University of Birjand

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 15, No. 4, pp. 991-1003 (Winter 2023)

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.4177.1985

Original article

Effect of plant density and drought stress on important agronomic characteristics of confectionery sunflower

A. Rezaizad[1*], Sh. Arman[2], K. Sadat Asilan[3], S. Mansourifar[3]

1. Associate Professor, Horticulture Crops Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education center, AREEO, Kermanshah, Iran
2. MSc, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran
3. Associate Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran

Received 28 February 2021; Accepted 10 April 2021

Extended abstract

Introduction

In confectionary sunflower cultivation, drought stress at the stage of vegetative growth and plant density are two important variables that determine grain yield. In order to increase the 1000-seed weight and marketability of sunflower seeds, farmers usually consider plant density less than oily sunflower, and on the other hand, for more root growth and dormancy resistance due to large heads, in the vegetative growth stage of sunflower they bring drought stress to the sunflower farm. In some regions of Kermanshah province, confectionary sunflower (local cultivar Songhori) is cultivated with very low density (1-3 plants per square meter). On the other hand, farmers, based on their experiences, in the vegetative growth stage (2-6 leaves), cut off the field irrigation, and this watering interruption may take 30-45 days. The purpose of stopping irrigation in such conditions is to grow more roots and prevent lodgings of plants due to the weight of the head. In the present study, the effect of cutting irrigation at vegetative stage and plant density on yield and other agronomic characteristics of local confectionary sunflower was investigated to identify the most appropriate treatments.

Materials and Methods

The present study was conducted using split plot experiment based on randomized complete block design with three replications in the farmers' farm of Kermanshah province in 2016. Drought stress was as the main factor at three levels including severe stress, moderate stress and non-stress. The sub-factor was three levels of plant density with changes in plant space on 60 cm planting rows in the form of 20, 40 and 60 cm. Important agronomic traits including number of days to star, number of days to full flowering, stem diameter, plant height, number of leaves, leaf area, head diameter, percentage of hollow, number of seeds per head, 1000 seed weight and yield were measured according to Schneider and Miller (1981). In order to measure the grain yield of each plot, the middle row plants were harvested after removing the marginal plants (one row and one plant from the beginning and end of each plot) and the grain yield was measured after threshing. Based on the harvested area, it was converted to kilograms per hectare. In order to statistical analysis, SAS Ver 9.1 statistical software was used to analyze the variance and the means of treatments was compared by Duncan's multiple range test.

[*] Corresponding author: Abbas Rezaizad; E-Mail: arezaizad@yahoo.com

© 2022, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Results and discussion

The results of variance analysis showed that drought stress significantly reduced plant height, days to maturity, seeds per head and stem diameter and increased days to flowering. Effect of Density was significant on all studied traits except plant height and number of leaves. While increasing density, stem diameter, head diameter, number and weight of seeds per head and 1000-seed weight was decreased and the hollow percentage of head, the number of days to flowering was increased. Mean comparison of data showed that grain yield under severe and non-stress condition was 2749 and 4543 kg ha^{-1}, respectively. The highest and the lowest grain yield was belonged to plant spacing of 40 cm and 20 cm with 4599 and 3538 kg ha^{-1}, respectively.

Given the water crisis in Iran, the real value of water consumption should be considered and water loss should be prevented by using different methods in crop production. According to the mean grain yield, it can be seen that the average yield of mild drought stress (two less irrigations) is slightly different from the average yield in non-stress irrigation. The two removed irrigations in the mild stress treatment coincide with the time of grain filling of crops such as wheat, barley and canola or the cultivation of some spring crops such as corn. Irrigation in these stages is important in the grain yield of these plants. So by eliminating two irrigations after the establishment of the sunflower, the saved water can be used to irrigate other crops. On the other hand, low and high density treatments both had lower grain yield than intermediate density treatment. Plant spacing of 40 cm with high 1000-seed weight had higher grain yield than plant spacing of 20 and 60 cm, so that a plant distance of 40 cm can be recommended in confectionary sunflower. It can also be recommended that, after the establishment of the sunflower plant, by eliminating two irrigations before reproductive growth, without effective reduction of grain yield, water resources can be used for other crops such as wheat, barley and canola.

***Keywords*:** Deficit irrigation, Number of plants, Sunflower, Yield

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد پانزدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۱

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2021.4177.1985

مقاله پژوهشی

بررسی اثر تنش خشکی و تراکم بوته بر برخی خصوصیات زراعی آفتابگردان آجیلی

عباس رضایی‌زاد[1*]، شراره آرمان[2]، کمال سادات اسیلان[3]، سیروس منصوری‌فر[3]

۱. دانشیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه

۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران

۳. دانشیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
آفتابگردان
تعداد بوته
کم‌آبیاری
عملکرد

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۱۲/۱۰

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۰۱/۲۱

تاریخ انتشار:
زمستان ۱۴۰۱

۱۵(۴): ۹۹۱-۱۰۰۳

چکیده

مطالعه حاضر به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی و تراکم بوته بر عملکرد و سایر خصوصیات زراعی توده محلی آفتابگردان آجیلی در قالب آزمایش کرت‌های یک‌بار خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۶ در مزرعه زارعین استان کرمانشاه اجرا شد. تنش خشکی به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح بدون تنش، تنش متوسط و تنش شدید و فاصله بوته روی ردیف‌های کشت ۶۰ سانتی‌متری به‌عنوان عامل فرعی شامل سه سطح ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد تنش خشکی به‌طور معنی‌داری باعث کاهش ارتفاع بوته، تعداد روز تا رسیدگی، قطر ساقه، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه و از طرف دیگر سبب افزایش تعداد روز تا گلدهی شد. تراکم بر همه صفات موردبررسی به‌جز ارتفاع بوته و تعداد برگ معنی‌دار بود. با افزایش تراکم، قطر ساقه، قطر طبق، تعداد و وزن دانه در طبق و وزن هزار دانه کاهش و درصد پوکی و تعداد روز تا گلدهی افزایش یافت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تنش شدید باعث کاهش ۳۹/۵ درصدی عملکرد دانه نسبت به شرایط بدون تنش شد. نتایج نشان داد که کاهش فاصله بوته‌ها از هم به‌صورت خطی باعث افزایش عملکرد دانه نشد به‌طوری‌که عملکرد دانه در فاصله بوته ۴۰ سانتی‌متر با ۴۳۴۴ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۲۱/۲ و ۱۶/۶ درصد بیشتر از فاصله بوته ۶۰ و ۲۰ سانتی‌متر بود. به‌طورکلی با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در منطقه موردمطالعه می‌توان فاصله بوته ۴۰ سانتی‌متر و تنش خشکی متوسط قبل از رسیدن به مرحله رشد زایشی را برای حصول عملکرد مناسب در آفتابگردان آجیلی توصیه کرد.

مقدمه

ارقام زراعی آفتابگردان دارای دو تیپ روغنی و آجیلی می‌باشند. تیپ روغنی به دلیل درصد روغن بالا برای استحصال روغن مورداستفاده قرار می‌گیرد. در تیپ آجیلی درصد روغن کمتر از ۳۰ درصد است ولی درصد پروتئین بیشتر بوده و به‌منظور مصرف آجیلی مورداستفاده قرار می‌گیرد (Ziaeifard et al., 2016). در حال حاضر کشاورزان تمایل بیشتری به کشت آفتابگردان آجیلی نسبت به نوع روغنی دارند و دلیل آن درآمد بیشتر حاصل از کشت آفتابگردان آجیلی است، به‌طوری‌که متوسط سطح زیر کشت آفتابگردان آجیلی و روغنی در ایران در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ به ترتیب برابر با ۴۴۹۱۲ و ۱۴۶۱۹ هکتار بود. چنین وضعیتی در استان کرمانشاه نیز وجود دارد به‌طوری‌که سطح زیر کشت آفتابگردان آجیلی و روغنی در استان کرمانشاه در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ به ترتیب برابر با ۷ هزار و ۳۵۰ هکتار بوده است (MAJ, 2020).

