این وجود با توجه به صرفه اقتصادی مصرف علف‌کش‌ها نسبت به وجین دستی، استفاده از علف‌کش‌های کلتودیم و بنتازون قابل توصیه است.



شکل ۵- اثر متقابل تاریخ کاشت و نوع علف‌کش بر ارتفاع نهایی بوته گوار (سال دوم)
Figure 5- Interaction effect of planting date and herbicide type on the final plant height of guar (second year).
 میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.
 Means that share at least one common letter is not significantly different at the 5% level.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر عملکرد بیولوژیک در سال‌های اول و دوم به ترتیب در سطوح پنج و یک درصد معنی‌دار بود؛ همچنین اثر علف‌کش‌ها بر این صفت در هر دو سال آزمایش در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر تاریخ‌های کاشت (جدول ۵) نشان داد که تاریخ کاشت پانزدهم خرداد به دلیل قرارگیری در شرایط دمایی مطلوب و توسعه سریع کانوپی، بالاترین عملکرد بیولوژیک را نشان داد. بعد از آن، تاریخ کشت یکم خرداد و پانزدهم اردیبهشت به ترتیب در مرتبه‌های بعدی قرار گرفتند. از تاریخ کاشت یکم تیرماه، کمترین عملکرد بیولوژیک حاصل شد (جدول ۵). برخی نتایج نشان داد که عملکرد ماده خشک گیاه با طول دوره رشد و مساعد بودن شرایط محیطی رابطه مستقیمی دارد، به طوری که هر چه طول مدت رشد گیاه طولانی و شرایط محیطی مساعدتر باشد، عملکرد ماده خشک آن نیز بیشتر خواهد بود (Silva, 2005). رشد رویشی در تاریخ کاشت پانزدهم خرداد، به دلیل شرایط متعادل آب‌وهوایی مطلوب به نظر می‌رسید و به دلیل مطابقت دمای محیط هنگام ظهور اندام‌های زایشی جهت تلقیح در شرایط بهینه گیاه، عملکرد بیولوژیک افزایش یافت. تاریخ کاشت اردیبهشت علی‌رغم رشد رویشی مناسب، با توجه به حساس بودن مرحله زایشی نسبت به رویشی،

کاهش دمای محیط باعث کاهش گرده‌افشانی بوته‌های گوار نسبت به تاریخ کاشت خرداد گردید و در نتیجه منجر به کاهش عملکرد بیولوژیک شد (Heydarzade *et al.*, 2020). در شرایط دمایی گناباد (جدول ۱)، تاریخ کاشت پانزدهم خرداد به دلیل وقوع رشد رویشی و زایشی در شرایط دمای مناسب بالا و طول روزهای بلند، موجب طولانی شدن دوره رشد و در نتیجه افزایش مطلوب عملکرد بیولوژیک گردید (Sudhir *et al.*, 2015). تأخیر در کاشت تا اول تیرماه و هم‌زمانی مراحل پایانی رشد گوار در این تاریخ کاشت با افت دمای پاییزه، باعث کاهش فعالیت‌های فتوسنتزی و طول دوره رویشی و زایشی گردید، که مشابه نتایج در گیاه سویا بود (Aghayari *et al.*, 2016). در تیمار علف‌کش‌ها، بیشترین عملکرد بیولوژیک در وجین تمام فصل نشان داده شد (جدول ۶). این نتیجه بیانگر تأثیر مستقیم کاهش رقابت بر افزایش توان تولیدی گیاه است، زیرا توزیع مطلوب‌تر شاخص سطح برگ در فضای فاقد رقابت و بهره‌وری بهتر جامعه گیاهی از نور منجر به تولید ماده خشک بیشتر در واحد سطح گردیده است (Rabert & Andro, 2004). در بین علف‌کش‌ها نیز، کلثودیم به دلیل کنترل تخصصی علف‌های هرز باریک‌برگ، همراه با انجام عملیات وجین دستی جهت حذف علف‌های هرز پهن‌برگ و کاهش رقابت، عملکرد بیولوژیک مطلوبی در کشت گوار را نشان داد (جدول ۶). نتایج آزمایش کیانی و همکاران (Kiani *et al.*, 2012) نشان داد که عملکرد بیولوژیک لوبیا در محیط عاری از علف هرز نسبت به محیط آلوده به علف هرز ۳۷/۱ درصد افزایش یافت. کارایی پایین‌تر علف‌کش‌هایی نظیر تریفلورالین و ایمازاموکس را می‌توان به تأثیر عوامل محیطی نظیر pH، رطوبت خاک و عدم اختلاط اصولی علف‌کش با خاک نسبت داد؛ این عوامل با کاهش کنترل موثر علف‌های هرز، موجب تشدید رقابت برای دسترسی به منابع و در نتیجه کاهش عملکرد بیولوژیک گوار شدند (Shaner, 2014; Kumar *et al.*, 2023). در مجموع، یافته‌های این پژوهش تأکید می‌کند که برای دستیابی به حداکثر عملکرد بیولوژیک در گوار، هم‌زمانی مراحل حساس رشدی گیاه با شرایط دمایی مناسب،

جدول ۴- آنالیز واریانس تأثیر علف‌کش‌ها و تاریخ‌های کاشت بر عملکرد و اجزاء عملکرد گوار در طی دو سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲

Table 4- Variance analysis for the effects of herbicides and planting dates on yield and yield components of guar in two years 2022-2023

نمونه‌برداری Sampling	منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع گیاه Plant height	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	تعداد شاخه در بوته Branches number per plant	تعداد غلاف در بوته Pods number per plant	تعداد دانه در غلاف Seeds number per pod	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)
First year	بلوک Block	2	25.22	8917019.22	5418.28	0.27	81.09*	0.24	19.65**
	تاریخ کاشت Date	3	196.54**	6606975.38*	470814.57**	1.22 ^{ns}	518.67**	0.35*	16.07**
	خطای تاریخ کاشت Error D	6	14.77	697424.52	33360.9	1.33	13.95	0.06	1.48
	نوع علف‌کش Herbicide	6	497.99**	511072.70**	363840.184**	2.71**	138.94**	0.11 ^{ns}	55.72**

Second year	نوع علف کش در تاریخ کاشت D*H	18	12.08 ^{ns}	695088.33 ^{ns}	33093.78 ^{ns}	0.52 ^{ns}	40.82 ^{ns}	0.08 ^{ns}	8.25 ^{ns}
	خطای فرعی Error B.	48	12.65	530884.58	19745.34	0.43	32.46	0.15	11.86
	ضریب تغییرات CV (%)		6.5	14.23	20.83	18.96	7.714	31.00	3.03
	بلوک Block	2	64.76	1064988.17	43374.72	9.96	241.83	0.23	0.56
	تاریخ کاشت Date	3	818.38 ^{ns}	21997304.6**	2996440.89**	150.91**	7242.6**	0.87*	67.06**
	خطای تاریخ کاشت Error D	6	331.84	959002.15	2334.02	11.77	434.44	0.11	5.84
	نوع علف کش Herbicide	6	137.48**	5343617.64**	149887.96**	41.71 ^{ns}	1251.3**	0.35**	30.98**
	نوع علف کش در تاریخ کاشت D*H	18	36.01*	749202.95 ^{ns}	20877.54 ^{ns}	3.05*	717.68**	0.06 ^{ns}	5.81 ^{ns}
	خطای فرعی Error B.	48	15.93	635279.63	16252.45	1.60	177.92	0.09	3.50
	ضریب تغییرات CV (%)		22.29	16.61	12.33	24.39	14.15	3.77	3.53

ns, *, ** به ترتیب نشان دهنده عدم معنی داری و معنی داری در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ می باشد.

ns, * and ** indicate non-significance, significance at the 0.05 probability level, and significance at the 0.01 probability level, respectively.

