Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Crop Production

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

The effect of early sunflower sowing on grain yield and water efficiency in mid cold regions of Kermanshah

Abbas Rezaizad[1*], Mehdi Ghaffari[2], Adel Nemati[3], Mandana Azhand[4]

[1] Corresponding Author, Associate Professor Crop and Horticultural Science Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education center, AREEO, Kermanshah, Iran, Email: abbas.rezaizad@gmail.com

[2] Associate Professor Oil Crops Research Department, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, Email: mghaffari69@gmail.com

[3] Economic, Social and Extension Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran, Email: nematiadel@yahoo.com

[4] Crop and Horticultural science Research Department, Kermanshah Agricultural and Resources Research and Education center, AREEO, Kermanshah, Iran. Email: m.azhand@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2024-7-23
Accepted:

Keywords:
Sunflower
Water saving
winter sowing date

ABSTRACT

Background and objectives: Early sowing date of sunflower in cold temperate regions can be a sustainable management strategy in areas with limited water resources. Field trials have shown that sowing sunflowers in late February to mid-March was the most effective strategy in terms of water efficiency and grain yield. So the present study was conducted to investigate grain yield and yield components of sunflower hybrids in the early sowing date, compared to the summer sowing date, and their effects on the physical and economic water productivity in the cold temperate regions of Kermanshah province.

Material and methods: A two-year research (2022-2023) was conducted at the Mahidasht Agricultural Research Station of Kermanshah. The experiment was conducted as a strip plot with a randomized complete block design with four replications. The treatments included sowing dates as the first factor, including five levels: in the first year (March 16, March 30, April 14, April 30, and June 5) and in the second year (February 9, March 23, April 14, April 30, and May 20), and the second factor was sunflower cultivars including Shams, Golsa, Zarin and Lakomka. Data were analyzed using SAS statistical software (SAS 9.1). To investigate productivity of different sowing dates, physical and economic water productivity indices were calculated.

Results: The results of variance analysis showed that sowing date in both years had a significant effect on yield and yield components, except for the number of seeds per head in the second year. The cultivars also had significant differences for grain yield and yield components in both years. The highest seed yield in the first year with 3921 and 3720 $kgha^{-1}$ belonged to sowing dates of April 30 and April 14 and in the second year with 3782 and 3711 $kgha^{-1}$ belonged to sowing dates of March 23 and April 30. The results showed that sowing in spring (April 29) and summer (June 4) in both years led to an increase in the 1000 seeds weight compared to early sowing dates (Table 2). Decrease in 1000 seeds weight in early sowing dates was due to the coincidence of the

seed filling period with the increase in temperature in late July. Lakomka cultivar, which is an open-pollinated cultivar, had the highest seed yield in the first and second year with 3927 and 3957 $kgha^{-1}$, respectively, and the Golsa hybrid had the lowest grain yield with 3163 and 2941 $kgha^{-1}$, respectively. Based on physical and economic productivity of water, results showed that the early sowing dates of February 28 and March 23 in the second year had 74% and 70% higher economic productivity than summer sowing date, respectively, due to saving water consumption.

Conclusion: In general, the results showed that the sowing date of March 30 and March 16 had the highest grain yield, physical and economic water productivity, but early sowing on the dates of March 16, March 30 and April 14 with a reduction in water consumption also showed acceptable economic productivity. The importance of early sunflower sowing in drought conditions and also when the price of water used in agriculture is calculated in real terms becomes more apparent. In general, the results of this study emphasized that the early sowing of sunflower, although it may not be associated with a higher grain yield, but due to the optimal use of water resources and acceptable productivity, it can be a practical and effective solution in managing water resources and dealing with drought.

Cite this article: Rezaizad, A., Ghaffari, M., Nemati, A., Azhand, M. 2024. The effect of early sunflower sowing on grain yield and water efficiency in mid cold regions of Kermanshah. *Crop Production Journal*, 17 (3), 107-122.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejcp.2024.22652.2636
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تـولیـد گیـاهـان زراعـی
شـاپا چـاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹x
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳
انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران

تأثیر کاشت زودهنگام آفتابگردان بر عملکرد دانه و بهره‌وری آب در مناطق معتدل سرد کرمانشاه

عباس رضایی‌زاد[۱*]، مهدی غفاری[۲]، عادل نعمتی[۳]، ماندانا آژند[۴]

[۱]دانشیار بخش تحقیقات زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران، رایانامه: abbas.rezaizad@gmail.com

[۲]دانشیار بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی کرج، ایران، رایانامه: mghaffari69@gmail.com

[۳]محقق بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویجی. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران، رایانامه: nematiadel@yahoo.com

[۴]کارشناس بخش تحقیقات زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران، رایانامه: m.azhand@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۵/۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۲۸

واژه‌های کلیدی:
آفتابگردان
صرفه‌جویی آب
تاریخ کاشت زمستانه

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک کشور، استفاده از راهکارهای افزایش بهره‌وری آب و بهبود عملکرد در واحد سطح ضروری به نظر می‌رسد.تاریخ کاشت زودهنگام می‌تواند یک استراتژی مدیریتی پایدار در مناطق با محدودیت منابع آبی باشد. مطالعات مزرعه-ای نشان داده است که کاشت آفتابگردان در اوایل اسفند تا اوایل فروردین مؤثرترین استراتژی از نظر بهره‌وری آب و عملکرد دانه بوده است. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی عملکرد و اجزای عملکرد هیبریدهای جدید آفتابگردان در تاریخ کاشت‌های زودهنگام اواخر اسفند و اوایل فروردین ماه، در مقایسه با تاریخ کاشت تابستانه و تأثیر تاریخ کاشت‌های زودهنگام بر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در مناطق معتدل سرد استان کرمانشاه اجرا شد.