در زراعت آفتابگردان آجیلی تنش خشکی در مرحله رشد رویشی و تراکم بوته دو متغیر مهم و تعیین‌کننده میزان تولید است. به‌منظور افزایش وزن هزار دانه و بازارپسندی آفتابگردان آجیلی، کشاورزان استان کرمانشاه معمولاً تراکم بوته را کمتر از آفتابگردان روغنی در نظر می‌گیرند و از طرفی برای رشد

* نگارنده پاسخگو: عباس رضایی‌زاد. پست الکترونیک: arezaizad@yahoo.com

بیشتر ریشه و مقاومت در برابر خوابیدگی ناشی از تولید طبق-های بزرگ، در مرحله رشد رویشی به آفتابگردان تنش خشکی وارد می‌کنند.

آفتابگردان ازجمله گیاهان زراعی است که ضمن بالا بودن نیاز آبی آن دارای دامنه سازگاری اقلیمی گسترده بوده و بهتر از سایر گیاهان زراعی قادر به تحمل کم‌آبی است. توانایی آفتابگردان در تحمل دوره‌های کوتاه تنش کمبود آب با کاهش عملکرد قابل‌قبول، یک خصوصیت ارزشمند در شرایط کمبود آب محسوب می‌شود. اگرچه نتیجه مستقیم کم‌آبیاری کاهش عملکرد در واحد سطح است ولی کاهش هزینه‌های تولید و بهینه شدن سود خالص، موجب جبران کاهش عملکرد می‌گردد (Ghadami Firozabadi et al., 2014). آفتابگردان دارای تحمل نسبی به تنش خشکی است ولی در شرایط تنش خشکی شدید عملکرد دانه آن به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Mubshar et al., 2018). گزارش‌های متعددی در خصوص تأثیر معنی‌دار تنش خشکی بر عملکرد دانه، عملکرد و کیفیت روغن آفتابگردان وجود دارد (Soleimanzadeh et al., 2010; Babaeian et al., 2011; Oraki and Aghaalikhana, 2012; Ibrahim et al., 2016)، اما حساسیت آفتابگردان به تنش خشکی در همه مراحل رشدی آن مشابه نیست (Mubshar et al., 2018). حساسیت آفتابگردان به تنش خشکی عمدتاً از مرحله شروع گلدهی تا پر شدن دانه است (Garcia-Lopez et al., 2014). تنش خشکی در مراحل رشدی جوانه‌زنی، گرده‌افشانی و پر شدن دانه می‌تواند تا ۵۰ درصد سبب کاهش عملکرد دانه آفتابگردان شود (Kalarani et al., 2004; Hussain et al., 2016).

یکی از عوامل مهم برای دستیابی به حداکثر عملکرد آفتابگردان انتخاب تراکم گیاهی مناسب است. با کاهش تراکم بوته، وزن هزار دانه افزایش‌یافته و موجب افزایش ارزش اقتصادی آن در صنایع آجیلی می‌شود و برعکس در تراکم‌های بالاتر به دلیل کوچک شدن اندازه دانه، درصد روغن افزایش یافته و مصرف آن در صنایع روغن‌کشی را توجیه می‌کند. این روابط متضاد اهمیت تعیین تراکم مطلوب در کشت ارقام آجیلی را بیشتر می‌کند (Ghafari, 2019).

تراکم کشت آفتابگردان را دو عامل فاصله ردیف‌های کشت و فاصله بوته روی خطوط تعیین می‌نماید. فاصله خطوط به لحاظ سازگاری با ادوات مورداستفاده و مدیریت آبیاری حائز اهمیت است و استفاده از نور، آب و مواد غذایی و درنتیجه عملکرد آفتابگردان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Gubbels and Dedio, 1989; Flenet et al., 1996).

عملکرد آفتابگردان تابع تعداد طبق در هکتار، تعداد دانه در طبق و متوسط وزن دانه است. ازآنجاکه اغلب ارقام زراعی آفتابگردان تنها یک طبق در هر بوته دارند، بنابراین افزایش تراکم بوته تا زمانی که به تعداد دانه در طبق و وزن دانه آسیب نرساند، سبب افزایش عملکرد دانه می‌گردد (Rafieiolhossaini and Salehi, 2012). اکثر ارقام اصلاح‌شده امروزی آفتابگردان تک طبق و پاکوتاه هستند. با توجه به مکانیزه بودن زراعت ارقام اصلاح‌شده جدید آفتابگردان، ایجاد تراکم بیشتر بوته در واحد سطح و درنتیجه دسترسی به عملکرد بیشتر امکان‌پذیر است؛ اما در آفتابگردان آجیلی با توجه به اینکه وزن هزار دانه یک عامل بسیار مهم در بازارپسندی است، معمولاً تراکم بوته را کمتر از ارقام روغنی در نظر می‌گیرند. در این شرایط تعداد بوته در مترمربع گاهی حتی به یک بوته در مترمربع کاهش می‌یابد درحالی‌که حد بهینه تراکم در ارقام روغنی تعداد ۷-۶ بوته در مترمربع است (Zareei Siahbidi and Rezaizad, 2017). در این شرایط ارتفاع بوته به‌شدت افزایش می‌یابد و با توجه به بزرگ بودن قطر طبق امکان خوابیدگی بوته و کاهش عملکرد دانه وجود دارد؛ بنابراین تعیین مناسب‌ترین تراکم به‌ویژه برای مصارف آجیلی آفتابگردان از اهمیت زیادی برخوردار است. در ایران با توجه به تنوع اقلیمی و تاریخ‌های مختلف کشت تراکم‌های مختلفی برای کشت آفتابگردان توصیه شده است. در بررسی تأثیر تراکم‌های ۶۵ تا ۹۰ هزار بوته در هکتار در اصفهان گزارش شده است که تا تراکم ۸۵ هزار بوته در هکتار عملکرد دانه افزایش و سپس کاهش می‌یابد (Mojiri and Arzani, 2003). در بررسی تأثیر تراکم-های ۳۸ تا ۱۰۰ هزار بوته در هکتار برای مناطق سرد سرارود کرمانشاه تراکم ۶۷ تا ۷۵ هزار بوته در هکتار و برای مناطق گرم گچساران تراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار برای ارقام روغنی توصیه شده است (Beg et al., 2007) و بر اساس گزارش غفاری (Ghafari, 2019)، کشت رقم لاکومکا در تراکم‌های ۷۵ و ۴۵ هزار بوته در هکتار به ترتیب برای تولید عملکرد روغن بالا و مصرف آجیلی در منطقه خوی آذربایجان غربی مناسب است.

