University of Birjand

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

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 16, No. 2, pp. 369-381 (Summer 2023)

Original article

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2022.4618.2049

Evaluation of yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) under the influence of irrigation regimes and tillage systems

S. Nasirpour[1], M.R. Jahansouz[2*], A. Ahmadi[2], E. Afshoon[1]

1. Ph.D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Tehran, Karaj, Iran
2. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Tehran, Karaj, Iran

Received 24 August 2021; Accepted 26 October 2021

Extended abstract

Introduction

Maize (*Zea mays* L.) is ranked fourth among cereals in terms of area under cultivation and grain yield after wheat, barley and rice. Water scarcity or water stress is one of the most limiting factors in crop growth and crop yield, which reduces the average yield by 50% and even higher values. Water stress in corn through adverse effects on inoculation and grain filling, reduced plant photosynthesis, reduced amount of material grown and as a result of grain shrinkage, reduced leaf area and disrupting physiological processes, reduces the number of grains per ear, weight Thousands of seeds, bio-yield and grain yield. Conservation tillage is one of the inevitable methods of conservation agriculture by which the effect of water stress on plant growth and yield can be reduced. In agro-ecosystems, conservation tillage, while preserving and improving water resources and the environment, improves crop production and makes it sustainable. Since Iran is located in the arid and semi-arid region of the world and drought has a negative impact on the yield of its products, the study of water stress and strategies to deal with it is of particular importance; Therefore, the purpose of this study was to investigate the yield response and yield components of maize to tillage systems and irrigation regimes in Karaj.

Materials and methods

In order to evaluate the effect of different tillage systems and irrigation regimes on corn yield, an experiment was conducted as split-plot in the form of randomized complete blocks with three replications in the research farm of the University of Tehran (longitude 35 degrees East, latitude 35 degrees and 48 Minute North) in 2016. The main factor in this experiment was tillage with two levels (no-tillage and conventional tillage) and the second factor was irrigation with three levels (without water stress, moderate water stress and severe water stress based on 75, 110 and 150 mm evaporation from Evaporation pan surface, respectively). Irrigation was done using plastic tapes (type) and the irrigation volume was controlled by the meter. Irrigation treatments were applied from the 4-leaf stage. The distance between the main, sub-factors and blocks (replicates) was 10, 2 and 10 meters, respectively, and there were six 10-meter planting lines within each experimental plot. Also, the distance between rows of corn in the plots was 75 cm and the distance between plants per row was 15.5 cm (density of 86,000 plants per hectare). To determine the water requirement, the Class A evaporation pan method was used and using daily meteorological data, Equations 1 and 2 were used:

$$ET_C = K_C \times ET_o \qquad \text{(Eq. 1)}$$

$$ET_o = K_p \times E_{pan} \qquad \text{(Eq. 2)}$$

* Corresponding author: Mohammadreza Jahansouz; E-Mail: jahansuz@ut.ac.ir

© 2023, 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).

in them, ETc = Evapotranspiration of the desired crop (mm.day^{-1}), KC= Plant coefficient, ETo= Reference evapotranspiration (mm.day^{-1}), Kp= Plate coefficient (without unit), E pan= Evaporation of the pan (mm.day^{-1})

Results

The results showed that the effect of tillage and tillage interaction at irrigation levels on any of the traits was not significant, but the effect of irrigation regimes on plant height, number of seeds per ear, 1000-seed weight, ear weight, grain yield, Biological yield, harvest index and water use efficiency were significant. The highest plant height was obtained in conditions without water stress (217 cm). Also, the highest number of seeds per ear was obtained under normal irrigation conditions, so that the application of severe stress reduced the number of seeds per ear by 26%. Severe water stress reduced the weight of 1000 seeds by 12%. Also, the weight of ear decreased by 38% compared to normal irrigation in severe stress and reached 151 g. The highest grain yield in normal irrigation was 12471 kg.ha^{-1}, which severe stress reduced grain yield by almost 40%. A similar trend was observed in biological yield, with severe water stress reducing by 29%. In terms of water use efficiency, severe water stress increased it to 2.21 kg.m^{-3}, which showed a growth of 31% compared to normal irrigation.

Conclusion

The results of this study showed that the tillage system had no significant effect on any of the traits, but water stress had a negative effect on all traits except water use efficiency, so that plant height, 1000-seed weight, Number of seeds per ear, ear weight, grain yield, biological yield and harvest index decreased sharply but water use efficiency increased compared to treatment without water stress. Based on the results of this study, corn irrigation based on 75 mm of evaporation from the evaporation pan surface in similar climatic conditions is recommended.