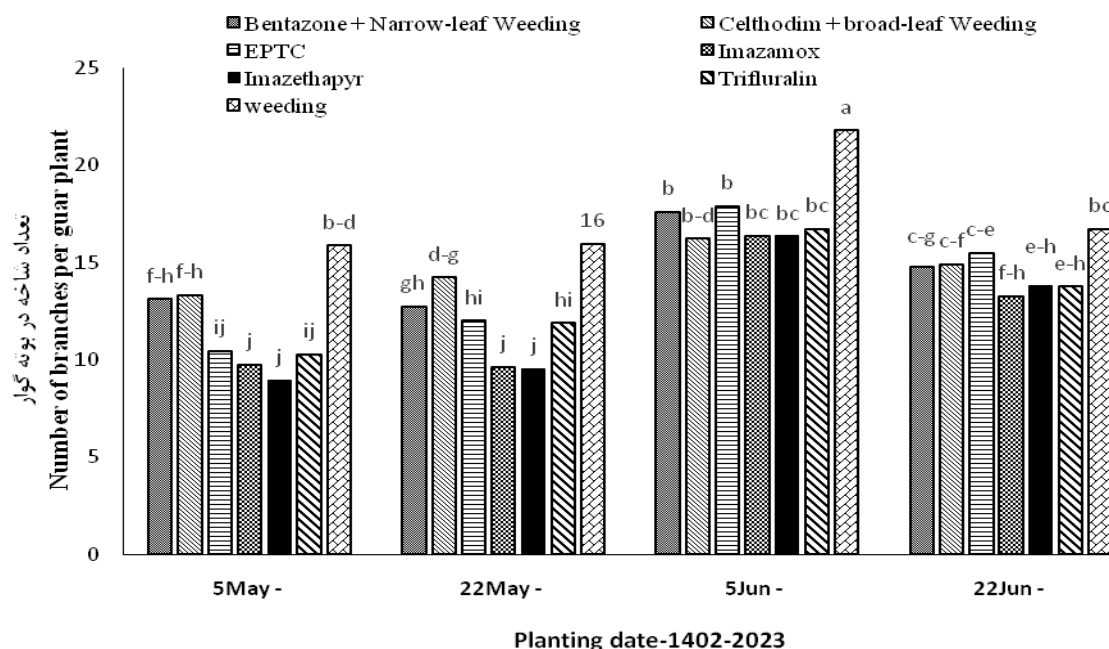
در کنار مدیریت دقیق کنترل رقابت علف های هرز خصوصاً در مراحل اولیه رشد، ضروری خواهد بود.

اجزای عملکرد گوار

تعداد شاخه در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت در سال اول و اثر علف کش در سال دوم بر تعداد شاخه فرعی در بوته معنی دار نشد. در مقابل، اثر علف کش در سال اول و اثر تاریخ کاشت در سال دوم در سطح احتمال یک درصد، و همچنین اثر متقابل تاریخ کاشت × علف کش در سال دوم در سطح احتمال پنج درصد بر این صفت معنی دار گردید (جدول ۴). بررسی نتایج مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت بر شاخص تعداد شاخه در بوته در سال دوم نشان داد که از تاریخ کاشت پانزدهم خرداد بیشترین تعداد شاخه در بوته حاصل شد (جدول ۵). گوار به دلیل ویژگی رشد نامحدود خود، در شرایط دمایی متعادل و تداوم فصل رشد رویشی در شرایط بهینه، قادر است با تولید شاخه های جانبی بیشتر محدودیت های رشد اولیه را جبران کند. نتایج پژوهشی نشان داد در بین تیمارهای تاریخ کاشت، بیشترین تعداد شاخه در بوته از تاریخ کاشت دهم خرداد و کمترین تعداد از تاریخ کاشت دهم تیر ماه حاصل شد، تاریخ کاشت زودهنگام (دهم اردیبهشت) نیز تعداد شاخه فرعی کمتری نسبت به تاریخ کاشت دهم خرداد از خود نشان داد (Nakhaei & Baradaran, 2025). به نظر می رسد کاشت در نیمه خرداد با انطباق بهتر

مراحل رشدی با دمای محیط، شرایط ایده‌آل‌تری را برای فعالیت جوانه‌های جانبی و توسعه شاخه‌های فرعی و در نتیجه افزایش ظرفیت اندام‌های زایشی فراهم نموده است (Mehdipour Afra *et al.*, 2019). از طرفی، افزایش شاخه در گوار به‌طور غیرمستقیم توان گیاه را در رقابت با علف‌های هرز تقویت می‌کند. لذا، بوته‌هایی با تعداد شاخه بیشتر و کانوپی متراکم‌تر از طریق ایجاد سایه‌انداز مانع جوانه‌زنی و استقرار علف‌های هرز در طی مراحل رشدی می‌شوند. این امر، با افزایش توان رویشی گیاه زراعی، قدرت رقابت با علف‌های هرز را افزایش می‌دهد (Mohler, 2001). در نتایج حاصل از مدیریت علف‌های هرز نیز تیمار وجین تمام‌فصل با حذف کامل رقابت، بیشترین میانگین شاخه‌زایی را به خود اختصاص داد. پس از آن، علف‌کش‌های بنتازون و کلتودیم به‌دلیل مدیریت تلفیقی ایجاد شده در کنترل علف‌های هرز، تأثیر مثبت و معنی‌دار غیرمستقیمی در حفظ ساختار رویشی گیاه داشتند (جدول ۶). بررسی نتایج اثر متقابل تیمارها بر شاخص تعداد شاخه در بوته در سال دوم نشان داد در همه تاریخ‌ها وجین تمام‌فصل بیشترین تعداد شاخه را ایجاد کرد. علف‌کش‌های ایمازتاپیر و ایمازاموکس در کاشت‌های زودهنگام کمترین تعداد شاخه را داشتند، در حالی‌که در پانزدهم خرداد اختلاف تیمارها کمتر شد. در تاریخ کاشت اول تیر نیز تیمار وجین بیشترین و علف‌کش‌های تریفلورالین، ایمازتاپیر و ایمازاموکس کمترین تأثیر بر شاخه‌افزایی در گیاه گوار را نشان دادند (شکل ۶). محققین معتقدند که کاشت گیاه زراعی در تاریخ مناسب و حذف یا کاهش جمعیت علف‌های هرز، ضمن افزایش دسترسی به نور خورشید و کاهش رقابت بین بوته‌ها برای جذب منابع غذایی، امکان رشد بیشتر هر بوته را فراهم نموده و متعاقباً تعداد شاخه فرعی در گیاه زراعی افزایش یافت (Shojaee Ghadicolaei *et al.*, 2011). از طرفی، کنترل به‌موقع علف‌های هرز، تأثیر مهمی بر بهبود شاخه‌زایی، کاهش فشار رقابت و در نهایت افزایش اجزای عملکرد در گوار دارد (Yadav *et al.*, 2013; Kumar *et al.*, 2021).

