Advanced Technologies in Water Efficiency
homepage:https://atwe.razi.ac.ir
Online ISSN:2783-4964

Effects of deficit irrigation on, quantity, quality characteristics and water productivity in Grain Maize (KSC 706) in Kermanshah

Meisam Palash [1], Ali Bafkar[2]✉, Bahman Farhadi Bansouleh[3], Mokhtar Ghobadi[4]

[1] M. Sc graduated of irrigation and drainage, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: meisampalash1371@gmail.com

[2] Corresponding Author, Assistant professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: alibafkar@yahoo.com

[3] Assistant professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: bfarhadi2001@yahoo.com

[4] Associate Professor, Department of Plant Production Engineering and Genetics, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: ghobadi.m@razi.ac.ir

ABSTRACT

Introduction

Maize is one of the most important crops that in addition to food supply and livestock products, plays an important role in creating employment in the agricultural, industrial and commercial sectors. Maize ranks third in the world in terms of area under cultivation (after wheat and rice) and second in terms of yield (after sugarcane). It is also a rich source of oil and protein, which provides between 8% to 15% of the protein needed by the world. Despite the severe limitation of water resources and the occurrence of frequent droughts, this plant, which also needs a lot of water, is cultivated in most parts of Iran. Since the price of water and energy in Iran is not significant, farmers cultivate crops outside the appropriate cropping pattern of the region.

Methodology

This study was conducted to investigate the effects of deficit irrigation on quantitative and qualitative characteristics and water use efficiency of grain maize (KSC 706 cultivar) in Kermanshah, in 2017 in a randomized complete block design with four irrigation treatments (100, 120, 80, and 60% of field capacity) and three replications were designed and applied by furrow irrigation method. Due to the lack of rainfall at the time of the study, the net irrigation requirement of the control treatment was calculated by adding the values of daily evapotranspiration between the two irrigations. According to the controlled conditions of the study and the short length of furrows, irrigation efficiency was assumed to be 90%, and based on this, the gross irrigation requirement of the control treatment was calculated. The irrigation requirement of other treatments was defined as a coefficient of irrigation requirement of the control treatment. The reason for choosing over-irrigation treatment was insufficient uncertainty about the method of irrigation requirement calculation (FAO-Penman-Monteith equation) in the study area. Irrigation was performed as a closed-end furrow with a 7-day irrigation cycle using a volume meter.

Results and Discussion

Results indicated significant effects of deficit- irrigation on crop yield (grain and biomass), leaf area index, harvest index, canopy cover, seed oil content, the weight of plant organs (stem, leaf, and ear), number of seeds per ear, ear length, and water use efficiency in terms of grain, biomass, and fat. The effect of water stress on maize characteristics was different during the various stages of the growth period. The effect of water stress was greater at the end of the growth period (grain filling stage). Treatment of 40% deficit- irrigation with 3631 kg/ha, 12143 kg/ha, 216.66 g, and 288 g, respectively, grain yield, biomass yield, 1000-seed weight, and the number of grains per ear reduced 69, 49, 11, and 21% respectively compared to the control treatment. The maximum crop water productivity in terms of grain, biomass, and fat were 1.15, 2.74, and 0.0488 kg/ha, respectively was observed in over-irrigation treatment. According to the results of this study, the application of deficit irrigation on maize (cultivar of KSC 706) is not recommended in Kermanshah.

Conclusion

The sensitivity of grain maize to water stress is less in the early stages of the growing season and gradually increases from the middle of the growing season and reaches its maximum at the time of pollination and seed formation. Therefore, in this region, deficit irrigation strategy can be recommended with caution at the beginning of its growth period (vegetative growth stage) only to use maize biomass. In this study, although water stress increased the quality of corn grain by affecting its oil percentage, but did not increase the overall oil yield. According to the crop water productivity index (in terms of grain, biomass, and seed oil), it can be said that deficit irrigation has reduced this index and the maximum amount of this index was allocated to over-irrigation treatment.

Keywords: Maize, deficit irrigation, Water Productivity, Biomass, fat
Article Type: Research Article

Article history: Received 13 July 2021 **Revised:** 27 August 2021 **Accepted:** 23 September 2021 **ePublished:** 29 May 2022

Cite this article: Palash, M., Bafkar, A., Farhadi Bansouleh, B., & Ghobadi, M. (2022). Effects of deficit irrigation on, quantity, quality characteristics and water productivity in Grain Maize (KSC 706) in Kermanshah, *Advanced Technologies in Water Efficiency*, 2(1), 16-37. DOI: 10.22126/ATWE.2021.6686.1003

Publisher: Razi University
© The Author(s).

فناوری های پیشرفته در بهره وری آب

وبگاه نشریه: https://atwe.razi.ac.ir شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۹۶۴

بررسی اثرات کم‌آبیاری بر خصوصیات کمی، کیفی و بهره‌وری آب در ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۶ در کرمانشاه

میثم پالاش[۱]، علی بافکار[۲] ✉، بهمن فرهادی بانسوله[۳]، مختار قبادی[۴]

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: meisampalash1371@gmail.com

[۲] نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: alibafkar@yahoo.com

[۳] استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: bfarhadi2001@yahoo.com

[۴] دانشیار گروه مهندسی ژنتیک و تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: ghobadi.m@razi.ac.ir

چکیده

این مطالعه جهت بررسی اثرات کم‌آبیاری بر روند رشد، خصوصیات کمی، کیفی و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای در کرمانشاه، در فصل زراعی ۱۳۹۶ در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و با چهار تیمار (۱۲۰،۱۰۰ ، ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه) و سه تکرار طراحی و به روش آبیاری جویچه‌ای انجام شد. نتایج نشان داد اثرات کم‌آبیاری بر عملکرد دانه، زیست‌توده، شاخص سطح برگ، شاخص برداشت، تاج پوشش گیاهی، عملکرد روغن دانه، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک بلال، تعداد دانه در بلال، طول بلال، بهره‌وری مصرف آب نسبت به دانه، بهره‌وری مصرف آب نسبت به زیست‌توده و بهره‌وری مصرف آب نسبت به چربی معنی‌دار بود. میزان تأثیر تنش آبی بر خصوصیات ذرت در بازه‌های زمانی مختلف دوره رشد آن متفاوت بود و در اواخر دوره رشد (مرحله پر شدن دانه) تأثیر تنش آبی بیشتر بود به‌طوری‌که اعمال تنش ۴۰ درصد کم‌آبی در صفات عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، وزن هزار دانه و تعداد دانه در بلال به ترتیب با مقادیر ۳۶۳۱ کیلوگرم، ۱۲۱۴۳کیلوگرم، ۲۱۱/۶۶ گرم و ۲۸۸ عدد باعث کاهش ۶۹، ۴۹، ۱۱ و ۲۱ درصدی نسبت به تیمار شاهد گردید. مقدار بیشینه کارایی مصرف آب نسبت به عملکرد دانه، زیست‌توده و چربی در تیمار بیش‌آبیاری به ترتیب معادل ۱/۱۵ ، ۲/۷۴ و ۰/۰۵۴۸کیلوگرم بر هکتار به‌دست آمدند. لذا، کم‌آبیاری ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۶ در کرمانشاه توصیه نمی‌شود.

واژه‌های کلیدی: ذرت دانه‌ای، کم‌آبیاری، کارایی آب، زیست‌توده، چربی

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

سابقه مقاله: دریافت: ۲۲ تیر ۱۴۰۰ **اصلاح:** ۰۵ شهریور ۱۴۰۰ **پذیرش:** ۰۱ مهر ۱۴۰۰ **چاپ الکترونیکی:** ۰۸ خرداد ۱۴۰۱

استناد: پالاش، م.، بافکار، ع.، فرهادی بانسوله، ب و قبادی، م (۱۴۰۱). بررسی اثرات کم‌آبیاری بر خصوصیات کمی، کیفی و بهره‌وری آب در ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۶ در کرمانشاه، *فناوری‌های پیشرفته در بهره‌وری آب*، ۲(۱)، ۳۷-۱۶ ، شناسه دیجیتال: 10.22126/ATWE.2021.6686.1003

ناشر: دانشگاه رازی © نویسندگان.

مقدمه

ذرت از مهم‌ترین محصولات کشاورزی است که علاوه بر تأمین مواد غذایی و فرآورده‌های دامی، در اشتغال‌زائی بخش‌های کشاورزی، صنعت و بازرگانی نقش مهمی ایفا می‌کند (صابری و همکاران، ۱۳۸۵). ازلحاظ سطح زیر کشت در بین گیاهان زراعی دنیا، ذرت پس از گندم و برنج مقام سوم و ازنظر میزان عملکرد، بعد از نیشکر مقام دوم را به خود اختصاص داده است. همچنین این گیاه منبع غنی از روغن و پروتئین است که بین ۸ تا ۱۵ درصد پروتئین مورد نیاز دنیا را تأمین می‌نماید (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۸). به دلیل حساس بودن گیاه ذرت به کم‌آبی (کاکیر[1] ۲۰۰۴)، یکی از مهم‌ترین مشکلات زارعین در مناطق خشک و نیمه‌خشک، فراهم ساختن شرایط مطلوب خصوصاً تأمین آب کافی در طول دوره رشد است (رشیدی و رضا دوست، ۱۳۸۴). خشکی، خطر جدی برای تولید موفقیت‌آمیز محصولات زراعی در سرتاسر جهان است. طبق آمار موجود، مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان تقریباً ۴۴/۷ میلیون کیلومترمربع را شامل می‌شوند که حدود ۳۹ درصد (۱۷/۴ میلیون کیلومترمربع) آن به مناطق نیمه‌خشک اختصاص دارد. تقریباً حدود ۹۰ درصد مناطق خشک جهان در ۲۷ کشور ازجمله ایران قرار دارد(محمدی ده بالای، ۲۰۱۳). ایران کشوری است که متوسط بارندگی آن حدود یک‌سوم متوسط بارش جهانی است و ازنظر منابع آب به‌شدت در تنگنا است. ظهور ناکافی گیاهچه‌ها و استقرار نامناسب، از عوامل محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان به‌ویژه در مناطق با بارندگی کم است (ناوات و همکاران[2] ۲۰۱۳). لذا بهبود کارایی مصرف آب مبتنی بر تولید بیش‌تر در بخش کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (هوگنبوم و همکاران[3] ۲۰۰۴). تنش‌های خشکی و محدودیت‌های آبی یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی است. به‌طوری‌که وقوع تنش‌های کم‌آبی در مراحل مختلف رشد گیاه سبب اختلال در مراحل رشد و نموی گیاه می‌گردد (اسکندری و کاظمی، ۲۰۱۹). تنش کم‌آبی بر اجزای عملکرد به‌ویژه تعداد مخازن تشکیل‌شده در گیاه یا دانه‌ها اثرات منفی شدیدی دارد و باعث کاهش تعداد آن‌ها می‌شود (فرجام و همکاران، ۲۰۱۴) تنش کم‌آبی کارایی مصرف آب را کاهش می‌دهد (الکایسی و همکاران[4] ۲۰۰۳). مقدار خسارت حاصل از تنش‌های خشکی به گونه زراعی، شدت تنش و مراحل رشد وقوع تنش در گیاهان دارد (جیان یانگ و همکاران[5] ۲۰۱۷). حساس‌ترین مراحل رشد گیاهان به تنش‌های خشکی مرحله گلدهی و دانه‌بندی است (محمد و همکاران، ۲۰۱۶).