Keywords: Biological yield, Harvest index, Plant height, Thousand-grain weight, Water use efficiency

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد شانزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۲

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2022.4618.2049

مقاله پژوهشی

ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) هیبرید ماکسیما تحت‌تأثیر رژیم‌های آبیاری و خاک‌ورزی

صادق نصیرپور[۱]، محمدرضا جهانسوز[۲*]، علی احمدی[۲]، اسماعیل افشون[۱]

۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۲. استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
ارتفاع بوته
شاخص برداشت
عملکرد زیستی
کارایی مصرف آب
وزن هزار دانه

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۰۶/۰۲

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۰۸/۰۴

تاریخ انتشار:
تابستان ۱۴۰۲

۱۶(۲): ۳۶۹-۳۸۱

چکیده

به‌منظور مطالعه تأثیر شیوه‌های گوناگون خاک‌ورزی و رژیم‌های آبیاری بر عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) هیبرید ماکسیما، آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه تهران واقع در کرج در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. عامل اصلی در این آزمایش خاک‌ورزی با دو سامانه خاک‌ورزی (مرسوم و بدون خاک‌ورزی) و عامل فرعی سه رژیم آبیاری (بدون تنش آبی، تنش آبی متوسط و تنش آبی شدید به ترتیب بر اساس ۷۵، ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A) در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد اثر اصلی خاک‌ورزی و برهم‌کنش خاک‌ورزی و رژیم‌های آبیاری بر هیچ‌کدام از صفات معنی‌دار نشد، ولی اثر اصلی رژیم‌های آبیاری بر تمامی صفات معنی‌دار شد. بیشترین ارتفاع بوته، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، وزن بلال، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت از تیمار بدون تنش آبی و بیشترین کارایی مصرف آب از تیمار تنش آبی شدید حاصل شد. همچنین نتایج نشان داد تنش آبی شدید و متوسط نسبت به شرایط بدون تنش آبی به ترتیب موجب کاهش ۴۰/۲ و ۱۶/۸۵ درصدی از عملکرد دانه شد. ازآنجاکه شیوه خاک‌ورزی بر هیچ‌کدام از صفات موردمطالعه تأثیر معنی‌داری نداشت، شیوه بدون خاک‌ورزی به‌منظور بهبود خصوصیات خاک همراه با آبیاری ذرت بر اساس ۷۵ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر در شرایط اقلیمی مشابه پیشنهاد می‌گردد.

مقدمه

از حدود ۱۲ میلیون هکتار اراضی زراعی ایران، غلات با هشت میلیون و چهارصد هزار هکتار سطح زیر کشت حدود ۷۱٪ از سطح تولیدات زراعی کشور را به خود اختصاص داده است. ذرت (*Zea mays* L.) در بین غلات ازنظر سطح زیر کشت (۱۳۷ هزار هکتار) و عملکرد دانه (یک میلیون تن) بعد از گندم، جو و برنج در مقام چهارم قرار گرفته است (Ahmadi et al., 2018). کمبود آب یا تنش آبی، یکی از محدودکننده‌ترین عوامل در رشد و عملکرد محصول گیاهان زراعی است (Hassan et al., 2014) که به طور متوسط موجب کاهش ۵۰٪ و حتی مقادیر بالاتری در عملکرد محصول می‌گردد (Wang et al., 2003). نیاز آبی ذرت تا مرحله ۱۰ برگی پایین بوده و بعد از آن مرحله، هرگونه کمبود آب و نیتروژن موجب کاهش تعداد دانه و عملکرد محصول خواهد شد (Campos et al., 2006; Ciampitti and Vyn, 2011; Cakir, 2004; Djaman and Irmak, 2012; Kim et al., 2008).

گزارش شده است تنش آبی در ذرت از طریق تأثیر نامطلوب بر تلقیح و پرشدن دانه‌ها (Masjedi et al., 2009)، افزایش فاصله زمانی بین گرده‌افشانی و کاکل‌دهی

* نگارنده پاسخگو: محمدرضا جهانسوز. پست الکترونیک: jahansuz@ut.ac.ir

(Edmeades, 1999)، کاهش فتوسنتز جاری گیاه، کاهش میزان مـواد پـرورده و درنتیجه چروکیدگی دانه (Emam and Seghateleslam, 2005)، کاهش سطح برگ و طول دوره سبزمانی آن‌ها (Di Paolo and Rinaldi, 2008) و نیز مختل کردن فرایندهای فیزیولوژیکی (Howell et al., 1995) به ترتیب موجب کاهش تعداد دانه در بلال، تعداد ردیف در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد زیستی و عملکرد دانه می‌گردد.