شرایط اقلیمی منطقه و به‌ویژه میزان رطوبت خاک یکی از عوامل محیطی تعیین‌کننده تراکم‌های گیاهی است. با توجه به اینکه بخش وسیعی از زمین‌های زیر کشت در ایران به

شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک تعلق دارد، حصول بالاترین میزان عملکرد با حداقل آب ممکن و با تراکم‌های مناسب ضروری به نظر می‌رسد. همچنین توصیه شده است که در شرایط کمبود رطوبت خاک و تنش کم‌آبی تراکم بوته کمتر از حد طبیعی در نظر گرفته شود تا مقدار تبخیر و تعرق و تخلیه رطوبتی خاک کاهش یابد (Baradaran et al., 2013). معمولاً در شرایط محیطی مطلوب، با افزایش تراکم عملکرد دانه افزایش‌یافته و در تراکم‌های بالا ثابت می‌ماند، ولی در شرایط نامطلوب در تراکم‌های بالا عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Wade and Forman, 1988).

در بخش‌هایی از استان کرمانشاه رقم آجیلی آفتابگردان (رقم محلی سنقری) با تراکم بسیار پایین (۳-۱ بوته در مترمربع) کشت می‌شود. از طرفی کشاورزان منطقه بر اساس تجربیات خود در مرحله رشد رویشی (۶-۲ برگی) آبیاری مزرعه را قطع می‌کنند و این قطع آبیاری ممکن است ۴۵-۳۰ روز طول بکشد. هدف از قطع آبیاری در چنین شرایطی رشد بیشتر ریشه و جلوگیری از ورس بوته‌ها به دلیل سنگینی طبق است.

در مطالعه حاضر سعی شده است تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی و همچنین تراکم بوته موردبررسی قرار گیرد تا مناسب‌ترین تیمارها در این خصوص شناسایی و به کشاورزان منطقه توصیه شود.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر با استفاده از آزمایش کرت‌های یک‌بار خردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزارع کشاورزان استان کرمانشاه در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد.

تنش خشکی به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح بدون تنش، تنش متوسط و تنش شدید و فاصله بوته روی ردیف‌های کشت ۶۰ سانتی‌متری به‌عنوان عامل فرعی شامل سه سطح ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر بود. تنش خشکی به‌صورت قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد آفتابگردان اعمال شد به‌طوری‌که در شرایط تنش شدید آبیاری بعد از استقرار گیاهچه‌ها تا شروع گلدهی قطع شد و در تنش ملایم آبیاری در زمان رشد رویشی گیاه یعنی از زمان استقرار تا مرحله ستاره‌ای شدن قطع شد. هر کرت آزمایشی شامل ۴ خط به طول ۵ متر بود. رقم مورداستفاده در این مطالعه، توده محلی آفتابگردان آجیلی به نام سنقری بود که کشت آن در منطقه موردمطالعه رایج است.

محل اجرای این طرح در شهرستان صحنه در شمال شرقی استان کرمانشاه، با طول جغرافیایی ´۲۹/۵۱۵ °۴۷ شرقی و عرض جغرافیایی ´۳۴/۵۷۷ °۳۴ شمالی بود. بر اساس آمار هواشناسی سامانه اداره کل هواشناسی استان کرمانشاه (میانگین بلندمدت)، متوسط بارندگی سالانه ۴۷۷/۴ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت سالانه ۱۶/۰ درجه سانتی‌گراد، حداکثر مطلق درجه حرارت ۴۲/۴ درجه سانتی‌گراد، حداقل مطلق درجه حرارت ۱۸- درجه سانتی‌گراد، تعداد روزهای بارندگی ۶۷ و تعداد روزهای یخبندان ۵۶ است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ درج شده است.

به‌منظور آماده‌سازی زمین محل اجرای طرح ابتدا کودهای فسفات آمونیوم به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، سولفات پتاسیم به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و اوره به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با کودپاش سانتریفیوژ در سطح زمین پخش شد و سپس با گاوآهن برگرداندار زمین به عمق ۳۵-۳۰ سانتی‌متر شخم زده شد. سپس جوی و پشته‌ها با فاصله ۶۰ سانتی‌متر آماده گردید. لازم به ذکر است که کشت قبلی مزرعه مورد آزمایش، گندم آبی بود.

بعد از آماده‌سازی زمین یک نوبت آبیاری قبل از کشت انجام شد و کشت در اول خردادماه انجام شد. در این پژوهش آبیاری به روش ثقلی و بین ردیف‌های کشت انجام شد. بعد از جوانه‌زنی و سبز شدن کامل بذرها تیمارهای تنش اعمال شد به‌طوری‌که تیمار بدون تنش ۸ بار، تیمار تنش متوسط ۶ بار و تیمار تنش شدید ۴ بار، بعد از استقرار گیاه آبیاری شدند. برای کنترل علف‌های هرز وجین دستی انجام شد و در دو نوبت آبیاری آخر از کود کامل ۴۰،۱۰،۱۰ به همراه عناصر میکرو به همراه آب آبیاری هر نوبت به میزان ۵ کیلوگرم در هکتار در همه کرت‌ها استفاده شد.

صفات مهم زراعی شامل تعداد روز تا ستاره‌سو کامل، تعداد روز تا غنچه‌دهی کامل، تعداد روز تا گلدهی کامل، قطر ساقه، ارتفاع بوته، تعداد برگ، مساحت برگ، قطر طبق، درصد پوکی، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، نسبت مغز به پوست دانه و عملکرد بر اساس دستورالعمل اشنایدر و میلر (Schneiter and Miller, 1981) اندازه‌گیری شدند. تعداد بوته‌هایی که بعد از پایان مرحله گلدهی دچار خوابیدگی شده بودند در هر کرت شمارش شد. به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد

هر کرت بوته‌های دو ردیف میانی پس از حذف اثرات حاشیه‌ای (از طرفین یک ردیف و یک بوته از ابتدا و انتهای هر کرت) برداشت و وزن دانه‌ها بعد از بوجاری اندازه‌گیری شد و بر اساس مساحت برداشت‌شده به کیلوگرم در هکتار تبدیل شد. اندازه‌گیری‌های لازم از ۱۴ طبق به‌طور تصادفی از بین کل طبق‌های برداشت‌شده هر کرت انجام شد.

به‌منظور انجام محاسبات آماری از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 برای تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تیمارها به روش دانکن در سطح پنج درصد استفاده شد.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Physical and chemical characterstics of soil at experimental site

عمق نمونه‌برداری Sampling Depth	بافت خاک Soil Texture	هدایت الکتریکی Electeric Conductivity	درصد مواد خنثی شونده T.N.V.	درصد کربن آلی خاک Organic carbon	فسفر Phosphorous	پتاسیم Potassium
cm		dSm^{-1}	----------%----------		----------mg kg^{-1}----------	
0-30	Silty clay	0.7	25	1.2	12.5	255

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی بر روز تا گلدهی و رسیدگی، قطر ساقه، تعداد دانه در طبق و عملکرد معنی‌دار بود (جدول ۲). تغییر تراکم در تعداد بیشتری از صفات اختلاف معنی‌دار ایجاد کرد، به‌طوری‌که اثر تراکم غیر از ارتفاع بوته و تعداد برگ بر سایر صفات موردبررسی معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که میانگین تعداد روز تا گلدهی کامل در تیمار تنش متوسط و تنش شدید در یک گروه آماری قرار گرفتند و در تیمار بدون تنش با میانگین ۱۰۳/۶ روز، تعداد روز بیشتری نیاز بود تا به مرحله گلدهی برسد و در گروه آماری مجزایی قرار گرفت (جدول ۳). به نظر می‌رسد در تیمار تنش شدید، به علت خشکی، دسترسی گیاه به مواد فتوسنتزی کاهش‌یافته و زمان بیشتری نیاز است تا گیاه از رشد کافی برای رسیدن به مرحله گلدهی برخوردار گردد. با توجه به اینکه تنش خشکی در قسمت عمده‌ای از مرحله رشد رویشی اعمال می‌گردد سرعت رشد گیاه کاهش می‌یابد و این موضوع باعث می‌شود گلدهی با تأخیر انجام شود.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تراکم بوته و تنش خشکی بر صفات زراعی آفتابگردان آجیلی