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

تحقیقات زیادی بر تأثیر کم‌آبیاری بر کمیت و کیفیت محصولات مختلف زراعی و همچنین کارایی مصرف آب صورت گرفته است که در ادامه به آن‌ها پرداخته می‌شود. خلیل وند و همکاران(۱۳۸۸) به بررسی تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان در تراکم‌های مختلف کشت پرداختند. نتایج نشان داد که اعمال تنش کمبود آب باعث کاهش معنی‌داری در صفات وزن صد دانه، عملکرد دانه در تک بوته و در واحد سطح، درصد روغن و عملکرد روغن در واحد سطح گردید. اردلان و همکاران (۱۳۹۱) جهت بررسی اثر تنش کم‌آبیاری و شیوه‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم ذرت (SC 704 و SC 700) تحقیقی را انجام دادند. در این تحقیق تحت شرایط تنش خشکی و سه روش آبیاری، آزمایشی در مزرعه آزمایشی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج انجام شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنش خشکی اثر معنی‌دار بر روی عملکرد و اجزای عملکرد داشت، به‌طوری‌که با افزایش تنش صفاتی نظیر عملکرد دانه، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، تعداد دانه در هر بلال، وزن هزار دانه، طول دانه ذرت، طول بلال و... کاهش یافت. احمد پور و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی اثرات کم‌آبیاری بر روند رشد و خصوصیات کمی و کیفی ذرت دانه‌ای در کرمانشاه پرداختند. نتایج نشان داد اثرات کم‌آبیاری بر عملکرد دانه، بیومس، وزن ساقه، وزن بلال، وزن برگ، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال و عملکرد پروتئین و روغن دانه معنی‌دار بود. گلستانی و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی چهار سطح تنش از نرمال تا خشکی شدید دریافتند که عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشته و نیز با افزایش تنش، صفات کاهش معنی‌دار بیش‌تری پیدا می‌کنند. بیگلوئی و همکاران (۱۳۹۲) در تحقیقی اثر چهار تیمار آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تخلیه رطوبت قابل‌دسترس خاک و تیمار بدون آبیاری) را در ذرت مورد بررسی قراردادند، بر اساس نتایج به‌دست‌آمده با اعمال کم‌آبیاری بر اساس ۷۵ درصد تخلیه رطوبت قابل‌دسترس خاک، می‌توان ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب، بدون کاهش معنی‌دار در عملکرد ماده خشک و میزان پروتئین کل، کشت ذرت علوفه‌ای را توسعه داد. در گزارشی بیان شد کم‌آبیاری، در اوایل رشد رویشی، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته ، سرعت رشد گیاه و ماده خشک را در گیاه ذرت

[1] Cakir
[2] Nawaz et al
[3] Hoogenboom et al
[4] Al-Kaisi et al
[5] Jian-yong et al

به مقدار کمی کاهش می‌دهد و در مرحله رشد زایشی باعث کاهش شدید این شاخص‌ها می‌شود (پاندی و همکاران[1] ۲۰۰۰). هاگ و همکاران(۲۰۰۳) در بررسی اثر تنش رطوبتی بر ذرت اظهار نمودند که عملکرد دانه در شرایط تنش متوسط و شدید در سال ۲۰۰۰ به ترتیب ۶۳ و ۸۵ و در سال ۲۰۰۱ به ترتیب ۱۳ و ۲۶ درصد کاهش یافت. میرشکار نژاد و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی تأثیر تاریخ کاشت و رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و راندمان مصرف آب در ذرت دانه‌ای پرداختند. نتایج نشان داد که انتخاب تاریخ کاشت زودهنگام ذرت دانه‌ای و پرهیز از آبیاری‌های مازاد بر نیاز گیاه برای دستیابی به حداکثر عملکرد بهینه و بهبود راندمان مصرف آب حائز اهمیت می‌باشند.کریمی و همکاران(۱۳۹۸) به بررسی اثر قطع آبیاری بر عملکرد دانه و خصوصیات فیزیولوژیکی ذرت(Zea mays L., S.C.704) پرداختند نتایج نشان داد که مراحل اولیه و مرحله آخر دوره رشد دارای کمترین حساسیت به قطع آبیاری بود و تأخیر در آبیاری تا سه هفته هم اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه ندارد ولی در مراحل گرده‌افشانی و پر شدن دانه حتی دو هفته قطع آبیاری هم باعث خسارت قابل‌توجه به عملکرد دانه خواهد شد و نباید با مشکل کم‌آبی و یا تأخیر در آبیاری مواجه گردد.

مجیدیان و همکاران(۲۰۰۹) در بررسی اثر تنش خشکی روی عملکرد و کارایی مصرف آب در گیاه ذرت گزارش نمودند که تیمار آبیاری معادل نیاز آبی گیاه، بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب را خواهد داشت. گاکسای و همکاران[2](۲۰۰۴) اثر کم‌آبیاری در سه مرحله رشد آفتابگردان(تشکیل طبق، گلدهی و دانه دهی) را موردبررسی قراردادند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه در آبیاری کامل حاصل می‌شود همچنین عملکرد دانه با کاهش تعداد دفعات و حجم آب آبیاری به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد و عدم آبیاری، باعث کاهش ۴۶ و ۴۷ درصدی به ترتیب در عملکرد دانه و روغن نسبت به شرایط آبیاری کامل شد. سزن و همکاران[3](۲۰۱۱) تأثیر خشکی موضعی ریشه و کم‌آبیاری بر عملکرد و کیفیت روغن آفتابگردان در اقلیم مدیترانه‌ای شرق ترکیه را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که تیمار خشکی موضعی ریشه در مقایسه با آبیاری کامل، با ۳۶ درصد صرفه‌جویی در آب آبیاری، تنها ۱۵ درصد کاهش در عملکرد دانه را نشان می‌دهد. همچنین نتایج نشان داد که تیمار خشکی موضعی ریشه با ۵۰ درصد آبیاری، در مقایسه با کم‌آبیاری سنتی با ۵۰ درصد آبیاری دارای عملکرد دانه و روغن بیش‌تری بود. رژیم‌های مختلف آبیاری به‌طور معنی‌داری بر قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، روغن دانه و ارتفاع گیاه تأثیر داشتند. طبق آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۵ سازمان جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت ذرت در ایران و کرمانشاه به ترتیب ۱۵۸۵۳۴ و ۱۶۳۵۳ هکتار و متوسط عملکرد ذرت نیز به ترتیب ۷۳۸۰ و ۹۳۳۰ کیلوگرم در هکتار است. لذا در این تحقیق، به بررسی اثر اعمال تنش آبیاری بر روند رشد، عملکرد کمی و کیفی گیاه ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۶ در کرمانشاه پرداخته شد.

روش پژوهش

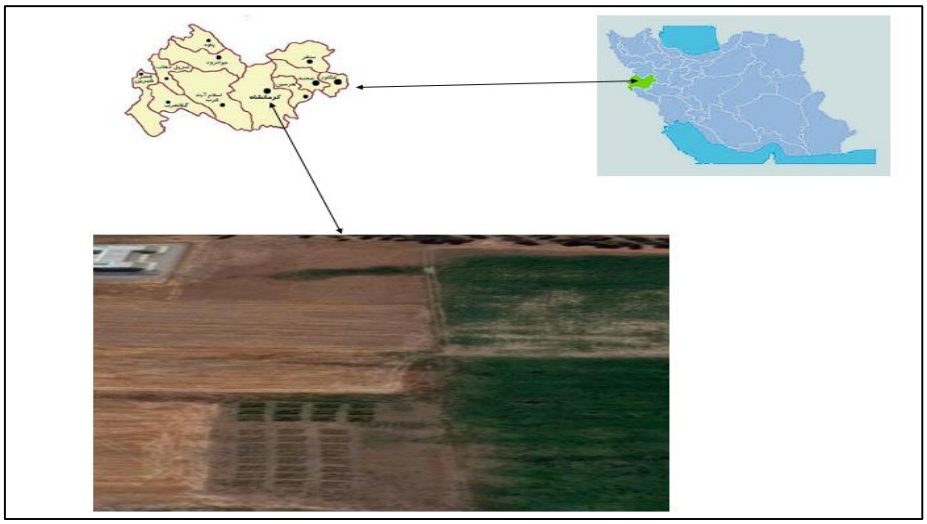
منطقه موردمطالعه

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی و آزمایشگاه‌های گروه "مهندسی آب" پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی با موقعیت مختصات طول جغرافیایی ۴۷ درجه ۶ دقیقه و ۱۲ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه ۱۹ دقیقه و ۳۳ ثانیه شمالی و ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا انجام شد. میانگین ماهانه داده‌های هواشناسی مربوط به دوره رشد محصول کشت‌شده در این مطالعه مطابق جدول ۱ است.

[1] Pandey et al
[2] Goksoy et al
[3] Sezen et al

جدول۱. میانگین ماهانه پارامترهای هواشناسی محل اجرای آزمایش (اداره کل هواشناسی استان کرمانشاه)

پارامتر	واحد	خرداد ۹۶	تیر ۹۶	مرداد ۹۶	شهریور ۹۶
درجه حرارت حداقل	(^{o} C)	۱۱/۶	۱۷/۶	۱۸/۸	۱۴/۸
درجه حرارت حداکثر	(^{o} C)	۳۲/۹	۳۸/۳	۳۹/۲	۳۶/۹
ساعات آفتابی	(hr/d)	۱۲/۴	۱۳/۴	۱۱/۴	۱۰/۵
رطوبت نسبی حداقل	(٪)	۱۰/۲	۹/۸	۸/۸	۱۲/۴
رطوبت نسبی حداکثر	(٪)	۳۷/۲	۳۳/۵	۳۰/۲	۳۹/۰
بارش	(mm)	–	–	–	–



شکل۱. تصویر ماهواره‌ای موقعیت محل اجرای آزمایش در استان کرمانشاه

ویژگی‌های آب‌وخاک

مشخصات و پارامترهای فیزیکی خاک مزرعه آزمایشی با نمونه‌برداری از اعماق مختلف (متناسب با حداکثر عمق مؤثر ریشه) و با استفاده از نتایج آزمایش‌های خاکشناسی انجام‌شده در مزرعه آزمایشی تعیین گردید(سازتون و راوز، ۲۰۰۶). سپس از نرم‌افزار SPAW که از بانک اطلاعاتی قدرتمندی برخوردار است و با داشتن بافت خاک، پارامترهای فیزیکی آن را تخمین می‌زند، جهت کنترل صحت نتایج آزمایش‌ها فیزیکی خاک استفاده شد (جدول۲).

