

## The Effect of Agronomical Management on the Growth Characteristics of the Forgotten Cannabis (*Cannabis sativa* L.) Plant in the Semi-Arid Climate

H. Javadi<sup>1\*</sup>, S.Gh.R. Moosavi<sup>2</sup>, N. Farahmandrad<sup>3</sup>

1. Assistant Professor, Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Iran.
2. Associate Professor, Department of Agriculture, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran.
3. M.Sc. Agronomy, Agricultural Organization of South Khorasan, Birjand, Iran.

\* Corresponding Author: h\_javadi@pnu.ac.ir

Received date: 31/03/2023

Accepted date: 15/05/2023

 [10.22034/JDMAL.2023.1999270.1411](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.1999270.1411)

### Extended Abstract

#### Introduction

Harsh ecological conditions, including water scarcity, have limited vegetation life in desert areas. Consequently, the cultivation of drought-resistant plants compatible with desert areas and their expansion, while creating suitable vegetation, increases biodiversity, controls desertification and is oriented towards the sustainability of desert ecosystems. Cannabis is a drought-tolerant plant which, because of its great genetic diversity, has the ability to grow in different climates, particularly in semi-desert areas. Appropriate agricultural management enhances the vegetation, production and productivity of agricultural products. In this context, it is important to study planting date and plant density as factors impacting production. Planting dates must be chosen to allow sufficient time for each stage of growth and development. The use of optimal plant density may improve plant growth and increase plant yield by reducing intra-plant competition. Results of search on two densities of cannabis plants of 8 and 16 plants per m<sup>-2</sup> in Birjand, the highest seed yield was obtained from a density of 16 plants per m<sup>-2</sup>. Finding on densities of 50, 150, and 250 plants per m<sup>-2</sup> in Mashhad, and 30, 90, and 150 plants per m<sup>-2</sup> in Shirvan reported that as the density of cannabis plants increased, the flowering date decreased in both regions. Given the arid and semi-arid climate of South Khorasan, planting plants compatible with the climate of the region, such as cannabis, can increase vegetation cover while producing an acceptable yield. The objectives of the current research are to study the effect of agricultural management on the growth characteristics of the forgotten cannabis plant in semi-arid climate of Birjand.

#### Material and Methods

The current research was carried out in Center of Agriculture and Natural Resources Research of South Khorasan, located at 59° 13' east longitude and 32° 32' north latitude, and 1491m above sea level. South Khorasan province has a desert and semi-desert climate. Before preparing the soil to determine the required amount of chemical and organic fertilizers, the soil in the field was analyzed. Data on temperature changes and the total number of sunny hours of various months



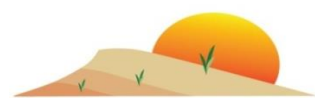
during the cannabis growing period were received from the Birjand weather station. The experiment was conducted as a split plot based on a randomized complete block design with three replications. Treatments investigated included planting date on three levels of May 12, May 27 and June 11 as the main plot and plant density at three levels of 22.2, 11.1 and 7.4 plants per m<sup>-2</sup> as the sub plot. In this research, the phenological characteristics including the number of days to emergency, days to flowering, days to seed filling, days to physiological maturity, length of vegetative period, length of reproductive period, length of flowering period, and morphological characteristics including plant height, number of main stem branches, stem diameter and seed yield were investigated. Statistical analysis of the data was done using SAS software and the comparison of averages was done based on Duncan's 5% multiple range test.

### Results and Discussion

The results showed that the impact of planting date on all morphophenological traits was significant, with the exception of stem diameter. The delay in planting between May 12 and June 11 significantly reduced the length of phenological stages, and vegetative growth of cannabis, and ultimately caused a 48% decrease in seed yield. Late cultivation, due to the increase in temperature, the plant completes its vegetative growth faster. The delay in planting by shortening the period of effective growth, reducing the photosynthetic potential of the plant, and coinciding with the period of seed filling with low temperatures and shortening of the day has led to a decrease in the quantity and the filling speed of the seeds, and subsequently the yield of the seeds decreases. It has been reported that a 20-day delay in seeding from 10 May led to a 46% decrease in seed yield under climatic conditions in Azerbaijan. The effect of plant density on morphological traits, number of days until flowering of female plants, days until seed set, days until physiological maturity, length of vegetative period, length of flowering period and seed yield were significant. The increase in density from 7.4 to 22.2 plants per m<sup>-2</sup>, while delaying flowering, increased seed yield by 15.4%. Increased plant density due to higher plant height and increased number of plants per unit area increased seed yield. Results of search on two densities of cannabis plants of 8 and 16 plants per m<sup>-2</sup> in Birjand, the highest seed yield was obtained from a density of 16 plants per m<sup>-2</sup>. To achieve proper yield performance, and develop cannabis cultivation- as a plant compatible with the semi-desert region- the planting date of May 12 and the density of 22.2 plants per m<sup>-2</sup> can be used.

**Keywords:** Cannabis sativa; Delayed planting; Plant spacing; Physiological maturity; Branches of main stem





## تأثیر مدیریت زراعی بر ویژگی‌های رشدی گیاه فراموش شده شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) در اقلیم نیمه‌خشک

حامد جوادی<sup>۱\*</sup>، سید غلامرضا موسوی<sup>۲</sup>، نسرین فرهمندراد<sup>۳</sup>

۱. استادیار، گروه علوم کشاورزی دانشگاه پیام نور، ایران.

۲. دانشیار، گروه زراعت، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران.

۳. کارشناس ارشد زراعت، سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی، بیرجند، ایران.

\* نویسنده مسئول: [h\\_javadi@pnu.ac.ir](mailto:h_javadi@pnu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۲۵

doi [10.22034/JDMAL.2023.1999270.1411](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2023.1999270.1411)

### چکیده

کمبود آب مهمترین عامل حیات پوشش گیاهی در مناطق بیابانی است. کاشت گیاهان زراعی مقاوم به خشکی و روش‌های مدیریت آن ضمن دستیابی به عملکرد قابل قبول، موجب توسعه پوشش گیاهی و کنترل بیابان‌زایی در این مناطق می‌شود. بدین منظور آزمایشی در مزرعه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در پژوهش حاضر تیمارهای مورد مطالعه شامل تاریخ کاشت در سه سطح ۲۳ اردیبهشت، ۷ و ۲۲ خرداد به‌عنوان کرت اصلی و تراکم گیاه در سه سطح ۲۲/۲، ۱۱/۱ و ۷/۴ بوته در مترمربع به‌عنوان کرت فرعی بودند. ویژگی‌ها فنولوژیک شامل تعداد روز تا سبز شدن، روز تا گلدهی، روز تا شروع دانه‌بندی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول دوره رویشی، طول دوره زایشی، طول دوره گلدهی و ویژگی‌های ریخت‌شناسی شامل ارتفاع بوته، تعداد انشعابات ساقه اصلی، قطر ساقه و عملکرد دانه مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاکی از آن بود که اثر تاریخ کاشت بر تمام صفات مورد مطالعه به‌جز قطر ساقه معنی‌داری بود. همچنین تأثیر تراکم بوته بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی، تعداد روز تا گلدهی بوته‌های ماده، روز تا شروع دانه‌بندی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول دوره رویشی، طول دوره گلدهی و عملکرد دانه معنی‌دار شد. تأخیر در کاشت از ۲۳ اردیبهشت به ۲۲ خرداد، طول دوره مراحل فنولوژیک و رشد رویشی شاهدانه را کاهش معنی‌داری داد و در پایان موجب کاهش ۴۸٪ عملکرد دانه شد. همچنین افزایش تراکم از ۷/۴ به ۲۲/۲ بوته در مترمربع، ضمن تأخیر در گلدهی، عملکرد دانه را ۱۵/۴٪ افزایش داد.

**واژگان کلیدی:** شاهدانه؛ کاشت تأخیری؛ فاصله بوته؛ رسیدگی فیزیولوژیک؛ انشعابات ساقه اصلی



## ■ مقدمه

بارندگی کم و نامنظم، درجه حرارت بالا، وزش بادهای شدید و کمبود رطوبت از ویژگی‌ها اصلی مناطق بیابانی است که حیات موجودات در این مناطق را تحت تأثیر خود قرار داده است. مناطق بیابانی به دلیل رطوبت پایین و دمای بالای هوا در تابستان بسیار گرم می‌باشد. لذا شرایط سخت اکولوژیکی به‌ویژه کمبود آب، حیات پوشش گیاهی در این مناطق را با محدودیت مواجه کرده است (۲۵). از این‌رو کاشت گیاهان مقاوم به خشکی و سازگار با مناطق بیابانی و گسترش آن‌ها، ضمن ایجاد پوشش گیاهی مناسب موجب افزایش تنوع زیستی، کنترل بیابان‌زایی و حرکت به سوی پایداری در بوم‌نظام‌های بیابانی می‌شود.