مواد و روش‌ها: پژوهشی دو ساله (۱۴۰۰-۱۴۰۲) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی ماهیدشت کرمانشاه انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های نواری با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل تاریخ‌های کاشت به‌عنوان عامل اول شامل پنج سطح: در سال اول (۲۵ اسفند، ۱۰ فروردین، ۲۵ فروردین، ۱۰ اردیبهشت و ۱۵ خرداد) و در سال دوم (۹ اسفند، ۳ فروردین، ۲۵ فروردین، ۱۰ اردیبهشت و ۳۰ اردیبهشت) و عامل دوم ارقام آزمایش شامل هیبریدهای شمس، گلسا، زرین و رقم آزادگردهافشان لاکومکا بودند. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS آماری (SAS 9.1) تجزیه واریانس شدند. برای بررسی بهره‌وری، شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در تاریخ‌های کاشت مختلف مورد ارزیابی قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس نشان داد تاریخ کاشت در هر دو سال بر عملکرد و اجزای عملکرد ،به‌جز تعداد دانه در طبق در سال دوم، تأثیر معنی‌داری داشت. ارقام مورد بررسی نیز در هر دو سال تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد و اجزای عملکرد داشتند. بیشترین عملکرد دانه در سال اول با ۳۹۲۱ و ۳۷۲۰ کیلوگرم در هکتار به تاریخ کاشت‌های ۱۰ اردیبهشت و ۲۵ فروردین و در سال دوم با ۳۷۸۲ و ۳۷۱۱ کیلوگرم در هکتار به تاریخ‌های ۳ فروردین و ۱۰ اردیبهشت تعلق داشت. نتایج نشان داد که کاشت در تاریخ‌های بهاره (۱۰ اردیبهشت) و تابستانه (۱۵ خرداد و ۳۰ اردیبهشت) در هر دو سال منجر به افزایش وزن هزار دانه نسبت به سایر تاریخ کاشت‌های زودهنگام شد. کاهش وزن هزار دانه در تاریخ کاشت‌های اول و دوم (زودهنگام) به دلیل مصادف شدن دوره پرشدن دانه با افزایش دما در اواخر تیرماه و اوایل مردادماه بود. رقم لاکومکا در سال اول و دوم به ترتیب با ۳۹۲۷ و ۳۹۵۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین و هیبرید گلسا به ترتیب با ۳۱۶۳ و ۲۹۴۱ کیلوگرم در هکتار دارای کم‌ترین عملکرد دانه بود. نتایج نشان داد که تاریخ کاشت‌های زودهنگام ۹ اسفند و ۳ فروردین ماه در سال دوم به دلیل صرفه‌جویی در مصرف آب به ترتیب با ۲۷۹۴۹۶ و ۲۷۲۶۳۷ ریال بر متر مکعب به ترتیب ۷۴ و ۷۰ درصد بهره‌وری اقتصادی بالاتری نسبت به تاریخ کشت تابستانه با بهره‌وری اقتصادی ۱۶۰۵۳۹ ریال بر متر مکعب داشتند.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که تاریخ کاشت‌های ۲۵ فروردین و ۱۰ اردیبهشت (تاریخ کاشت‌های بهینه در مناطق معتدل سرد) بالاترین عملکرد دانه و شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب را داشت، بااین‌حال کاشت زودهنگام در تاریخ‌های ۲۵ اسفند، ۱۰ فروردین و ۲۵ فروردین با کاهش مصرف آب بهره‌وری اقتصادی قابل قبولی را نشان داد. اهمیت کاشت زودهنگام آفتابگردان در شرایط خشکسالی و همچنین موقعی که قیمت آب مصرفی در کشاورزی به صورت واقعی محاسبه گردد بیشتر نمایان می‌شود. بر اساس نتایج این مطالعه، اگرچه ممکن است کاشت زودهنگام آفتابگردان با عملکرد دانه بالاتری همراه نباشد، اما به دلیل اینکه بهره‌وری اقتصادی بیشتری در تاریخ کاشت زودهنگام وجود دارد، می‌تواند یک راه‌حل عملی و مؤثر در صرفه‌جویی در مصرف آب در زراعت آفتابگردان باشد.

استناد: رضایی‌زاد، عباس؛ غفاری، مهدی؛ نعمتی، عادل؛ آژند، ماندانا. (۱۴۰۳). تأثیر کاشت زودهنگام آفتابگردان بر عملکرد دانه و بهره‌وری آب در مناطق معتدل سرد کرمانشاه. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱۷ (۳)، ۱۲۲-۱۰۷.

DOI: 10.22069/ejcp.2024.22652.2636

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

روغن در بین محصولات اساسی در کشور، از ضریب خوداتکایی پایینی برخوردار است (۱). در سال‌های اخیر هم‌راستا با اهداف کشاورزی پایدار، افزایش سطح زیر کشت دانه‌های روغنی در کشور و به دنبال آن افزایش تولید روغن مورد توجه قرار گرفته است (۲). به علاوه با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک کشور، تأثیرات تغییر اقلیم بر تولید پایدار محصولات زراعی قابل پیش‌بینی خواهد بود (۳). بررسی‌ها نشان می‌دهد تا پایان قرن بیست و یکم، احتمالاً مناطق خشک و نیمه‌خشک اثرات منفی قابل‌توجهی از تغییرات آب و هوایی از جمله خشکسالی را بر تولید دانه، کیفیت دانه‌های تولید شده و کل اقتصاد تجربه خواهد کرد (٤ و ٥). در چنین شرایطی تغییر سیستم‌های زراعی به سوی توسعه کشت گیاهان زراعی متحمل به تنش خشکی و همچنین راهکارهای افزایش بهره‌وری آب و بهبود عملکرد در واحد سطح ضروری به نظر می‌رسد.

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) پس از سویا، کلزا و گلرنگ به عنوان سودآورترین و اقتصادی‌ترین محصول در بین دانه‌های روغنی، جایگاه چهارم را در سطح جهانی، به خود اختصاص داده است (٦). آفتابگردان یک محصول زراعی سازگار با شرایط مختلف آب و هوایی می‌باشد (۷). آفتابگردان با داشتن سیستم ریشه‌ای کارا و توسعه یافته نسبت به برخی از گیاهان زراعی مانند سویا و ذرت از تحمل خشکی بالاتری برخوردار است و وجود تنوع بالا در ارقام هیبرید و آزادگرده‌افشان با طول دوره رویشی مختلف، این گیاه را به یکی از مناسب‌ترین گزینه‌ها برای قرارگرفتن در دوره‌های تناوب مناطق مختلف تبدیل کرده است. به علاوه، کشت آفتابگردان به صورت بهاره و تابستانه در مناطق سرد و معتدل و کشت پاییزه و زمستانه در مناطق گرمسیر نشان دهنده سازگاری وسیع آفتابگردان در مناطق مختلف کشور می‌باشد (۸). بااین‌حال، روند فزاینده تغییرات آب و هوایی، به‌ویژه خشکسالی در طول دوره‌های بحرانی رشد، می‌تواند به کاهش قابل‌توجهی در پایداری محصول آفتابگردان منجر شود (۹).

تاریخ کاشت تعیین‌کننده میزان بارندگی و دمایی است که محصول در مراحل مختلف رشد خود در معرض آن قرار می‌گیرد و نقش تأثیرگذاری بر مدت‌زمان مراحل رشد رویشی و زایشی گیاه دارد (۱۰). کاشت زودهنگام می‌تواند ریسک آسیب به محصول در اثر سرما را افزایش دهد، درحالی‌که کشت تأخیری می‌تواند منجر به کوتاه شدن برخی از مراحل رشد گیاه شود، در نتیجه بر عملکرد دانه تأثیر منفی بگذارد (۱۱). یافته‌ها نشان داده است که تاریخ کاشت، به عنوان یکی از جنبه‌های مهم در مدیریت تولید، تأثیر قابل‌توجهی بر کمیت و کیفیت عملکرد محصول و همچنین کارایی مصرف آب دارد (۱۲). تغییرات قابل‌توجه در شرایط آب و هوایی از سالی به سال دیگر، تعیین تاریخ کاشت بهینه را چالش برانگیز می‌کند. بااین‌حال، تعیین تاریخ کاشت بهینه می‌تواند اثرات منفی این متغیرها را کاهش دهد (۱۳). علاوه بر این، سازگاری و پاسخ به عوامل مختلف محیطی از ویژگی‌های بسیار مهم و از مهم‌ترین اهداف اصلاحی آفتابگردان در دستیابی به عملکرد پایدار است (١٤، ١٥ و ١٦). برخی از مطالعات انجام شده این موضوع را تأیید می‌کند که تاریخ کاشت زودهنگام می‌تواند یک استراتژی مدیریتی پایدار در مناطق با محدودیت منابع آبی باشد، به‌طوری‌که کاشت آفتابگردان در اواخر فوریه تا اواسط مارس (اوایل اسفند تا اوایل فروردین) مؤثرترین استراتژی از نظر بهره‌وری آب و عملکرد دانه بوده است (۱۳). در مناطق نیمه‌خشک مدیترانه، تاریخ کاشت‌های زودهنگام را به عنوان یک