از طرف دیگر خاک‌ورزی حفاظتی یکی از روش‌های اجتناب‌ناپذیر کشاورزی حفاظتی است که به‌وسیله آن می‌توان تأثیر تنش آبی را بر رشد و عملکرد گیاهان کاهش داد. در اکوسیستم‌های زراعی، خاک‌ورزی حفاظتی هم‌زمان با حفظ و بهبود منابع آب و محیط‌زیست، تولید محصولات را بهبود بخشیده و آن را پایدار می‌سازد (FAO, 2014)، بااین‌حال مطالعات مختلف پاسخ‌های متفاوتی از کارایی شرایط بدون خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم در را بیان کرده‌اند، مثلاً کاهش عملکرد دانه ذرت (Sayed et al., 2020)، افزایش راندمان مصرف آب، کاهش زیست‌توده و عملکرد دانه (Peng et al., 2019) در گیاه گندم در شرایط بدون خاک‌ورزی گزارش شده است. در تحقیق دیگری که توسط چن و همکاران (Chen et al., 2021) در مورد تأثیر خاک‌ورزی متداول، شخم عمیق و بدون خاک‌ورزی در خاک‌های رسی کشور چین بر گیاه ذرت انجام شد، بیان داشتند که بدون خاک‌ورزی موجب کاهش عملکرد دانه خواهد شد و نتیجه گرفتند که گاهی خاک‌ورزی عمیق در کاهش تنش خشکی در شرایط آب‌وهوایی مرطوب مفید است. اما در مطالعات دیگری اثربخشی مثبت یا عدم تأثیر منفی بدون خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم در طی تنش خشکی بیان شده است؛ مثلاً افشون و همکاران (Afshoon et al.,2020) بیان کردند تنش خشکی شدید (۳۰٪ نیاز آبی گیاه) موجب کاهش وزن خشک کل ذرت علوفه‌ای در شیوه‌های خاک‌ورزی مرسوم و بدون خاک‌ورزی می‌شود، اما در شرایط تنش خشکی متوسط (۶۰٪ نیاز آبی گیاه) و خفیف (۹۰٪ نیاز آبی گیاه) تفاوت معنی‌داری ازلحاظ عملکرد علوفه تر در شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی مشاهده نشد (Afshoon et al., 2020)؛ همچنین وانگ و همکاران (Wang et al.,2021) بیان داشتند که خاک‌ورزی کاهشی و بدون خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم به ترتیب موجب افزایش ۱۷ و ۱۴ درصد عملکرد دانه ذرت خواهد شد. به نظر می‌رسد تفاوت در پاسخ عملکرد ذرت به روش بدون خاک‌ورزی به طور عمده ناشی از تعداد سال‌های مورد آزمایش بوده است، زیرا تأثیر مثبت این نوع از مدیریت خاک در درازمدت بسیار چشمگیرتر است.

نقش و اهمیت ذرت در تأمین نهاده‌های دامی بسیار بالا است و مطالعه تنش آبی و راهکارهای مقابله با آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی پاسخ عملکرد و اجزای عملکرد ذرت هیبرید ماکسیما به سامانه‌های خاک‌ورزی و رژیم‌های آبیاری در کرج بود.

مواد و روش‌ها

مشخصات جغرافیایی، اقلیمی و خاک محل آزمایش

این مطالعه در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج در تابستان ۱۳۹۵ با طول جغرافیایی ۳۵ درجه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۲۱ متر انجام شد. این منطقه دارای آب‌وهوای سرد و خشک و میانگین ۳۰ساله بارندگی آن حدود ۲۵۰ میلی‌متر است. کلاس بافت خاک مزرعه مورد آزمایش لومی رسی بود. جهت تعیین ویژگی‌های خاک، تعداد شش نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری به‌صورت ضربدری از مزرعه تهیه و پس از مخلوط نمودن آن‌ها یک نمونه مرکب حاصل شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ آمده است.

این پژوهش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی در این آزمایش خاک‌ورزی در دو شیوه (بدون خاک‌ورزی و مرسوم) و عامل فرعی آبیاری با سه رژیم بدون تنش[1]، تنش متوسط[2] و تنش شدید[3] به ترتیب بر اساس ۷۵، ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A در نظر گرفته شد. آبیاری با استفاده از نوارهای پلاستیکی (تیپ) انجام شد و حجم آبیاری توسط کنتور کنترل گردید. اعمال تیمارهای آبیاری پس از استقرار گیاهان در مرحله ۴برگی به طور مستمر تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک ادامه

[1] No water stress
[2] Moderate water stress
[3] Severe water stress

پیدا کرد. همچنین به‌منظور مبارزه با علف‌های هرز از علف‌کش نیکوسولفورون با نام تجاری کروز به میزان ۲ لیتر در هکتار در مرحله‌ی چهار برگی استفاده شد.