شاهدانه با نام علمی *Cannabis sativa* L. یکی از گیاهان زراعی و دارویی بسیار قدیمی بوده که بومی مناطق مرکزی آسیاست و از آنجا به سایر نقاط جهان گسترش یافته است (۱۱). این گیاه علفی و یکساله و از تیره شاهدانگان *Cannabinaceae* و تنها گونه از جنس *Cannabis* بوده که در صنایع روغن‌کشی و نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۰). دانه شاهدانه به دلیل دارا بودن پروتئین و چربی، اسیدآمینه ضروری و کربوهیدرات‌های قابل‌هضم در تهیه مواد آرایشی و بهداشتی و تولید داروهای آرام‌بخش مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳۴). همچنین روغن دانه شاهدانه از ارزش غذایی فوق‌العاده‌ای برخوردار است (۴۵). شاهدانه گیاهی مقاوم به خشکی بوده که به دلیل تنوع ژنتیکی بالا توانایی رشد در اقلیم‌های مختلف را دارد (۱، ۴۴). مشاهده نمونه‌های خودرو و زراعی شاهدانه در مناطق مختلف ایران نشان‌دهنده سازگاری بالای اکولوژیکی این گیاه است (۳۶). مدیریت زراعی مناسب موجب افزایش پوشش گیاهی،

تولید و بهره‌وری محصولات کشاورزی می‌شود. در همین زمینه مطالعه بر روی تاریخ کاشت و تراکم بوته به‌عنوان عوامل مؤثر بر تولید حائز اهمیت است. رشد و نمو گیاهان تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار داشته و زمانی بیشترین عملکرد به دست می‌آید که ترکیب مناسبی از عوامل محیطی در اختیار گیاه قرار گیرد (۹). تاریخ کاشت در هر منطقه به درجه حرارت، رطوبت و طول روز بستگی دارد. برای تعیین زمان کاشت گیاهان زراعی به تطابق

دمای مطلوب محیط با مراحل فنولوژیک گیاه و عدم برخورد مراحل حساس رشد با تنش‌های محیطی توجه می‌شود. تاریخ کاشت در گیاهان باید طوری انتخاب شود که فرصت کافی برای سپری شدن هر یک از مراحل رشد و نمو وجود داشته باشد (۴۰).

شاهدانه به‌عنوان یک گیاه با کیفیت روز کوتاه طبقه‌بندی می‌شود که در پاسخ به کوتاه شدن دوره‌های نوری گل می‌دهد. هنگامی که شاهدانه در طول روزهای کوتاه کاشته شود، ممکن است زودتر گل دهد. این کاهش رشد رویشی ممکن است منجر به کاهش عملکرد شود (۲۲). بنابراین، کاشت ممکن است به اواخر بهار و تابستان محدود شود، زمانی که طول روز اجازه رشد رویشی کافی را قبل از گل‌دهی می‌دهد (۲، ۴۱). در تحقیقی ارقام روز خنثی و حساس به طول روز شاهدانه در تاریخ‌های ۹ و ۲۵ آوریل مصادف با ۲۱ فروردین و ۶ اردیبهشت و ۱۱ و ۲۸ می مصادف با ۲۲ اردیبهشت و ۸ خرداد در جورجیای آمریکا مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد تاریخ کاشت بر عملکرد ارقام حساس به دوره نوری تأثیری نداشت، اما با افزایش تاریخ کاشت عملکرد ارقام روز خنثی کاهش یافت (۷). در تحقیقی گزارش شد که تأخیر ۲۰ روزه در کاشت از ۱۰ اردیبهشت منجر به کاهش ۴۶٪ عملکرد دانه در شاهدانه در شرایط اقلیمی آذربایجان شد (۵). نتایج آزمایشی در شمال تایلند که در آن کاشت شاهدانه با تراکم ۲۵ بوته در مترمربع در طی زمان‌های جولای، آگوست، سپتامبر و اکتبر مصادف با زمان‌های شمسی به ترتیب تیر، مرداد، شهریور و مهر انجام گرفت حاکی از آن بود که تأخیر در کاشت موجب کاهش ارتفاع بوته، قطر ساقه و طول دوره رشد رویشی شد. همچنین نتایج نشان داد که زمان کاشت شاهدانه در تایلند باید قبل از تیر و مرداد باشد تا رشد و نمو مناسبی داشته باشد (۳۹). در تحقیقی که به‌منظور بررسی سه تاریخ کاشت ۱۵ بهمن، ۱۵ اسفند و ۱۵ فروردین بر روی گیاه کینوا *Chenopodium quinoa* Willd در استان گلستان انجام شد تاریخ کاشت ۱۵ بهمن از ارتفاع بوته و عملکرد دانه بالاتری نسبت به تاریخ کشت‌های دیگر برخوردار بود (۱۳). تراکم کاشت یک مدیریت زراعی مهم است که بر بهره‌وری و بازده اقتصادی محصولات زراعی تأثیر می‌گذارد (۱۶، ۱۷).

اقلیم منطقه مانند شاهدانه می‌تواند ضمن تولید عملکرد قابل قبول برای کشاورز موجب افزایش پوشش گیاهی و تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های زراعی شود. در همین راستا تعیین مناسب‌ترین تاریخ کاشت و تراکم بوته به‌عنوان عوامل به‌زراعی مؤثر در تولید می‌تواند در این زمینه کارگشا باشد. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف تأثیر مدیریت زراعی بر ویژگی‌ها رشدی گیاه فراموش شده شاهدانه در اقلیم نیمه‌خشک بیرجند به اجرا درآمد.

### ■ مواد و روش

#### مکان اجرای آزمایش

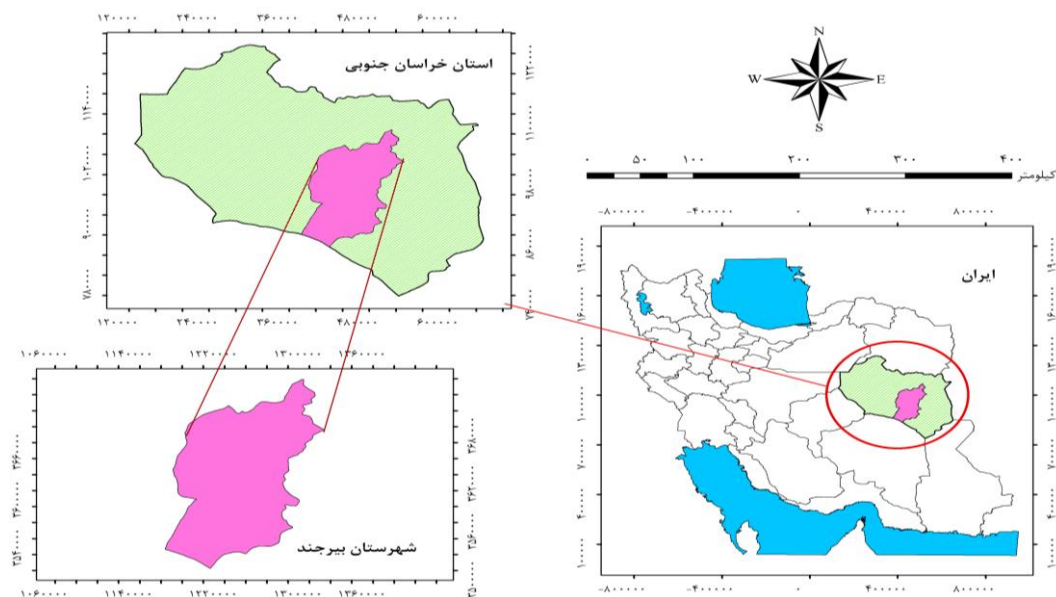
پژوهش حاضر در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی واقع در ۱۸ Km جاده بیرجند-خوسف اجرا شد. استان خراسان جنوبی دارای اقلیم بیابانی و نیمه بیابانی است. میانگین بارندگی سالانه استان خراسان جنوبی، ۱۳۴ mm و میانگین دمای سالانه،  $17/5^{\circ}\text{C}$  است. ۹۵٪ وسعت این استان را عرصه‌های طبیعی در برمی‌گیرد که از این میزان ۲۲/۷٪ بیابانی، ۶۳/۳٪ مراتع بیابانی، ۷/۲٪ مراتع خوب و متوسط ۶/۸٪ جنگلی است. همچنین ۸۸۰۳۳۴ ha از مساحت این استان، جزء کانون‌های بحرانی فرسایش بادی است (۲۰). شهرستان بیرجند با وسعت حدود  $4004 \text{ Km}^2$  معادل ۲/۶٪ مساحت استان را به‌خود اختصاص داده است. این شهرستان با موقعیت  $13^{\circ} 59'$  طول شرقی و  $32^{\circ} 53'$  عرض شمالی و ارتفاع ۱۴۹۱ m از سطح دریا واقع شده است. میانگین بارش سالیانه این شهرستان ۱۶۰ mm، میانگین دمای سالیانه  $17^{\circ}\text{C}$  و میانگین سالیانه بیشترین درجه حرارت  $24^{\circ}\text{C}$  و کمترین آن  $8^{\circ}\text{C}$  می‌باشد. این منطقه براساس سیستم طبقه‌بندی دومارتن اقلیم خشک و با روش آمبرژه اقلیم خشک سرد است (۲۰). در شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه ارائه شده است.

#### روش انجام پژوهش

مزرعه محل تحقیق برای اجرای طرح به‌صورت آیش بود. برای مشخص کردن ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اقدام به عملیات آماده‌سازی زمین از عمق ۳۰ cm از نقاط متفاوت مزرعه نمونه‌برداری انجام شد.