راه حل برد-برد برای گذر از مرحله خشکسالی معرفی کرده‌اند. همچنین عنوان شده است که تاریخ کاشت زودهنگام ضمن اینکه می‌تواند کشت محصول سودآور برای تولید روغن با کیفیت بالا را امکان‌پذیر نماید، از به حاشیه رفتن بیشتر زمین‌های با کمبود منابع آبی جلوگیری نماید (۱۷). در همین زمینه، به‌منظور دستیابی به عملکردهای بالاتر دانه و روغن آفتابگردان در سال‌های زراعی کم باران در مناطق دیم دشت گلستان، کشت هیبریدهای دیررس همانند رقم آذر گل در تاریخ کاشت نیمه دوم آذرماه توصیه شده است (۱۸). همچنین در بررسی اثر تاریخ کاشت‌های پاییزه و زمستانه در کاملینا، هرچند عملکرد دانه و روغن در کشت پاییزه بالاتر و در کشت دیرهنگام زمستانه کاهش یافت، با این وجود کشت زودهنگام زمستانه بالاترین میزان بهره‌وری آب را داشت (۱۹). بهبود بهره‌وری آب در تولید محصولات غذایی یکی از موضوعات حیاتی در بسیاری از کشورها، به‌ویژه کشورهایی با کمبود آب مانند ایران است. در شرایط کنونی، اندازه‌گیری و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب در بخش کشاورزی ایران به دلیل محدودیت‌های کمی و کیفی این منبع ارزشمند، اهمیت ویژه‌ای دارد. میزان بهره‌وری در هر تاریخ کاشت بر اساس شاخص بهره‌وری فیزیکی آب (CPD) و شاخص بهره‌وری اقتصادی آب (BPD)، قابل بررسی می‌باشد (۲۰).

بیشتر مطالعاتی که در مورد تاریخ کاشت زودهنگام آفتابگردان تاکنون در مناطق معتدل و سرد کشور انجام شده‌است روی تاریخ کاشت‌های اواخر فروردین و اوایل اردیبهشت بوده است (۲۱ و ۲۲)، بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی عملکرد و اجزای عملکرد هیبریدهای جدید آفتابگردان در تاریخ کاشت‌های زودهنگام اواخر اسفند و اوایل فروردین ماه، در مقایسه با تاریخ کاشت تابستانه و تأثیر تاریخ کاشت‌های زودهنگام بر بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در مناطق معتدل سرد استان کرمانشاه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی امکان کشت زودهنگام آفتابگردان در مناطق سرد و معتدل سرد استان کرمانشاه، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی مرکز آموزش کشاورزی ماهیدشت در دو سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ و ۱۴۰۲-۱۴۰۱ به اجرا درآمد. این مزرعه در کیلومتر ۲۰ جاده کرمانشاه به اسلام‌آباد غرب، با مختصات جغرافیایی ٤٦ درجه و ٤٩ دقیقه طول شرقی، ٣٤ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۳٦٥ متر از سطح دریا واقع شده است. آزمایش به صورت کرت‌های نواری با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل دو عامل بودند: تاریخ کاشت در پنج سطح: در سال اول (۲۵ اسفند، ۱۰ فروردین، ۲۵ فروردین، ۱۰ اردیبهشت و ۱۵ خرداد) و در سال دوم (۹ اسفند، ۳ فروردین، ۲۵ فروردین، ۱۰ اردیبهشت و ۳۰ اردیبهشت) و عامل دوم ارقام آزمایش شامل هیبریدهای شمس، گلسا، زرین و رقم آزادگرده‌افشان لاکومکا بودند. عدم تطابق تاریخ‌های کاشت در دو سال به دلیل شرایط اقلیمی متفاوت بود. هر کرت آزمایشی شامل پنج خط به طول پنج متر بود، فاصله ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها۲۰ سانتی‌متر بود. کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر اساس آزمون خاک مصرف شد (جدول ۱). نیمی از نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره)، کل فسفر (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات) و پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم) قبل از کاشت به زمین داده شد. باقی‌مانده نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره) در مرحله ٦-٨ برگی و قبل از ورود آفتابگردان به مرحله زایشی (ستاره‌ای شدن) اضافه شد. دور آبیاری در

مرحله رشد رویشی ۱۲-۱۵ روز و در مرحله رشد زایشی ۷-۱۲ روز تعیین شد. صفات زراعی شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر طبق، وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه یادداشت‌برداری شد. در زمان برداشت، عملکرد دانه با حذف یک بوته از ابتدا و انتهای هر کرت اندازه‌گیری و به کیلوگرم در هکتار تبدیل شد. داده‌ها به دلیل عدم تطابق تاریخ‌های کشت در دو سال، به‌طور جداگانه تجزیه واریانس شدند و نتایج هر سال به صورت مجزا با استفاده از نرم‌افزار SAS آماری (SAS 9.1) تحلیل گردید. مقایسه میانگین صفات با استفاده از روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) انجام شد.

برای بررسی اهمیت میزان مصرف آب، شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در تاریخ‌های کاشت مختلف مورد ارزیابی قرار گرفتند. با توجه به اینکه از روش آبیاری تحت فشار کلاسیک ثابت برای آبیاری استفاده شد، میزان آب مصرفی در تاریخ کاشت‌های متفاوت بر اساس دبی آب‌پاش‌ها، تعداد آب‌پاش‌ها در واحد سطح، مدت‌زمان آبیاری و تعداد دفعات آبیاری در طول دوره رشد اندازه‌گیری شد. نسبت مقدار محصول تولید شده به مقدار حجم آب مصرفی بهره‌وری فیزیکی و میزان کل درآمد کسب شده به مقدار آب مصرفی را بهره‌وری اقتصادی می‌نامند. شاخص‌های مختلف بهره‌وری آب مطابق با توصیه‌های فائو و کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران به شرح ذیل تعیین شدند (۲۰):

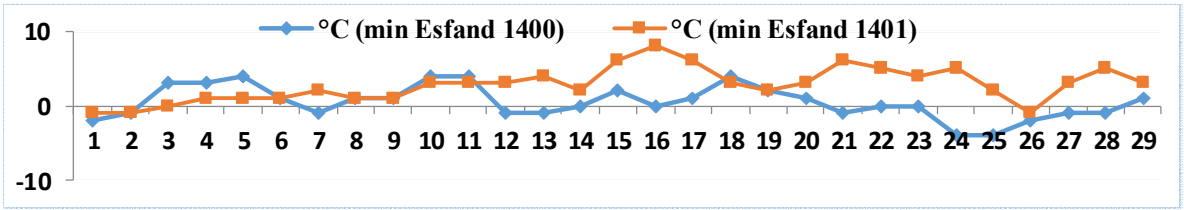
شاخص بهره‌وری فیزیکی (CPD) با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد

$$CPD = TP/TWC \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه، TP نمایانگر میزان محصول تولید شده (کیلوگرم در هکتار)، TWC حجم آب مصرف شده در هکتار (مترمکعب در هکتار) و CPD بهره‌وری فیزیکی آب مصرفی (کیلوگرم بر مترمکعب) است. افزایش مقدار CPD نشان‌دهنده مصرف بهینه آب است. شاخص بهره‌وری اقتصادی آب که جنبه مالی بهره‌وری را می‌سنجد با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد.