بر اساس آنالیز خاک، کود نیتروژن موردنیاز (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره در دو نوبت با توصیه کارشناسان مزرعه قبل از کشت (۵۰ کیلوگرم) و هشت برگی (۲۵۰ کیلوگرم) به‌وسیلهٔ دست به‌صورت نواری پای بوته‌ها اضافه گردید. همچنین کودهای فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم به ترتیب در مقادیر ۱۲۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پیش از کاشت مصرف شد. در زمین مربوطه قبل از اعمال تیمارها، جو کشت شده بود که توسط کمباین برداشت گردید. در روش خاک‌ورزی مرسوم ابتدا زمین توسط گاوآهن برگردان‌دار شخم و سپس دو مرحله دیسک زده شد و درنهایت برای کاشت ذرت به‌صورت مسطح در تاریخ ۵۲ خردادماه ۵۹۳۱ از کارنده پنوماتیک استفاده گردید. در روش بدون خاک‌ورزی، با استفاده از کارنده ویژه بدون خاک‌ورزی (پنوماتیک شرکت تراشکده) اقدام به کشت مستقیم بذرها به‌صورت مسطح در بقایای گیاه جو شد (میزان تقریبی بقایا ۱/۴ تن در هکتار بود). فاصله بین عامل‌های اصلی، فرعی و بلوک‌ها (تکرارها) به ترتیب ۰۱، ۲ و ۰۱ متر در نظر گرفته شد و در درون هر کرت آزمایشی شش خط کشت ۰۱ متری وجود داشت. همچنین فاصله ردیف‌های کشت ذرت (هیبرید ماکسیما) در کرت‌ها، ۵۷ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۵۱/۵ سانتی‌متر بود (تراکم ۶۸ هزار بوته در هکتار). رقم مورداستفاده در این مطالعه هیبرید ماکسیما بود که از موسسه بذر واقع در استان البرز تهیه گردید.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 1. Physical and chemical soil properties of the experimental site.

عمق خاک Soil Depth	پتاسیم K	فسفر P	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC	بافت خاک Soil texture	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	مواد آلی Organic Carbon	نیتروژن کل Total N
(cm)	----- mg kg^{-1} -----			dS m^{-1}				%		
0-30	145	7.8	7.6	0.97	Clay loam	25	44	31	0.96	0.09

برای تعیین نیاز آبی از روش تشتک تبخیر کلاس A و با استفاده از داده‌های روزانه هواشناسی از رابطه‌های ۱ و ۲ استفاده شد:

$$ET_C = K_C \times ET_0 \qquad [۱]$$

که در آن ET_c = تبخیر و تعرق گیاه زراعتی موردنظر (میلی‌متر بر روز)، Kc= ضریب گیاهی و ET0= تبخیر و تعرق مرجع (میلی‌متر بر روز) که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$ET_0 = K_p \times E_{pan} \qquad [۲]$$

که در آن KP= ضریب تشتک (بدون واحد)، Epan = تبخیر تشتک (میلی‌متر بر روز) می‌باشند.

ضرایب گیاهی برای گیاهان مختلف در شرایط استاندارد توسط سازمان فائو در نشریه شماره ۵۶ این سازمان منتشر شده است (Allen et al., 1998) که با توجه به شرایط اقلیمی هر منطقه باید نسبت به اصلاح آن‌ها اقدام کرد. این ضرایب برای ذرت در مراحل میانی و پایانی رشد به ترتیب برابر با ۱/۲۰ و ۰/۳۵ می‌باشند که پس از اصلاح برای منطقه موردنظر به ترتیب برابر با ۱/۲۵ و ۰/۴۷ گردید. همچنین سازمان فائو ضرایب تشت‌های مختلف را در نشریه شماره ۵۶ منتشر کرده است که این عدد برای تشت تبخیر کلاس A و باتوجه‌به داده‌های هواشناسی منطقه برابر با ۰/۷ به دست آمد.