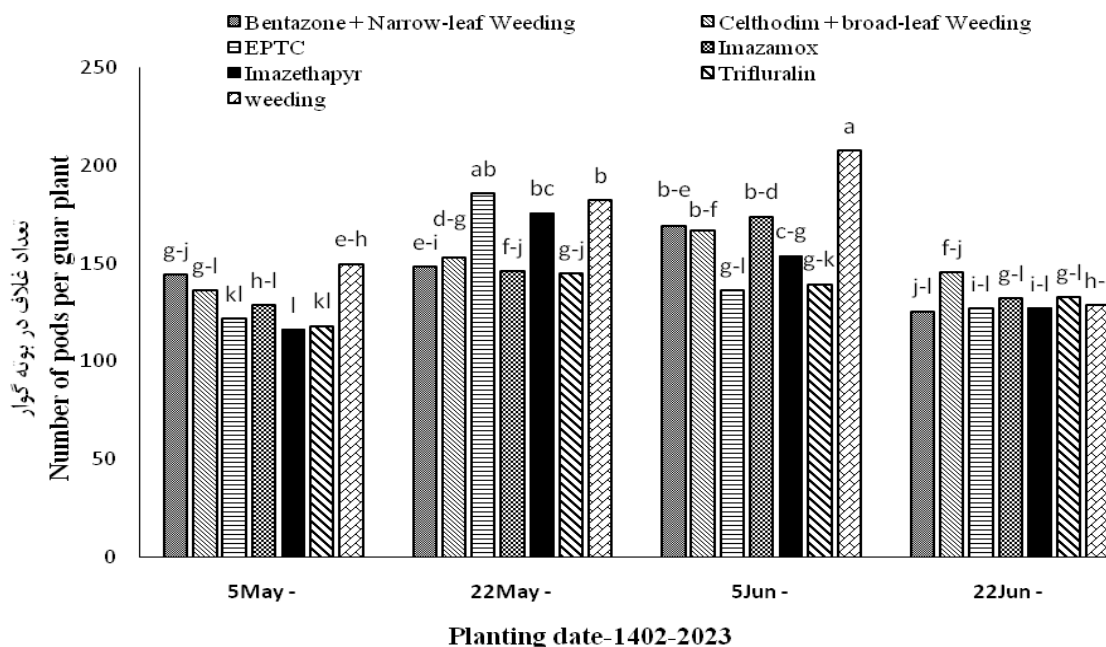


شکل ۶: اثر متقابل تاریخ کاشت و نوع علف کش بر تعداد شاخه در بوته گوار (سال دوم)
Figure 6: Interaction effect of planting date and herbicide type on the number of branches per guar plant (second year)
 میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی داری در سطح ۵ درصد ندارند.
 Means that share at least one common letter is not significantly different at the 5% level.

تعداد غلاف در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت و علف کش در هر دو سال آزمایش بر تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود؛ همچنین اثر متقابل تاریخ کاشت × علف کش در سال دوم نیز بر این صفت در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۴). در هر دو سال، تاریخ های کاشت یکم و پانزدهم خرداد بیشترین تعداد غلاف در بوته را تولید کردند (جدول ۵)، که می تواند ناشی از هم زمانی بهتر مراحل رشد رویشی و زایشی با شرایط دمایی مطلوب منطقه باشد (جدول ۱). در مقابل، تاریخ کاشت زودهنگام (پانزدهم اردیبهشت)، به دلیل دمای پایین تر ابتدای فصل، و کندی رشد اولیه و کاشت تاخیری (یکم تیرماه) نیز با کوتاه کردن دوره رویشی و ورود سریع تر به فاز زایشی، زمان لازم برای تشکیل گره های بارور را از گیاه گرفته و لذا، ظرفیت غلاف دهی کاهش یافته است (Zaferanieh, 2022). تحقیقات نشان داده اند که تاخیر در کاشت سویا می تواند سبب تسریع ورود به مرحله ی گل دهی، کاهش فاز رویشی و زایشی، دوره رسیدگی کوتاه و بالاخره کاهش شاخص های عملکردی گیاه گردد (Murphy & Gossett, 1981)، نتایج آزمایش رحمانی و همکاران (Rahmani et al., 2013) نشان داد که در تاریخ کاشت های دیرهنگام، کاهش تولید گل و غلاف و یا ریزش گل ها و غلاف ها و کاهش سایر عوامل، متأثر از دمای بالا در زمان وقوع گل دهی بوده است. تیمار وجین تمام فصل در هر دو سال تأثیر قابل توجهی بر تعداد غلاف داشت و بیشترین

مقدار این شاخص را نشان داد (جدول ۶). گیاه زراعی و علف‌های هرز در رقابت برای کسب نور، آب و عناصر غذایی می‌توانند رشد اولیه، شاخه‌دهی و تشکیل گره‌های زایشی را کاهش دهند. در بین تیمارهای شیمیایی، کلتودیم و بنتازون از عملکرد مطلوب‌تری برخوردار بودند که احتمالاً به دلیل کنترل همزمان علف‌های هرز باریک‌برگ و بخشی از علف‌های هرز پهن‌برگ و در پی آن کاهش فشار رقابتی وارده بر گیاه زراعی، تعداد غلاف بیشتری تولید شده است. محققان دیگری نیز گزارش کردند که با افزایش جمعیت گیاه زراعی و علف‌هرز، به‌علت رقابت بین بوته‌ها برای به دست آوردن منابع محدود، تعداد غلاف در بوته کاهش می‌یابد (Habibzadeh *et al.*, 2008; Nandini, 2017). همچنین، عملکرد ضعیف تریفلورالین می‌تواند به‌دلیل کنترل ناکافی علف‌های هرز و عدم اختلاط مناسب با خاک و یا کمبود رطوبت و تنش خشکی باشد (Shaner, 2014). بر اساس نتایج اثر متقابل تاریخ کاشت و علف‌کش‌های مورد بررسی، بیشترین تعداد غلاف در بوته از تاریخ کاشت پانزدهم خرداد و وجین تمام فصل (۲۰۷ عدد در بوته) حاصل شد، که بیانگر استفاده بهتر گیاه از منابع محیطی و افزایش پتانسیل زایشی، با انتخاب تاریخ کاشت مناسب و حذف رقابت گیاه با علف‌های هرز است (Taneja *et al.*, 1995; Bhadoria & Chauhan, 1994)، و کمترین مقادیر تعداد غلاف در بوته در تاریخ کاشت پانزدهم اردیبهشت و علف‌کش ایمازتاپیر و یکم تیر با علف‌کش‌های به‌کار رفته (بدون اختلاف) مشاهده گردید (شکل ۷). دکا و همکاران (Deka *et al.*, 2015) نیز نشان دادند که شاخص‌های عملکردی گوار با افزایش تعداد گیاه زراعی و علف‌هرز در واحد سطح و تاخیر در کاشت کاهش یافت. این کاهش می‌تواند به دلیل کوتاه شدن فصل رشد و تاثیر آن بر مرحله زایشی گیاه باشد. در همین راستا آن‌ها بیان کردند که با تاخیر در کاشت گوار، فصل رشد گیاه به‌خصوص در مرحله زایشی، کاهش یافته و این امر، باعث کاهش تعداد گل و غلاف در بوته شده و در نتیجه عملکرد دانه در گیاه کاهش یافت.