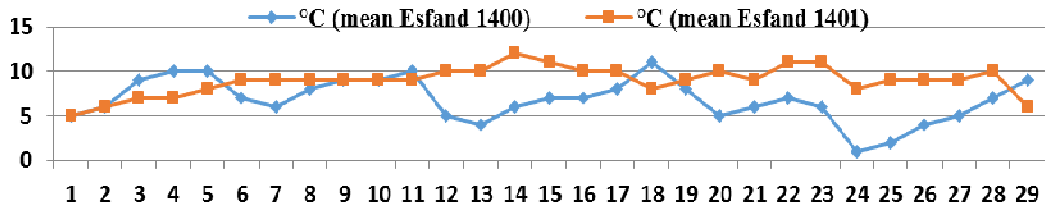
$$BPD= TR/TWC \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه، TR نمایانگر کل درآمد حاصل از محصول به ازای هر واحد مصرفی است که از حاصل‌ضرب میزان عملکرد در قیمت هر کیلوگرم محصول به دست می‌آید و TWC حجم آب مصرف شده در هکتار است. بنابراین BPD بهره‌وری آب را برحسب ریال بر مترمکعب نشان می‌دهد.



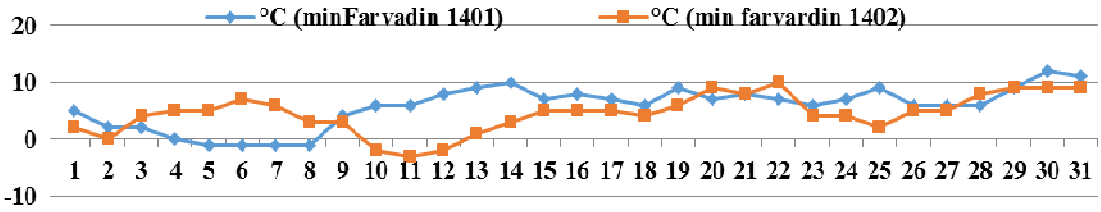
شکل ۱- حداقل درجه حرارت‌های اسفند ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در ایستگاه ماهیدشت کرمانشاه

Figure 1- Minimum temperatures in February-March at 2022 and 2023



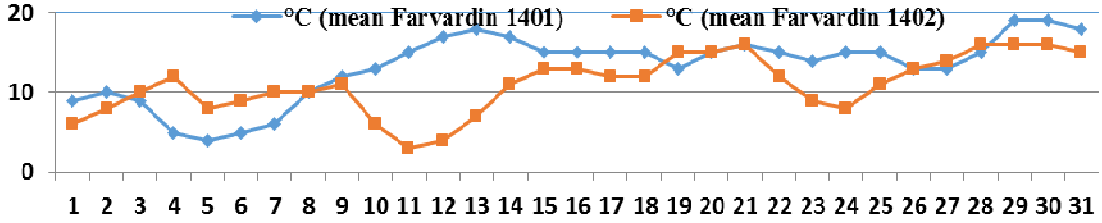
شکل۲- میانگین درجه حرارت‌های اسفند ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در ایستگاه ماهیدشت کرمانشاه

Figure 2- Mean temperatures in February-March at 2022 and 2023



شکل۳- میانگین درجه حرارت‌های اسفند ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در ایستگاه ماهیدشت کرمانشاه

Figure 3- Minimum temperatures in March-April at 2022 and 2023



شکل۴- میانگین درجه حرارت‌های اسفند ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در ایستگاه ماهیدشت کرمانشاه

Figure 4- Mean temperatures in March-April at 2022 and 2023

جدول۱- میزان بارندگی ماهیانه اسفند –تیر ماه در سال‌های زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ و ۱۴۰۲-۱۴۰۱

Table 1. Monthly precipitation from February to August in cropping seasons 2021-2022 and 2022-2023

سال زراعی Cropping Season	بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)				
	اسفند February-March	فروردین March-April	اردیبهشت April-May	خرداد May-June	تیر June-July
۱۴۰۰-۱۴۰۱ 2021-2022	60.9	10.4	81.5	0	0
۱۴۰۱-۱۴۰۲ 2022-2023	58.1	100.6	60.7	12.9	0

نتایج و بحث

با توجه به اهمیت دمای هوا در سبز شدن بذور آفتابگردان در زمان کاشت و بقای آن‌ها تا مرحله دو تا چهار برگی، حداقل و میانگین درجه حرارت‌های هوا در اسفند و فروردین سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در شکل‌های یک تا چهار ارائه شده است. نتایج نشان داد که دمای هوا تأثیر بسیار زیادی بر تعداد روز تا سبز شدن بذور آفتابگردان داشت. به دلیل سرد بودن هوا و دمای زیر صفر درجه در اواخر اسفند سال اول (۱۴۰۰) تعداد روز تا سبز شدن ارقام آفتابگردان در

تاریخ کشت ۱۸ اسفند طولانی و حدود ۲۱ روز بود (شکل‌های ۱ و ۲). در سال دوم اولین تاریخ کاشت روز ۹ اسفند بود، علی‌رغم کشت زودهنگام‌تر نسبت به سال اول، به دلیل دمای بالاتر هوا در اسفند ۱۴۰۱ تعداد روز تا سبز شدن بذور آفتابگردان در این تاریخ کاشت کوتاه‌تر و حدود ۱۵ روز بود (شکل‌های ۱ و ۲). بنابراین علی‌رغم اینکه تاریخ کاشت اول در سال دوم اجرای آزمایش زودتر از سال اول انجام شد، به دلیل دمای بالاتر در اسفند ماه سال دوم، سبز شدن ارقام آفتابگردان شش روز زودتر رخ داد. علی‌رغم رخداد سرما در مرحله ۲ برگی آفتابگردان (تاریخ ۱۵-۱۱ فروردین ۱۴۰۲) و تحت تأثیر قرار گرفتن برگ‌های حقیقی آفتابگردان، تلفات بوته در تاریخ کاشت اول (تاریخ ۹ اسفند ۱۴۰۱) وجود نداشت و این موضوع نشان‌دهنده تحمل به سرمای آفتابگردان به سرما در مراحل ابتدایی رشد رویشی می‌باشد (شکل ۵ الف و ب).