برداشت محصول و اندازه‌گیری صفات

به‌منظور تعیین عملکرد نهایی، در مرحله رسیدگی کامل در تاریخ ۲۸ مهرماه ۱۳۹۵ از ردیف‌های سوم و چهارم هر کرت بعد از حذف دو متر از ابتدا و انتهای آن‌ها به‌عنوان اثر حاشیه، به میزان پنج مترمربع برداشت و برای خشک شدن نهایی به مدت یک هفته در هوای آزاد و سپس در آون با دمای ۱۱۰ درجه نگهداری شدند. پیش از جدا کردن دانه از بلال، وزن کل بوته‌ها (برگ، ساقه، بلال و دانه) و عملکرد زیست‌توده (بیوماس) تعیین شد. برای تعیین عملکرد دانه، وزن کل دانه‌های حاصل از پنج مترمربع توسط ترازو اندازه‌گیری شد. وزن

هزار دانه پس از انتخاب نمونه‌ای تصادفی از دانه‌های به‌دست‌آمده از هر تیمار شمارش شد و محاسبه گردید. صفاتی مانند وزن بلال در بوته، شمار دانه در بلال، از میانگین ده بوته به دست آمد. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد زیست‌توده به دست آمد (Ntanos and Koutroubas, 2002). برای محاسبه کارایی مصرف آب آبیاری از نسبت عملکرد دانه تولیدشده بر حجم آب مصرف‌شده برحسب مترمکعب در هکتار استفاده شد. داده‌های حاصل از آزمایش توسط نرم‌افزار SAS (نسخه ۹,۴) آنالیز شدند و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و برای ترسیم شکل‌ها از نرم‌افزار اکسل استفاده گردید.

نتایج و بحث

اثر خاک‌ورزی و برهمکنش خاک‌ورزی در سطوح آبیاری بر هیچ‌کدام از صفات معنی‌دار نشد، اما اثر رژیم‌های آبیاری بر صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، وزن بلال، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت و صفت کارایی مصرف آب معنی‌دار شد (جدول ۲).

جدول ۲. تجزیه واریانس میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری و شیوه‌های خاک‌ورزی

Table 2. Variance analysis of yield and yield components of grain maize as affected by different irrigation regimes and tillage systems.

Source of variations	منابع تغییر	درجه آزادی df	ارتفاع گیاه Plant height	تعداد دانه در بلال grain number per ear	وزن هزار دانه Thousand grain weight	وزن بلال Ear weight
Replication	تکرار	2	20.899 ns	1243.500 ns	588.544 ns	54.757 ns
Tillage	خاک‌ورزی	1	2.546 ns	3842.722 ns	800.266 ns	1244.506 ns
Error a	خطای a	2	116.124	2910.055	109.634	527.445
Water stress	تنش خشکی	2	1024.963*	43395.500 *	1825.102*	12395.414*
Tillage×Water stress	خاک‌وری× تنش خشکی	2	2.541 ns	2202.722 ns	364.835 ns	325.871 ns
Error b	خطای b	8	110.760	22246.222	133.386	443.892
Coefficient of variation (%)	ضریب تغییرات		*5.14*	*9.48*	*4.08*	*10.63*

جدول ۲. ادامه

Table 2. Continued

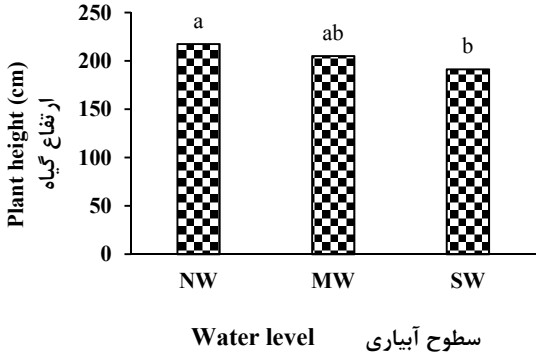
Source of variations	منابع تغییر	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد زیستی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	کارایی مصرف آب Water use efficiency
Replication	تکرار	2	284498.17 ns	5800197.6 ns	38.955 ns	0.0126 ns
Tillage	خاک‌ورزی	1	4937129.39 ns	10913792.0 ns	1.798 ns	0.0296 ns
Error a	خطای a	2	401470.39	1045322.0	1.872	0.0032
Water stress	تنش خشکی	2	38015379.50*	68077037.6*	103.260*	0.7556**
Tillage×Water stress	خاک‌وری× تنش خشکی	2	2.541 ns	1139019.06 ns	83528.7 ns	37.414 ns
Error b	خطای b	8	364619.11	994731.4	11.911	0.0927
Coefficient of variation (%)	ضریب تغییرات		*5.14*	*5.97*	*5.07*	*6.76*