شکل ۷: اثر متقابل تاریخ کاشت و نوع علفکش بر تعداد غلاف در بوته گوار (سال دوم)
Figure 7: Interaction effect of planting date and herbicide type on the number of pods per guar plant (second year)
 میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی داری در سطح ۵ درصد ندارند.
 Means that share at least one common letter is not significantly different at the 5% level.

تعداد دانه در غلاف

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر تعداد دانه در غلاف در هر دو سال آزمایش در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود. اثر علفکش بر این صفت در سال اول معنی دار نشد، در حالی که در سال دوم در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید؛ با این حال، اثر متقابل تاریخ کاشت × علفکش در هیچ یک از سال های آزمایش بر این صفت معنی دار نبود (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین در هر دو سال (جدول ۵)، تاریخ کاشت پانزدهم خرداد بیشترین تعداد دانه در غلاف را (با مقادیر به ترتیب ۸/۹۲ و ۸/۶ دانه در غلاف) به خود اختصاص داد؛ در حالی که تاریخ های کاشت یکم خرداد، پانزدهم اردیبهشت و یکم تیر بدون اختلاف معنی دار با یکدیگر، نتایج مشابهی را ثبت کردند. بر اساس داده های هواشناسی (جدول ۱)، هم زمانی مراحل گل دهی و پر شدن دانه با شرایط دمایی مناسب در تاریخ کاشت پانزدهم خرداد، منجر به توسعه سطح برگ، جذب بیشتر نور و افزایش فتوسنتز شده و شرایط لازم را برای افزایش تعداد دانه در غلاف فراهم نمود. بر اساس نتایج پژوهش ها، عامل اصلی افزایش تعداد دانه در غلاف در تاریخ های کاشت مناسب و زود هنگام می تواند ناشی از طولانی تر شدن دوره رشد رویشی و تولید اندام های زایشی بیشتر باشد؛ چرا که با فراهم کردن زمان کافی برای توسعه سریع تر سطح برگ و جذب نور، ضمن ارتقای تولید مواد فتوسنتزی، به تکامل بهتر غلاف ها منجر می شود (Kebraie *et al.*, 2010). یافته های کیانی و همکاران (Kiani *et al.*, 2012) در لوبیا نیز نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف در تاریخ کاشت زود هنگام

حاصل شده و تأخیر در کاشت به کاهش معنی‌دار این صفت می‌انجامد. این افت متأثر از کوتاه‌شدن دوره‌های رویشی و گلدهی و نیز هم‌زمانی مراحل پایانی دوره زایشی با افت دماهای پاییزه است که ظرفیت فتوسنتزی را کاهش می‌دهد. در پژوهش حاضر نیز کاهش تعداد دانه در تاریخ‌های کاشت پانزدهم اردیبهشت و یکم تیر، به دلیل استقرار نامناسب، کوتاه‌شدن دوره پر شدن دانه و کاهش تعداد اندام‌های زایشی تحت تأثیر شرایط نامساعد دمایی رخ داد (جدول ۱). کایا و همکاران (Kaya et al., 2010) نیز گزارش کردند که تأخیر در کاشت نخود فرنگی از طریق کاهش دوره رشد رویشی، باعث کاهش تعداد دانه در غلاف گردید. در سال دوم، بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶)، وجین تمام‌فصل در بین تیمارهای مدیریت علف‌های هرز بیشترین تعداد دانه در غلاف را نشان داد و از نظر آماری با تیمار کلتودیم در یک گروه قرار گرفت. به نظر می‌رسد که کاهش تراکم علف‌های هرز و در نتیجه کاهش شدت رقابت، ضمن بهبود دسترسی گوار به نور، آب و عناصر غذایی، سبب افزایش تعداد دانه در غلاف شده است. در مقابل، افزایش تراکم علف‌های هرز با تشدید رقابت برای استفاده از منابع محیطی، موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های منبع به اندام‌های مخزن گردید (Naseri et al., 2012). کاربرد کلتودیم نیز با مهار علف‌های هرز باریک‌برگ و تکمیل آن با وجین دستی علف‌های هرز پهن‌برگ، تولید دانه در غلاف را در سطح مطلوبی حفظ کرد؛ اما استفاده از علف‌کش تریفلورالین موجب کاهش این صفت شد. مدیریت مؤثر علف‌های هرز می‌تواند از طریق کاهش رقابت برای دسترسی به منابع، رشد و اجزای عملکرد گوار را بهبود بخشد (Yadav et al., 2013; Kumar et al., 2021). لازم به ذکر است که دامنه تغییرات تعداد دانه در غلاف نسبت به سایر اجزای عملکرد کمتر بود. این امر بیانگر آن است که این صفت در مقایسه با صفاتی نظیر تعداد غلاف در بوته از پایداری ژنتیکی بیشتری برخوردار بوده و کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی و مدیریتی قرار می‌گیرد (Heydarzade et al., 2020).

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات تاریخ کاشت و اثر علف‌کش در هر دو سال آزمایش بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۴). وزن هزار دانه از شاخص‌های اصلی عملکرد در گوار است که میزان پر شدن و کارایی انتقال مواد فتوسنتزی به دانه را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج بیشترین وزن هزار دانه در تاریخ‌های کاشت یکم و پانزدهم خرداد (به ترتیب با میانگین‌های ۴۰/۰۹ و ۴۱/۲۸ گرم در سال اول و ۴۴/۵۷ و ۴۵/۷۰ گرم در سال دوم) مشاهده شد (جدول ۵)، که نشان‌دهنده بهبود شرایط دمایی و محیطی برای تشکیل و توسعه دانه است (جدول ۱؛ Baath et al., 2016; Grover et al., 2019). در مقابل، کاشت زودهنگام (پانزدهم اردیبهشت) به دلیل کندی رشد اولیه، و کاشت دیرهنگام (یکم تیرماه) به دلیل محدودیت طول دوره پر شدن دانه، سبب کاهش وزن هزار دانه شدند. به نظر می‌رسد در تاریخ‌های کاشت دیرهنگام، هم‌زمانی مرحله زایشی گیاه با شرایط نامساعد محیطی اواخر فصل مانند کوتاه‌تر شدن طول روز، کاهش دمای هوا و افزایش رطوبت