شکل ۵ الف- تاثیر سرمای ۱۵-۱۱ فروردین ماه ۱۴۰۲بر بوته های آفتابگردان در تاریخ کشت ۹ اسفند ماه ۱۴۰۱

شکل۵ ب- عدم تلفات بوته‌های آفتابگردان از سرمای ۱۵-۱۱ فروردین ماه ۱۴۰۲ در تاریخ کشت ۹ اسفند ماه ۱۴۰۱

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در هر دو سال اجرای آزمایش، بین تاریخ‌های مختلف کاشت و ارقام آفتابگردان از نظر عملکرد و اجزای عملکرد دانه به جز تعداد دانه در طبق (که در سال دوم که تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار نگرفت)، اختلاف معنی‌دار وجود داشت. همچنین، برهمکنش تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج نشان داد که کاشت در تاریخ کاشت‌های بهاره (۱۰ اردیبهشت) و تابستانه (۱۵ خرداد و ۳۰ اردیبهشت) در هر دو سال منجر به افزایش وزن هزار دانه نسبت به سایر تاریخ کاشت‌های زودهنگام شد (جدول ۳). یکی از دلایل کاهش وزن هزار دانه در تاریخ کاشت‌های اول و دوم (زودهنگام)، مصادف شدن دوره پرشدن دانه با افزایش دما در اواخر تیرماه و اوایل مردادماه می‌باشد. از طرفی وزن هزار دانه در تاریخ کاشت‌های تابستانه (۱۵ خرداد و ۳۰ اردیبهشت) بیشترین مقدار را داشت و دلیل آن مصادف شدن دوره پرشدن دانه در این تاریخ کاشت با هوای خنک‌تر در اواخر مرداد و اوایل شهریور می‌باشد؛ بنابراین اگر آفتابگردان با هدف آجیلی کاشت شود یکی از راه‌های افزایش وزن دانه و بازارپسندی آن، می‌تواند تأخیر در کاشت باشد به‌طوری‌که دوره پرشدن دانه در دمای خنک‌تری انجام شود.

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد دانه در سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲

Table 2. Variance analysis of yield and yield components at 2022 and 2023

منابع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares					
		۱۴۰۱ 2022			۱۴۰۲ 2023		
		وزن هزار دانه 1000-seed Weight	تعداد دانه در طبق Seed per Head	عملکرد دانه Seed Yield	وزن هزار دانه 1000-seed Weight	تعداد دانه در طبق Seed per Head	عملکرد دانه Grain Yield
تکرار Replication	3	53.0	20365	652028**	128.6	3.43	139768
تاریخ کشت Planting date	4	555.4*	136176**	1228948*	765*	33799	1724302**
تکرار×تاریخ کشت Replication × Planting date	12	44.4	17222	267919	31.4	24952	412997
رقم Variety	3	2162**	232595*	1674423*	2434**	180833**	3730450**
تکرار×رقم Replication × Variety	9	29.8	41851	408276	34.4	23645	331453
تاریخ×رقم Planting date× Variety	12	42.8	28117	438662	28.6	18617	254798
اشتباه Error	36	27.3	25198	258112	49.4	23187	253389
درصد ضریب تغییرات C.V.(%)		10.1	14.5	14.2	13.6	18.4	14.4

** و * : به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ و ۰/۰۵

** and * : significant difference at the probability level of 0.01 and 0.05 probability level, respectively

در رابطه با تغییرات وزن هزار دانه در تاریخ‌های کاشت نتایج مختلفی گزارش شده است، نتایج یک پژوهش نشان داد که وزن هزار دانه در تاریخ‌های کاشت زودهنگام نسبت به تاریخ کاشت بهینه کاهش می‌یابد (۲۳)، درحالی‌که در پژوهش دیگری گزارش شده است که وزن هزار دانه با تأخیر در زمان کاشت کاهش می‌یابد (۲٤). به‌طورکلی، نتایج این مطالعه نشان داد که شرایط محیطی هر سال می‌تواند به طور قابل‌توجهی بر رشد و ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاهان تأثیر بگذارد و لذا تفاوت‌های مشاهده شده در وزن هزار دانه می‌تواند ناشی از تغییرات محیطی باشد.

بررسی ارقام نیز نشان داد که رقم لاکومکا در سال اول با وزن ٦٦/٥ گرم و در سال دوم با ٦٧/٢ گرم، بیشترین وزن هزار دانه را داشت. در مقابل، کمترین وزن هزار دانه در سال اول و دوم به ترتیب با ٤١/٩ و ٤١/٩ گرم متعلق به هیبرید گلسا بود (جدول ٤). تفاوت‌های مشاهده شده بین وزن دانه ارقام به دلیل ویژگی‌های ژنتیکی و توانایی‌های مختلف هر رقم در تبدیل منابع فتوسنتزی به زیست‌توده بر می‌گردد (۲۵).

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد در تاریخ‌های کشت متفاوت آفتابگردان در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲

Table 3. Mean comparison of grain yield and yield components in different sowing dates at 5% probability level at 2022 and 2023

تاریخ کاشت	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed Weight (g)	تعداد دانه در طبق Seed per Head	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed Yield ($kgha^{-1}$)	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed Weight (g)	تعداد دانه در طبق Seed per Head	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed Yield ($kgha^{-1}$)
		۱۴۰۱			۱۴۰۲	
		2022			2023	
1	46.2	1108	3231	45.4	1134	3307
2	46.4	1159	3362	55.3	1140	3782
3	51.4	1196	3720	42.8	1061	3679
4	55.9	1065	3921	55.2	1079	3711
5	59.7	958	3633	58.6	1034	3013
LSD (5%)	5.13	101.1	399	4.3	121.7	495

جدول ٤- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ارقام آفتابگردان در سطح احتمال ۵ درصد در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲

Table 4. Mean comparison of grain yield and yield if sunflower cultivars at 5% probability level at 2022 and 2023

رقم	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain Yield ($kgha^{-1}$)	تعداد دانه در طبق Seed per Head	وزن هزار دانه (گرم) 1000seed Weight(gr)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain Yield ($kgha^{-1}$)	تعداد دانه در طبق Seed per Head	وزن هزار دانه (گرم) 1000seed Weight (g)
		۱۴۰۱			**۱۴۰۲**	
		2022			**۲۰۲۳**	
زرین Zarin	3707	1123	49.6	3417	1093	50.1
شمس Shams	3651	1151	49.6	3678	1174	46.6
گلسا Golsa	3163	1176	41.9	2941	1134	41.9
لاکومکا Lacomka	3927	939	66.5	3957	956	67.2
LSD (5%)	387	117	5.4	390	122	4.0

مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد در سال اول (جدول ۳) نشان داد که بیشترین تعداد دانه در طبق مربوط به تاریخ کاشت ۲۵ فروردین با ۱۱۹۶ عدد بود که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تاریخ‌های کاشت ۲۵ اسفند و ۱۰ فروردین نداشت و کمترین تعداد دانه در طبق به تاریخ کاشت ۱۵ خرداد (تابستانه) با ۹۵۸ عدد تعلق داشت. در سال دوم، تفاوت معنی‌داری بین تاریخ کاشت‌ها از نظر تعداد دانه در طبق مشاهده نشد. بنابراین در سال اول، کاشت زودهنگام نسبت به تاریخ کاشت بهاره و تابستانه تعداد دانه در طبق را افزایش داد و در این تاریخ کاشت‌ها افزایش تعداد دانه در هر طبق سبب کاهش وزن هزار دانه شد. کاشت زودهنگام آفتابگردان منجر به افزایش تعداد دانه در طبق می‌شود، زیرا طول دوره رشد گیاه افزایش یافته و گیاه زمان بیشتری برای گلدهی و تشکیل طبق دارد. شرایط محیطی مناسب‌تر، مانند دما و رطوبت بهتر به رشد و نمو بهتر گیاه کمک کرده و تشکیل گلچه‌های بیشتر را تسهیل می‌کند.