Table 2. Results of ANOVA (mean of squares) of plant density and drought stress on agronomic characteristics of confectionary sunflower

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	تعداد روز تا گلدهی کامل Days to full Flowering	تعداد روز تا رسیدگی Days to Maturity	درصد پوکی طبق Hollow percentage of Head	تعداد دانه در طبق Seed per head	تعداد بوته‌های خوابیده Number of Lodged Plants
تکرار Replication	2	11.1^{ns}	38.5^{**}	16.2^{ns}	21928^{ns}	0.28^{ns}
تنش خشکی Drought stress (DS)	2	112.1^{**}	63.3^{**}	1.4^{ns}	303188^{*}	0.40^{ns}
اشتباه ۱ Error a	4	6.0	0.9	4.5	26143	0.64
فاصله بوته Plant distance (PD)	2	7.7^{*}	207.8^{**}	475.0^{**}	686207^{**}	1.32^{*}
فاصله بوته×تنش خشکی DS×PD	4	1.3^{ns}	9.7^{**}	9.7^{ns}	42730^{ns}	0.03^{ns}
اشتباه ۲ Error b		2.0	1.4	7.7	9083	0.36
ضریب تغییرات CV%		*1.4*	*0.9*	*22.2*	*12.2*	*32.9*

جدول ۲. ادامه

Table 2. Continued

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	قطر ساقه Stem Diameter	ارتفاع بوته Plant Height	وزن هزار دانه 1000 Seed Weight	قطر طبق Head Diameter	عملکرد دانه Grain Yield
تکرار Replication	2	3.4^{ns}	373.9^{ns}	327.2^{*}	14.4^{*}	1091477^{ns}
تنش خشکی Drought stress (DS)	2	109.8^{**}	2288.0^{*}	32.0^{ns}	5.0^{ns}	7860371^{*}
اشتباه ۱ Error a	4	5.7	306.1	40.1	1.7	563045
فاصله بوته Plant distance (PD)	2	64.6^{**}	58.4^{ns}	2883.9^{**}	217.9^{**}	2107177^{**}
فاصله بوته×تنش خشکی DS×PD	4	3.4^{ns}	131.1^{ns}	123.6^{ns}	3.8^{ns}	251733^{ns}
اشتباه ۲ Error b		2.7	190.7	41.4	2.4	278883
درصد ضریب تغییرات CV%		*8.3*	*5.9*	*5.1*	*7.2*	*13.9*

ns، * و ** به ترتیب بی‌معنی، معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: non-significant, significant at 5% and 1% levels, respectively

در پژوهش قلی‌نژاد (Golinezhad, 2014) نیز با افزایش شدت تنش خشکی، سرعت ظهور برگ و سرعت رشد در آفتابگردان کاهش معنی‌داری داشت. در مطالعه جباری و همکاران (Jabari et al., 2007) نیز تنش خشکی باعث تأخیر در زمان وقوع ۷۵ درصد گلدهی شد، به‌طوری‌که تعداد روز تا مرحله ۷۵ درصد گلدهی در تیمار آبیاری بعد از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر بیشترین مقدار بود. تنش سبب کاهش رشد گیاه و تأخیر در زمان نمو زایشی آفتابگردان می‌شود اما زمان رسیدن را تسریع می‌نماید. تراکم نیز باعث بروز اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد در تعداد روز تا گلدهی کامل شد. در مقایسه میانگین‌ها دیده می‌شود بیشترین تعداد روز تا گلدهی کامل مربوط به فاصل بوته ۲۰ سانتی‌متر با میانگین ۱۰۰/۲ روز است و کمترین مربوط به تیمار فاصله بوته ۶۰ سانتی‌متر با میانگین ۹۸/۴ روز است (جدول ۴). با کاهش تراکم بوته رقابت بر سر منابع بین بوته‌ها کمتر شده و زمان ورود به گلدهی تسریع می‌شود (Mehraban et al., 2017).

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات زراعی آفتابگردان آجیلی در سطوح مختلف تنش خشکی با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵٪

Table 3. Mean comparison of agronomic traits in confectionary sunflower at different level of drought stress using Duncan test at 5% probability level

تیمار تنش خشکی Drought stress treatment	تعداد روز تا گلدهی کامل Days to full flowering	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity	درصد پوکی طبق Hollow percentage of head	تعداد دانه در طبق Seed per head	تعداد بوته‌های خوابیده Number of lodged plants	قطر ساقه Stem diameter	ارتفاع بوته Plant height	وزن هزار دانه 1000 Seed weight	قطر طبق Head diameter	عملکرد دانه Grain yield
	------- days -------		%	------- no. -------		mm	cm	g	cm	$kgha^{-1}$
بدون تنش Non Stress	104^{4}	130^{a}	12.3^{a}	917^{a}	4.1^{a}	22.4^{a}	246^{a}	120.6^{a}	2.1^{a}	4543^{a}
متوسط Moderate	98^{b}	128^{b}	13.0^{a}	855^{a}	3.2^{a}	21.3^{a}	232^{ab}	109.5^{ab}	21.0^{a}	4100^{a}
شدید Severe	97^{a}	125^{c}	12.4^{a}	573^{b}	2.3^{a}	15.9^{b}	214^{b}	89.9^{b}	19.8^{a}	2749^{b}

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار نیستند

Means that have a common letter, have not significantly different together based on Duncan test at 5%.

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات زراعی آفتابگردان آجیلی در سطوح مختلف تنش خشکی با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵٪

Table 4. Mean comparison of agronomic traits in confectionary sunflower at different level of plant space on planting rows using Duncan test at 5% probability level

فاصله بوته‌ها بر ردیف‌های کاشت Plant distance on planting rows	تعداد روز تا گلدهی کامل Days to full flowering	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity	درصد پوکی طبق Hollow percentage of head	تعداد دانه در طبق Seed per head	تعداد بوته‌های خوابیده Number of lodged plants	قطر ساقه Stem diameter	ارتفاع بوته Plant height	وزن هزار دانه 1000 Seed weight	قطر طبق Head diameter	عملکرد دانه Grain yield
	------- days -------		%	------- no. -------		mm	cm	g	cm	$kgha^{-1}$
20cm	100^{a}	123^{c}	20.8^{a}	488^{c}	4.7^{a}	17.1^{c}	233^{a}	104.6^{b}	15.2^{c}	3623^{ab}
40cm	100^{a}	128^{b}	9.9^{b}	819^{b}	2.7^{b}	20.0^{b}	228^{a}	132.5^{a}	21.8^{b}	4344^{a}
60cm	98^{b}	132^{a}	6.9^{c}	1037^{a}	2.3^{b}	22.5^{a}	231^{a}	138.0^{a}	24.8^{a}	3424^{b}

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار نیستند

Means that have a common letter, have not significantly different together based on Duncan test at 5%.