نسبی، سبب افت فتوسنتز بوته‌ها شده و در نتیجه وزن دانه را کاهش داده است (Gresta *et al.*, 2013; Mehdiipour Afra *et al.*, 2019; Zaferanieh, 2022). بر اساس یافته‌های پژوهشگران، وزن هزار دانه اگرچه عمدتاً تابع ظرفیت مخزن و میزان مواد فتوسنتزی جاری است، اما شرایط آب‌وهوایی طی دوره پر شدن دانه نیز اثر تعیین‌کننده‌ای بر آن دارد (Shafaroodi *et al.*, 2010). افت وزن هزار دانه در تاریخ کاشت یکم تیرماه ناشی از کاهش طول دوره رویشی و هم‌زمانی دوره پر شدن دانه با افت دمای پاییزه بوده که در نتیجه آن، میزان فتوسنتز کاهش یافته و آسیمیلات کمتری به دانه‌ها منتقل گردیده است. کالیانی (Kalyani, 2012) نیز گزارش کرد که کاشت در تاریخ‌های مناسب ارقام گوار در مقایسه با تاریخ‌های دیر هنگام، به دلیل برخورداری از شرایط دمایی بهینه، وزن هزار دانه بیشتری تولید نمود. وزن هزار دانه به‌عنوان یکی از اجزای مهم عملکرد گوار، نمایانگر تعادل بین منبع و مخزن در طول دوره پر شدن غلاف‌ها است (Dantuma & Thompson, 1983). مطابق با نتایج حیدرزاده و همکاران (Heydarzade *et al.*, 2020)، در تاریخ کاشت بهینه، رشد رویشی مناسب و توسعه بهینه‌ی سطح برگ به افزایش فتوسنتز و انتقال بیشتر مواد پرورده به بذرها منجر شده و افزایش وزن هزار دانه را در پی دارد. پدرس و لائوئر (Pedersen & Lauer, 2004) نیز گزارش کردند که عملکرد در کاشت به‌موقع نسبت به کاشت دیر هنگام به دلیل بهره‌برداری بهتر گیاه از منابع محیطی افزایش می‌یابد. نتایج مدیریت علف‌های هرز نشان داد که تیمار و چین تمام‌فصل بیشترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص داد؛ پس از آن، علف‌کش‌های کلتودیم و بنتازون همراه با وچین مکمل، عملکرد مطلوبی نسبت به سایر تیمارها داشتند (جدول ۶). در تراکم‌های بالای علف‌های هرز، تشدید رقابت برای نور و عناصر غذایی مانع از تجمع کافی فرآورده‌های فتوسنتزی در گیاه زراعی می‌شود؛ از آنجا که اندام‌های زایشی پس از اندام‌های رویشی تشکیل می‌شوند، اثر منفی این رقابت مستقیماً بر تکامل و پر شدن دانه آشکار می‌گردد (Deka *et al.*, 2015). در مقابل، علف‌کش‌های تریفلورالین و ای‌پی‌تی‌سی به دلیل تأثیرپذیری بیشتر از شرایط محیطی و کنترل ضعیف‌تر علف‌های هرز، وزن هزار دانه کمتری نشان دادند. بنابراین کنترل مؤثر رقابت علف‌های هرز در دوره بحرانی رشد، نقش تعیین‌کننده‌ای در حفظ ظرفیت پر شدن دانه گوار ایفا می‌کند (Godara & Singh, 2015).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس در این شاخص نیز نشان داد که اثرات تاریخ کاشت و اثر علف‌کش در هر دو سال آزمایش بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که از تاریخ کاشت پانزدهم اردیبهشت تا پانزدهم خرداد، عملکرد دانه روندی افزایشی داشت؛ به‌طوری‌که تاریخ پانزدهم خرداد بیشترین و تاریخ یکم تیرماه کمترین عملکرد دانه را ثبت کردند (جدول ۵). برتری عملکرد دانه در نیمه خرداد ناشی از هم‌زمانی مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه با شرایط بهینه دمایی است که فرصت کافی را برای استقرار گیاه، توسعه سطح برگ، جذب کارآمد تشعشع و در

نتیجه تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی فراهم نمود (Ramanjaneyulu et al., 2016). در شرایط اقلیمی گناباد با بیشینه دمای تابستانه ۳۶/۵ تا ۳۸/۵ درجه سانتی‌گراد (جدول ۱)، دمای نسبتاً بالا و روزهای بلند در صورت عدم تنش رطوبتی، موجب تسریع رشد رویشی و بهبود فعالیت‌های زایشی گوار می‌شود (Singla et al., 2016). در مقابل، در کاشت دیر هنگام (یکم تیرماه)، کوتاه شدن طول فصل رشد و هم‌زمانی مرحله پر شدن دانه با سرمای پاییزه، موجب افت سرعت فتوسنتز، کاهش دریافت تشعشع نوری به دلیل عدم توسعه کافی تاج‌پوشش و در نتیجه کاهش عملکرد دانه گردید (Nandini et al., 2016; Ramanjaneyulu et al., 2017). این نتایج با یافته‌های جاگتاپ و همکاران (Jagtap et al., 2011) و سینگلا و همکاران (Singla et al., 2016) مبنی بر افت عملکرد دانه گوار در کشت‌های پس از اواسط ژوئن مطابقت دارد. همچنین در کاشت دیر هنگام (یکم تیرماه)، گرمای هوا موجب کوتاه شدن طول دوره رشد رویشی و ورود زود هنگام گیاه به مرحله گلدهی شد؛ در نتیجه گیاه فرصت کافی برای تشکیل یک تاج‌پوشش (کانوپی) متراکم نیافت و کاهش سایه‌اندازی آن، توان رقابتی گوار را در برابر علف‌های هرز کاهش داد (Goudarzi et al., 2023). در میان تیمارهای مدیریت علف‌های هرز، بیشترین عملکرد دانه از تیمار وجین تمام فصل حاصل شد (جدول ۶)؛ چراکه حذف رقابت بین‌گونه‌ای در طول دوره بحرانی، بهبود دسترسی به منابع و نفوذ بهتر تشعشع را برای تشکیل غلاف و دانه به همراه داشت (Gill & Narang, 1993). در بین تیمارهای شیمیایی، علف‌کش کلتودیم همراه با وجین مکمل پهن‌برگ‌ها، به دلیل کارایی بالا در مهار باریک‌برگ‌ها، عملکردی نزدیک به وجین کامل نشان داد (جدول ۶). در مقابل، عملکرد ضعیف تریفلورالین را می‌توان به خاک‌مصرف بودن، فرآیند بالا در شرایط کمبود رطوبت و اختلاط نامناسب آن نسبت داد که مانع از مهار مؤثر علف‌های هرز و تداوم رقابت شد (Monaco et al., 2002). همچنین حضور علف‌های هرز با ظهور تأخیری در انتهای فصل را می‌توان به فقدان اثر باقیمانده علف‌کش‌های پس‌رویشی و فراهم شدن فرصت استقرار علف‌های هرز جدید پس از پایان دوره اثر سموم مرتبط دانست (Maghsoudi et al., 2022).