۲۴). استفاده از تراکم بوته مطلوب می‌تواند از طریق کاهش رقابت درون بوته‌ای موجب بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاه شود (۲۶). افزایش تعداد بوته در واحد سطح یکی از ساده‌ترین روش‌های افزایش عملکرد در گیاهان است (۳). افزایش تراکم بوته از طریق افزایش شاخص سطح برگ موجب می‌شود میزان جذب تشعشع دریافت شده افزایش یافته و از طریق افزایش فتوسنتز موجب افزایش عملکرد می‌گردد (۱۲). از آنجایی که شاهدانه به‌طور مؤثر از نور، آب و مواد مغذی در تراکم مناسب گیاه استفاده می‌کند، ساقه، فیبر و عملکرد دانه آن ممکن است با تراکم متفاوت به‌طور قابل‌توجهی تغییر کنند. ارتفاع بوته، قطر ساقه و انشعاب نیز با افزایش تراکم گیاه کاهش می‌یابد (۴۳، ۴۴). تراکم کاشت شاهدانه با توجه به هدف تولید متفاوت است. به‌طور کلی، تراکم کمتری برای گیاهان شاهدانه کشت‌شده برای تولید بذر در مقایسه با گیاهان کاشته‌شده برای تولید الیاف استفاده می‌شود. نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داد که تراکم کاشت بین ۳۰ تا ۲۴۰ بوته در بوته در مترمربع و ۱۰۰ تا ۲۰۰ بوته در مترمربع تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه شاهدانه دو منظوره با هدف برداشت دانه و الیاف نداشت (۴۱، ۴۶). ارزیابی نقش چهار مقدار تراکم ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ بوته در مترمربع بر روی گیاه کینوا در گلستان نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته از تراکم ۸۰ بوته در مترمربع و بیشترین عملکرد دانه از تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع حاصل شد (۱۳). همچنین یافته‌های دو سطح تراکم گیاهی ۸ و ۱۶ بوته در مترمربع در شاهدانه در شرایط اقلیمی بیرجند نشان داد که بیشترین عملکرد دانه از تراکم ۱۶ بوته در مترمربع حاصل می‌شود (۳۸). بررسی تراکم‌های ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ بوته در مترمربع در مشهد و ۳۰، ۹۰ و ۱۵۰ بوته در مترمربع در شیروان حاکی از آن بود که با افزایش تراکم بوته شاهدانه سرعت توسعه تاج گیاه افزایش یافت، اما تاریخ گلدهی در هر دو منطقه کاهش یافت. همچنین ویژگی‌های ریخت‌شناسی در هر دو منطقه تحت تأثیر تراکم گیاهی قرار گرفت (۴).

با توجه به اینکه استان خراسان جنوبی در اقلیم خشک و نیمه‌خشک کشور واقع شده است و با محدودیت آب و تنش خشکی مواجه است لذا کاشت و گسترش گیاهان سازگار با



شکل ۱. موقعیت محدوده مورد مطالعه در استان خراسان جنوبی

کرت‌های اصلی و تراکم‌های ۲۲/۲، ۱۱/۱ و ۷/۴ بوته در مترمربع با فاصله بوته‌ها روی ردیف به ترتیب ۱۰ cm، ۲۰ cm و ۳۰ cm در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. فاصله بین ردیف‌ها ۴۵ cm، طول هر خط کاشت ۴ m و عرض هر کرت ۱/۸ m بود. فاصله بین کرت‌های فرعی و اصلی به ترتیب ۴۵ cm و ۹۰ cm در نظر گرفته شد. زمین محل آزمایش در ابتدای فروردین و قبل از کاشت تا عمق ۶۰ cm شخم و دیسک زده شده و در پایان پس از تسطیح، کرت بندی مطابق با نقشه طرح انجام شد. پس از آماده‌سازی بستر بذر و قبل از کاشت کودهای مورد نیاز بر اساس نتایج تجزیه خاک و توصیه آزمایشگاه خاکشناسی به زمین افزوده شد. این کودها شامل کود پوسیده دامی از نوع گاوی به مقدار  $10 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$  و مقدار  $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  سولفات روی  $\text{ZnSO}_4$ ،  $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  سولفات پتاسیم  $\text{K}_2\text{SO}_4$  و  $75 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  سولفات منگنز  $\text{MnSO}_4$  بودند. نیتروژن به صورت سرک و به مقدار  $69 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  از منبع اوره  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  با ۴۶٪ نیتروژن در دو نوبت، نصف در مرحله رشد رویشی و نصف در زمان شروع گلدهی، به صورت نواری پای بوته‌ها اضافه شد.

نمونه برای تجزیه فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد. مقدار اسیدیته خاک و هدایت الکتریکی، بر روی گل اشباع اندازه‌گیری شد. کربن آلی خاک به روش والکی و بلک از طریق اکسید کربن آلی خاک در مجاورت دی کرومات پتاسیم و اسید غلیظ و سپس عیارسنجی با محلول سولفات فرو آمونیوم اندازه‌گیری شد (۴۲). نیتروژن کل با استفاده از روش کج‌دال (۶) و فسفر قابل جذب با استفاده از روش اولسن (۳۱) اندازه‌گیری شدند. پتاسیم، منیزیم، آهن و منگنز قابل جذب به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و با دستگاه جذب اتمی (۳۲) در آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند اندازه‌گیری شد. نتایج آنالیز خاک در جدول ۱ آمده است. همچنین داده‌های مربوط به تغییرات دمایی و مجموع ساعات آفتابی ماه‌های مختلف طی دوره رشد شاهدانه نیز از ایستگاه هواشناسی بیرجند دریافت شد. آزمایش حاضر به صورت کرت‌های خردشده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل تاریخ کشت‌های ۲۳ اردیبهشت، ۷ خرداد و ۲۲ خردادماه در

جدول ۱. ویژگی‌ها فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Mn $\text{mg kg}^{-1}$	Fe $\text{mg kg}^{-1}$	Zn $\text{mg kg}^{-1}$	K ppm	P ppm	N %	OC %	EC $\text{ms cm}^{-1}$	pH	بافت خاک
۳/۸۱	۵/۷۲	۰/۶۹	۲۳۱	۶/۰۷	۰/۰۳۵	۰/۱۸	۲/۲۳	۸/۲۸	لومی

در پایان تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۰.۵٪ انجام گرفت. با نرم‌افزار آماری، نمودارهای مورد نیاز ترسیم شدند.

### ■ نتایج و بحث

#### وضعیت دمایی و ساعات آفتابی در دوره رشد شاهدانه در منطقه مورد مطالعه

داده‌های اقلیمی دریافت شده از ایستگاه هواشناسی بیرجند نشان داد که مجموع ساعات آفتابی در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور بیشتر از سایر ماه‌های دوره رشد شاهدانه بود و با ورود به ماه‌های مهر و آبان از مجموع ساعات آفتابی کاسته شد (جدول ۲). همچنین نتایج داده‌های هواشناسی نشان داد که ماه‌های تیر و مرداد با میانگین‌های  $35/6^{\circ}\text{C}$  و  $36/58^{\circ}\text{C}$  از بیشترین بیشینه دما و ماه‌های اردیبهشت و آبان با میانگین‌های  $7/6^{\circ}\text{C}$  و  $11/75^{\circ}\text{C}$  از کمترین کمینه دما در طول دوره رشد شاهدانه برخوردار بودند. میانگین دمای ماهیانه در دوره رشد این گیاه بین  $15/5^{\circ}\text{C}$  تا  $27/6^{\circ}\text{C}$  متغیر بود. به طوری که بیشترین میانگین ماهانه دما مربوط به تیر  $26/6^{\circ}\text{C}$  و مرداد  $27/6^{\circ}\text{C}$  بود (جدول ۲).

#### ویژگی‌های فنولوژیک

##### روز تا سبز شدن

اثر تاریخ کاشت بر تعداد روز تا سبز شدن در سطح آماری ۰.۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که با تأخیر در کاشت بذور شاهدانه سریع‌تر سبز شدند، به طوری که تعداد روز از ۸/۵۶ در تاریخ کاشت اول (۲۳ اردیبهشت‌ماه) به ۳ روز در تاریخ کاشت سوم یعنی ۲۲ خردادماه کاهش یافت (جدول ۴). با توجه به جدول ۲ می‌توان احتمال داد که افزایش دمای محیط و دریافت سریع‌تر درجه روز رشد لازم در تاریخ کاشت سوم موجب کاهش زمان جوانه‌زنی بذرها شده است. بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر ویژگی‌های فنولوژیک ذرت *Zea mays L.* نشان داد که با تأخیر در کاشت به دلیل افزایش دما، درجه روز رشد لازم جهت سبز شدن در زمان کمتری تأمین شده و در نتیجه از تعداد روز تا سبز شدن کاسته می‌شود (۳۰).

کاشت به صورت دستی و خشکه‌کاری با کارگر در تاریخ‌های مورد نظر انجام شد. همچنین جهت رسیدن به تراکم مورد نظر در مرحله چهار برگی بوته‌ها تنک شدند. مبارزه با علف‌های هرز نیز به صورت دستی و با کارگر انجام شد. از زمان کاشت تا زمان سبز شدن گیاه، دور آبیاری هر چهار روز بود و پس از سبز شدن و استقرار گیاهچه، دور آبیاری به ۱۰ روز تغییر کرد (۲۸). برای تاریخ‌های کاشت ۲۳ اردیبهشت، ۷ و ۲۲ خرداد جهت سبز شدن بوته‌ها دو نوبت آبیاری و از سبز شدن تا برداشت ۱۴ نوبت آبیاری انجام گرفت.