در مورد صفت تعداد روز تا رسیدگی، مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار تنش شدید با میانگین ۱۲۴/۷ روز دارای کمترین تعداد روز تا رسیدن به این مرحله و تیمار بدون تنش با میانگین ۱۲۹/۸ روز دارای بیشترین تعداد روز بود. نتایج بیانگر این مطلب است که گیاهان در شرایط تنش کم‌آبی با سرعت بیشتری بعد از مرحله پر شدن دانه نسبت به مراحل قبل وارد مرحله رسیدگی شده‌اند که می‌تواند یک مکانیسم فرار از خشکی باشد. در بررسی انجام‌شده توسط مقدم‌خمسه و همکاران (Moghadam Khamseh et al., 2009) گزارش‌شده تنش سبب کاهش رشد گیاه و تأخیر در زمان نمو زایشی آفتابگردان گردید، اما زمان رسیدگی را تسریع کرد و علت زودرسی در شرایط کم‌آبی نوعی مکانیسم فرار از خشکی بیان شده است.

نتایج نشان داد که با افزایش فاصله بوته‌ها روی ردیف تعداد روز تا رسیدگی بیشتر می‌شود و میانگین تعداد روز تا رسیدگی در سه سطح تراکم هر یک در گروه آماری مجزایی قرار گرفتند. کمترین روز تا رسیدگی با میانگین ۱۲۲/۶ روز مربوط به فواصل بوته ۲۰ سانتی‌متر و بیشترین روز با میانگین ۱۳۲/۱ مربوط به فواصل بوته ۶۰ سانتی‌متر بود. در مطالعه زارعی سیاه‌بیدی و رضایی‌زاد (Zareei Siahbidi and Rezaizad, 2017)، گزارش شده افزایش تراکم بوته باعث زودرسی آفتابگردان شده و تراکم‌های بالاتر بوته در آفتابگردان باعث کاهش طول دوره پر شدن دانه و همچنین زودرسی می‌شود. با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل تراکم و تنش برای صفت تعداد روز تا رسیدگی، مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۵) نشان داد که بیشترین روز تا رسیدگی مربوط به تیمار بدون تنش و فاصله بوته ۶۰ سانتی‌متر با میانگین ۱۳۵/۷ روز و کمترین روز مربوط به تیمار تنش شدید و فاصله بوته ۲۰ سانتی‌متر با میانگین ۱۱۹/۳ روز بود (جدول ۴) و در هر سطح از تنش با افزایش تراکم تعداد روز تا رسیدگی کمتر شده و رسیدگی تسریع شده است. با توجه به اینکه تنش خشکی و افزایش تراکم، هر یک به‌تنهایی باعث تسریع در رسیدگی شدند، دور از انتظار نبود که اثر متقابل آن‌ها نیز باعث تسریع در رسیدگی شود و همان‌طور که در مقایسه میانگین‌ها مشاهده می‌شود اثر متقابل تنش و تراکم تسریع در رسیدگی را افزایش داده است. در شرایط تنش ملایم و بدون تنش تفاوت در تراکم بوته تفاوت بیشتری در تعداد روز تا رسیدگی ایجاد کرده است. برای مثال اختلاف تعداد روز تا رسیدگی در فاصله بوته ۶۰ و ۴۰ سانتی‌متر در شرایط بدون تنش ۷ روز است درحالی‌که چنین اختلافی در شرایط تنش شدید وجود ندارد و یا در شرایط تنش ملایم این اختلاف ۴ روز است.

یکی از صفات مهم که می‌تواند بر عملکرد آفتابگردان آجیلی تأثیر بگذارد خوابیدگی بوته‌ها است. نتایج نشان داد که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر ورس بوته‌ها نداشت اما تراکم بوته اثر معنی‌داری بر این صفت داشت. نتایج نشان داد بیشترین خوابیدگی بوته در بیشترین تراکم بوته (فاصله ۲۰ سانتی‌متر) با میانگین ۴/۷ بوته و کمترین خوابیدگی بوته در کمترین تراکم (فاصله ۲۰ سانتی‌متر) با میانگین ۲/۳ بوته وجود داشت.

به نظر می‌رسد قطر ساقه در این مورد مؤثر باشد و با توجه به اینکه در تراکم‌های بالا قطر ساقه کمتر است به علت ضعیف

بودن و مقاومت کمتر در تراکم‌های بالا با تعداد بوته‌های دارای ورس بیشتری روبرو خواهیم بود. در این خصوص نتایج نشان داد که بیشترین قطر ساقه مربوط به فواصل بوته ۶۰ سانتی‌متر با میانگین ۲۳/۵۴ میلی‌متر و کمترین قطر ساقه مربوط به فواصل بوته ۲۰ سانتی‌متر با میانگین ۱۸/۰ میلی‌متر بود. با افزایش تعداد بوته در روی ردیف‌ها، رقابت بین بوته‌ها زیاد می‌گردد و این سبب کاهش قطر ساقه می‌گردد (Baradaran et al., 2013). داشتن قطر ساقه کافی به‌ویژه در آفتابگردان آجیلی برای تحمل طبق‌های سنگین ضروری است. طی رقابت درون‌گونه‌ای گیاهان برای جذب نور بر ارتفاع ساقه خود می‌افزایند ولی با توجه به محدودیت مواد فتوسنتزی تولیدی افزایش ارتفاع ساقه در تراکم‌های بالا با کاهش قطر ساقه همراه خواهد بود (Mehraban et al., 2017). در آفتابگردان آجیلی به دلیل تراکم پایین‌تر، معمولاً قطر طبق افزایش می‌یابد و نگهداری طبق‌های بزرگ احتیاج به ساقه قوی‌تر دارد.

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی× ترکم بوته برای تعداد روز تا رسیدگی آفتابگردان آجیلی با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵٪

Table 5. Mean comparison of drought stress×plant density for days to maturity of confectionary sunflower at 5% probability level

تنش خشکی Drought Stress	فاصله بوته بر ردیف کشت Plant distance on planting rows	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity
شدید Severe	20cm	136[a]
	40cm	129[c]
	60cm	125[d]
متوسط Moderate	20cm	133[b]
	40cm	129[c]
	60cm	123[c]
بدون تنش Non-Stress	20cm	127[c]
	40cm	127[c]
	60cm	119[e]

میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار نیستند

Means that have a common letter, have not significantly different together based on Duncan test at 5%.

در خصوص قطر طبق نتایج نشان داد که میانگین قطر طبق با فواصل بوته ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر هر یک در گروه آماری مجزایی قرار می‌گیرند و با افزایش فاصله بوته روی ردیف (کاهش تراکم) قطر طبق افزایش‌یافته و با کاهش فاصله بوته روی ردیف (افزایش تراکم) قطر طبق کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین میانگین قطر طبق (۲۴/۸۴ سانتی‌متر) در فواصل ۶۰ سانتی‌متر و کمترین میانگین قطر طبق (۱۵/۲۲ سانتی‌متر) در فواصل ۲۰ سانتی‌متر به دست آمد. با کم شدن تراکم، رقابت بین‌گونه‌ای آفتابگردان کم شده و بوته‌ها از عوامل محیطی مثل نور، رطوبت و مواد غذایی به‌صورت مناسب و کامل استفاده می‌کنند و درنتیجه قطر طبق افزایش می‌یابد. در تراکم‌های بالا هم کاهش قطر طبق می‌تواند به دلیل شدت یافتن تخلیه رطوبتی خاک، وجود رقابت بین بوته¬ها و عدم تخصیص آسیمیلات کافی به بخش زایشی ازجمله طبق باشد. قطر طبق در آفتابگردان وابستگی شدیدی به عوامل محیطی ازجمله تراکم بوته دارد (Mehraban et al., 2017).