جدول ۵: مقایسه میانگین تأثیر تاریخ‌های کاشت بر خصوصیات رشد و اجزاء عملکرد گوار
Table 5: Comparison of the mean effects of planting dates on guar yield components

تاریخ کاشت Planting date	میانگین مربعات Mean Square					وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)
	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.h ⁻¹)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.h ⁻¹)	شاخه در بوته Number of Branches per plant	غلaf در بوته Number of Pods per plant	دانه در غلاف Number of seeds per pod
۱۵ اردیبهشت	56.76 ^c	5697.47 ^{bc}	816.07 ^b	6.15 ^a	41.06 ^b	8.33 ^b
۱ خرداد	59.81 ^b	6216.57 ^{ab}	863.22 ^b	5.92 ^a	50.30 ^a	8.50 ^{ab}
۱۵ خرداد	63.12 ^a	6402.57 ^a	1087.98 ^a	6.38 ^a	52.06 ^a	8.60 ^a
۱ تیر	56.67 ^c	5153.65 ^c	739.71 ^b	5.84 ^a	50.20 ^a	8.35 ^b
۱۵ اردیبهشت	85.27 ^a	6107.19 ^a	1305.81 ^c	11.86 ^c	130.94 ^b	8.44 ^b
۱ خرداد	85.24 ^a	6430.05 ^a	1417.48 ^b	12.30 ^{bc}	162.56 ^a	8.67 ^b
۱۵ خرداد	83.91 ^a	6651.23 ^a	1633.91 ^a	17.58 ^a	164.12 ^a	8.92 ^a
۱ تیر	72.38 ^a	4398.57 ^b	737.99 ^d	14.69 ^b	131.45 ^b	8.57 ^b
						42.05 ^b
						45.70 ^a
						44.57 ^a
						42.26 ^b

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون FLSD می‌باشد
Common letters in each column indicate no significant difference at the 5% probability level based on the FLSD test.

جدول ۶؛ مقایسه میانگین تأثیر کاربرد علف کش بر خصوصیات رشد و اجزاء عملکرد گوار

Table 6; Comparison of the mean effects of herbicide application on guar yield components

علف کش Herbicide	میانگین مربعیات Mean Square					وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	فصل زراعی Growing Season
	ارتفاع گیاه (سانتی متر) Plant height (cm)	عملکرد دیو لوزریک (کیلو گرم در هکتار) Biological yield (kg.h ⁻¹)	عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار) Grain yield (kg.h ⁻¹)	شاخه در بوته Number of Branches per plant	غلاف در بوته Number of Pods per plant	دانه در غلاف Number of seeds per pod	
Trifluralin	49.81 ^e	4991.6 ^d	738.84 ^c	5.61 ^c	44.0 ^b	8.31 ^a	38.1 ^c
EPTC	55.00 ^d	5489.75 ^{cd}	798.37 ^{bc}	5.75 ^c	49.25 ^b	8.37 ^a	38.66 ^c
Imazethapyr	53.39 ^d	5355.61 ^{cd}	791.38 ^{bc}	5.83 ^c	47.68 ^{ab}	8.36 ^a	38.75 ^c
Clethodim	64.56 ^{ab}	6532.25 ^a	890.27 ^b	6.52 ^{ab}	51.73 ^a	8.56 ^a	42.25 ^{ab}
Bentazone	62.69 ^{bc}	6232.95 ^{ab}	851.89 ^{bc}	6.12 ^{bc}	51.66 ^a	8.54 ^a	39.66 ^{bc}
Imazamox	60.74 ^c	5711.03 ^{cd}	809.89 ^{bc}	5.78 ^c	45.35 ^b	8.47 ^a	39.16 ^c
Weeding	67.39 ^a	6752.67 ^a	1256.5 ^a	6.91 ^a	52.14 ^a	8.50 ^a	43.91 ^a
Trifluralin	77.39 ^d	5487.64 ^{cd}	1100.56 ^c	13.17 ^{cd}	133.97 ^c	8.43 ^c	49.29 ^{de}
EPTC	78.97 ^{cd}	6069.24 ^{bc}	1248.38 ^b	13.98 ^{bc}	13.98 ^{bc}	8.59 ^{bc}	41.83 ^e
Imazethapyr	81.00 ^{bc}	5432.45 ^{cd}	1246.94 ^b	12.15 ^d	12.15 ^d	8.56 ^{bc}	42.5 ^{cde}
Clethodim	82.8 ^b	6394.66 ^b	1341.10 ^{ab}	14.69 ^b	14.69 ^b	8.80 ^{ab}	44.84 ^b
Bentazone	81.91 ^{bc}	5557.73 ^{cd}	1304.83 ^b	14.58 ^b	14.58 ^b	8.63 ^{bc}	44 ^{bc}
Imazamox	81.66 ^{bc}	5240.62 ^d	1265.42 ^b	12.27 ^d	12.27 ^d	8.59 ^{bc}	43.5 ^{bcd}
Weeding	88.8 ^a	7103.95 ^a	1409.33 ^a	17.61 ^a	17.61 ^a	8.95 ^a	46.41 ^a

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون FLSD می باشد
Common letters in each column indicate no significant difference at the 5% probability level based on the FLSD test.

فصل زراعی Growing Season	سال اول First year						سال دوم Second year					
	تریفلورالین	ای پی تی سی	ایماز تاپیر	کلتودیم	بنتازون	ایماز اموکس	تریفلورالین	ای پی تی سی	ایماز تاپیر	کلتودیم	بنتازون	ایماز اموکس

نتیجه گیری

نتایج دو سال اجرای این پژوهش نشان داد که تاریخ‌های کاشت نیمه اول خرداد (به‌ویژه پانزدهم خرداد) مطلوب‌ترین شرایط حرارتی و محیطی را برای رشد رویشی، تشکیل اجزای عملکرد و دستیابی به حداکثر عملکرد دانه و بیولوژیک گوار در شرایط اقلیمی گناباد فراهم ساختند. در مقابل، کاشت زودهنگام (پانزدهم اردیبهشت) به دلیل کندی رشد اولیه در دمای پایین‌تر و کاشت دیرهنگام (یکم تیر) به علت کوتاه شدن دوره رشد رویشی، ورود زودهنگام به فاز زایشی و مواجهه مراحل رسیدگی دانه با افت دمای پاییزه، موجب افت معنی‌دار عملکرد شدند. در بخش مدیریت علف‌های هرز، نتایج مؤید حساسیت بالای گوار به رقابت در اوایل فصل رشد بود؛ به‌طوری‌که تیمار وجین تمام‌فصل بالاترین کارایی را داشت. در بین تیمارهای شیمیایی، هرچند علف‌کش‌های کلتودیم و بنتازون (به‌همراه وجین مکمل) عملکرد مطلوبی ثبت کردند، اما با توجه به هزینه‌های کارگری وجین مکمل، کاربرد علف‌کش‌های پیش‌کاشت مانند ای پی تی سی (EPTC) و پس‌رویشی مانند ایمازاموکس به عنوان گزینه‌های کاربردی و مقرون‌به‌صرفه پیشنهاد می‌شوند. بنابراین، کاشت گوار در نیمه اول خردادماه، همگام با به‌کارگیری یک مدیریت تلفیقی کارآمد علف‌های هرز، راهکاری مؤثر برای استفاده بهینه از نهاده‌های محیطی و پایداری تولید گوار در مناطق خشک جنوب خراسان رضوی خواهد بود.