**، * و ns: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ و ۵٪ و عدم معنی‌دار است.

**, *, and ns: significant at 1 and 5% probability level, and nonsignificant, respectively.

ارتفاع بوته

بیشترین ارتفاع بوته (۲۱۷/۵۶ سانتی‌متر) در شرایط بدون تنش آبی (۷۵ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) و کمترین میزان آن (۱۹۱/۴۳۵ سانتی‌متر) از تنش آبی شدید (۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) حاصل شد (شکل ۱). تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای بدون تنش آبی و تنش آبی متوسط (۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) و همچنین تیمارهای تنش‌های آبی متوسط و شدید بر ارتفاع بوته وجود نداشت. نتایج یک مطالعه نشان داد فشار آماس سلول‌های ساقه که مسئول افزایش طول ساقه هستند، در طی تنش آبی کمتر شده و از طرف دیگر مواد فتوسنتزی تولیدی در طی تنش آبی نیز روند کاهشی خواهند داشت؛ لذا طول میانگره‌های ساقه و ارتفاع بوته کاهش می‌یابد (Nilahyane et al., 2018). نتایج سایر پژوهشگران یافته‌های این پژوهش را مورد تأثیر منفی تنش خشکی بر ارتفاع بوته تأیید می‌کنند (Khalili et al., 2009; Zarabi et al., 2010; Nabizadeh et al., 2014).

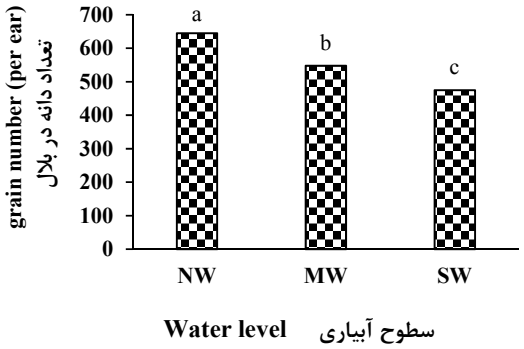


شکل ۱. تأثیر رژیم‌های آبیاری بر ارتفاع بوته. NW ، MW و SW به ترتیب بدون تنش آبی، تنش آبی متوسط و تنش آبی شدید. ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ ازلحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 1. The effect of irrigation regimes on plant height. NW, MW and SW no water stress, moderate water stress and severe water stress, respectively. Columns with same letters according to Duncan test at the level of 5% are not statistically significant.

تعداد دانه در بلال

بیشترین تعداد دانه در بلال (۶۴۵ عدد) در شرایط بدون تنش آبی (۷۵ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) و کمترین میزان آن (۴۷۵ عدد) از تنش آبی شدید (۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) حاصل شد (شکل ۲). طی مرحله زایشی، تنش آبی از طریق کاهش سطح برگ موجب کاهش قدرت منبع و از طریق اخلال در جذب مواد فتوسنتزی موجب کاهش قدرت مقصد می‌گردد درنتیجه شاهد کاهش گلچه‌های بارور خواهیم بود؛ از طرف دیگر تنش آبی شدید از طریق عقیمی دانه‌های گرده و افزایش تعداد دانه‌های پوک در بلال موجب کاهش تعداد دانه در گیاه شده است. در ذرت گزارش شده است که بیشینه جذب عناصر غذایی و آب از چند روز پیش از گرده‌افشانی شروع‌شده و تا تلقیح کامل تخمدان‌ها ادامه دارد، بنابراین هرگونه تنش آبی در این دوران پتانسیل تعداد دانه در ردیف را کاهش خواهد داد (Rabbani and Emam, 2011). همچنین بیان شده است در طی تنش خشکی به سبب کاهش سطح برگ، تسریع پیری برگ‌ها و نیز کاهش فتوسنتز، فعالیت منبع کاهش خواهد یافت درنتیجه تعداد دانه‌ها و عملکرد ذرت کم خواهد شد (Li et al., 2018). سایر پژوهشگران نیز معتقدند تنش آبی موجب کاهش تعداد دانه در بلال می‌گردد (Zarabi et al., 2010) که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد.