نتایج نشان داد که اثر تراکم اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد در وزن هزار دانه کرد به‌طوری‌که بیشترین وزن هزار دانه مربوط به فواصل بوته ۶۰ سانتی‌متر با میانگین ۱۳۸ و کمترین وزن هزار دانه مربوط به فواصل بوته ۲۰ سانتی‌متر با میانگین ۱۰۴/۶ گرم بود. در این بررسی با افزایش تراکم بوته وزن هزار دانه کاهش یافت. بر اساس گزارش زارعی سیاه بیدی و رضایی زاد (Zareei Siahbidi and Rezaizad, 2017)، با توجه به بزرگ‌تر بودن قطر طبق در تراکم‌های پایین‌تر، دانه‌های آفتابگردان محیط مناسب‌تری برای رشد پیداکرده و دانه‌ها درشت‌تر شده و از وزن هزار دانه بالاتری برخوردار می‌شوند. از طرفی افزایش تراکم بوته باعث کاهش تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه شده و درنتیجه وزن دانه‌ها کاهش می‌یابد. توجه به این نکته در کشت آفتابگردان آجیلی ضروری است، زیرا در آفتابگردان آجیلی دانه‌های درشت‌تر از بازارپسندی بیشتری برخوردار هستند و توجه به تراکم و انتخاب تراکم مناسب به دلیل تأثیری که در وزن هزار دانه و در نتیجه در درشت بودن دانه دارد، اهمیت زیادی دارد. وزن هزار دانه بیشترین تأثیر مستقیم را بر عملکرد دانه دارد. وزن هزار دانه به دلیل آن‌که منعکس‌کننده اندازه دانه نیز هست بر قیمت نوع آجیلی آفتابگردان تأثیر مستقیم دارد. برای مصارف آجیلی، مؤسسه ونیمک روسیه تراکم‌های ۴۵ تا ۵۰ هزار بوته در هکتار را توصیه می‌کند تا دانه‌های درشت‌تری تولید شود (Yeremenko et al., 2017). بااین‌حال باید توجه داشت که توده‌های بومی آفتابگردان در ایران ازنظر ویژگی‌های زراعی با ارقام اصلاح‌شده خارجی تفاوت عمده‌ای دارند (Ghafari and Mirzapour, 2009).

قطر ساقه ازجمله صفاتی بود که هم تحت تأثیر تنش خشکی و هم تراکم بوته قرار گرفت. قطر ساقه در شرایط آبیاری طبیعی، تنش ملایم و تنش شدید به ترتیب ۲۲/۴، ۲۱/۳ و ۱۵/۹ میلی‌متر بود. بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن قطر ساقه در شرایط آبیاری طبیعی و تنش ملایم تفاوت معنی‌داری نداشتند اما در شرایط تنش شدید قطر ساقه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. طبیعتاً اعمال تنش در مرحله رشد رویشی که ضخیم شدن ساقه نیز یکی از مؤلفه‌های آن است باعث کاهش قطر ساقه شده است. در مطالعه ایزان و همکاران (Izan et al., 2021) نیز تنش خشکی شدید و ملایم به ترتیب باعث کاهش ۱۷/۷ و ۷/۹ درصدی قطر ساقه شد. قطر ساقه به لحاظ ذخیره فراورده‌های فتوسنتزی در طول دوره رویشی و امکان انتقال این مواد در زمان پر شدن دانه‌ها نقش قابل‌ملاحظه‌ای دارد و هرقدر قطر ساقه بیشتر باشد، پتانسیل تولید مطلوب در گیاه افزایش می‌یابد (Kazemalilou et al., 2018). همانند تنش خشکی، تراکم بوته نیز تأثیر معنی‌داری بر قطر ساقه داشت و با افزایش تراکم بوته قطر ساقه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت به‌طوری‌که در فواصل بوته ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر قطر ساقه به ترتیب برابر با ۱۷/۱، ۱۹/۹ و ۲۲/۵ میلی‌متر بود. قطر ساقه معیاری از رشد رویشی است و قطر بیشتر ساقه در استحکام و مقاومت گیاه به عوامل نامساعد محیطی نقش مهمی دارد. به‌ویژه در آفتابگردان آجیلی قطر ساقه ازنظر توانایی نگهداری طبق‌های بزرگ و عدم ورس در این شرایط از اهمیت زیادی برخوردار است.

تعداد دانه در طبق نیز ازجمله صفاتی بود که به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی شدید کاهش یافت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تعداد دانه در طبق در شرایط آبیاری طبیعی، تنش ملایم و تنش خشکی به ترتیب برابر با ۹۱۷، ۸۵۵ و ۵۷۳ بود. این نتایج نشان داد که تنش خشکی شدید باعث کاهش معنی‌دار تعداد دانه در طبق شده است، درحالی‌که تنش ملایم تغییر معنی‌داری در تعداد دانه در طبق ایجاد نکرده است. در مطالعه دربانی و همکاران (Darbani et al. 2021)، تعداد دانه در طبق به‌عنوان یک جزء مهم عملکرد آفتابگردان در شرایط نرمال و تنش خشکی معرفی شده است. در تحقیق مورداشاره بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه ازنظر تعداد دانه در طبق تنوع زیادی وجود داشت که وجود این پتانسیل ژنتیکی می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی آفتابگردان به کار گرفته شود. نتایج نشان داد که میانگین تعداد دانه در طبق در فواصل بوته ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر به ترتیب ۵۱۳، ۸۶۵ و ۱۰۹۲ عدد بود. قبلاً وجود یک همبستگی منفی نسبتاً قوی بین تراکم و تعداد دانه در طبق گزارش شده است و کاهش تعداد دانه در طبق در اثر افزایش تراکم بوته، ناشی از کاهش قطر طبق در نتیجه رقابت بالای گیاه اعلام شده است (Valadabadi et al., 2009).

عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال، تنش ملایم و تنش شدید به ترتیب برابر با ۴۵۴۳، ۴۱۰۰ و ۲۷۴۹ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها به روش دانکن نشان داد که عملکرد دانه به‌عنوان مهم‌ترین صفت مورد ارزیابی تحت شرایط تنش خشکی شدید به‌طور معنی‌داری کاهش یافت اما عملکرد در شرایط آبیاری طبیعی با عملکرد در شرایط تنش ملایم تفاوت معنی‌داری نداشت. این نتایج نشان‌دهنده کاهش ۳۹/۵ درصدی عملکرد در شرایط تنش شدید نسبت به شرایط بدون تنش است. این نتایج نشان داد که می‌توان در مرحله رشد رویشی آفتابگردان از تنش ملایم همانند آنچه در منطقه موردمطالعه کاربرد دارد برای مقاوم‌سازی آفتابگردان به تنش خشکی، رشد بیشتر ریشه و صرفه‌جویی در آب استفاده کرد. اصولاً آفتابگردان دارای تحمل نسبی به تنش خشکی است ولی در شرایط تنش خشکی شدید عملکرد دانه آن به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (Mubshar et al., 2018). حساسیت آفتابگردان به تنش خشکی عمدتاً از مرحله شروع گلدهی تا پر شدن دانه است (Garcia-Lopez et al., 2014) و همچنان که در مطالعه حاضر نیز مشهود بود تنش‌های ملایم در مرحله رشد رویشی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت.