سیاس‌گذاری

مقاله حاضر مستخرج از رساله دکتری با شماره ثبت ۹۳۳۷، در تاریخ ۱۴۰۱/۹/۹، شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند می‌باشد. همچنین، بخشی از هزینه این تحقیق در قالب طرح پژوهشی به شماره ابلاغیه ۱۴۰۲/د/۵۴۴۱ مورخ ۱۴۰۲/۳/۲۲ و با استفاده از اعتبارات گروه پژوهشی گیاه و تنش‌های محیطی دانشگاه بیرجند انجام شده است، که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

References

- Aghayari, F., A. Faraji and A. Kordkatooli. (2016). Determination of yield and yield components response of soybean (*Glycine max* L.) to swing date, temperature and sunshine hours. *Journal of Agroecology*, 7(4), 547–562. (In Persian with English abstract).
- Bhadoria, R. B. S., & Chauhan, V. S. (1994). Response of cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) to dates of sowing and spacing. *Indian Journal of Agronomy*, 39(1), 156–157.
- Cochran, W. G., & Cox, G. M. (1957). *Experimental Designs* (2nd ed.). John Wiley & Sons, New York.

- Colquhoun, J. (2001). *Perennial weed biology and management*. Oregon State University Extension Service, Publication EM 8776.
- Dantuma, G. & Thompson, R. (1983). Whole crop physiology and yield components. In P. D. Hebblethwaite (Ed.), *The faba bean (Vicia faba L.): A basis for improvement* (pp. 143–158). Butterworths.
- Deka, K.K., Das Milu, R., Bora, P., & Mazumder, N. (2015). Effect of sowing dates and spacing on growth and cluster beans (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in subtropical climate of Assam. *Indian Journal of Agricultural Research*, 49(3), 250-254. <https://doi.org/10.5958/0976-058x.2015.00039.6>.
- Evalle, A. B. (2014). *The effect of irrigation scheduling and manure application on a sweet corn/guar intercrop* [Master's thesis, West Texas A&M University].
- Gill, M. S. and Narang, R. S. (1993) Yield analysis in gobbi Sarson (*Brassica napus* L.) to plant density and nitrogen. *Indian Journal of Agronomy* 38: 257-265.
- Godara, A. S., & Singh, R. (2015). Weed control efficiency of post emergence herbicides and their effect on productivity of cluster bean [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.]. *Legume Research*, 38(3), 415-418.
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical Procedures for Agricultural Research* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Goudarzi, A., Ahmadi Godarzi, A., & Koushki, M. H. (2023). The effect of cultivar and planting date of white beans (*Phaseolus vulgaris* L.) on weed population and growth. *Crop Science Research in Arid Regions*, 5(1), 225–240. <https://doi.org/10.22034/CSRAR.2023.329007.1188>.
- Grover, K., Singla, S., Angadi, S., Begna, S., Schutte, B., and Leeuwen, D., (2016). Growth and yield of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) genotypes under different planting dates in the semi-arid southern high plains. *American Journal of Plant Sciences*. 7: 1246-1258.
- Baath, G. S., Kakani, V. G., Gowda, P. H., Rocateli, A. C., Northup, B. K., Singh, H., & Katta, J. R. (2019). Guar responses to temperature: Estimation of cardinal temperatures and photosynthetic parameters. *Industrial Crops and Products*, 141, 111940. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111940>.
- Habibzadeh, Y., Mameghani, R. and Kasani, A. (2008). Effect of plant density on yield, yield component and protein in 3 mungbean (*Vigna radiata* L.) genotypes in Ahwaz area. *Journal of Agricultural Science* 30: 1-13.
- Haque, E., Prasad, A.K., Peter, V.A., Shah, M., Goswami, P., Rahul. and Pednekar, S.V. (2014). Analysis of performance of Guar crop in India. Final Report. National Institute of Agricultural Marketing (NIAM), USDA, 81 Pp.
- Heydarzade, M., Ehteshami, S. M. R., & Rabiee, M. (2020). Effect of planting date and plant density on qualitative characteristics, yield and yield components of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) Taub. in Guilan province. *Plant Process and Function*, 9(39), 197-214. (In Persian with English abstract).
- Huang, S., Lv, L., Zhu, J., Li, Y., Tao, H., & Wang, P. (2018). Extending growing period is limited to offsetting negative effects of climate changes on maize yield in the North China Plain. *Field Crops Research*, 215, 66-73.
- Jagtap, D.N., Waghule, L.D., & Bhale, V.M. (2011). Effect of sowing time, row spacing and seed rate on production potential of cluster bean. *Advance Research Journal of Crop Improvement*, 2(1), 27-30.
- Jazayeri, S. J., Mousavinik, S. M., Bahreininejad, B., & Ghanbari, S. A. (2020). Effect of organic and chemical fertilizers on growth indices, yield and yield components of Guar in different plant densities. *Journal of Horticultural Plants Nutrition*, 3(1).78-104.