#### ویژگی‌های مورد بررسی

برای تعیین صفات‌های ریخت‌شناسی در بوته‌های نر با رعایت تأثیر حاشیه‌ای و به صورت تصادفی تعداد ۶ بوته از قسمت میانی هر کرت انتخاب شده و صفات‌های ریختاری شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد انشعابات ساقه اصلی در اواخر دوره رشد اندازه‌گیری و یادداشت‌برداری شد. بازدید از مزرعه تحقیقاتی هر دو روز یک‌بار انجام و صفات فنولوژیک شامل تاریخ سبز شدن، تاریخ گلدهی بوته‌های نر و ماده ۵۰٪ بوته‌های هر کرت، شروع دانه‌بندی ۵۰٪ در بوته‌های هر کرت و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول دوره رویشی، طول دوره زایشی و طول دوره گلدهی ثبت شد.

برای تعیین عملکرد دانه، زمانی که گیاه به رسیدگی فیزیولوژیک رسیده و دانه‌ها به رنگ خاکستری مایل به قهوه‌ای درآمد اقدام به برداشت هر کرت شد. برداشت محصول پس از حذف اثرات حاشیه‌ای و از بوته‌های ماده موجود در هر کرت انجام شد. رسیدگی دانه بر اساس تاریخ‌های کاشت مورد مطالعه انجام شد. به طوری که در تاریخ کاشت ۲۳ اردیبهشت‌ماه برداشت در ۲ آبان، تاریخ کاشت ۷ خرداد برداشت در ۱۹ آبان و تاریخ کاشت ۲۲ خرداد برداشت در ۸ آذر انجام گرفت. سپس بذرها بوجاری شدند و عملکرد دانه هر کرت آزمایشی تعیین شد.

#### روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

جدول ۲. تغییرات دما و مجموع ساعات آفتابی محل اجرای آزمایش در طی فصل رشد شاهدانه

ماه	مجموع ساعات آفتابی Hour	میانگین ماهانه دما °C	میانگین بیشینه دما °C	میانگین کمینه دما °C
اردیبهشت	۲۶۹/۹	۱۸/۳	۲۹/۰	۷/۶
خرداد	۳۲۴/۲	۲۳/۶	۳۴/۰	۱۳/۳
تیر	۳۶۶/۱	۲۶/۶	۳۵/۶	۱۷/۶
مرداد	۳۵۶/۹	۲۷/۶	۳۶/۵۸	۱۸/۶۵
شهریور	۳۴۳/۹	۲۵/۵	۳۳/۲۹	۱۷/۷۲
مهر	۲۸۷/۲	۲۲/۰	۳۰/۱۱	۱۳/۹۹
آبان	۲۷۷/۲	۱۵/۵	۱۹/۳۱	۱۱/۷۵

مأخذ: سایت هواشناسی بیرجند

جدول ۳. نتایج تحلیل واریانس (میانگین مربعات) اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ویژگی‌های فنولوژیک شاهدانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	روز تا سبز شدن	روز تا گلدهی	روز تا گلدهی	روز تا شروع روز تا رسیدگی	روز تا رسیدگی	طول دوره رویشی	طول دوره زایشی	طول دوره گلدهی
بلوک	۲	۰/۷۰ ns	۱۱/۷۰ ns	۲۵/۶ ns	۱۱/۵۹ ns	۰/۴۴ ns	۲۶/۸۱ ns	۴۵/۵۹ ns	۱۳/۷۰ ns
تاریخ کاشت	۲	۹۲/۷۳ **	۴۱۲/۳۷ **	۲۵/۶۱ **	۶۷۳/۵۹ **	۱۸۵/۴۴ *	۳۱۲/۷۰ **	۱۲۶۹/۹۲ *	۱۱۷/۲۵ *
خطای اول	۴	۰/۲۵	۷/۱۵	۵/۰۳	۲۳/۵۹	۲۰/۵۶ ns	۵/۴۸ ns	۷/۴۸	۱۶/۷۰
تراکم بوته	۲	۰/۲۵ ns	۱۴/۹۲ ns	۷۰/۲۶ **	۱۲۲/۹۲ **	۲۵/۴۴ *	۳۶/۰۴ **	۰/۴۸ ns	۳۱/۵۹ **
تاریخ کاشت × تراکم بوته	۴	۰/۶۴ ns	۶/۲۰ ns	۴۸/۱ ns	۷/۷۶ ns	۰/۸۹ ns	۲/۲۰ ns	۱/۷۰ ns	۷/۴۲ ns
خطای دوم	۱۲	۰/۲۴	۴/۵	۹۴/۰	۳/۸۷	۴/۱۳	۱/۴۲	۵/۲۴	۲/۴۸
ضریب تغییرات (/)		۹/۴۸	۲/۸۳	۲/۵۸	۱/۹۷	۲/۷۵	۱/۴۹	۳/۰۲	۱۲/۲۶

ns، \*، \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱، ۵٪ و غیر معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ویژگی‌های فنولوژیک شاهدانه

تیمار	روز تا سبز شدن	روز تا گلدهی	روز تا گلدهی	روز تا شروع روز تا رسیدگی	روز تا رسیدگی	طول دوره رویشی	طول دوره زایشی	طول دوره گلدهی	تاریخ کاشت
day	day	day	day	day	day	day	day	day	day
۲۳ اردیبهشت	۸/۵۶ a	۷۳/۲۲ a	۹۳/۱۱ a	۱۰۶/۳۳ a	۱۶۳/۸۷ b	۸۵/۰۰ a	۷۰/۲۲ c	۱۳/۲۲ a	
۷ خرداد	۴/۵۵ b	۶۴/۵۵ b	۸۸/۹۹ b	۱۰۰/۱۱ a	۱۶۴/۱۱ b	۸۴/۲۲ b	۷۵/۳۰ b	۱۲/۱۰ a	
۲۲ خرداد	۳/۰۰ c	۴۵/۵۵ c	۷۹/۸۶ c	۹۰/۰۰ a	۱۶۹/۱۶ a	۷۴/۸۸ c	۸۹/۶۵ a	۱۰/۱۴ b	
Plant. m <sup>-2</sup> تراکم بوته									
۲۲/۲	۵/۵۵ a	۷۶/۳۳ a	۸۸/۶۷ a	۱۰۴/۰۰ a	۱۶۷/۶۶ a	۸۳/۹۰ a	۷۸/۵۱ a	۱۵/۳۳ a	
۱۱/۱	۵/۲۲ a	۷۴/۲۲ a	۸۷/۰۰ b	۹۸/۰۲ b	۱۶۵/۹۸ a	۸۲/۶۷ b	۷۸/۲۶ a	۱۱/۰۲ b	
۷/۴	۵/۳۳ a	۷۴/۰۰ a	۸۶/۱۱ b	۹۵/۲۲ b	۱۶۳/۴۴ b	۷۹/۶۹ c	۷۸/۰۱ a	۹/۱۲ c	

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (P≤۰/۰۵).



۳۰، ۹۰ و ۱۵۰ بوته در مترمربع در شیروان حاکی از آن بود که با افزایش تراکم بوته شاهدانه تاریخ گلدهی در هر دو منطقه کاهش یافت (۴).

#### روز تا شروع دانه‌بندی

تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر صفت تعداد روز تا شروع دانه‌بندی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که بیشترین تعداد روز لازم تا شروع دانه‌بندی با میانگین ۱۰۶/۳ روز در تاریخ کاشت ۲۳ اردیبهشت مشاهده شد و تأخیر در کاشت تا ۲۲ خرداد با تأخیر ۳۰ روزه در کاشت تعداد روز تا شروع دانه‌بندی را ۱۶/۳ روز کاهش داد (جدول ۴). در تاریخ کاشت اول به دلیل اینکه گیاهان مدت زمان بیشتری از منابع محیطی استفاده کرده‌اند، رشد رویشی بیشتری داشته و در نتیجه تعداد روز تا شروع دانه‌بندی در آن‌ها از تاریخ‌های کاشت دیگر بیشتر بود. از طرف دیگر به تأخیر افتادن کاشت موجب افزایش دمای محیط شده و از طریق کاهش طول دوره گلدهی (۲۷) موجب کاهش تعداد روز از کاشت تا شروع دانه‌بندی می‌شود.

با افزایش تراکم از ۷/۴ به ۲۲/۲ بوته در مترمربع، زمان لازم از کاشت تا شروع دانه‌بندی در شاهدانه به مقدار ۸/۷۸ روز افزایش یافت (جدول ۴). به نظر می‌رسد تأخیر در گلدهی به علت عدم رسیدن نور به لایه‌های پایینی تاج گیاه و در نتیجه تشکیل دیرهنگام گل در بوته‌های با تراکم بیشتر، منجر به تأخیر در شروع دانه‌بندی می‌شود.

#### روز تا رسیدگی فیزیولوژیک

تأثیر تاریخ کاشت بر طول دوره رشد از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با تأخیر کاشت از ۲۳ اردیبهشت به ۲۲ خرداد، تعداد روزهای لازم دوره رشد گیاه از ۱۶۳/۷۸ به ۱۶۹/۱۶ روز با ۳/۱۸٪ افزایش یافت (جدول ۴). در تاریخ کاشت ۲۲ خرداد، علیرغم افزایش سرعت مراحل فنولوژیک یا به عبارتی کوتاه شدن مراحل فنولوژیک تا قبل از دانه‌بندی، تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی افزایش یافت که علت آن را می‌توان به شروع

همچنین، بررسی اثر تاریخ کاشت بر ویژگی‌های گوجه‌فرنگی *Lycopersicon esculentum* Mil حاکی از آن بود که با تأخیر در کاشت تعداد روزهای تا ۵۰٪ گلدهی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (۲۱)، البته محققان دیگر افزایش معنی‌دار تعداد روز تا سبز شدن را با تأخیر در کشت باقلا *Vicia faba L.* در پاییز گزارش کردند که افزایش تعداد روز تا سبز شدن در باقلا نیز به دلیل کاهش دمای هوا در اثر کاشت دیرهنگام بود (۲۹).