همچنین، کاهش تنش‌های محیطی مانند خشکی و گرما در مراحل حساس رشد، تعداد گلچه‌ها و دانه‌ها را در طبق افزایش می‌دهد. در نتیجه، به نظر می‌رسد کاشت زودهنگام با فراهم کردن شرایط بهتر رشد و کاهش تنش‌ها، تعداد دانه‌های بیشتری در طبق به همراه دارد. همچنین در پژوهشی گزارش شده است که تاریخ‌های کاشت زودتر تعداد دانه در طبق در هر سطح را بدون کاهش وزن افزایش داد و در نتیجه عملکرد محصول بالاتری داشت (۲۶).

در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی، رقم لاکومکا در هر دو سال کمترین تعداد دانه در طبق را داشت. همان‌طور که مشاهده شد، رقم لاکومکا با تعداد دانه کمتر در طبق وزن هزار دانه بالایی داشت. تعداد دانه‌های این رقم ۹۳۹ عدد بود، درحالی‌که هیبریدهای گلسا، شمس و زرین به ترتیب ۱۱۷۶، ۱۱۵۱ و ۱۱۲۳ دانه در طبق داشتند (جدول ٤).

مقایسه میانگین داده‌های عملکرد دانه نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در سال اول در تاریخ کاشت‌های ۱۰ اردیبهشت و ۲۵ فروردین (به ترتیب با ۳۹۲۱ و ۳۷۲۰ کیلوگرم در هکتار) و در سال دوم در تاریخ کاشت‌های ۳ فروردین و ۱۰ اردیبهشت (به ترتیب با ۳۷۸۲ و ۳۷۱۱ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد، بااین‌حال عملکرد دانه در سال اول با تاریخ کاشت ۱۵ خرداد و در سال دوم با تاریخ کاشت‌های ۹ اسفند و ۲۵ فروردین در یک سطح آماری قرار گرفتند(جدول ۳). به‌طورکلی در هر دو سال، بیشترین عملکرد دانه به تاریخ کاشت‌های بهینه آفتابگردان در مناطق معتدل سرد استان، یعنی اواخر فروردین و دهه اول اردیبهشت، تعلق داشت. این نتایج نشان می‌دهد که کاشت زودهنگام در اواخر اسفند و اوایل فروردین منجر به تولید بیشتر نمی‌شود، چرا که با توجه به دمای پایین هوا در کاشت‌های زودهنگام درجه حرارت‌های تجمعی به صورت کند و بطئی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، بنابراین طول دوره رشد گیاه افزایش پیدا می‌کند. افزایش طول دوره رشد باعث ریسک‌پذیری آفتابگردان از تنش‌های محیطی و غیر محیطی می‌شود و درنتیجه عملکرد دانه در چنین شرایطی کاهش پیدا می‌کند. در تطابق با این نتایج، در یک پژوهش گزارش شده است با بررسی چهار تاریخ کاشت ارقام مختلف آفتابگردان در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم در غرب ایران با فواصل ۱۰ روز از یازدهم فروردین‌ماه، بیشترین عملکرد دانه متعلق تاریخ کاشت ۲۱ فروردین بود(۲۲). در مطالعه دیگری در بررسی سه تاریخ کاشت از اول اردیبهشت به فواصل ۲۰ روز در کرج، از تاریخ کاشت اول اردیبهشت بیشترین عملکرد دانه به دست آمد (۲۷).

در این مطالعه دمای هوا در زمان گلدهی و دوره پرشدن دانه عامل اصلی تعیین‌کننده عملکرد دانه بود و با کاهش دما در این دو مرحله، عملکرد دانه افزایش یافت. گزارش شده است با بررسی تاریخ کاشت‌هایی در فواصل ۱۰ روزه از اواخر فروردین تا اوایل و اواسط اردیبهشت، کاشت آفتابگردان از ۲۸ فروردین تا ۸ اردیبهشت عملکرد بیشتری را تولید می‌کند (۲۸). از طرف دیگر بررسی تاریخ‌هایی از اواسط بهمن تا اواخر فروردین در شرایط مدیترانه‌ای نشان دادند که تاریخ کاشت‌های زودهنگام عملکرد بیشتری تولید کردند (۲۹). در این مطالعه نتیجه‌گیری شد که شرایط نامطلوب برای جوانه‌زنی آفتابگردان به سبب پایین بودن دما در کاشت‌های زودهنگام با در اختیار بودن رطوبت کافی در این شرایط که برای استقرار یکنواخت و سریع بوته‌ها عامل مهم‌تری می‌باشد، جبران شد. بهره‌وری آفتابگردان از نظر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد، به‌طور گسترده‌ای بسته به عوامل محیطی مختلف مانند دما (۳۰) ، توزیع بارندگی (۳۱) و برخی روش‌های زراعی مانند تاریخ کاشت متغیر است (۳۲). به همین دلیل، عوامل مختلف منجر به

تغییرات عملکرد دانه در تاریخ‌های کاشت متفاوت و در سال‌ها و مناطق مختلف می‌شوند.

رقم لاکومکا که یک رقم آزادگرده‌افشان می‌باشد، در بین ارقام مورد بررسی در سال اول و دوم به ترتیب با ۳۹۲۷ و ۳۹۵۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین و هیبرید گلسا به ترتیب با ۳۱۶۳ و ۲۹۴۱ کیلوگرم در هکتار دارای کم‌ترین عملکرد دانه بود. وجه تمایز لاکومکا با سایر هیبریدهای مورد ارزیابی از نظر اجزای عملکرد به وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق بر می‌گردد. وزن هزار دانه بالا و درشتی دانه‌ها در رقم لاکومکا باعث شده است این رقم دارای کاربرد دوگانه آجیلی و روغنی باشد. با توجه به وزن هزار دانه بالا طبیعتاً تعداد دانه در طبق آن کم‌تر است.

نتایج محاسبه شاخص بهره‌وری فیزیکی آب (CPD) در سال اول نشان داد که تاریخ‌های کاشت ۱۰ فروردین، ۲۵ فروردین، ۱۰ اردیبهشت و ۲۵ اسفند به ترتیب در رتبه‌های اول تا چهارم قرار گرفتند. همچنین، تاریخ کاشت ۱۰ خرداد در رتبه پنجم قرار داشت (جدول ۵). بررسی شاخص بهره‌وری اقتصادی آب (BPD) نشان داد که تاریخ‌های کاشت ۱۰ اردیبهشت، ۲۵ فروردین، ۱۰ فروردین، ۲۵ اسفند و ۱۰ خرداد به ترتیب پنج رتبه برتر را کسب کردند. نتایج بهره‌وری در سال دوم نشان داد که بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب از تاریخ کاشت اول به تاریخ کاشت پنجم کاهش یافت. در این بررسی، تاریخ کاشت‌های اول و دوم به ترتیب با ۱/۰۳ و ۱/۰ کیلوگرم بر مترمکعب دارای بیشترین شاخص CPD و با ۲۷۹۴۹۶ و ۲۷۲۲۳۵ ریال بر مترمکعب دارای بیشترین شاخص BPD بودند.