نتایج نشان داد که اثر تراکم روی میزان عملکرد به‌عنوان مهم‌ترین صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نشان داد که میانگین عملکرد دانه در فواصل بوته ۲۰ و ۶۰ سانتی‌متر در یک گروه آماری قرار دارند و میانگین عملکرد فواصل بوته ۴۰ سانتی‌متر در گروه آماری مجزایی قرار می‌گیرد. بیشترین عملکرد مربوط به فواصل بوته ۴۰ سانتی‌متر با میانگین ۴۳۴۴ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد مربوط به فواصل بوته ۶۰ سانتی‌متر با میانگین ۳۴۲۴ کیلوگرم در هکتار است. با توجه به اینکه اثر تراکم بر اجزای عملکرد آفتابگردان، یعنی وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق معنی‌دار بود، پس اثر تراکم بر عملکرد هم معنی‌دار بود. فاصله بوته ۴۰ سانتی‌متر و فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر موجب تراکم بوته ۴۲ بوته در هکتار می‌شود. غفاری

(Ghafari, 2019) نیز در مطالعه‌ای، تراکم ۴۵ و ۷۵ هزار بوته را به‌عنوان تراکم‌های مناسب به ترتیب برای مصارف آجیلی و روغنی رقم لاکومکا معرفی کرد. در فواصل بوته ۶۰ سانتی‌متر باوجود بالا بودن وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق، به عبارتی بالا بودن عملکرد تک بوته، به علت کم بودن تعداد بوته در واحد سطح، عملکرد کل کاهش می‌یابد. در فواصل بوته ۲۰ سانتی‌متر به علت کم بودن عملکرد تک بوته، عملکرد کل کاهش می‌یابد. کاهش عملکرد دانه در کمتر و بیشتر از یک محدوده خاص در آفتابگردان نشان‌دهنده آن است که واکنش این گیاه نسبت به تراکم از نوع مطلوب است. در این‌گونه گیاهان در یک محدوده خاص ضمن استفاده از عوامل مؤثر در تولید، رقابت درون و بین بوته‌ای به حداقل رسیده و برآیند اثر متقابل اجزاء عملکرد به‌صورت عملکرد دانه در بالاترین مقدار خود قرار دارد (Pourrezai et al., 2010).

در این مطالعه بالاترین عملکرد دانه در فواصل بوته ۴۰ سانتی‌متر به‌دست‌آمده است. باید در نظر داشت که ممکن است نتایج مطالعه حاضر در خصوص اثر تراکم بر عملکرد دانه توده بومی آفتابگردان با مصرف آجیلی، در مورد ارقام جدید روغنی که معمولاً پاکوتاه هم هستند صدق نکند چراکه ارقام جدید روغنی به سبب پاکوتاهی واکنش مناسبی به تراکم بالا از خود نشان می‌دهند و هرچند ممکن است در تراکم پایین برخی اجزای عملکرد افزایش یابد اما این افزایش نمی‌تواند کاهش در جزء مهم عملکرد، یعنی تعداد طبق در واحد سطح را جبران کند. در این خصوص، نتایج مطالعه قلندری و همکاران (Ghalandari et al, 2011) و سوزر (Suzer, 2010) نشان داد که قطر طبق، وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق در تراکم‌های پایین ۶ و ۸ بوته در مترمربع نتوانست کاهش تعداد طبق در واحد سطح را جبران کند و در نتیجه عملکرد هیبریدهای موردبررسی آفتابگردان در تراکم‌های بالا ۱۰ و ۱۲ بوته در مترمربع بیشتر بود.

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به بحران آب و وضعیت ایران که در بحران شدید آبی قرار دارد بایستی ارزش واقعی آب مصرفی در نظر گرفته شود و با استفاده از روش‌های مختلف از هدررفت آب جلوگیری شود. با توجه به میانگین عملکردها مشاهده می‌شود میانگین عملکرد تنش ملایم (دو نوبت آبیاری کمتر) با میانگین عملکرد در آبیاری بدون تنش تفاوت معنی‌داری نداشت. دو نوبت آبیاری حذف‌شده در تیمار تنش ملایم مصادف با زمان دانه‌بندی محصولاتی مانند گندم، جو و کلزا و کشت برخی محصولات بهاره مانند ذرت است، که وجود آب در این مراحل در عملکرد این گیاهان اهمیت دارد. پس با حذف دو نوبت آبیاری بعد از استقرار گیاه آفتابگردان آجیلی می‌توان از آب صرفه‌جویی شده در آبیاری محصولات دیگر بهره جست. از طرفی با کم شدن تراکم، عملکرد تک بوته (وزن دانه‌ها در یک طبق) افزایش داشت، اما با توجه به تعداد بوته در واحد سطح، تراکم کم و تراکم زیاد هر دو عملکرد کمتری نسبت به تراکم بینابین داشتند. با توجه به اینکه اجزای عملکرد دانه آفتابگردان شامل سه جزء تعداد طبق در واحد سطح، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه است، افزایش تراکم تا حدی که باعث کاهش وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق نشود می‌تواند افزایش عملکرد را در پی داشته باشد. در تراکم‌های پایین باوجود بالا بودن تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه، به دلیل کاهش تعداد طبق در واحد سطح عملکرد کل کاهش می‌یابد. در این مطالعه فواصل بوته ۴۰ سانتی‌متر با وزن هزار دانه بالا عملکرد بیشتری نسبت به فواصل بوته ۲۰ و ۶۰ سانتی‌متر داشتند. وزن هزار دانه علاوه بر اینکه به‌عنوان یکی از اجزای عملکرد در میزان عملکرد تأثیر مستقیم دارد، در بازارپسندی آفتابگردان آجیلی نیز اهمیت بسیاری دارد. پس با انتخاب تراکم مناسب می‌توان با وجود صرفه‌جویی در آب، به عملکرد دانه مناسب دست‌یافت. به‌طورکلی با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در منطقه موردمطالعه می‌توان فاصله بوته ۴۰ سانتی‌متر را به‌عنوان یک فاصله بوته مناسب برای حصول عملکرد مناسب توصیه کرد. همچنین می‌توان توصیه کرد در صورت لزوم، بعد از استقرار گیاه آفتابگردان با حذف دو نوبت آبیاری قبل از رسیدن به مرحله ستاره سو و رشد زایشی، بدون کاهش مؤثر عملکرد می‌توان از منابع آبی برای سایر محصولات مانند گندم، جو و کلزا در مراحل مهم و حساس رشدی در منطقه موردمطالعه استفاده کرد.

منابع

Babaeian, M., Piri, I., Tavassoli, A., Esmaeilian, Y., Gholami, H., 2011. Effect of water stress and micronutrients (Fe, Zn and Mn) on chlorophyll fluorescence, leaf chlorophyll content and sunflower nutrient uptake in Sistan region. African Journal of Agricultural Research. 6, 3526–3531.

Baradaran, R., Fanaei, H.R., Sargezi, M., 2013. Investigating the effect of bush condensation in different moisture regimes on the qualitative and quantitative characters of sunflower in circumstances of Sistan. New Finding in Agriculture. 7, 227-239. [In Persian with English Summary].

Beg, A.S.S.P., Pourdad, S.S., Alipour, S., 2007. Row and plant spacing effects on agronomic performance of sunflower in warm and semi-cold area of Iran. Helia. 30, 99-104.