جدول ۲. مشخصات فیزیکی خاک محل آزمایش

رطوبت ظرفیت زراعی (درصد حجمی)	رطوبت نقطه پژمردگی (درصد حجمی)	رطوبت اشباع (درصد حجمی)	آب قابل‌دسترس (mm/m)	هدایت هیدرولیکی اشباع(cm/hr)	بافت خاک	عمق خاک (سانتی‌متر)
۴۲	۲۲	۵۵	۲۰۰	۰/۴۲	clay	۰-۳۰
۴۲	۲۲	۵۵	۲۰۰	۰/۴۲	clay	۳۰-۶۰
۴۳	۲۳	۵۲	۲۵۰	۰/۵۰	silty clay loam	۶۰-۹۰

جدول ۳. تیمارهای اعمال‌شده

کد تیمار	درصد آبیاری اعمال‌شده
T120	۱۲۰
T100	۱۰۰
T80	۸۰
T60	۶۰

نیاز آبی تیمار شاهد (آبیاری کامل)، با استفاده از اطلاعات روزانهٔ هواشناسی ثبت‌شده توسط ایستگاه هواشناسی هوشمند موجود در مجاورت مزرعه تحقیقاتی طبق رابطه (۱) محاسبه گردید.

$$ET_C=K_C\ (ET_O) \qquad (۱)$$

در رابطه فوق ET_C تبخیر–تعرق گیاه موردنظر (برحسب میلی‌متر در روز)، ET_O تبخیر–تعرق مرجع (برحسب میلی‌متر در روز) و K_C ضریب گیاهی است.

سپس با استخراج مقادیر ضریب گیاهی ذرت در مراحل مختلف دوره رشد آن برای منطقه کرمانشاه از نرم‌افزار AGWAT (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۱) و ضرب آن‌ها در مقادیر روزانه تبخیر و تعرق پتانسیل، مقادیر تبخیر و تعرق روزانه ذرت محاسبه گردید. به دلیل عدم وجود پدیده بارش در زمان اجرای طرح و صفر بودن مقدار بارش مؤثر، با جمع‌کردن مقادیر تبخیر و تعرق روزانه اتفاق افتاده بین دو مرحله آبیاری، نیاز خالص آبیاری تیمار شاهد محاسبه گردید. سپس طبق رابطه (۲) نیاز ناخالص آبیاری تیمار شاهد محاسبه گردید.

$$Ig=\frac{In}{Ea} \qquad (۲)$$

که در آن Ig نیاز ناخالص آبیاری (برحسب میلی‌متر)، In نیاز خالص آبیاری (برحسب میلی‌متر) و Ea راندمان آبیاری (برحسب درصد) است.

نیاز آبیاری سایر تیمارها، ضریبی از نیاز آبیاری تیمار شاهد (به همان ترتیبی که در معرفی قالب طرح و تیمارهای آبیاری بیان شد) تعریف شد. دلیل انتخاب تیمار بیش‌آبیاری عدم اطمینان کافی به روش تعیین نیاز آبیاری تیمار شاهد (استفاده از رابطه پنمن – مانتیث فائو) در منطقه موردمطالعه بود. عملیات آبیاری به‌صورت جویچه‌ای با انتهای بسته با دور آبیاری ۷ روزه (تابعی از ظرفیت نگهداری آب خاک، حداکثر تبخیر و تعرق و عادت و الگوی منطقه) با استفاده از شیلنگ و کنتور حجمی انجام شد. لازم به ذکر است در مراحل اولیه رشد، جهت اطمینان از سبز شدن بذرها دور آبیاری کم‌تر در نظر گرفته‌شده و اعمال تیمارها از آبیاری مرحله پنجم (۱۳۹۶/۴/۱) به بعد شروع شد (جدول ۳).

در جدول ۴، اطلاعات مربوط به زمان و مقدار آبیاری ارائه گردیده است.

جدول٤. اطلاعات مربوط به زمان و مقدار آبیاری

مرحله آبیاری	تاریخ آبیاری	روز ژولیوسی	روز پس از کشت	مقدار آب آبیاری(میلی‌متر)			
				T60	T80	T100	T120
۱	۱۳۹٦/۳/۹	۱٤۸	٥	٦۰	٦۰	٦۰	٦۰
۲	۱۳۹٦/۳/۱٥	۱٥۳	۱۱	٦۰	٦۰	٦۰	٦۰
۳	۱۳۹٦/۳/۲۰	۱٥۹	۱٦	٦۰	٦۰	٦۰	٦۰
٤	۱۳۹٦/۳/۲۷	۱٦۷	۲۳	٦۰	٦۰	٦۰	٦۰
٥	۱۳۹٦/٤/۳	۱۷۰	۲۹	٤۰	٥٤	٦۷	۸۰
٦	۱۳۹٦/٤/۱۰	۱۷۹	۳۷	۳٤	٤٦	٥۷	٦۸
۷	۱۳۹٦/٤/۱۷	۱۸٦	٤٤	۲٥	۳٤	٤۲	٥۰
۸	۱۳۹٦/٤/۲٥	۱۹٤	٥۲	۳۷	٥۰	٦۲	۷٤
۹	۱۳۹٦/٤/۳۱	۲۰۰	٥۸	۲٥	۳۳	٤۱	٤۹
۱۰	۱۳۹٦/٥/۸	۲۰۸	٦٦	۳٤	٤٦	٥۷	٦۸
۱۱	۱۳۹٦/٥/۱٥	۲۱٥	۷۳	۲٦	۳٤	٤۳	٥۲
۱۲	۱۳۹٦/٥/۲۲	۲۲۲	۸۰	۲٦	۳٤	٤۳	٥۲
۱۳	۱۳۹٦/٥/۲۹	۲۲۹	۸۷	۲۹	۳۸	٤۸	٥۸
۱٤	۱۳۹٦/٦/٥	۲۳٦	۹٤	۲٦	۳٤	٤۳	٥۲
۱٥	۱۳۹٦/٦/۱۲	۲٤۳	۱۰۱	۲۲	۳۰	۳۷	٤٤
۱٦	۱۳۹٦/٦/۱۹	۲٥۰	۱۰۸	۱۹	۲٦	۳۲	۳۸
۱۷	۱۳۹٦/٦/۲٦	۲٥۷	۱۱٥	۱۷	۲۳	۲۹	۳٥
۱۸	۱۳۹٦/۷/٦	۲٦۸	۱۲٦	۲۰	۲٦	۳۳	٤۰
جمع کل ارتفاع آب مصرفی در هرتیماردرکل دوره رشد (میلی‌متر)				٦۲۰	۷٤۸	۸۷٤	۱۰۰۰

آزمایش شامل ۱۲ کرت بود که در هر کرت هشت ردیف کاشت به طول ۵ متر در نظر گرفته شد به صورتی که دو ردیف اول و آخر به‌عنوان حاشیه، دو ردیف وسط برای برداشت نهایی و ردیف‌های باقیمانده برای نمونه‌برداری در نظر گرفته شدند. اطراف و انتهای جویچه‌ها، خاکریزی به ارتفاع ۲۵ سانتیمتر جهت جلوگیری از تلفات روناب ایجاد گردید. بین کرت‌ها جهت جلوگیری از تأثیر تیمارها بر یکدیگر، دو متر به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. به دلیل آنکه در این تحقیق، بررسی اثرات مواد مغذی خاک مدنظر نبود، در همه کرت‌ها طبق الگوی منطقه، کود سوپر فسفات تریپل قبل از کشت و به‌صورت یک مرحله‌ای و به میزان ۷ کیلوگرم (طبق الگوی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) استفاده شد. اما کود اوره در سه مرحله با الگوی ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار (جمعاً ۱۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) به میزان ۶ کیلوگرم به‌صورت سرک در مراحل مختلف فنولوژیکی رشد گیاه به مزرعه داده شد، که عبارتنداز: ۱ –کود پایه، ۲ –کود مرحله شش برگی و ۳ –کود مرحله شروع گلدهی.

کنترل علف‌های هرز در مزرعه با وجین دستی انجام شد. همچنین لازم به‌ذکر است که در دوره رشد محصول کشت‌شده هیچ‌گونه آفت یا بیماری در مزرعه مشاهده نگردید. جهت بررسی روند رشد، بلافاصله بعد از سبز شدن بذرها، هر ۱۰ روز یک‌بار، صفات وزن خشک کل اندام هوایی، وزن خشک برگ سبز، وزن خشک دانه و وزن خشک ساقه، با نمونه‌گیری از ردیف‌های پیش‌بینی‌شده برای این منظور اندازه‌گیری شد. همچنین پارامتر شاخص سطح برگ (LAI) نیز با نمونه‌برداری ده روز یک‌بار و اسکن سطح برگ‌ها و با استفاده از نرم‌افزار Leaf Area Meter جهت محاسبه سطح برگ‌ها با دقت ۰/۰۱ سانتی‌متر مربع به‌دست آمد. صفات مربوط به برداشت نهایی شامل: عملکرد دانه، زیست‌توده کل، وزن هزار دانه و درصد چربی دانه به روش Soxhlet بودند (نوریان سرور و همکاران، ۱۳۹۱).

برای تحلیل آب به‌کاررفته در سطوح مختلف زراعی، تعریف بهره‌وری آب ارائه‌شده است. بر همین اساس کارایی مصرف آب میزان ماده تولیدشده به ازاء مقدار مصرف آب و برحسب کیلوگرم محصول در مترمکعب آب است. بهره‌وری آب آبیاری بر اساس روابط ۳ ، ۴ و ۵ برای عملکردهای دانه، زیست‌توده و چربی به‌طور جداگانه محاسبه گردید (سپاسخواه و همکاران، ۱۳۸۵).

$$WP\ grain=\frac{Ygrain}{W} \quad (۳)$$

$$WP\ biomass=\frac{Y\ biomass}{W} \quad (۴)$$

$$WP\ fat=\frac{Y\ fat}{W} \quad (۵)$$

در این روابط WPgrain ، WP biomass و WP fat به ترتیب بهره‌وری مصرف آب نسبت به دانه، زیست‌توده و چربی تولیدی برحسب کیلوگرم بر مترمکعب آب، Ygrain ، Ybiomass و Yfat به ترتیب عملکرد دانه، زیست‌توده و چربی برحسب کیلوگرم در هکتار و W مقدار آب آبیاری برحسب مترمکعب در هکتار می‌باشند.