#### روز تا گلدهی

تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر تعداد روز تا گلدهی بوته‌های ماده شاهدانه در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار بود. صفت تعداد روز تا گلدهی بوته‌های نر تنها تحت تأثیر تیمار تاریخ کاشت در سطح ۱٪ قرار گرفت. برهم‌کنش تراکم بوته و تاریخ کاشت بر تعداد روز تا گلدهی بوته‌های نر و ماده شاهدانه معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج نشان داد که تأخیر در کاشت از ۲۳ اردیبهشت تا ۲۲ خرداد، تعداد روز تا گلدهی در بوته‌های نر و ماده را به ترتیب ۳۷/۸ و ۱۴/۲ روز کاهش داد (جدول ۴). به نظر می‌رسد گرم شدن هوا موجب سرعت بخشیدن به ورود گیاه به فاز زایشی شده باشد. محققان در گوجه‌فرنگی گزارش کردند که تأخیر در کاشت موجب کاهش تعداد روز تا گلدهی می‌گردد؛ به طوری که اولین تاریخ کاشت، بیشترین و چهارمین تاریخ کاشت، کمترین تعداد روز تا گلدهی را به خود اختصاص داد (۲۱). همچنین گزارش شد که با تأخیر در کاشت باقلا از ۱۵ آبان به ۲۹ آذر، زمان لازم برای رسیدن به ۵۰٪ گلدهی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که نتایج این پژوهش را تأیید می‌کند (۲۹).

در این آزمایش بوته‌های ماده در تراکم ۷/۴ بوته در مترمربع نسبت به تراکم‌های ۲۲/۲ و ۱۱/۱ بوته در مترمربع به ترتیب ۲/۵۶ و ۰/۸۹ روز زودتر وارد مرحله گلدهی گردید (جدول ۴). رشد نامحدود بودن شاهدانه و هم‌زمان شدن تشکیل گل‌ها با افزایش شاخ و برگ موجب شده تا نور لازم برای گل‌انگیزی به بخش‌های پایینی تاج گیاه نفوذ نکند و شاخه‌های پایینی بوته تنها رشد رویشی داشته و تشکیل گل به لایه‌های بالا و نورگیر تاج گیاه محدود شود. بررسی تراکم‌های ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ بوته در مترمربع در مشهد و

۴). کاشت زود هنگام گیاه در زمان دوره رشد رویشی با هوای خنک‌تری مواجه بوده و رشد و نمو با سرعت کمتری انجام گرفته است اما در کشت دیر هنگام، به دلیل افزایش دما در طی این دوره، گیاه سریع‌تر رشد رویشی خود را کامل می‌کند. به عبارتی در زمان کمتری درجه روز رشد لازم برای ورود به فاز زایشی در کشت‌های تأخیری تأمین شده است. نتایج آزمایشی در شمال تایلد که در آن کاشت شاهدانه با تراکم ۲۵ بوته در مترمربع در طی زمان‌های جولای، آگوست، سپتامبر و اکتبر مصادف با زمان‌های شمسی به ترتیب تیر، مرداد، شهریور و مهر انجام گرفت حاکی از آن بود که تأخیر در کاشت موجب کاهش طول دوره رشد رویشی شد (۳۹). با افزایش تراکم از ۷/۴ به ۲۲/۲ بوته در مترمربع، طول دوره رویشی شاهدانه به‌طور معنی‌داری به مقدار ۴/۳ روز افزایش یافت (جدول ۳). افزایش تراکم بوته منجر به عدم رسیدن نور کافی برای گل‌انگیزی و تولید گل در لایه‌های پایین تاج گیاه شده و تشکیل گل به لایه‌های نورگیر و بالایی تاج گیاه محدود می‌شود که نتیجه آن تأخیر در گلدهی و افزایش طول دوره رویشی در تراکم‌های بیشتر است. در تحقیقی با افزایش تراکم بوته کلزا *Brassica napus* L. طول دوره رویشی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت که نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌کند (۱۴).

#### طول دوره زایشی

تأثیر تاریخ کاشت بر طول دوره زایشی در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). با تأخیر در زمان کاشت از ۲۲ خرداد به ۲۳ اردیبهشت، طول دوره زایشی ۱۹/۴۳ روز یعنی به مقدار ۲۱/۷٪ افزایش یافت (جدول ۴). با توجه به برخورد تاریخ کشت‌های دیر هنگام با سرمای آخر فصل رشد طول دوره پر شدن دانه‌ها و در نتیجه طول دوره زایشی افزایش یافت.

#### طول دوره گلدهی

تأثیر تاریخ کاشت بر طول دوره گلدهی در سطح احتمال ۵٪ و اثر تراکم بوته بر طول دوره گلدهی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). تأخیر در کاشت از ۲۳ اردیبهشت به ۲۲ خرداد موجب کاهش طول دوره گلدهی بوته‌های شاهدانه به میزان ۲۳/۳٪ شد (جدول ۴). به نظر

دانه‌بندی در این تاریخ کاشت در اوایل پاییز و کاهش قابل توجه دمای محیط در این زمان (جدول ۲) مربوط دانست که منجر به کاهش سرعت پر شدن دانه‌ها و افزایش مدت پر شدن آن‌ها شده و همین عامل موجب افزایش معنی‌دار تعداد روز لازم تا رسیدگی فیزیولوژیک گردیده است. لازم به ذکر است که میانگین طول دوره پر شدن دانه در تاریخ‌های ۲۳ اردیبهشت، ۷ خرداد و ۲۲ خرداد به ترتیب ۵۷/۵، ۶۴ و ۷۹/۲ روز بوده است و همین افزایش طول دوره پر شدن دانه موجب افزایش تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در تاریخ کاشت ۲۲ خرداد نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر می‌باشد. همچنین می‌توان گفت در تحقیق حاضر با توجه به اینکه بوته‌های کاشت شده در ۲۳ اردیبهشت با دماهای گرم‌تر و طول روزهای بلندتر نسبت به تاریخ کاشت ۲۲ خرداد مواجه بوده‌اند، رسیدگی فیزیولوژیک سریع‌تر رخ داده است. محققان دریافتند که سورگوم دانه‌ای *bicolor* (L.) Moench *Sorghum* در تاریخ کاشت اول علیرغم دارا بودن بیشترین طول دوره رویشی زودتر از سایر تیمارها وارد مرحله رسیدگی فیزیولوژیک شد (۳۷).

تأثیر تراکم بوته بر تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رسیدگی فیزیولوژیک در تراکم ۷/۴ بوته در مترمربع زودتر از سایر تیمارها اتفاق افتاده است که به علت رقابت کمتر بین بوته‌ها در جذب مواد غذایی و از طرف دیگر دریافت نور کافی در قسمت‌های مختلف تاج گیاه و تسریع مراحل فنولوژیکی گیاه، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در این تراکم کاهش یافته است. محققین در بررسی اثر تراکم‌های مختلف بر مراحل فنولوژیک ذرت، گزارش کردند تراکم ۶ بوته در مترمربع حدود ۱۰/۷ روز زودتر از تراکم‌های ۷ و ۸ بوته در مترمربع وارد مرحله رسیدگی فیزیولوژیک شد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد (۲۳).

#### طول دوره رویشی

تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر طول دوره رویشی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). تأخیر در کاشت از ۲۳ اردیبهشت به ۲۲ خرداد موجب کاهش طول دوره رویشی بوته‌های شاهدانه به میزان ۱۰/۲۲ روز گردید (جدول

از طریق سرعت بخشیدن به فاز زایشی موجب شده گیاه فرصت لازم برای انجام فتوسنتز و اختصاص مواد فتوسنتزی لازم را به بخش‌های رویشی نداشته باشد و لذا موجب کاهش ارتفاع بوته، تعداد انشعابات ساقه اصلی و قطر ساقه در تاریخ کاشت ۲۲ خرداد شده است. نتایج آزمایشی در شمال تایلند که در آن کاشت شاهدانه با تراکم ۲۵ بوته در مترمربع در طی زمان‌های جولای، آگوست، سپتامبر و اکتبر مصادف با زمان‌های شمسی به ترتیب تیر، مرداد، شهریور و مهر انجام گرفت حاکی از آن بود که تأخیر در کاشت موجب کاهش ارتفاع بوته و قطر ساقه شد (۳۹). در تحقیقی که به منظور بررسی سه تاریخ کاشت ۱۵ بهمن، ۱۵ اسفند و ۱۵ فروردین بر روی گیاه کینوا در استان گلستان انجام شد تاریخ کاشت ۱۵ بهمن از ارتفاع بوته بالاتری نسبت به تاریخ کشت‌های دیگر برخوردار بود (۱۳). با افزایش تراکم بوته از ۷/۴ به ۲۲/۲ بوته در مترمربع ارتفاع بوته ۱۱/۸٪ افزایش یافت (جدول ۶). با افزایش تراکم بوته به دلیل کمبود نور رقابت شدید برای کسب نور ایجاد شده و گیاهان مواد فتوسنتزی را صرف افزایش طول میان‌گره‌ها می‌کنند. از طرف دیگر غلظت هورمون اکسین به دلیل نور کم افزایش یافته و موجب رشد طولی گیاه می‌گردد (۱۹). در تحقیقی چهار تراکم ۸۰، ۶۰، ۴۰ و ۱۲۰ بوته در مترمربع بر روی گیاه کینوا در گلستان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته از تراکم ۸۰ بوته در مترمربع حاصل شد (۱۳).