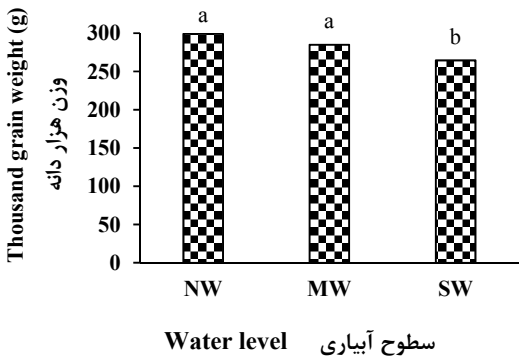
شکل ۲. تأثیر رژیم‌های آبیاری بر تعداد دانه در بلال. NW، MW و SW به ترتیب بدون تنش آبی، تنش آبی متوسط و تنش آبی شدید. ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ ازلحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 2. The effect of irrigation regimes on kernel number per plant. NW, MW, and SW no water stress, moderate water stress and severe water stress, respectively. Columns with same letters according to Duncan test at the level of 5% are not statistically significant.

وزن هزار دانه

بیشترین میزان وزن هزار دانه (۲۹۹ گرم) در شرایط بدون تنش آبی (۷۵ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) و

کمترین میزان آن (۲۶۴ گرم) از تنش آبی شدید (۱۵۰ میلی-متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) حاصل شد (شکل ۳). گزارش شده است که فرایند دانه‌بندی در گیاهان کاملاً وابسته به ماده‌های فتوسنتزی تولیدشده در طی فتوسنتز برگ‌ها است و هرگونه تنش آبی بعد از گرده‌افشانی از طریق کاهش تولید ماده‌های فتوسنتزی موجب چروک شدن دانه‌ها و درنهایت کاهش وزن آن‌ها می‌گردد (Yoder et al., 2015). بیان شده است در طی تنش آبی به‌واسطه کاهش در تولید ساکارز توسط برگ‌ها، تعداد سلول‌های آندوسپرمی و نشاسته-ها کاهش می‌یابد، درنتیجه ظرفیت دانه‌ها کاهش خواهد یافت (Setter and Flannigan, 2001). همسو با نتایج این پژوهش، کاهش وزن دانه ذرت در پی تنش آبی توسط پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است (Khalili et al., 2009; Sepasi et al., 2012; Vazirimehr et al., 2014).

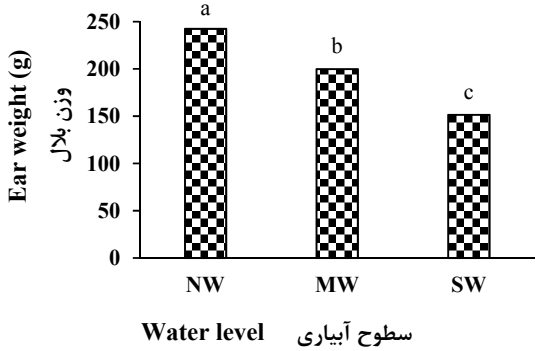


شکل ۳. تأثیر رژیم‌های آبیاری بر وزن هزار دانه. NW، MW و SW به ترتیب بدون تنش آبی، تنش آبی متوسط و تنش آبی شدید. ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ ازلحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 3. The effect of irrigation regimes on thousand grain weight. NW, MW, and SW no water stress, moderate water stress and severe water stress, respectively. Columns with same letters according to Duncan test at the level of 5% are not statistically significant.

وزن بلال

بیشـــترین و کمترین وزن بلال به ترتیب ۲۴۲ و ۱۵۱ گرم از شرایط بدون تنش آبی (۷۵ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) و تنش آبی شـــدید (۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از ســـطح تشـــتک تبخیر) حاصـــل گردید. تنش آبی شـــدید با کاهش تعداد و وزن هزار دانه در این پژوهش موجب کاهش ۳۷/۴۷٪ از وزن بلال نسبت به تیمار عدم تنش آبی شد (شکل ۴). در پژوهشـــی اثر تنش آبی بر رشـــد و توســـعه ذرت مورد ارزیابی قرار گرفت و چنین بیان شـــد که تنش آبی از طریق ممانعت از رشـــد و توســـعه بلال‌ها موجب کوتاهی طول و قطر آن‌ها شده و همچنین وزن تر و خشک آن را نیز کاهش خواهد داد (Tolk et al., 2016).



شکل ۴. تأثیر رژیم‌های آبیاری بر وزن بلال. NW، MW و SW به ترتیب بدون تنش آبی، تنش آبی متوسط و تنش آبی شدید. ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ ازلحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 4. The effect of irrigation regimes on ear weight. NW, MW, and SW no water stress, moderate water stress and severe water stress, respectively. Columns with same letters according to Duncan test at the level of 5% are not statistically significant.