یافته‌ها

اثرات کم آبیاری بر صفات کمی و کیفی ذرت

عملکرد دانه

در شکل (۳) روند کاهش عملکرد دانه در اثر تنش‌های آبی اعمال‌شده در طول دوره رشد مشاهده می‌شود. بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه مربوط به تیمار T120 به مقدار۱۱۵۴۰ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین مقدار عملکرد دانه مربوط به تیمار T60 به مقدار ۳۶۲۱ کیلوگرم در هکتار است که نشان‌دهنده رابطه مستقیم افزایش عملکرد دانه با افزایش میزان مصرف آب است جدول (۶). همچنین نتایج نشان داد که اختلاف بین عملکرد دانه برای سطوح مختلف آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار است (جدول ۵). با توجه به جدول ۷ مشاهده می‌شود که ۴۰ درصد کاهش آب آبیاری موجب کاهش ۶۹ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار T100 شده است. احمد پور و همکاران (۱۳۹۵) در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه رازی مقدار عملکرد ،رقم سینگل کراس ۷۰۴، تحت روش آبیاری جویچه‌ای برای ۲۰ درصد بیش‌آبیاری و آبیاری کامل را به ترتیب ۱۱/۶۰۱ و ۹/۴۹۹ تن در هکتار به دست آورد. نتایج محققان دیگر ازجمله کافی دجامان (۲۰۱۱)، رضایی و همکاران (۱۳۸۶) و فهیمان و همکاران (۱۳۹۰) نشان

می‌دهد با افزایش آب کاربردی عملکرد کل افزایش می‌یابد. متفاوت بودن رقم کشت‌شده، نوع خاک، آب‌وهوای منطقه، تاریخ کاشت، مدیریت مزرعه و مقدار آب کاربردی، می‌تواند از دلایل اختلاف میزان تولید ذرت در این طرح با تحقیقات محققین دیگر باشد.

عملکرد زیست‌توده

روند تغییر عملکرد زیست‌توده ذرت دانه‌ای در طول دوره رشد برای تیمارهای مختلف کم‌آبیاری در شکل (۳) نشان داده‌شده است. تقریباً تا اواسط دوره رشد اختلاف زیادی بین تیمارها ازنظر عملکرد زیست‌توده وجود نداشته است. اما از اواسط دوره رشد به بعد، بین تیمارها اختلاف ایجادشده و تا زمان برداشت محصول این اختلاف ادامه داشته است. زیست‌توده که مجموع وزن اندام‌های هوایی گیاه است، تا اواسط دوره رشد فقط شامل اندام‌های رویشی بوده است. اما از زمان شروع گلدهی که محصولات مربوط به بخش زایشی نیز به عملکرد زیست‌توده اضافه‌شده‌اند اختلاف بین تیمارها بیش‌تر شده است به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار عملکرد زیست‌توده مربوط به تیمار T120 و به مقدار ۲۷۴۱۰ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین مقدار عملکرد زیست‌توده مربوط به تیمار T60 به مقدار ۱۲۱۴۳ کیلوگرم در هکتار بوده است.در جدول ۵ مشخص است که بین سطوح مختلف آبیاری ازنظر عملکرد زیست‌توده اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. با مقایسه بین میانگین تیمارها که در جدول ۶ نشان داده‌شده است، مشخص شد که هرکدام از تیمارهای کم‌آبیاری ازنظر صفت عملکرد زیست‌توده در گروه‌های آماری متفاوتی قرار دارند. با کاهش مقدار آب آبیاری نسبت به تیمارT100 ، عملکرد زیست‌توده نیز به‌طور مشابه با عملکرد دانه کاهش یافت، اما شدت این کاهش نسبت به صفت عملکرد دانه کمتر بود (۴۹ درصد به ازای کاهش۴۰ درصدی مقدار آب آبیاری نسبت به تیمارشاهد) (جدول۷). نتایج تحقیق احمد پور و همکاران (۱۳۹۵) نیز بیان‌گر همین نتیجه بود. علت این امر را این‌گونه می‌توان بیان کرد که صفت زیست‌توده شامل قسمت‌های مختلف گیاه است و تأثیر کم‌آبیاری بر هر یک از این قسمت‌ها متفاوت است و در مقایسه باصفت عملکرد دانه تأثیرپذیری کم‌تری نسبت به کم‌آبیاری دارند.

وزن هزار دانه

نتایج نشان داد که با افزایش مقدار آب آبیاری، میانگین وزن هزار دانه به‌تدریج افزایش یافت و اختلاف در عملکرد وزن هزار دانه در سطح پنج درصد در سطوح مختلف آبیاری مشاهده شد (جدول ۵). در بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر وزن هزار دانه مشخص شد که سه تیمار T120، T100 و T80 در یک گروه آماری و تیمار T60 درگرو آماری متفاوتی قرار گرفت (جدول ۶). بیش‌ترین عملکرد وزن هزار دانه مربوط به تیمار T120 و کم‌ترین مقدار آن مربوط به تیمار T60 بود که کاهش ۱۱ درصدی را نسبت به تیمار T100 نشان داد(جدول ۷). نتایج حاصل از تحقیق هوشمند و همکاران (۱۳۹۲) نیز نشان داد با کاهش میزان آب در دسترس گیاه ذرت وزن هزار دانه نیز روندی نزولی به خود می‌گیرد. علت آن را می‌توان به مهیا بودن آب موردنیاز گیاه در آبیاری کامل نسبت داد. از طرفی تنش آب با تأثیر بر مقدار سطح برگ، سطح‌فعال فتوسنتزی را کاهش می‌دهد و درنتیجه کاهش فتوسنتز واحد سطح برگ در مرحله ابریشم دهی ، تولید مواد پرورده کاهش و تأثیر سوء در عملکرد محصول خواهد داشت. همین نتیجه‌گیری توسط ساکی نژاد (۱۳۸۲) نیز به دست آمد. همچنین در تنش خشکی ، تنش شوری بیشتر نمایان و باعث کاهش عملکرد محصول می‌شود. محققین زیادی اذعان داشتند که مهم‌ترین عامل که باعث کاهش وزن دانه در شرایط تنش شدید خشکی می‌شود، کوتاه شدن دوره پر شدن دانه است، بنابراین عرضه مواد پرورده به گیاه تحت شرایط تنش شدید خشکی کاهش می‌یابد که باعث کاهش وزن دانه هر بلال و وزن هزار دانه آن و درنهایت باعث کاهش عملکرد محصول می‌گردد (مجیدیان و همکاران، ۱۳۸۷). مشابه این نتایج را اوسبورنس و همکاران[1](۲۰۰۲) و چونگ و همکاران[2](۲۰۰۳) به دست آوردند.

[1] Osbornc et al
[2]Cheong et al

روند شاخص سطح برگ

اثرات تنش آبی بر روند شاخص سطح برگ تیمارها در شکل(۳) ارائه‌شده است. تغییرات شاخص سطح برگ در اثر تنش‌های آبی اعمال‌شده در کل دوره رشد گیاه به‌وضوح نشان‌دهنده اثرات قابل‌ملاحظه‌ای بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد است (جدول۵). در جدول ۶ مشاهده می‌شود که تیمارهای T120 و T100 در یک گروه آماری و تیمارهای T80 و T60 در گروه آماری دیگری قرارگرفته‌اند. نتایج تحقیق احمد پور و همکاران (۱۳۹۵) نیز با این نتایج هم‌سو بود و دلیل این امر را این‌گونه می‌توان بیان کرد که تنش آب با تأثیر بر مقدار سطح برگ، سطح‌فعال فتوسنتزی را کاهش می‌دهد و درنتیجه با کاهش رشد گیاه میزان شاخص سطح برگ نیز روندی نزولی به خود می‌گیرد.

شاخص برداشت

تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف کم‌آبیاری بر شاخص برداشت، وجود اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد بین تیمارها را نشان داد (جدول ۵). میانگین تیمارهای مختلف کم‌آبیاری در پارامتر شاخص برداشت در جدول ۵ نشان می‌دهد که بین تیمار T120 و تیمار T100 اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و در یک گروه آماری قرارگرفته‌اند و همچنین بین تیمارهای T80 و T60 نیز اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. اما با توجه به جدول ۶ بین تیمارهای T120 و T60 تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق کریم زاده اصل و همکاران (۱۳۸۲) همخوانی دارد. همان‌طور که در نتایج تجزیه واریانس مشخص است، میزان کاهش این صفت در اثر تنش رطوبتی در مقایسه با افت عملکرد دانه چندان زیاد نبود، این موضوع حاکی از آن است که سرعت کاهش عملکرد دانه براثر خشکی اندکی بیشتر از سرعت کاهش ماده‌ی خشک در گیاه است.

درصد چربی دانه

در تیمارهای کم‌آبیاری اعمال‌شده، افزایش درصد روغن گیاه مشاهده گردید. بیش‌ترین درصد چربی دانه ذرت مربوط تیمار T60 و کمترین آن مربوط به تیمار T120 بود (جدول ۵). این نتیجه با نتایج احمد پور و همکاران (۱۳۹۵) هم سو بود. با توجه به نتیجه به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر می‌توان بیان کرد که استراتژی کم‌آبیاری موجب افزایش خصوصیات کیفی محصول می‌شود و بیشترین تأثیرپذیری در تیمار T60 قابل رویت است.

در صفت تاج پوشش گیاهی، سطح سایه‌انداز گیاهی مورد بررسی قرار می‌گیرد بدین معنی که پوشش سبز گیاه به‌صورت درصد بیان می‌شود. این پارامتر نیز تحت تأثیر تنش‌های آبی قرار گرفت و روند آن در تیمارهای اعمال‌شده در شکل (۳) قابل‌مشاهده است. نتایج نشان داد که تیمارهای اعمال‌شده در کل دوره رشد گیاه سبب ایجاد اختلاف در روند تاج پوشش گیاهی گردیدند. بیش‌ترین مقدار تاج‌پوشش گیاهی مربوط به تیمار T120 با مقدار۹۷ درصد و کم‌ترین مقدار تاج‌پوشش گیاهی مربوط به تیمار T60 با مقدار ۸۵ درصد بود (جدول ۶). نتایج تحقیق احمد پور و همکاران (۱۳۹۵) نیز با این نتایج هم‌سو بود و دلیل این امر را این‌گونه می‌توان بیان کرد که تنش آبی با تأثیر بر مقدار سطح برگ، سطح‌فعال فتوسنتزی را کاهش می‌دهد و درنتیجه با کاهش رشد گیاه میزان تاج پوشش گیاهی نیز تحت تأثیر قرارگرفته و روندی نزولی به خود می‌گیرد.

تعداد دانه در بلال

تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف کم‌آبیاری بر تعداد دانه در بلال، وجود اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد بین تیمارها را نشان داد (جدول ۵). در جدول ۶ مشاهده می‌گردد که هر یک از تیمارها بر اساس روش دانکن در گروه‌های آماری متفاوتی قرار گرفتند و بیش‌ترین مقدار این پارامتر مربوط به تیمار T120 و کم‌ترین مقدار مربوط به تیمار T60 است و همان‌طور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود عملکرد صفت تعداد

دانه در بلال نسبت به تیمار T100 (شاهد) کاهش ۲۱ درصدی را داشته است. یکی از اجزاء مهم عملکرد ذرت، تعداد دانه است. این صفت ممکن است بر اثر تأخیر در ظهور کاکل و یا سقط‌جنین در اثر کمبود هیدرات‌های کربن کاهش یابد. البته تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی باعث کوتاه شدن دوره تمایز سنبلچه گردیده که منجر به کاهش تعداد سنبلچه در سنبله می‌گردد که کاهش عملکرد را در پی دارد (مجیدیان و همکاران، ۱۳۸۷). در این خصوص آذری و همکاران (۱۳۸۶)، اظهار داشتند که تنش آبی در مراحل گل‌دهی و اوایل پر شدن دانه، باعث کم شدن تعداد دانه بلال می‌شود.