می‌رسد کاهش طول دوره گلدهی بوته با تأخیر در کاشت به دلیل کاهش درجه حرارت در مرحله گلدهی در تاریخ کاشت ۲۲ خرداد است.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش تراکم از ۷/۴ به ۲۲/۲ بوته در مترمربع طول این دوره به میزان ۴۰/۵٪ افزایش یافت (جدول ۴). به نظر می‌رسد با توجه به نامحدود رشد بودن شاهدانه با افزایش تراکم بوته به علت سایه‌اندازی بیشتر بوته‌ها و تشکیل تعداد ناکافی گل در بوته و نیز رقابت بین بخش رویشی و زایشی گیاه و تشکیل بیشتر گل‌ها در لایه‌های بالایی تاج گیاه و بنابراین تشکیل گل در اواخر دوره رشد، بازه زمانی شروع گلدهی تا شروع پر شدن دانه یا طول دوره گلدهی به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. نتیجه این تحقیق با نتایج به‌دست آمده تحقیقی در سورگوم دانه‌ای مطابقت دارد (۴۷).

#### ویژگی‌های ریخت‌شناسی

نتایج تحلیل واریانس نشان داد تأثیر تاریخ کاشت بر ارتفاع و تعداد انشعاب‌های ساقه اصلی در سطح ۵٪ معنی‌دار بود، اما قطر ساقه تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار نگرفت. تراکم بوته نیز بر تمامی ویژگی‌های فوق معنی‌دار شد و برهم‌کنش تاریخ کاشت و تراکم بوته تنها ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۵). نتایج نشان داد که با تأخیر در کاشت از تاریخ ۲۳ اردیبهشت به ۲۲ خردادماه، ویژگی‌های ارتفاع و تعداد انشعاب‌های ساقه اصلی به ترتیب ۲۶/۹ و ۴۵/۶٪ کاهش یافت (جدول ۶). تأخیر در کاشت

جدول ۵. نتایج تحلیل واریانس (میانگین مربعات) اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و عملکرد دانه شاهدانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد انشعاب‌های ساقه اصلی	قطر ساقه	عملکرد دانه
بلوک	۲	۱۹۵/۴۷ <sup>ns</sup>	۳۰/۶۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۲۹۵/۲۳ <sup>ns</sup>
تاریخ کاشت	۲	۳۱۰۲/۲۶*	۱۹۲/۰۰*	۰/۱۸ <sup>ns</sup>	۵۸۷۷۰/۱**
خطای اول	۴	۱۷۴/۰۸	۱۹/۲۲	۰/۰۴	۱۶۲۳/۲
تراکم بوته	۲	۵۷۴/۵۳**	۱۲۱/۴۶**	۰/۳۴**	۳۱۶۴/۴*
تاریخ کاشت × تراکم بوته	۴	۱۲۷/۷۵*	۳/۹۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۲۶۶۴/۲*
خطای دوم	۱۲	۲۸/۱۷	۴/۹۵	۰/۰۳	۶۶۱/۴
ضریب تغییرات (/)		۸/۱۱	۱۴/۰۵	۷/۶۲	۱۰/۱۵

ns, \*, \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰.۱، ۰.۵ و غیر معنی‌دار می‌باشد.

با کاهش تراکم بوته، قطر ساقه افزایش یافت. به طوری که بیشترین قطر ساقه از تراکم ۷/۴ بوته در مترمربع با میانگین‌های ۱/۱۶ cm حاصل شد (جدول ۶). به نظر می‌رسد در تراکم‌های کمتر به علت اینکه رقابت بین بوته‌ای کاهش یافته لذا جذب آب، نور و مواد غذایی به طور مناسب‌تری صورت گرفته و اختصاص مواد فتوسنتزی به ساقه افزایش می‌یابد. در تحقیقی که بر روی همیشه‌بهار *Calendula officinalis* L. انجام شد با افزایش تراکم بوته قطر ساقه کاهش یافت (۱۸).

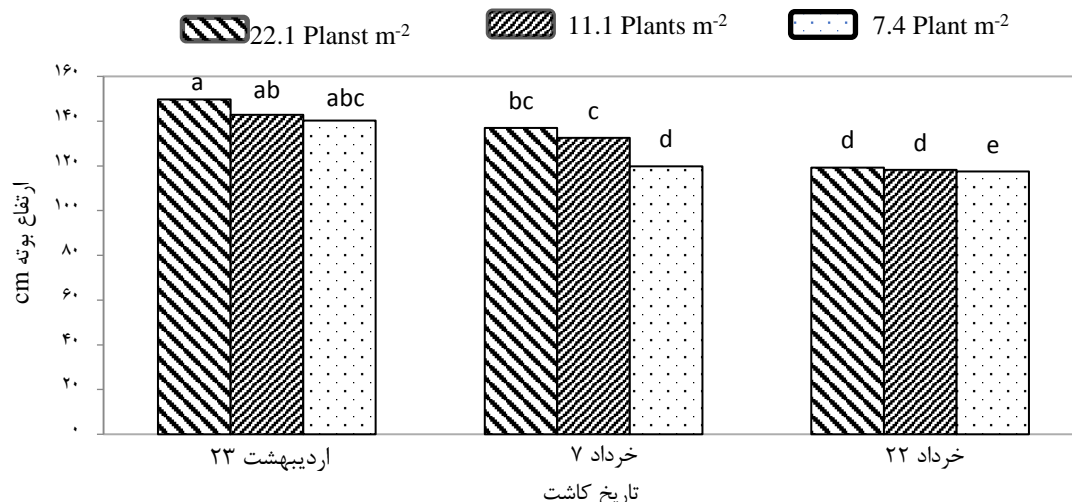
افزایش تراکم بوته موجب کاهش تعداد انشعابات ساقه اصلی شاهده شده، به طوری که با افزایش تراکم از ۷/۴ به ۲۲/۲ بوته در مترمربع، تعداد انشعابات ساقه اصلی ۳۷/۴٪ و به طور معنی‌داری کاهش یافت.

بررسی تراکم‌های ۵۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ بوته در مترمربع در مشهد و ۳۰، ۹۰ و ۱۵۰ بوته در مترمربع در شیروان حاکی از آن بود که ویژگی‌ها ریخت‌شناسی در هر دو منطقه تحت تأثیر تراکم گیاهی قرار گرفت (۴). مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت و تراکم بوته حاکی از آن بود که افزایش تراکم بوته در تاریخ کاشت ۲۳ اردیبهشت تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشت، ولی در تاریخ کشت‌های ۷ خرداد و ۲۲ خرداد افزایش تراکم بوته موجب افزایش ارتفاع بوته شد (شکل ۲). به نظر می‌رسد کاشت زودهنگام با در اختیار داشتن فرصت کافی برای رشد رویشی و تراکم‌های زیاد به علت رقابت بین بوته‌ها برای جذب بیشتر نور و افزایش فاصله میان گره‌ها موجب افزایش ارتفاع بوته شده است. محققان دیگر در گیاه سیاهدانه *Nigella Sativa* L. و آنیسون *Pimpinella anisum* L. نیز به نتایج مشابهی دست یافتند (۳۳، ۳۵).

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و عملکرد دانه شاهده

تیمار	ارتفاع بوته cm	تعداد انشعاب‌های ساقه اصلی	قطر ساقه mm	عملکرد دانه g m <sup>-2</sup>
تاریخ کاشت				
۲۳ اردیبهشت	۱۳۶/۷۶ a	۱۹/۷۵ a	۱/۲۵ a	۳۰۸/۹۸ a
۷ خرداد	۱۲۲/۸۷ a	۱۷/۰۱ a	۱/۱۹ a	۲۹۰/۳۱ a
۲۲ خرداد	۹۹/۹۹ b	۱۰/۷۴ b	۰/۹۷ a	۱۶۰/۶۲ b
تراکم بوته Plant. m <sup>-2</sup>				
۲۲/۲	۱۲۵/۶۶ a	۱۱/۷۳ b	۰/۹۸ b	۲۷۰/۱ a
۱۱/۱	۱۲۳/۲۱ a	۱۶/۹۵ a	۱/۰۷ b	۲۵۶/۶۵ b
۷/۴	۱۱۰/۷۶ b	۱۸/۸۱ a	۱/۱۶ a	۲۳۳/۱۰ c

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ( $P \leq 0.05$ ).



شکل ۲. برهم‌کنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ارتفاع شاهده

با افزایش تراکم از ۷/۴ به ۲۲/۲ بوته در مترمربع، عملکرد دانه ۱۵/۹٪ افزایش یافت (جدول ۶). افزایش تعداد بوته بیشتر در واحد سطح موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در بالاترین تراکم به میزان ۲۲/۲ بوته در مترمربع گردید. در تحقیقی، افزایش تراکم از ۸ به ۲۰ بوته در مترمربع موجب افزایش ۳۹/۹٪ عملکرد دانه سورگوم شد (۴۷). افزایش تراکم بوته از طریق افزایش شاخص سطح برگ موجب می‌شود مقدار جذب تشعشع دریافت شده افزایش یافته و از طریق افزایش فتوسنتز موجب افزایش عملکرد می‌شود (۱۲).

نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت و تراکم بوته حاکی از آن بود که در تأخیر در تاریخ کاشت و کاهش تراکم بوته موجب کاهش عملکرد دانه شد. در تاریخ کاشت ۲۳ اردیبهشت بیشترین عملکرد دانه از تراکم ۲۲/۲ بوته در مترمربع حاصل شد اما تفاوت آماری معنی‌داری بین تراکم‌های ۱۱/۱ و ۷/۴ بوته در مترمربع وجود نداشت. در تاریخ کاشت ۷ خرداد بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح از تراکم ۲۲/۱ بوته در مترمربع به دست آمد، به طوری که با کاهش تراکم از ۲۲/۲ به ۱۱/۱ بوته در مترمربع، عملکرد دانه ۱۲/۳٪ و به طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۳). افزایش طول دوره رشد و مساعد بودن شرایط محیطی موجب رشد رویشی و به دنبال آن رشد زایشی مناسب شده است. از طرفی افزایش تراکم بوته به علت افزایش ارتفاع بوته و افزایش تعداد بوته در واحد سطح موجب افزایش عملکرد دانه می‌باشد. محققان در گیاه بابونه نشان دادند که بیشترین عملکرد با میانگین  $242/22 \text{ gr/m}^2$  از تاریخ کاشت ۲۰ اسفندماه به دلیل رشد رویشی بیشتر نسبت به سایر تاریخ کشت‌ها و تراکم ۴۰ بوته در مترمربع به علت میزان جذب نور بیشتر و جلوگیری از اتلاف نور در تراکم بالاتر، حاصل شد (۱۵).

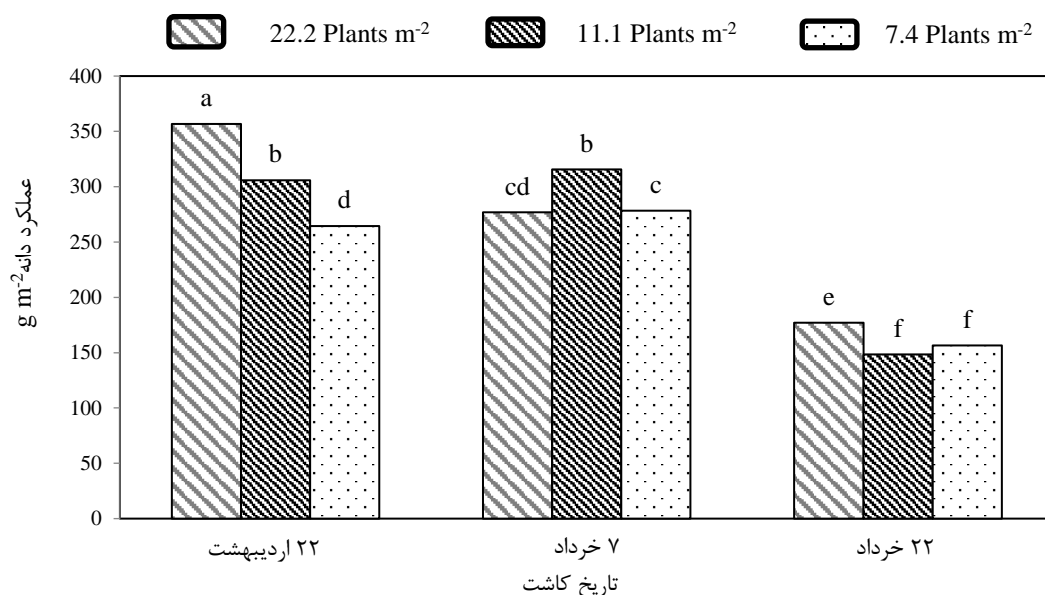
#### ■ نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که کاشت شاهدانه در تاریخ ۲۳ اردیبهشت بهترین نتیجه را از نظر عملکرد دانه داشت و با تأخیر در کاشت، طول دوره رویشی و زایشی شاهدانه کاهش یافت.

با این وجود تغییر تراکم از ۷/۴ به ۱۱/۱ بوته در مترمربع تفاوت معنی‌داری را در ویژگی‌های مذکور موجب نشد (جدول ۶). افزایش تراکم بوته موجب شده رقابت بین بوته‌های افزایش یافته و از طرفی توان فتوسنتزی کاهش یابد، لذا تعداد انشعابات ساقه اصلی کاهش یافت. نتایج محققان در خصوص گیاه بابونه *Matricaria chamomilla L.* و سویا نیز حاکی از کاهش تعداد انشعابات ساقه در اثر افزایش تراکم بوته است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد (۸، ۱۰).

#### عملکرد دانه

نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن بود که تاریخ کاشت، تراکم بوته و برهم‌کنش آن‌ها بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۵). به طوری که نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تأخیر ۳۰ روزه در کاشت از ۲۳ اردیبهشت ماه تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت؛ اما تأخیر ۶۰ روزه در کاشت موجب کاهش ۴۸٪ عملکرد دانه شاهدانه شد (جدول ۶). تأخیر در کاشت از طریق کوتاه کردن دوره مؤثر رشد و کاهش پتانسیل فتوسنتزی گیاه و مصادف شدن دوره پر شدن دانه‌ها با دماهای کم و کوتاه شدن روز موجب شد تا مقدار و سرعت پر شدن دانه‌ها و به دنبال آن عملکرد دانه کاهش یابد. در تحقیقی ارقام روز خنثی و حساس به طول روز شاهدانه در تاریخ‌های ۹ و ۲۵ آوریل مصادف با ۲۱ فروردین و ۶ اردیبهشت و ۱۱ و ۲۸ می مصادف با ۲۲ اردیبهشت و ۸ خرداد در جورجیای آمریکا مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد تاریخ کاشت بر عملکرد ارقام حساس به دوره نوری تأثیری نداشت، اما با افزایش تاریخ کاشت عملکرد ارقام روز خنثی کاهش یافت (۷). در تحقیقی گزارش شد که تأخیر ۲۰ روزه در کاشت از ۱۰ اردیبهشت منجر به کاهش ۴۶٪ عملکرد دانه در شاهدانه در شرایط اقلیمی آذربایجان شد (۵). در تحقیقی که به منظور بررسی سه تاریخ کاشت ۱۵ بهمن، ۱۵ اسفند و ۱۵ فروردین بر روی گیاه کینوا در استان گلستان انجام شد تاریخ کاشت ۱۵ بهمن از عملکرد دانه بالاتری نسبت به تاریخ کشت‌های دیگر برخوردار بود (۱۳).



شکل ۳. برهم کنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد دانه شاهدانه

آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی و مسئول محترم مزرعه تحقیقاتی این مرکز جهت همکاری در اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین از مدیرکل محترم هواشناسی خراسان جنوبی و کارشناسان این اداره جهت همکاری و دسترسی به داده‌های هواشناسی مورد نیاز در این پژوهش تشکر می‌شود.

همچنین در بین تراکم‌های مورد مطالعه نیز تراکم ۲۲/۱ بوته در مترمربع بهترین تراکم برای کاشت شاهدانه در منطقه بیرجند بود.

#### ■ سیاست‌گذاری

بدین وسیله از زحمات ریاست محترم مرکز تحقیقات و

#### ■ References

- Amaducci, S., Zatta, A., Pelatti, F., & Venturi, G. (2008). Influence of agronomic factors on yield and quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) fibre and implication for an innovative production system. *Field Crops Research*, 107(2), 161-169. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.02.002>
- Amaducci, S., Colauzzi, M., Bellocchi, G., Cosentino, S.L., Pakkala, K., Stomph, T.J., Westerhuis, W., Zatta, A., & Venturi, G. (2012). Evaluation of a phenological model for strategic decisions for hemp (*Cannabis sativa* L.) biomass production across European sites. *Industrial Crops and Products*, 37(1), 100- 110. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.11.012>
- Amanullah, K., Khattak, R.A., & Khalil, S.K. (2009). Plant density and nitrogen effects on maize phonology and grain yield. *Journal of Plant Nutrition*, 32(2), 246-260. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904160802592714>
- Asghari poor, M., Rashed mohasel, M., & Rafieii, M. (2006). The effect of plant density and nitrogen fertilizer on light interception and dry matter yield in cannabis (*Cannabis sativa* L.). *Field Crops Research*, 4(2), 217-230. DOI: 10.22067/GSC.V4I2.1263 [In Persian]