نتایج نشان داد که تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت (شاهد کشت بهاره) بالاترین شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی (CPD) و اقتصادی (BPD) را داشت. با توجه به اینکه درصد بهره‌وری اقتصادی در تاریخ‌های ۲۵ اسفند، ۱۰ فروردین و ۲۵ فروردین به ترتیب با ۹۰٪، ۹۴٪ و ۹۹ نسبت به کشت بهاره بود، این موضوع می‌تواند در شرایط بحران آب اهمیت زیادی داشته باشد زیرا با صرفه‌جویی در مصرف آب، بهره‌وری اقتصادی حداکثر ۱۰ درصد کاهش می‌یابد. کاشت تابستانه (۱۰ خرداد) بهره‌وری اقتصادی پایین‌تری دارد. کاشت زودهنگام در تاریخ‌های ۲۵ فروردین، ۱۰ فروردین و ۲۵ اسفند در مقایسه با تاریخ کاشت ۱۰ اردیبهشت به ترتیب باعث صرفه‌جویی ۲۲۰، ۴۴۰ و ۴۴۰ مترمکعب آب شد. با توجه به بحران آب، کاشت زودهنگام با استفاده از بارش‌های ابتدای بهار و کاهش مصرف آب توصیه می‌شود، درحالی‌که کاشت تابستانه به دلیل مصرف بالای آب و بهره‌وری اقتصادی کمتر توصیه نمی‌شود. برای کاهش مصرف آب در کشت‌های بهاره، تاریخ کاشت ۱۰ فروردین به دلیل ریسک کمتر نسبت به ۲۵ اسفند پیشنهاد می‌شود.

مقایسه بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی در سال اول و دوم نشان داد که بهره‌وری آب در سال دوم به‌مراتب بیشتر بود. دلیل این امر به بارش‌های مناسب‌تر و پراکنش بهتر در بهار سال دوم نسبت به سال اول برمی‌گردد، به‌طوری‌که عمده نیاز آبی آفتابگردان در کاشت‌های زودهنگام از طریق نزولات جوی تأمین شد. این نتایج نشان می‌دهد که در صورت مناسب بودن میزان و پراکنش بارش‌ها در اواخر اسفند و اوایل بهار، کاشت زودهنگام آفتابگردان باعث افزایش بهره‌وری آب می‌شود. در سال دوم، بهره‌وری فیزیکی آب در کاشت‌های زودهنگام به ترتیب ۳۵ و ۳۴ درصد بیشتر از کاشت‌های بهاره و ۷۴ و ۷۰ درصد بیشتر از کاشت‌های تابستانه بود. بهره‌وری اقتصادی نیز بر اساس قیمت خرید تضمینی آفتابگردان روغنی (۲۷۰۰۰۰ ریال برای هر کیلوگرم) محاسبه شده است. در صورت محاسبه قیمت آفتابگردان آجیلی که ۲ تا ۳ برابر قیمت آفتابگردان روغنی است، بهره‌وری اقتصادی کاشت‌های زودهنگام بسیار بیشتر خواهد بود.

جدول ۵- شاخص بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی در تاریخ‌های کاشت مختلف در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲

Table 5. Physical and economic indices in different sowing dates at 2022 and 2023

تاریخ کاشت Sowing date	آب مصرفی (مترمکعب) Water consumption (m^3)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($Kgha^{-1}$)	ارزش ناخالص (هزار ریال) The gross value (Thousands Rial)	شاخص بهره‌وری فیزیکی(کیلوگرم بر مترمکعب)CPD Physical productivity index (Kgm^{-3})	شاخص بهره‌وری اقتصادی (ریال بر مترمکعب) BPD Economic Productivity Index ($Rialm^{-3}$)	درصد BPD نسبت به تاریخ کاشت تابستانه BPD relative to ٪ summer sowing date
				۱۴۰۱		
				2022		
۲۵ اسفند March 16	4847	3231	872370	0.67	179979	102
۱۰ فروردین March 30	4847	3362	907740	0.69	187277	105
۲۵ فروردین April 14	5067	3720	1004400	0.73	198210	111
۱۰ اردیبهشت April 30	5287	3921	1058670	0.74	200214	112
۱۵ خرداد June 5	5508	3633	980910	0.66	178088	100
				۱۴۰۲		
				2023		
۹ اسفند February 9	3195	3307	892890	1.03	279496	174
۳ فروردین March 23	3745	3782	1021140	1.00	272635	170
۲۵ فروردین April 14	4296	3679	993330	0.86	231209	144
۱۰ اردیبهشت April 30	4847	3711	1001970	0.76	206718	129
۳۰ اردیبهشت May 20	5067	3013	813510	0.59	160539	100

نتیجه‌گیری

به طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که تاریخ کاشت‌های ۲۵ فروردین و ۱۰ اردیبهشت (تاریخ‌های کاشت بهینه در مناطق معتدل سرد) بالاترین عملکرد دانه و شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب را داشت، بااین‌حال کاشت زودهنگام در تاریخ‌های ۲۵ اسفند، ۱۰ فروردین و ۲۵ فروردین با کاهش مصرف آب بهره‌وری اقتصادی قابل قبولی را نشان داد. اهمیت کاشت زودهنگام آفتابگردان در شرایط خشکسالی و همچنین موقعی که قیمت آب مصرفی در کشاورزی به صورت واقعی محاسبه گردد بیشتر نمایان می‌شود. به‌طورکلی نتایج این مطالعه تأکید کرد که کاشت زودهنگام آفتابگردان، اگرچه ممکن است با عملکرد دانه بالاتری همراه نباشد، اما به دلیل استفاده بهینه از منابع آبی و بهره‌وری قابل قبول، می‌تواند یک راه‌حل عملی و مؤثر در مدیریت منابع آب و مقابله با خشکسالی باشد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه به‌واسطه تأمین اعتبار اجرای پروژه حاضر تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Mobasher, M. & Yazdanpanah, N. (2022). A review of some studies on the effects of various irrigation methods on some oilseeds. *Journal of Quality and Durability of Agricultural Products and Food Stuffs*, 2 (1), 24-34.
2. Rostami Ahmadvandi, H. & Faghihi, A. (2021). Adapted oilseed crops with the ability to grow economically in dryland conditions in Iran. *Agrotechniques in Industrial Crops*, 1(3), 122-128.
3. Akhzari, D. & Pessarakli, M. (2016). Effect of drought stress on total protein, essential oil content, and physiological traits of Levisticum officinale Koch. *Journal of Plant Nutrition*, 39 (10), 1365-1371.
4. Noroozi, N., Mohammadi, G. & Ghobadi, M. (2023). Some physio-biochemical traits of sunflower (*Helianthus annuus* L.) as affected by arbuscular mycorrhizal fungi inoculation under different irrigation treatments. *Italian Journal of Agronomy*, 18(1). https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107287.
5. Gomes, S. E. V., Gomes, R. A. & Dantas, B. F. (2023). Climate and seed size of a dry forest species: influence on seed production, physiological quality, and tolerance to abiotic stresses. *Journal of Seed Science*, 45. https://doi.org/10.1590/2317-1545v45264166.
6. Adeleke, B. S. & Babalola, O. O. (2020). Oilseed crop sunflower (Helianthus annuus) as a source of food: Nutritional and health benefits. *Food Science & Nutrition*, 8(9), 4666-4684.
7. Çetin, N., Karaman, K., Beyzi, E., Sağlam, C. & Demirel, B. (2021). Comparative evaluation of some quality characteristics of sunflower oilseeds (*Helianthus annuus* L.) through machine learning classifiers. *Food Analytical Methods*, 14, 1666-1681.
8. Ghafari, M., Rahmanpour, S., Pourdad, S. S., Noorqalipour, F., Ivani, A. & Safari, M. (2019). Technical instructions for sunflower production. *Agricultural and Researcher*, *Education and Extension Organization press,* 7(2), 221-233. (In Persian).
9. Debaeke, P., Casadebaig, P. & Langlade, N. B. (2021). New challenges for sunflower ideotyping in changing environments and more ecological cropping systems. *Oleagineux Corps Gras Lipides*, 28, 1-23. https://doi.org/10.1051/ocl/2021016.
10. Zeleke, K. & Nendel, C. (2019). Growth and yield response of faba bean to soil moisture regimes and sowing dates: Field experiment and modelling study. *Agricultural Water Management*, 213, 1063-1077.
11. Paul, P. L. C., Bell, R. W., Barrett-Lennard, E. G., Kabir, E. & Gaydon, D. S. (2021). Opportunities and risks with early sowing of sunflower in a salt-affected coastal region of