- Jia, Q., Sun, L., Mou, H., Ali, S., Liu, D., Zhang, Y., & Jia, Z. (2018). Effects of planting patterns and sowing densities on grain-filling, radiation use efficiency and yield of maize (*Zea mays* L.) in semi-arid regions. *Agricultural Water Management*, 201, 287-298.
- Knezevic, S. Z., Evans, S. P., Blankenship, E. E., Van Acker, R. C., & Lindquist, J. L. (2002). Critical period for weed control: The concept and data analysis. *Weed Science*, 50(6), 773–786.
- Kaya, M., A. Sanli and M. Tonguc. (2010). Effect of sowing dates and seed treatments on yield, some yield parameters and protein content of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *African Journal of Biotechnology* 9 (25): 3833-3839.
- Kiani, M., Yadavi, A., & Movahhedy-Dehnavy, M. (2012). Effect of interaction between planting date and weed on yield and yield components of three white bean cultivars in Semirom. *Journal of Crop Production and Processing*, 2(3), 1-14.
- Kumar, S., Yadav, B., Akshit, Ekta Kamboj, Kartik Sharma, Priyanka Devi, & Shalu. (2023). Growth, yield and economics of rainfed clusterbean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) as influenced by various mechanized weed management practices. *Legume Research*, 46(12), 1623-1628.
- Kumar, A., Saharawat, Y. S., and Singh, N. (2021). Integrated weed management in guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) under different sowing dates in semi-arid region of India. *Legume Research*, 44(2), 232-237.
- Kalyani, D.L., (2012). Performance of cluster bean genotypes under varied time of sowing. *Legume Research -An International Journal*, 35, 154-158.
- Maghsoudi, A., Izadi Darbandi, E., & Nezami, A. (2022). Evaluation of the efficacy of pyridate herbicide mixture with some graminicides in controlling chickpea (*Cicer arietinum* L.) weeds. *Iranian Journal of Pulses Research*, 13(1), 11-23. <https://doi.org/10.22067/ijpr.v13i1.73769>.
- Mehdipour Afra, M., AghaAlikhani, M., Mokhtassi-Bidgoli, A., & Soufizadeh, S. (2019). Effect of sowing time and plant density on growth and seed yield of two guar ecotypes (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 21(2), 109-126.(In Persian).
- Milberg P., Hallgren E. and Palmer M.W. (2001). Timing disturbance and vegetation development: How sowing date affects the weed flora in spring-sown crops. *Journal of Vegetation Science*, 12(1), 93–98.
- Monaco, T. J., Weller, S. C., & Ashton, F. M. (2002). *Weed Science: Principles and Practices* (4th ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Mohler, C. L. (2001). Ecological management of agricultural weeds. In M. Liebman, C. L. Mohler, & C. P. Staver (Eds.), *Ecological management of agricultural weeds* (pp. 269–321). Cambridge University Press.
- Mudgil, D., Barak, S., & Khatkar, B. S. (2014). Guar gum: Processing, properties and food applications—A review. *Journal of Food Science and Technology*, 51(3), 409–418. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0522-x>.
- Murphy T.R. & Gossett B.J. (1981). Influence of shading by soybeans on weed suppression. *Weed Science*, 29(5), 610–615.
- 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. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/agry.2022.77801.1120>.
- Nandini, K.M., Saridhara, S., Patil, S., & Kumar, K. (2017). Effect of planting density and different genotypes on growth, yield and quality of guar. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 5(1), 320-328. <https://doi.org/10.18782/2320-7051-2499>.

- Naseri, R., Siyadat, A., Soleymani Fard, A., Solymani, R., & Khosh Khabar, H. (2012). Effects of planting date and density on yield, yield components and protein content of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under rainfed conditions in Ilam Province. *Iranian Journal of Pulses Research*, 2(2), 7-18. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/20.1001.1.24764310.1390.21.1.6.4>.
- Pedersen, P., & Lauer, J. G. (2004). Response of soybean yield components to management system and planting date. *Agronomy Journal*, 96(5), 1372-1381.
- Punia, S. S., Singh, S., & Yadav, D. (2011). Bioefficacy of imazethapyr and chlorimuron-ethyl in Cluster bean and their residual effect on succeeding Rabi crops. *Indian Journal of Weed Science*, 43(1&2), 48-53.
- Rahmani, T., Heidari Sharifabad, H., & Madani, H. (2012). Effect of planting date and comparing yield between red bean cultivars in Ali-Goudarz, Lorestan, Iran. *New Findings in Agricultural Sciences*, 6(4), 321-335. (In Persian with English abstract).
- Ramanjaneyulu, A., Madhavi, A., Neelima, T.L., Naresh, P., Indudhar Reddy, K., & Srinivas, A. (2018). Effect of row spacing and sowing time on seed yield, quality parameters and nutrient uptake of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in semi-arid climate of southern telanagana, India. *Legume Research*, 41, 287-292. <https://doi.org/10.18805/Lr.v0i0.7599>.
- Riaz chattha, M., M. Jamil, & Mahmood, T. Z. (2007). Yield and yield components of cowpea as affected by various weed control methods under rainfed conditions of Pakistan. *International Journal of Agriculture and Biology*, 9(1), 120-124.
- Rabert, K. M. H & Andro, G. V. (2004). *An introduction to physiology of agronomic plants yield*. Shiraz University Press.
- Shafaroodi, A., Zavareh, M., Peyvast, G.A., & Dorri, H.R. (2010). Effect of sowing date and plant density on grain yield and yield components in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces. *Journal of Agricultural Sciences and Sustainable Production*, 22(3), 47-61. (In Persian with English Abstract).
- Shaner, D.L. (2014) *Herbicide Handbook*. 10th Edition, Weed Science Society of America, Champaign, 513.
- Sharma, K., Rawat, G. S., Gaur, D., & Sharma, A. (2017). Effect of post-emergence herbicides on weed control, growth and yield of cluster bean in M.P. *Agricultural Science Digest*, 37(3), 179-183.
- Shojaee Ghadicollaei, M., Daneshian, J., Mobaser, H.R., & Nasiri, M. (2011). Affects different levels of nitrogen and plant density in canola (*Brassica napus* L.) yield in paddy field. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 6(4), 37-47. (In Persian with English abstract).
- Silva, R. (2005). Effect of planting date and planning distance on growth of flaxseed. *Agron. J.*, 136: 113-118.
- Singla, S., Grover, K., Angadi, S.V., Begna, S., Schutte, B., & Leeuwen, S.V. (2016). Growth and yield of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) genotypes under different planting dates in the semi-arid southern high plains. *American Journal Plant Science*, 7, 1246-1258. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2016.78120>.
- Solh, M.B., and Pala, M. 1990. Weed control in chickpea. In: Proceedings of the Seminar on Present Status and Future Prospects of Chickpea Crop Production and Improvement in the Mediterranean Countries. 93-99. Paris. France.
- Sudhir, S., K. Grover, S., Angadi, B. Schutte, D. Vanleeuwen & Auld, D. (2015). Growth and seed yield performance of promising guar genotypes under different planting dates in the southwest desert. In *27th Annual Meeting Association for the Advancement of Industrial Crops*. Overton Hotel and Conference Center.

- Undersander, D.J., D.H. Putnam, AR. Kaminski, KA. Kelling, J.D. Doll, E.S. Oplinger, & Gunsolus, J. L. (1991). *Alternative field crops manual: Guar*. University of Wisconsin-Extension and University of Minnesota. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/guar.html>.
- Varshney, J.G. (1990). Chemical control of weeds in soybeans. *Indian Journal of Weed Science*, 22, 17–22.
- Yadav, J.K., Patel, B.D., Choudhary, R., Jat, A.L., Choudhary, H.R., & Yadav, S. M. (2013). Effect of weed management practices on weed dynamics, growth characters and productivity of cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L. Taub.) during summer season. *Environment and Ecology*, 31(3A), 1504–1507.
- Zaferanieh, M. (2022). Effect of planting date and plant density on morphological characteristics, quantitative and qualitative yield and yield components of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L. Taub.) in Rafsanjan. *Journal of Crops Improvement*, 24(3), 933–945. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/jci.2022.325576.2565>.
- Zanetti, F., Monti, A., & Berti, M. T. (2019). Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L. Taub.): A promising industrial crop for the Mediterranean region. *Industrial Crops and Products*, 129, 396–405. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.031>.
- Zimdahl, R. L. (2013). *Fundamentals of weed science*. (4th ed.). CA, USA. ISBN: 978-0-12-3978979.