چربی دانه

تجزیه واریانس اثر تیمارهای کم‌آبیاری بر صفت درصد روغن دانه ذرت نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارها در سطح یک درصد وجود داشت (جدول ۵). هرچند با اعمال تنش آبی بر ذرت شاهد افزایش درصد چربی بودیم اما به دلیل کاهش شدید عملکرد محصول در اثر اعمال تنش آبی عملکرد روغن دانه در سطح هکتار نسبت به تیمار شاهد در تیمار T80 و T60 به ترتیب ۲۷ و ۴۵ درصد کاهش را نشان داد (جدول ۷).

وزن خشک ساقه

تجزیه آماری نشان داد، کم‌آبیاری تأثیر معنی‌داری در سطح یک‌بر صفت وزن خشک ساقه گیاه ذرت داشته است (جدول ۵). در جدول ۶ مشاهده می‌شود که با کاهش مقدار آب آبیاری وزن خشک ساقه به‌تدریج کاهش می‌یابد و تیمارهای اعمال‌شده در گروه‌های آماری متفاوتی قرار گرفتند. بیش‌ترین عملکرد وزن خشک ساقه مربوط به تیمار T120 و کم‌ترین مقدار آن مربوط به تیمار T60 بود که کاهش ۳۰ درصدی را نسبت به تیمار شاهد نشان داد (جدول ۷). در تحقیق احمد پور و همکاران (۱۳۹۵) با کاهش مقدار آب آبیاری وزن خشک ساقه به‌تدریج کاهش یافت. در این آزمایش تیمارهای کم آبیاری تا حدودی باعث کاهش وزن خشک ساقه گردیدند اما کاهش وزن خشک ساقه در تیمار ۴۰ درصد کم‌آبیاری به رقم قابل‌ملاحظه‌ای رسید. و علت این امر حساسیت بالای گیاه ذرت به کم‌آبیاری شدید است.

وزن خشک بلال

نتایج نشان داد که اثر تیمارهای کم‌آبیاری بر پارامتر وزن خشک بلال باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد می‌شود (جدول ۵). در جدول ۶ مشاهده می‌شود که با کاهش مقدار آب آبیاری وزن خشک بلال روندی کاهشی را طی می‌کند و تیمارهای اعمال‌شده بر اساس روش دانکن در گروه‌های آماری متفاوتی قرار گرفتند. بیش‌ترین عملکرد وزن خشک ساقه مربوط به تیمار T120 و کم‌ترین مقدار آن مربوط به تیمار T60 بود که کاهش ۶۸/۵ درصدی را نسبت به تیمار شاهد نشان داد و بیانگر این موضوع است که وزن خشک بلال همانند عملکرد دانه بیش‌ترین تأثیرپذیری درنتیجه اعمال تنش آبی را داشته است. که با نتایج سایر محققین هماهنگ است. (هیریچ و همکاران[1] ۲۰۱۲).

وزن خشک برگ

جدول ۵ نشان می‌دهد که تأثیر تیمارهای کم‌آبیاری بر صفت وزن خشک برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. مقایسه میانگین تیمارهای مختلف کم‌آبیاری در پارامتر وزن خشک برگ در جدول ۶ نشان می‌دهد که بین تیمار T120 و تیمار T100 اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و در یک گروه آماری قرارگرفته‌اند ولی این پارامتر در تیمارهای T80 و T60 معنی‌دار بوده و در گروه‌های مختلفی قرارگرفته‌اند. کاهش

[1] Hirich et al

عملکرد خشک برگ براثر کم‌آبیاری این تحقیق با نتایج سایر تحقیقات که در آن‌ها نیز با کاهش آب آبیاری از عملکرد خشک گیاه کم شده و عملکرد خشک بین تیمارهای طرح اختلاف معنی‌داری وجود داشت، هماهنگ است (رضایی استخروئیه و همکاران، ۱۳۹۱) و (اوکتم و همکاران[1]، ۲۰۰۳)

جدول۵. تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی ذرت دانه‌ای متأثر از تیمارهای مختلف آبیاری

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		عملکرد دانه	عملکرد زیست‌توده	وزن هزار دانه	شاخص سطح برگ	شاخص برداشت	درصد چربی دانه	تاج پوشش گیاهی
تکرار	۲	ns۱/۳۱۳	ns۶۹۷/۶۳۶	ns۱۵۳/۶۴۱	ns۰/۲۶۲	ns۸/۵٤	ns۰/۳۹۲	ns۱/۰۲
تیمار	۳	**۳۷/۲۶۵	**۲۸۷۵۷/۹٤٤	*۷۰۸/۶۰٤	**۵/٤۷۹	**۱۲٤/۷۲	**۳/٤۲۵	**۷۲/۸۶
خطا	۶	۱/۰۲۷	۲۶۷/۲۱۰	۹۳/۶۰۶	۰/۲٤۳	۳/۹۵	۰/۱۵۵	٤/۰۶
ضریب تغییرات٪	---	۱۳/۶۱	۵/۲۷	٤/۱۵	۸/۱۸	۵/۷۰	۶/۷۵	۲/۲۰

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تعداد دانه در بلال	عملکرد روغن دانه	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک بلال
تکرار	۲	ns۲۱۷/۷۵	ns٤۷/۶۵	ns۱۰۲۷٤/۳۵	ns٤۹۹۵/۷۲	ns۲۷۰۱/٤
تیمار	۳	**۱۷۰۵۶/۷۵	**٤۹۶۱۸/۵۷	**۹۹۲۱۲۷۸/۵۰	** ۹۹۷۱۸۵/۱۵	**۶٤۵۶۰۹۰۶/۲
خطا	۶	۸۶/۷۵	۱۶۹/۳۷	۲۱۸۹۷/۰۷	۵٤۹۹/۹۲	۲۲۵۶۳/۲
ضریب تغییرات٪	---	۲/۵۸	۳/۲۰	۱/۷۲	۲/٤۸	۱/۵۳

*معنی دار در سطح احتمال 5 درصد، ** معنی‌دار در سطح احتمال 1 درصد و ns غیر معنی‌دار

[1] Oktem et al

جدول ٦. مقایسه میانگین صفات موردمطالعه ذرت دانه‌ای در سطوح مختلف آبیاری

سطوح آبیاری	عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	شاخص سطح برگ	شاخص برداشت (درصد)	درصد چربی دانه	تاج پوشش گیاهی (درصد)
T120	a۲۷٤۱۰	a۱۱٥٤۰	a۲٤۸/۲	a۷/٥	a٤۲/۱٥	a٤/۷٥	a۹۷/۱۸
T100	b۲۳٥٥٥	b۹۰۱٦	a۲۳۷/۱	a٦/٦٦	a۳۸/۳۲	b٥/۲۳	ab۹۳/۲۰
T80	c۱۹٥۰٥	c٥٦۰۱	a۲۳٤/۷٥	b٥/٤۳	b۲۹/۹۹	c٦/۱۸	bc۸۹/۳۸
T60	d۱۲۱٤۳	c۳٦۲۱	b۲۱۱/٦٦	b٤/٥	b۲۸/۸۷	c۷/۱٦	c۸٥/۷۳

سطوح آبیاری	تعداد دانه در بلال	عملکرد روغن دانه (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک ساقه (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک بلال (کیلوگرم در هکتار)
T120	a٤٦۳	a٥٤۸/۱٤	a۱۰۷۲۳/۳	a۳٥۰۹/۳٤	a۱٤٦۰٤/٤۰
T100	b۳٦٦	b٤۷۰/۱۳	b۹٤۲٤/٤	a۳۳۸٤/٦۷	b۱۱۹۱۱/۱۰
T80	c۳۲٥	c۳٤٦/۱٤	c۷۷٤٦/۲	b۲۸۳٤/٤٤	c۹۱۳۲/۹۰
T60	d۲۸۸	d۲٥۹/٥۱	d٦٥۹۸/٤	c۲۲٥۰/۰۰	d۳۷٥۱/۳۰

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون برای سطوح هر تیمار، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون Duncan ۰/۰٥).

جدول ۷. مقایسه تغییرات نسبی میانگین صفات موردمطالعه ذرت دانه‌ای در چهار سطح مختلف آبیاری

سطوح آبیاری	حجم آب آبیاری در دوره رشد	عملکرد زیست‌توده	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	شاخص سطح برگ	شاخص برداشت (درصد)	درصد چربی دانه	تاج پوشش گیاهی
T120	+۱٤/٤۱	+۱٦/۳٦	+۲۸	+٤/۰۰	+۱۲	+۱۰	−۱۰	+٤/۲۷
T100	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
T80	۱٤/٤۱-	−۱۷/۱۹	−۳۸	−۱	−۱۹	−۲۱/۷۳	+۱۸	−٤/۱۰
T60	۲۹-	−٤۹	−٦۹	−۱۱	−۳۳	−۲٤/٦٦	+۳٦	−۸/۰۱