5. Bagherpour, H.R., Azizpour, K., Sameh Andabjadid, S., & Kardan, J. (2015). Effect of sowing date on yield and yield components of cannabis. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 6(4), 292-295.
6. Bremner, J.M. & Mulvaney, C.S. (1982). *Nitrogen-total. in: methods of soil analysis*. Part 2. Chemical and microbiological properties, Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. Eds., American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 595-624.
7. Coolong, T., Cassity-Duffey, K., & Joy, N. (2023). Role of planting date on yield and cannabinoid content of day-neutral and photoperiod-sensitive Hemp in Georgia, USA. *HortTechnology*, 33(1), 138-145. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH05151-22>
8. Dadian, A. (2003). *Investigation of the effect of irrigation cycle and plant density on two soybean cultivars in Markazi province*. Master Thesis in Agriculture. Islamic Azad University of Varamin. [In Persian]
9. Dadkhah, A., Kafi, M. & Rasam, Gh. (2009). The effect of planting date and plant density on growth traits, yield quality and quantity of Matricaria (*Matricaria chamomilla*). *Horticultural Sciences*, 23(2), 100-107. DOI: 10.22067/JHORTS4.V1388I2.2592 [In Persian]
10. Dadkhah, A. (2010). Salinity effect on germination and seedling growth of four medicinal plants. *Medicinal and Aromatic Plants*, 26(3), 353-369. DOI: <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2010.6797> [In Persian]
11. Dadkhah, A., Kafi, M., & Rasam, G. (2010). The effect of planting date and plant density on growth traits, yield quality and quantity of Matricaria (*Matricaria chamomilla*). *Horticultural Science*, 23(2), 100-107. DOI: 10.22067/JHORTS4.V1388I2.2592 [In Persian]
12. Edwards, J. T., Purcell, L.C., & Vories, E. D. (2005). Light interception and yield of short-season maize (*Zea mays* L.) hybrids in the Midsouth. *Agronomy Journal*, 97, 225–234.
13. Etebari, A.R., Galeshi, S., Anagholi, A., & Torabi, B. (2022). Investigating the effect of planting date and density on quinoa plant in saline and rainfed conditions. *Crop Production Journal*, 15(2), 219-236. DOI: 10.22069/EJCP.2022.19996.2489 [In Persian]
14. Faraji A., Aghajani, M. A., Latifi, N., & Rahnama, K. (2006). Effects of some agronomy factors on phenology stages, vegetative characters and incidence of sclerotinia stem rot in two genotypes of canola in gonbad area. *Agricultural Sciences and Natural Resources*, 13(2), 58-68. [In Persian]
15. Farhang Mehr, S., Akbari, S., & Rezwan Bidakhti, S. (2014). Effect of planting date and plant density on flower yield and some morphological characteristics of matricaria (*Matricaria chamomilla* L.). *Plant Ecophysiology*, 6(16), 79-87. DOI: 20.1001.1.20085958.1393.6.16.7.2 [In Persian]
16. Farooq, S., Shahid, M., Khan, M.B., Hussain, M., & Farooq, M. (2015). Improving the productivity of bread wheat by good management practices under terminal drought. *Agronomy and Crop Science*, 201(3), 173-188. DOI: <https://doi.org/10.1111/jac.12093>
17. Farooq, S., Hussain, M., Jabran, K., Hassan, W., Rizwan, M.S., & Yasir, T.A. (2017). Osmopriming with CaCl<sub>2</sub> improves wheat (*Triticum aestivum* L.) production under water-limited environments.

*Environmental Science and Pollution Research*, 24(15), 13638- 13649. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8957-x>

18. Ganjali, H. R., Ayeneh Band, A., Heidari Sharifabad, H., & Moussavi Nik, M. (2010). Effect of sowing date, plant density and nitrogen fertilizer on yield, yield component and various traits of *Calendula officinalis*. *Agricultural Science*, 9(2), 149-155.
19. Ghaffari, M., & Daneshiyan, J. (2004). *Investigation of Azargol hybrid reaction in different planting arrangements in Khoy region*. 8th Conference on Agriculture and Plant Breeding, University of Guilan, Guilan, Iran. [In Persian]
20. Golkar Hamzee Yazd, H.R, Rezayinezhad, M, Tavousi, M. (2016). Climatic zoning of south Khorasan province with GIS software. *Water and Soil Resources Conservation*, 6(1), 47-60. [In Persian]
21. Haile, B., Mohammed, A., & Woldegiorgis, G. (2015). Effect of planting date on growth and tuber yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties at Anderacha District, Southwestern Ethiopia. *International Journal of Agricultural Science and Research*, 2(6), 272-280.
22. Hall, J., Bhattarai, S.P., & Midmore, D.J. (2012). Review of flowering control in industrial hemp. *Natural Fibers*, 9(1), 23–36. DOI: <https://doi.org/10.1080/15440478.2012.651848>
23. Hamidi, A., & Dabbagh Mohammadi Nasab, A. (2001). The effect of various plant density and nitrogen use levels on phenology of two medium-maturity con (*Zae mays* L.) hybrids. *Agriculture Science*, 32(4), 857-874. [In Persian]
24. Hussain, M., Waqas-ul-Haq, M., Farooq, S., Jabran, K., & Farroq, M. (2016). The impact of seed priming and row spacing on the productivity of different cultivars of irrigated wheat under early season drought. *Experimental Agriculture*, 52(3), 477-490. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0014479716000053>
25. Jahantigh, M., & Jahantigh, M. (2022). Compare desert environments soil physical and chemical characteristics with different vegetation (Case Study: Southwestern of Sistan Region). *Human and Environment*, 60(1), 117-128. DOI: 20.1001.1.15625532.1401.20.1.8.7 [In Persian]
26. Khajehpour, M. R. (2008). *Principles and bases of agriculture*. Isfahan: University Jihad Press.
27. Khayat, M., & Gohari, M. (2009). Planting date effect on yield, seed yield, growth index and phonologic traits canola (*Brassica napus* L.) Genotypes in Ahvaz condition. *New Finding in Agriculture*, 3(3), 233-248. [In Persian]
28. Laleh, S., Jami Al-Ahmadi, M., & Parsa, S. (2018). Effect of different levels of organic and chemical fertilizers on yield, harvest index and extract percentage of hemp (*Cannabis sativa* L.). *Field Crops Research*, 15(4), 823-837. DOI: 10.22067/GSC.V15I4.54427 [In Persian]
29. Nakhzari Moghaddam, A., Rahmi Karizki, A., & Cable, A. (2014). The effects of planting date and seed size on phenology, yield and yield components of green broad bean (*Vicia faba* L.). *Crop Production*, 7(3), 217-229. DOI: 10.22069/EJCP.2022.6097 [In Persian]
30. Nielsen, R. L., Thomison, P.R., Brown, G. A., & Halter, A. L. (1994). *Hybrid maturity selection for delayed planting: Do GDD maturity ratings help?* In: Rep. Annual Corn and Sorghum Industry Res. Conf., 49<sup>th</sup>. Chicago, American.



31. Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., & Dean, L.A. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*. Circular, Vol 939 (p.19). Washington, DC: US Department of Agriculture.
32. Pauwels, J.M., Van Ranst, E., Verloo, M., & Mvondo Ze, A. (1992). *Soil science laboratory manual. methods of soil and plant analysis, equipment, management of glassware and chemicals*. Publications Agricoles No. 28, AGCD, Bruxelles.
33. Rassam, Q., Nadaf, A.M., & Sefidkon, F. (2007). The effect of planting date and plant density on yield and yield components of (*Pimpinell anisum* L.). *Research and construction and natural resources*, 75, 133-127. [In Persian]
34. Rastegar, M, A. (2008). *Cultivation of industrial plants*. Tehran: Brahmand Publications.
35. Rezvani Moghaddam, P., & Ahmadzadeh Motlagh, M. (2007). Investigation of the effect of planting date and plant density on yield and yield components of black seed in Ghaenat city. *Research and Construction in Natural Resources*, 76, 68-62. [In Persian]
36. Saadati, A., Pourtahmasebi, K., Salami, S.A., & Oladi, R. (2013). Xylem and bast fiber properties of six Iranian hemp population. *Natural Resources*, 68(1), 121-32. DOI: 10.22059/JFWP.2015.53983 [In Persian]
37. Safari, M., Aghajani, M., & Modares Sanavy, S.A. M. (2010). Effect of sowing date on phenology and morphological traits of three grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars. *Crop Sciences*, 12(4), 452-466. [In Persian]
38. Samanipoor, J., Mahmoodi, S., Samadzadeh, A.R., & Hammami, H. (2019). The impact of hemp (*Cannabis sativa* L.) plant density on critical period of weed control. *Plant Protection*, 32(4), 593-605. DOI: 10.22067/jpp.v32i4.70982 [In Persian]
39. Sengloung, T., Kaveeta, L., & Nanakorn, W. (2009). Effect of sowing date on growth and development of Thai hemp (*Cannabis sativa* L.). *Kasetsart Journal - Natural Science*, 43(3), 423-431.
40. Siadat, S.A., Modhej, A., & Esfahani, M. (2013). *Cereals production*. Mashhad: Jahad Daneshgahi Press. [In Persian]
41. Tang, K., Struik, P.C., Yin, X., Calzolari, D., Musio, S., Thouminot, C., Bjelková, M., Stramkale, V., Magagnini, G., & Amaducci. (2017). A comprehensive study of planting density and nitrogen fertilization effect on dual-purpose hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivation. *Industrial Crops and Products*, 107(15), 427-438. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.06.033>
42. Walkly, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29-38.
43. Westerhuis, W. (2016). *Hemp for textiles: plant size matters*. Wageningen University, Wageningen. Available at: <https://edepot.wur.nl/378698>. Accessed 8 Dec 2020. DOI: <https://doi.org/10.18174/378698>
44. Yazici, L., Yılmaz, G., Koçer, T., & Sakar, H. (2020). Investigation of some yield characteristics of hemp (*Cannabis sativa* L.) in tokat ecology. *Internatinal Environmental Application & Science*, 15(2), 104-108.

- 
45. Yazici, L., & Yılmaz, G. (2021). *Endüstriyel Kenevir ve Geleceği*, the 12th International Scientific Research Congress (UBAK), 17/18 ARALIK 2021, Online, Ankara.
46. Yazici, L. (2023). Optimizing plant density for fiber and seed production in industrial hemp (*Cannabis sativa* L.), *Journal of King Saud University-Science*, 35(1), 102419. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102419>
47. Zand, N., & Shakiba, M.R. (2013). Effect of plant density and nitrogen fertilizer on some attributes of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1(12), 1577-1582.