the Ganges Delta. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(3). https://doi.org/10.1007/s13593-021-00698-9.
12. Lu, H. D., Xue, J. Q. & Guo, D. W. (2017). Efficacy of planting date adjustment as a cultivation strategy to cope with drought stress and increase rainfed maize yield and water-use efficiency. *Agricultural Water Management*, 179, 227-235.
13. Giannini, V., Mula, L., Carta, M., Patteri, G. & Roggero, P. P. (2022). Interplay of irrigation strategies and sowing dates on sunflower yield in semi-arid Mediterranean areas. *Agricultural Water Management*, *260*, pp.107287. http://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107287.
14. Markulj-Kulundzic, A., Sudaric, A., Matosa-Kocar, M., Mijic, A., Liovic, I., Viljevac-Vuletic, M. & Lepedus, H. (2022). Sunflower agronomic traits in field irrigation conditions. *Genetika*, 54 (1), 473-489.
15. Kalenska, S., Ryzhenko, A., Novytska, N., Garbar, L., Stolyarchuk, T., Kalenskyi, V. & Shytiy, O. (2020). Morphological features of plants and yield of sunflower hybrids cultivated in the Northern part of the Forest-Steppe of Ukraine. *American Journal of Plant Sciences*, 11(8), 1331-1344.
16. Duca, M., Port, A., Burcovschi, I., Joiţa-Păcureanu, M. & Dan, M. (2022). Environmental response in sunflower hybrids: a multivariate approach. *Romanian Agricultural Research*, 39, 1-14.
17. Flagella, Z., Rotunno, T., Tarantino, E., Di Caterina, R. & De Caro, A. (2002). Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the water regime. *European Journal of Agronomy*, 17(3), 221-230.
18. Noori Rad Doji, A. M., Sidi, F. & Naemati, M. (2015). Investigation of the Possibility of Autumn Planting of New Sunflower Cultivars under Rainfed Conditions in Gonbad. *Iranian Journal of Dryland Farming*, 4(2), 189-210. (In Persian)
19. Ahmadian Koushkazi, M. A. & Madan Dost, M. (2022). Effect of planting date on growth, seed yield and oil quality of camelina (*Camelina sativa* L. Crantz). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 24(1), 19-33. (In Persian)
20. Ehsani, M. & Khaledi, H. (2003). Water productivity in agriculture. *Iranian National Committee on Irrigation and Drainage*, 82, 109-122. (In Persian).
21. Mazzaheri Laghab, H., Salavati, S. & Mahmoudi, R. (2011). Response of Armawirski Sunflower Yield to Planting Date and Density under Rainfed Conditions in Ghorveh, Kurdistan. *Plant Production Technology*, 11(2), 63-73. (In Persian)
22. Javaheri, M., Mohammadi, K. & Daneshian, J. (2012). Effect of Planting Dates on Growth Indices and Seed Yield of Sunflower Varieties under Rainfed Conditions. *Journal of Agronomy (formerly Research and Development)*, 97, 131-139. (In Persian)
23. Ahmed, M. A., Abd-Elsaber, A. & Abdelsatar, M. A. 2020. Effect of sowing dates on yield and yield-attributes of some sunflower hybrids. *Agricultura*, 113 (1-2), 131-144.
24. Demir, I. (2019). The effects of sowing date on growth, seed yield and oil content of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars under rainfed conditions. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (9), 6849-6857.
25. Lauria, M., Molinari, F. & Motto, M. (2015). Genetic strategies to enhance plant biomass yield and quality-related traits for bio-renewable fuel and chemical productions. *InTech*. DOI: 10.5772/61005.
26. Gordeyeva, Y., Shelia, V., Shestakova, N., Amantayev, B., Kipshakbayeva, G., Shvidchenko, V., & Hoogenboom, G. (2023). Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Yield and Yield Components for Various Agricultural Practices (Sowing Date, Seeding Rate, Fertilization) for Steppe and Dry Steppe Growing Conditions. *Agronomy*, 14(1), 36. https://doi.org/10.3390/agronomy14010036
27. Mirshekari, M., Majnoun Hosseini, N., Amiril, R. & Zandvakili, O. R. (2012). Study The Effects of planting date and low irrigation stress on quantitative traits of spring sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Romanian Agricultural Research*, 29, 189-199.

28. Ozturk, E., Polat, T. and Sezek, M. (2017). The effect of sowing date and nitrogen fertilizer form on growth, yield and yield components in sunflower. *Turkish Journal of Field Crops*, 22 (1), 143-151.
29. Barros, F. C., Carvalho, M. D. and Basch, G. (2004). Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to sowing date and plant density under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*, 21, 347-356.
30. Kaleem, S., Hassan, F. U., Ahmad, M., Mahmood, I., Wasaya, A., Randhawa, M. A. and Khaliq, P. (2011). Effect of growing degree days on autumn planted sunflower. *African Journal of Biotechnology*, 10(44), 8840-8846.
31. Olowe, V.I., Folarin, O.M., Adeniregun, O. O., Atayese, M. O. and Adekunle, Y. A. (2013). Seed yield, head characteristics and oil content in sunflower varieties as influenced by seeds from single and multiple headed plants under humid tropical conditions. *Annals of Applied Biology*, 163(3), 394-402.
32. Anjum, A. S., Muhammad, S. H., Imran, M. and Arshadullah, M. (2012). Performance of early and late sown sunflower hybrids under organic farming system in rainfed area. *Science Technology and Development*, 31(1), 26-28.