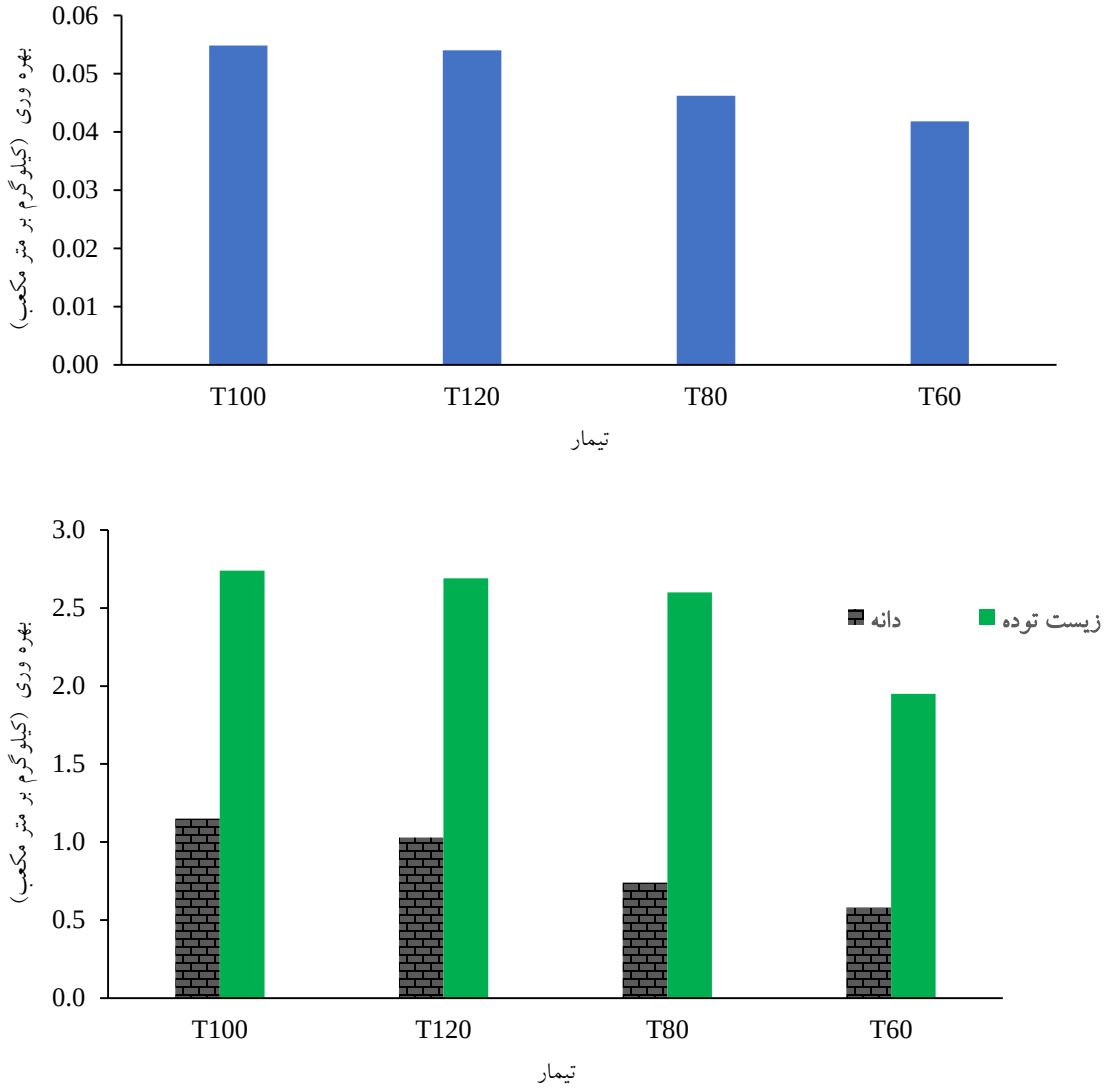
سطوح آبیاری	تعداد دانه در بلال	عملکرد روغن دانه	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک بلال
T120	+۲٦/٥۰	+۱٦/۰۹	+۱۳/۷۸	+۳/٦۸	+۲۲/٦۱
T100	۰	۰	۰	۰	۰
T80	−۱۱/۲۰	−۲٦/٦۸	−۱۷/۸۰	−۱٦/۲٥	−۲۳/۳۲
T60	−۲۱/۳۱	−٤٥/۰۳	−۲۹/۹۸	−۳۳/٥۲	−٦۸/٥۰

نتایج مربوط به شاخص بهره‌وری نسبت به عملکردهای دانه ، زیست‌توده و چربی

در این تحقیق کارایی مصرف آب نسبت به عملکردهای دانه، زیست‌توده و چربی محاسبه شد. در تیمارهای کم‌آبیاری اعمال‌شده،کاهش بهره‌وری مصرف آب ازنظر عملکرد دانه مشاهده گردید. مطابق شکل ۲ بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب ازنظر عملکرد دانه مربوط به تیمار T120 و کمینه آن مربوط به تیمار T60 به ترتیب به میزان ۱/۱۵ و ۰/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود. همچنین ازنظر صفت بهره‌وری آب نسبت به عملکرد زیست‌توده تیمارهای T120 و T100 و T80 ازلحاظ آماری در یک گروه قرار دارند و تیمار T60 با کم‌ترین مقدار این صفت در گروهی متفاوت نسبت به سایر تیمارها قرار دارد. در صفت بهره‌وری نسبت به عملکرد چربی هم تیمارهای T120 و T100 در یک گروه آماری قرار گرفتند و در تیمارهای کم‌آبیاری شاهد کاهش مقدار بهره‌وری بودیم.(جدول (۸)). دلیل کاهش شاخص بهره‌وری نسبت به عملکردهای محصول، زیست‌توده و چربی با اعمال تیمارهای کم‌آبیاری را افت شدید میزان تولید در پارامترهای مدنظر را می‌توان اعلام کرد که با نتایج تحقیقی مبنی برافزایش بهره‌وری با عملکرد دانه و کاهش آن با افزایش حجم آبیاری مطابقت دارد (اوکتم و همکاران، ۲۰۰۳).

جدول ۸ مقایسه میانگین بهره‌وری آب صفات موردمطالعه ذرت دانه‌ای (Kg/m3)

سطوح آبیاری	عمق آب‌داده شده در کل دوره رشد(mm)	بهره‌وری آب نسبت به عملکرد دانه	بهره‌وری آب نسبت به عملکرد زیست‌توده	بهره‌وری آب نسبت به عملکرد چربی
T120	۱۰۰۰	۱/۱۵a	a۲/۷٤	a۰/۰٥٤۸
(تیمار شاهد) T100	۸۷٤	۱/۰۳b	a۲/٦۹	a۰/۰٥٤۰
T80	۷٤۸	c۰/۷٤	a۲/٦۰	b۰/۰٤٦۲
T60	٦۲۰	d۰/٥۸	b۱/۹٥	c۰/۰٤۱۸

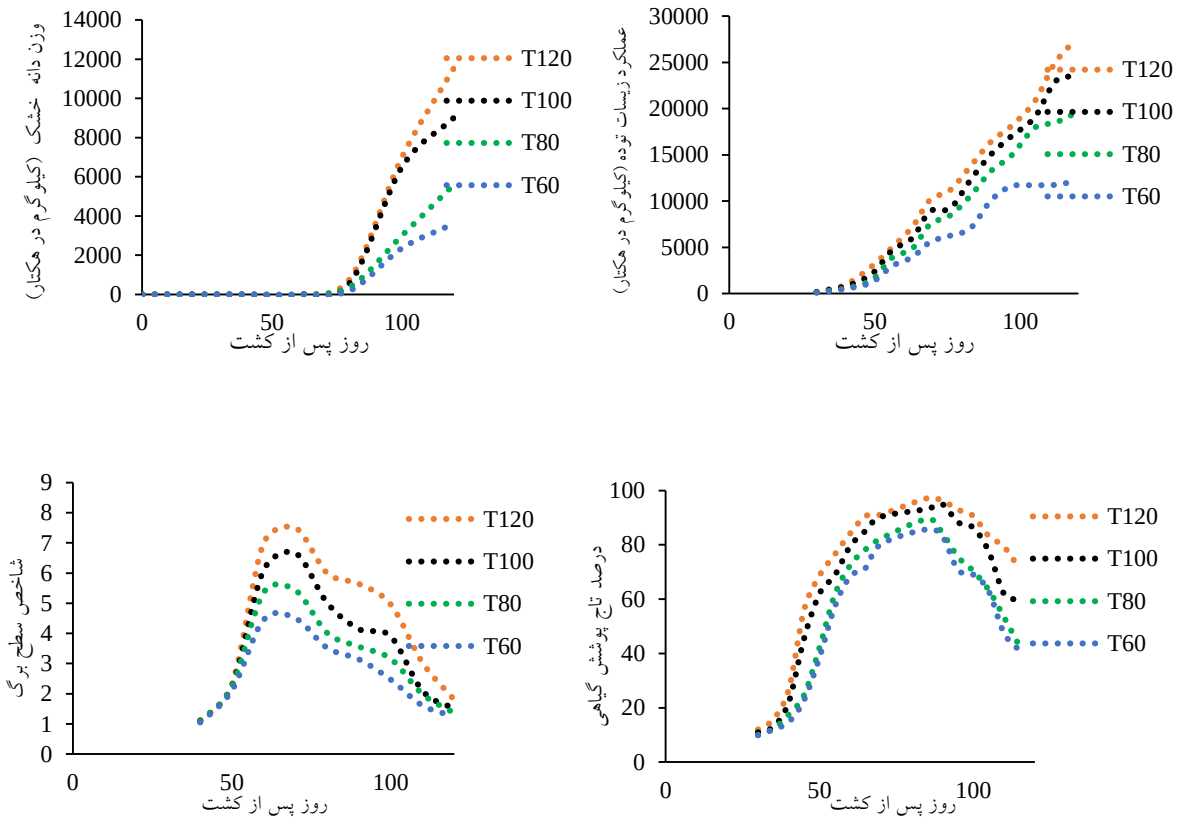


شکل۲. مقایسه بهره‌وری مصرف آب در تیمارهای مختلف.الف) بهره‌وری نسبت به عملکرد چربی ب) بهره‌وری نسبت به عملکرد دانه و زیست‌توده

نتایج مربوط به بررسی اثرات تنش بر روند رشد

اثر سطوح مختلف کم‌آبیاری بر روند تغییرات صفات ذرت دانه‌ای در طول دوره رشد آن در شکل ۲ ارائه شده است. در مورد صفت وزن خشک دانه، در ابتدای دوره تشکیل محصول تفاوت محسوسی بین تیمارها مشاهده نشد. از نظر عملکرد زیست‌توده، اختلاف چندانی بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد و تا اواسط دوره رشد عملکرد زیست‌توده همه تیمارها در سطح تقریباً یکسانی بود. علت این امر را می‌توان اعمال تیمارهای آبیاری از آبیاری پنجم به بعد جهت حصول اطمینان از رشد ابتدایی کامل تمام تیمارها بیان کرد. اما از اواسط دوره رشد به بعد، به‌تدریج با مؤثر واقع‌شدن تیمارها، اختلاف بین تیمارها ایجادشده و تا زمان برداشت محصول ادامه داشت. به‌طور مشابه با عملکرد زیست‌توده، در اوایل دوره رشد اختلاف

قابل‌ملاحظه‌ای بین تیمارهای کم‌آبیاری ازنظر وزن خشک و شاخص سطح برگ وجود نداشت. به‌تدریج با مؤثر واقع‌شدن تیمارها، اختلاف بین آن‌ها ازنظر این دو صفت بیش‌تر شد.