Darbani, S.P., Mehrabi, A.A., Pordad, S.S., Maleki, A. Farshadfar, M., 2021. Evaluation of reaction of sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes in terms of yield and yield components under water stress conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences. 13, 1063-1075. [In Persian with English Summary].

Flenet, F., Kiniry, J.R., Board, J.E., Westgate, M.E., Reicosky, D.C., 1996. Row spacing effects on light extinction coefficients of corn, sorghum, soybean, and sunflower. Agronomy Journal. 88, 185-190.

Garcia-Lopez, J., Lorite, I.J., Garcia-Ruiz, R., Dominguez, J., 2014. Evaluation of three simulation approaches for assessing yield of rainfed sunflower in a Mediterranean environment for climate change impact modelling. Climate Change. 124, 147–162.

Ghadami Firouzabadi, A., Raeini, M., Shahnazari, A., Zare Abyane, H., 2014. Variation of chlorophyll, leaf area index and root parameters of sunflower under, regulated deficit and partial root zone drying irrigation. Plant Production Technology. 14, 69-79. [In Persian with English Summary].

Ghafari, M., 2019. Relationship between agronomic characteristics and plant density in dual purpose oil-confectionery type sunflower. Crops Improvement. 21, 1-12. [In Persian with English Summary].

Ghafari, M., Mirzapour, M., 2009. Agronomic characteristics and heritability in local confectionary sunflower. Journal of Research in Crop Science. 3, 95-106. [In Persian with English Summary].

Ghalandari, R., Rahimzadehkhoei, F., Toorchi, M., Behtari, B., 2011. Effect of plant density on morphological trait and yield in three sunflower hybrids as second cropping. Journal of Research in Crop Sciences. 2, 37-48. [In Persian with English Summary].

Gholinezhad, E., 2014. Effect of drought stress, plant density and nitrogen rates on morphophysiological and quality traits of sunflower in urmia climate conditions. Research in Crop Ecosystems. 1, 41-58. [In Persian with English Summary].

Gonzalez-Dugo, V., Durand, J.L., Gastal, F., 2010. Water deficit and nitrogen nutrition of crops. A review, Agronomy for Sustainable Development. 30, 529-544.

Hussain, R.A., Ahmad, R., Nawaz, F., Ashraf, M.Y., Waraich, E.A., 2016. Foliar NK application mitigates drought effects in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Acta Physiologiae Plantarum. 38, 1–14.

Ibrahim, M.F.M., Faisal, A., Shehata, S.A., 2016. Calcium chloride alleviates water stress in sunflower plants through modifying some physio-biochemical parameters. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences. 16, 677–693.

Izan,T., Javanmard, A., Shekari, F., Sabaghnia, N., abbasi, A., 2021. Evaluation of yield, yield components and some physiological traits of sunflower with integrative application of biological, Chemical, and organic fertilizers under different irrigation levels. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 30, 87-111. [In Persian with English Summary].

Jabari, H., Akbari, GH., Daneshian, J., Allah Dadi, I., Shahbazian, N., 2007. Effect of deficit water stress on agronomic characteristics of sunflower hybrids. Journal of Agriculture. 9, 13-22. [In Persian with English Summary].

Kalarani, M.K., Senthil, A., Thangaraj, M., 2004. Effect of water stress on morpho-physiological traits of sunflower (*Helianthus annus* L.) genotypes. Madras Agricultural Journal. 91, 239–24.

Kazemalilou, S., Najafi, N., Reyhanitabar, A., 2018b. Increasing the yield and yield components of sunflower by integrated

application of phosphorus and sewage sludge under optimum and limited irrigation conditions. Journal of Water and Soil. 31, 1637-1650.

MAJ (Iranian Ministry of Agriculture), 2020. Crop production. Agriculture of Statistic Database. Agriculture Products. Ministry of Jihad-e-Agriculture. 1, 97 p. [In Persia] Available online at http//www.agrijahad.ir.

Mehraban, A., Kamali Deljoo, A., Azizian Shermeh, O., 2017. The effect of planting pattern on phenological and morphological traits of sunflower in Zahak region. Agroecology Journal. 1, 59-67. [In Persian with English Summary].

Moghadam Khamseh, A., Amini Dehaghi, M., Daneshian, J., Jabari, H., 2009. Evaluation of agronomic characteristics and yield of new sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) under deficit water stress conditions. Journal of Agronomy Sciences. 3, 1-12. [In Persian with English Summary].

Mojiri, A., Arzani, A., 2003. Effect of nitrogen rate and plant density on yield and yield components of sunflower. Journal of Water and Soil Science. 7, 115-125. [In Persian with English Summary].

Mubshar, H., Shahid F., Waseem, H., Sami, U., Mohsin, T., Muhammad, F., Ahmad, N., 2018. Drought stress in sunflower, physiological effects and its management through breeding and agronomic alternatives. Agricultural Water Management. 201, 155-166.

Oraki, H., Aghaalikhana, M., 2012. Effect of water deficit stress on proline contents, soluble sugars, chlorophyll and grain yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. African Journal Biotechnology. 11, 164–168. [In Persian with English Summary].

Pourrezaei, M., Siadat, A., Tohidi, M., 2010. Investigation of the effect of planting pattern on yield and yield components of two oil sunflower cultivars in Dezful. Journal of Plant Production Science. 6, 83-94. [In Persian with English Summary].

Rafieiolhossaini, M., Salehi, F., 2012. Effect of plant density on seed yield and agronomic traits in sunflower cultivars at Shahrekord region. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi). 97, 91-98. [In Persian with English Summary].

Rezaeizad, A., Parvin, S., Shoshtari, L., 2018. Genetic analysis of yield and its components in sunflower lines under normal and drought stress conditions. Environmental stress in Crop Sciences. 11, 93-105. [In Persian with English Summary].

Schneiter, A.A., Miller, J.E., 1981. Description of sunflower growth stages. Crop Science, 21, 401-403.

Soleimanzadeh, H., Habibi, D., Ardakani, M.R., Paknejad, F., Rejali, F., 2010. Effect of potassium levels on antioxidant enzymes and malondialdehyde content under drought stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.). American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 5, 56–61.

Suzer, S., 2010. Effects of nitrogen and plant density on dwarf sunflower hybrids. Helia. 33, 207-214.

Valad Abadi, S.A., Moradi Aghdam, A., Daneshian, J., Zakerin, H.R., Ghafari, M., Roshdi, L., 2009. Effect of plant density on phonology and agronomic characteristics of confectionary sunflower under limited irrigation conditions. Plant and Ecosystem. 13, 90-106. [In Persian with English Summary].

Wade, L.J., Foreman, J.W., 1988. Density multiply maturity interactions for grain yield in sunflower. Australian Journal of Experimental Agriculture. 28, 623-627.

Yeremenko, O., Kalenska, S., Kiurchev, S., Rud, A., Chynchyk, O., Semenov, O., 2017. Sunflower productivity under the effect of plant growth regulator in the conditions of insufficient moisture. Scientific achievements in agricultural engineering, agronomy and veterinary medicine. 1, 196-217.

Zareei Siahbidi, A., Rezaizad, A., 2017. Effect of plant density on agronomic characteristics of new sunflower hybrids in summer cropping. Seed and Plant. 2-32, 31-45. [In Persian with English Summary].

ZiaeiFard, R., Davishzadeh, R., Virnosi, A., 2016. Study of genetic diversity of agro-morphological traits in confectionery sunflower (*Helianthus annuus* L.) populations using multivariate statistical techniques. Journal of Plant Breeding. 17, 42-54. [In Persian with English Summary].