شکل ۳. اثر سطوح مختلف کم‌آبیاری بر روند تغییرات صفات ذرت دانه‌ای در دوره رشد

بحث

در مناطقی که کمبود آب موجب محدودیت در کشاورزی باشد، اگر اثرات منفی تنش آبی بر میزان محصول معنی‌دار نباشد می‌توان استراتژی کم‌آبیاری را برای صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش سطح زیر کشت محصولات با آب صرفه‌جویی شده توصیه نمود. اما طبق نتایج این مطالعه، تنش کم‌آبی بر اکثر صفات گیاه ذرت دانه‌ای رقم SC.706 تأثیر معنی‌دار منفی و کاهشی داشت و سبب کاهش عملکرد دانه، زیست‌توده، شاخص سطح برگ، شاخص برداشت، تاج پوشش گیاهی، عملکرد چربی دانه، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک بلال، تعداد دانه در بلال، طول بلال، بهره‌وری مصرف آب نسبت به دانه، بهره‌وری مصرف آب نسبت به زیست‌توده و بهره‌وری مصرف آب نسبت به چربی گردید. تیمار شاهد (نیاز آبی ۱۰۰ درصد) به دلیل تفاوت در عملکرد دانه و زیست‌توده در مقایسه با تیمار ۲۰ درصد بیش‌آبیاری تحت تنش آبی بود و در مطالعات بعدی باید تیمار بیش‌آبیاری نیز اعمال شود. با توجه به اختلاف معنی‌دار بین عملکرد دانه در سطوح مختلف آبیاری و کاهش ۶۹ درصدی آن در اثر کاهش ۴۰ درصدی تخصیص آب نسبت به حال آبیاری کامل، اگر هدف از کشت ذرت، برداشت دانه باشد، استراتژی کم‌آبیاری در منطقه

کرمانشاه توصیه نمی‌شود. هم‌چنین مشخص شد ذرت دانه‌ای در اوایل دوره رشد حساسیت کمتری نسبت به تنش آبی دارد و به‌تدریج از اواسط دوره رشد برشدت تأثیر تیمارهای تنشی افزوده می‌شود و در زمان لقاح و تشکیل دانه به حداکثر مقدار خود می‌رسد. لذا در این منطقه، فقط باهدف استفاده از زیست‌توده ذرت می‌توان استراتژی کم‌آبیاری را بااحتیاط در اوایل دوره رشد آن (مرحله رشد رویشی) توصیه کرد. در رابطه با استراتژی کم‌آبیاری این موضوع مطرح است که احتمالاً کم‌آبیاری موجب افزایش خصوصیات کیفی محصول شده و به‌طور مثال در ذرت با استخراج مقدار بیشتر چربی، سود حاصل از کشت این محصول افزایش می‌یابد. اما در خصوص موضوع مطرح‌شده، در این مطالعه هرچند کم‌آبیاری کیفیت دانه ذرت را با تأثیر بر درصد چربی آن افزایش داد، اما درمجموع موجب افزایش عملکرد کلی چربی دانه نشد. هم‌چنین بررسی شاخص بهره‌وری آب برای صفات عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و عملکرد چربی دانه عدم توانایی استراتژی کم‌آبیاری در ارتقاء این شاخص را نشان داد به‌طوری‌که مقادیر حداکثر این صفت به تیمار بیش‌آبیاری اختصاص داشت.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان بیان نمود که کم‌آبیاری شدید برای گیاه ذرت دانه‌ای در شرایط آب‌وهوایی کرمانشاه و مناطق با خصوصیات آب‌وهوایی مشابه، مناسب نیست و پیشنهاد می‌شود که با توجه به کمبود آب ازیک‌طرف و اهمیت تولید بیشتر محصولات کشاورزی از طرف دیگر، نسبت به شناسایی دقیق‌تر محصولات زراعی با حساسیت کمتر نسبت به آب و استفاده از آن‌ها در الگوی کشت منطقه و اعمال مدیریت کم‌آبیاری بر روی آن‌ها اقدام شود.

منابع

احمدپور، عبدالرضا.، فرهادی بانسوله، بهمن.، و قبادی، مختار. (۱۳۹۵). بررسی اثرات کم‌آبیاری بر روند رشد و خصوصیات کمی و کیفی ذرت دانه‌ای در کرمانشاه. نشریه حفاظت منابع آب و خاک (علمی - پژوهشی)، ۳(۶)، ۱۱۲-۹۹. https://dorl.net/dor/20.1001.1.22517480.1396.6.3.7.8

آذری، آرش.، برومند نسب، سعید.، بهزادی، مجید.، و معیری، منصور. (۱۳۸۶). بررسی عملکرد گیاه ذرت در روش آبیاری قطرهای نواری (T-Tape). مجله علمی کشاورزی، ۳۰ (۲)، ۸۷-۸۱. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=74293

اردلان، وحید.، آقا یاری، فیاض.، پاک‌زاد، فرزاد.، صادقی شعاع، مهدی.، اسماعیل‌زاده خراسانی، شقایث.، و فاطمی ریکا، زینب. (۱۳۹۱). بررسی اثر کم آبیاری و شیوه‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم ذرت. نشریه زراعت و اصلاح نباتات، ۸(۳)، ۱۸۹-۱۷۵. https://www.sid.ir/paper/190253/fa

اسکندری، حمداله.، کاظمی، کامیار. (۱۳۹۸). ارزیابی اثر سطوح آبیاری و مدیریت حاصلخیزی خاک بر عملکرد دانه و روغن کنجد (Sesamum indicum). نشریه تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۱۲(۱)، ۱۱۱-۱۲۲. https://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.1254.1256

بیگلویی، محمد حسن.، کافی قاسمی، علی.، جواهر دشتی، محمد.، و اصفهانی، مسعود. (۱۳۹۲). اثر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد و کیفیت ذرت (سینگل کراس ۷۰۴) در منطقه رشت. فصلنامه علوم زراعی ایران، ۱۵(۳)، ۲۰۶-۱۹۶. http://dorl.net/dor/20.1001.1.15625540.1392.15.3.1.3

خلیل وند بهروزیار، ابراهیم.، یارنیا، مهرداد.، دربندی، صمد.، و آلیاری، هوشنگ. (۱۳۸۸). اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان در تراکم‌های مختلف کشت. مجله علوم زراعی، ۱(۱)، ۴۴-۳۳. https://journals.srbiau.ac.ir/article_5651.html

رشیدی، محسن.، و رضا دوست، ساسان. (۱۳۸۴). بررسی اثرات سطوح مختلف آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام آفتابگردان. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۶(۵)، ۱۲۵۰-۱۲۴۱. https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=59419

رضائی استخروئیه، عباس.، هوشمند، عبدالرحیم.، برومند نسب، سعید.، و خانجانی، محمد جواد. (۱۳۹۱). تاثیر کم آبیاری و خشکی موضعی ریشه برعملکرد، اجزاء عملکرد و کارآیی مصرف آب گیاه ذرت دانه ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴. مجله آب و خاک، ۲۶(۶)، ۱۵۱۴-۱۵۲۱. https://dx.doi.org/10.22067/jsw.v0i0.19289

رضائی، عباس.، غفوری، علیرضا.، علی‌اصغری، فاطمه.، و کریمی، گیتی. (۱۳۸۶). بررسی تأثیر تنش آبی بر محصول ذرت علوفه‌ای در منطقه کرمان. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان. https://civilica.com/doc/38462

ساکی نژاد، طیب. (۱۳۸۲). مطالعه اثر تنش آب بر روند جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاس و سدیم در دوره‌ها مختلف ریشه با توجه به خصوصیات دانشکده کشاورزی، فیزیولوژی گیاهان زراعی مرفولوژی و فیزیولوژیکی گیاه ذرت در شرایط آب و هوایی اهواز. پایان‌نامه دکتری تخصصی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان.

صابری، علیرضا.، مظاهری، داریوش.، و حیدری شریف آبادی، حسین. (۱۳۸۵). بررسی تأثیر تراکم و آرایش کاشت و برخی از خصوصیات زراعی ذرت تری وی کراس ۶۴۷. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳(۱)، ۷۶-۶۷. https://www.sid.ir/fA/Journal/ViewPaper.aspx?id=45511

علی‌زاده، حمزه علی.، لیاقت، عبدالمجید.، و عباسی، فریبرز. (۱۳۸۸). بررسی اثر کودآبیاری جویچه‌ای بر کارایی مصرف کود و آب، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای. دو ماهنامه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۳(۴)، ۱۴۷-۱۳۷. https://dx.doi.org/10.22067/jsw.v0i0.2478

فهیمان، آزاده.، اله دادی، ایرج.، چایی چی، محمدرضا.، و اکبری، غلامعلی. (۱۳۹۰). بررسی اثر روش های کم آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان علوفه ای تابستانه (ذرت، سورگوم و ارزن علوفه ای). اولین کنگره ملی علوم و فناوریهای نوین کشاورزی، زنجان. https://civilica.com/doc/145276

کریم زاده اصل، خلیل.، مظاهری، داریوش.، و پیغمبری، سید علی. (۱۳۸۲). اثر چهار دور آبیاری بر عملکرد و صفات کمی سه رقم آفتابگردان. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۴(۲)، ۳۰۱-۲۹۳. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=814

کریمی، علی.، قبادی، محمد اقبال.، قبادی، مختار.، و نصرتی، ایرج. (۱۳۹۸). بررسی اثر قطع آبیاری بر عملکرد دانه و خصوصیات فیزیولوژیکی ذرتL .Zea mays (S.C.704). نشریه تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۱۲(۴)، ۱۱۶۳-۱۱۵۱. https://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1623.1365

گلستانی، سودابه.، نوری، محمدرضا.، شایان نژاد، محمد.، و محمدخانی، عبدالرحمن. (۱۳۹۱). مطالعه اثرات روش کم‌آبیاری متناوب بر تعدادی از صفات فیزیولوژیکی گیاه سیب‌زمینی رقم آگریا. اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار (کشاورزی،منابع طبیعی و محیط زیست)، شهرکرد. https://civilica.com/doc/197391

مجیدیان، مجید.، قلاوند، امیر.، کریمیان، نجفعلی.، و کامکار حقیقی، علی اکبر. (۱۳۸۷). تاثیر مقادیر مختلف نیتروژن، کود دامی و آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۱(۲)، ۸۵-۶۷. https://dorl.net/dor/20.1001.1.2008739.1387.1.2.5.8

مجیدیان، مجید.، قلاوند، امیر.، حقیقی، علی اکبر. و کریمیان، نجفعلی. (۱۳۸۷). اثر تنش خشکی، کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی بر قرائت کلروفیل متر، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴. مجله علوم زراعی ایران، ۱۰(۳)، ۳۳۰-۳۰۳. http://dorl.net/dor/20.1001.1.15625540.1387.10.3.7.4

محمدی دهبالایی، حسین. (۱۳۹۲). فعالیت آنتی اکسیدانی و ژنوتیپ های مورفومتریک لوبیا سیاه در شرایط عادی و تنش آبی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام.

میرشکار نژاد، بابک.، پاکزاد، فرزاد.، امیری، ابراهیم.، اردکانی، محمدرضا.، و ایلکایی، محمدنبی. (۱۳۹۹). تأثیر تاریخ کاشت و رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و راندمان مصرف آب در ذرت دانه‌ای. نشریه تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۱۳(۲)، ۵۵۷-۵۴۷. https://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2156.1540

هوشمند، عبدالرحیم.، فروتن، مجتبی.، و برومند نسب، سعید. (۱۳۹۲). ارزیابی کم آبیاری و آرایش کاشت بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه ای هیبرید KSC-704 . مجله علوم و مهندسی آبیاری، ۳۷(۳)، ۴۳-۵۲.
https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=295578

References

Ahmadpour, A., Farhadi Bansouleh, B., & Ghobadi, M. (2017). Effects of deficit irrigation on growth trend, quantity and quality characteristics of maize in Kermanshah. Journal of Water and Soil Resources Conservation, 6(3), 99-112. https://dorl.net/dor/20.1001.1.22517480.1396.6.3.7.8 [In Persian]

Alizadeh, H., Liaghat, A., & Abbasi, F. (2010). Effect of furrow Fertigation on Fertilizer and water use efficiency, productivity and yield components of Corn (ZEA MAYS L). Journal of water and soil (Agricultural Sciences and Technology), 23(4), 137-147. https://dx.doi.org/10.22067/jsw.v0i0.2478 [In Persian]

Al-Kaisi, M. M., & Yin, X. (2003). Effects of Nitrogen rate, Irrigation rate and Plant Population on Corn Yield and Water Use Efficiency. Agronomy Journal, 95, 1475-1482. https://doi.org/10.2134/agronj2003.1475

Ardalan, V., Aghayari, F., Pakzad, F., Sadeghi Shoaa, M., Ismailzadeh Khorasani, Sh., & Fatemi Rika, Z. (2012). Investigation of the effect of dehydration and different irrigation methods on yield and yield components of two maize cultivars. Journal of Agriculture and Plant Breeding, 8(3), 175-189. https://www.sid.ir/paper/190253/fa [In Persian]

Azari, A., Boroumand Nasab, S., Behzadi, M., & Moayeri, M. (2007). Investigation of maize yield in strip diameter irrigation method. Journal of Agricultural Science, 30(2), 81-87. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=74293 [In Persian]

Biglouei, M., Kafi Ghasemi, A., Javaherdashti, M., & Isfahani, M. (2013). Effect of irrigation regimes on yield and quality of forage maize (KSC 704) in Rasht region in Iran. Iranian Journal of Crop Sciences, 15(3), 196-206. http://dorl.net/dor/20.1001.1.15625540.1392.15.3.1.3 [In Persian]

Cakir, R. (2004). Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops, 89(1), 1-16. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.01.005

Cheong, Y. H., Kim, K. N., Pandey, G. K., Gupta, R., Grant, J. J., & Luan, S. (2003). CBL1, a calcium sensor that differentially regulates salt, drought, and cold responses in Arabidopsis. The Plant cell, 15(8), 1833–1845. https://dx.doi.org/10.1105%2Ftpc.012393

Djaman, k. (2011). Crop evapotranspiration, crop coefficients, plant growth and yield parameters, & nutrient uptake dynamics of maize (zea mays l.) Under full and limited irrigation. Effect of irrigation on yield and above-ground biomass, University of Nebraska, Lincoln. https://www.researchgate.net/publication/305348074

Eskandari, H., & Kazemi, K. (2019). Evaluation of irrigation levels and soil fertility management on seed and oil yield of sesame (Sesamum indicum L.). Environmental Stresses in Crop Sciences, 12(1), 111-122. https://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.1254.1256 [In Persian]

Fahiman, A., Allah Dadi, A., Chaeichi, M., & Akbari, Gh. (2011). Investigation of the effect of low irrigation methods on quantitative and qualitative yield of summer forage plants (corn, sorghum and millet forage), First National Congress of New Agricultural Sciences and Technologies, Zanjan University. https://civilica.com/doc/145276 [In Persian]

Farjam, S., Jafarzadeh Kenarsari, M., Rokhzadi, A., & Yousefi, B. (2014). Effects of inter-row spacing and superabsorbent polymer application on yield and productivity of rainfed chickpea. Journal of Biodiversity and Environment Sciences, 5, 316-320. https://www.researchgate.net/publication/303664434

Goksoy, A.T., Demir, A.O., Turan, Z.M., & Agustu, N.D. (2004). Responses of sunflower (Helianthus annuus L) to full and limited irrigation at different growth stages. European Journal of Agronomy, 21, 117-127. http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.fcr.2003.11.004

Golestani, S., Nouri, M., Shayannejad, M., & Mohammad Khani, A. (2012). Study of the effects of intermittent low irrigation method on a number of physiological traits of Agria cultivar. The first national conference on strategies for achieving sustainable development, Shahrekord. https://civilica.com/doc/197391 [In Persian]

Hirich, A., Rami, A., Laajaj, K., Choukr-Allah, R., Jacobsen, S. E., El youssfi, L., & El Omari, H. (2012). Sweet Corn Water Productivity under Several Deficit Irrigation Regimes Applied during Vegetative Growth Stage using Treated Wastewater as Water Irrigation Source. World Academy of Science, Engineering and Technology, 61, 840-847. https://doi.org/10.5281/zenodo.1057043

Hoogenboom G.J., White J.W., & Messina C.D. (2004). From genome to crop: Integration throug simulation modelling. Field Crop Research, 90, 145 -16. https://doi.org/10.15406/mojfpt.2018.06.00186

Hooshmand, A., Forotan, M., & Boroumand Nasab, S. (2014). Evaluation of Deficit Irrigation and Sown Pattern on Yield and Water Use Efficiency of Maize (KSC-704). Irrigation Sciences and Engineering, 37(3), 43-52. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=295578 [In Persian]

Hugh, J. E., & Davis, R.F. (2003). Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. Agronomy Journal, 95, 688-696. https://doi.org/10.2134/agronj2003.6880

Jian-yong, W., You-Cai, X., Feng-Min, L., Kadambot, H.M., & Neil, C.T., (2017). Effects of Drought Stress on Morphophysiological Traits, Biochemical Characteristics, Yield, and Yield Components in Different Ploidy Wheat: A Meta-Analysis. Advance in Agronomy, 134, 139-173. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.01.002

Karimi, A., Ghobadi, M., Ghobadi, M., & Nosratti, I. (2019). Studying the effect of no irrigation on grain yield and physiological characteristics of corn (Zea mays L., S.C.704) in summer planting. Environmental Stresses in Crop Sciences, 12(4), 1151-1163. https://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1623.1365 [In Persian]

Karimzadeh Asl, Kh., Mazaheri, D., & Peyghambari, S.A. (2003). Effect of four irrigation cycles on yield and quantitative traits of three sunflower cultivars. Iranian Agricultural Sciences, 34(2), 293-301. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=814 [In Persian]

Khalilvand Behrouzyar, E., Yarnia, M., Darbandi, S., & Aliari, H. (2009) Effect of drought stress on yield and yield components of sunflower (Helianthus annuuss) at different plant densities. Journal of Crop Science, 1(1), 33-44. https://journals.srbiau.ac.ir/article_5651.html [In Persian]

Majidian, M., Ghalavand, A., Kamgar Haghighi, A.A., & Karimian, N. (2008). Effect of drought stress, nitrogen fertilizer and manure on chlorophyll meter reading, grain yield and yield components in grain maize cv. SC 704. Iranian Journal of Crop Sciences, 10(3), 303-330. http://dorl.net/dor/20.1001.1.15625540.1387.10.3.7.4 [In Persian]

Majidian, M., Ghalavand, A., Karimian, N,. & Kamgar haghighi, A.A. (2009). Effects of nitrogen different amounts, manure and irrigation water on yield and yield components of corn. Iranian Journal of Crop Sciences, 1(2), 67-85. https://dorl.net/dor/20.1001.1.2008739.1387.1.2.5.8 [In Persian]

Mirshekarnezhad, B., Paknejad, F., Amiri, E., Ardakani, M., & Ilkaee, M. (2020). The Effect of planting date and different irrigation levels on yield and irrigation efficiency in grain maize. Environmental Stresses in Crop Sciences, 13(2), 547-557. https://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2156.1540 [In Persian]

Mohammadi Dehbalaee, H. (2013). Antioxidant activity and morphometric black bean genotypes in normal conditions and water stress, MSc dissertation, Faculty of Agriculture, Ilam University. [In Persian]

Muhammad, Z.I., Fathy, S.E., Saleh, M.I., Shah, F., & Ihsanullah, D. (2016). Wheat phenological development and growth studies as affected by drought and late season high temperature stress under arid environment. Frontiers in Plant Science, 7, 1-14. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00795

Nawaz, A., Amjad, M., Khan, S.M., Afzal, I., Ahmed, T., Iqbal, Q., & Iqbal, J. (2013). Tomato seed invigoration with cytokinins. The Journal of Animal & Plant Sciences, 23(1), 121-128 https://www.researchgate.net/publication/260555727

Oktem, A., Simsek, M., & Oktem., A.G. (2003). Deficit irrigation effects on sweet corn (Zea ays saccharata Sturt) with drip irrigation system in a semi-arid region1.Water-yield relationship. Journal of Agricultural Water Management, 61, 63-74. https://doi.org/10.1016/S0378-3774 (02)00161-0

Ors, S., & Suarez, D.L. (2017). Spinach biomass yield and physiological response to interactive salinity and water stress. Agricultural Water Management, 190, 31-41. http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2017.05.003

Osbornc, S.L., Schepers, J.S., Franas, D.D., & Schlcmer, M.R. (2002). Use of spectral radiance to in-scason biomass and grain yield in nitrogen and water stressed corn. Crop sci, 42, 165-186. https://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpub/8

Pandey, R.K., Maranville, J.W., & Admou, A. (2000). Deficit irrigation and nitrogen effect on maize in Sahelian environment I. Agricultural Water Management, 46, 1-13. http://dx.doi.org/10.1016/S0378-3774 (00)00073-1

Rashidi, M., & Rezadoust, S. (2005). Investigation of the effect of different levels of irrigation on quantitative and qualitative characteristics of sunflower cultivars. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 36(5), 1250-1241. https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=59419 [In Persian]

Rezaei Estakhroeih, A., Hooshmand, A., Boroomand Nasab, S., & Khanjani, M.j. (2012). Effect of Deficit Irrigation and Partial Rootzone Drying on Yield, Yield Components and Water use efficiency of maize (Zea mays L.) SC 704. Water and Soil, 26(6), 1514-1521. https://dx.doi.org/10.22067/jsw.v0i0.19289 [In Persian]

Rezaei, A., Ghafouri, A.R., Ali Asghari, F. & Karimi, G. (2007). Investigation of the effect of water stress on forage maize crop in Kerman region, 9th national seminar on irrigation and evaporation reduction, Kerman. https://civilica.com/doc/38462 [In Persian]

Saberi, A., Mazaheri, d., & Heidari Sharif-Abad, H. (2006). The effects of sowing density and sowing pattern on yield, yield components and some agronomic characteristics of corn (Zea mays L.), H.T.W.C. 647 cultivar. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 13(1), 67-76. https://www.sid.ir/fA/Journal/ViewPaper.aspx?id=45511 [In Persian]

Sakinezhad, T. (2003). Study of the effect of water stress on the process of nitrogen uptake. Phosphorus. Potash and sodium in different root periods according to the characteristics of the Faculty of Agriculture, "Physiology of Crops", morphology and physiology of corn in Ahvaz climatic conditions. PhD Thesis, Islamic Azad University, Khuzestan Science and Research Branch. [In Persian]

Saxton, K.E., & Rawls, W.J. (2006). Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions. Soil Science Society of America Journal, 70(5), 1569-1578. https://doi.org/10.2136/sssaj2005.0117

Sezen, S. M., Yazar, A. & Tekin, S. (2011). Effects of partial root zone drying and deficit irrigation on yield and oilquality of sunflower in a Mediterranean environment. Irrigation and Drainage, 60(4), 499-508. https://doi.org/ 10.1002/ird.607