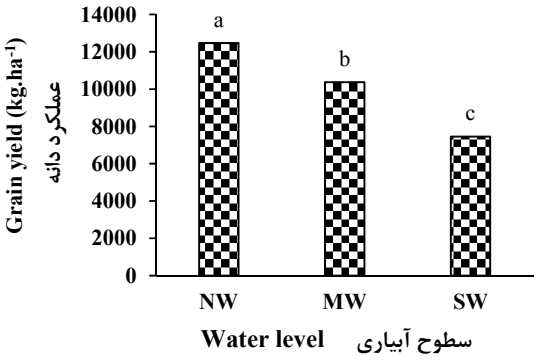
عملکرد دانه

بالاترین (۱۲۴۷۱ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۷۴۵۹ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه به ترتیب از شرایط بدون تنش آبی (۷۵ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) و تنش آبی شدید (۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) حاصل شد (شکل ۵). در این پژوهش کاهش تعداد و وزن دانه‌ها در بلال موجب افت ۴۰/۲٪ عملکرد دانه در طی تنش آبی شدید شده است. گزارش شده است که کمبود آب در مرحله گلدهی و گرده‌افشانی ذرت به‌واسطه عقیمی دانه گرده، نمو غیرطبیعی کیسه جنینی و کاهش تعداد دانه‌های بارور موجب کاهش عملکرد دانه می‌گردد (Ahmad et al., 2015; Moser et al., 2006). هم‌راستا با نتایج این تحقیق در مطالعه Sah et al.,(2020) تنش خشکی در گیاه ذرت منجر به کاهش ۳۸/۴۸٪ تا ۵۵/۹۵٪ از عملکرد دانه شد؛ همچنین نتایج بسیاری از پژوهشگران دیگر نیز نشان داده

است تنش آبی در طی دوره رشد و نمو ذرت، به طور معنی-داری عملکرد را کاهش داده است (Khalili et al., 2009; Jaafari and Imani, 2004; Ahmadi et al., 2000).

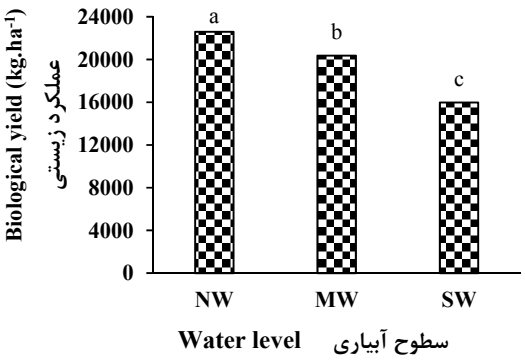
عملکرد زیستی

بالاترین و کمترین عملکرد زیستی به میزان ۲۲۶۰۱ و ۱۵۹۸۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب از شرایط بدون تنش آبی (۷۵ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) و تنش آبی شدید (۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) به دست آمد (شکل ۶). تجمع ماده خشک در گیاه بستگی به سطح برگ و وزن خشک برگ‌ها دارد، ازآنجاکه در طی تنش آبی این دو عامل به‌شدت کاهش می‌یابد (Afshoon et al., 2020) بنابراین عملکرد زیستی نیز کاهش خواهد یافت. در این پژوهش طی تنش آبی به دلیل کاهش تولیدات فتوسنتزی ارتفاع بوته، وزن بلال‌ها و درنهایت عملکرد گیاه کاهش یافت که برآیند این عوامل کاهش ۲۹/۲۹٪ از عملکرد زیستی نسبت به تیمار عدم تنش آبی بوده است. نشان داده شد که افزایش عملکرد زیستی در تیمار بدون تنش آبی ناشی از گسترش بیشتر و افزایش دوره سبزمانی برگ‌ها است و این عوامل منجر به ایجاد مبدأ فیزیولوژیک بزرگ‌تری در گیاه خواهد شد (Di Paolo and Rinaldi, 2008). نتایج سایر پژوهشگران یافته‌های این پژوهش را مورد تأیید قرار می‌دهد (Sepasi et al., 2012; Zarabi et al., 2010).



شکل ۵. تأثیر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد دانه. NW، MW و SW به ترتیب بدون تنش آبی، تنش آبی متوسط و تنش آبی شدید. ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ٪۵ ازلحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 5. The effect of irrigation regimes on grain yield. NW, MW, and SW no water stress, moderate water stress and severe water stress, respectively. Columns with same letters according to Duncan test at the level of 5% are not statistically significant.



شکل ۶. تأثیر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد زیستی. NW، MW و SW به ترتیب بدون تنش آبی، تنش خشکی متوسط و تنش خشکی شدید. ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ٪۵ ازلحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 6. The effect of irrigation regimes on biological yield. NW, MW, and SW no water stress, moderate water stress and severe water stress, respectively. Columns with same letters according to Duncan test at the level of 5% are not statistically significant

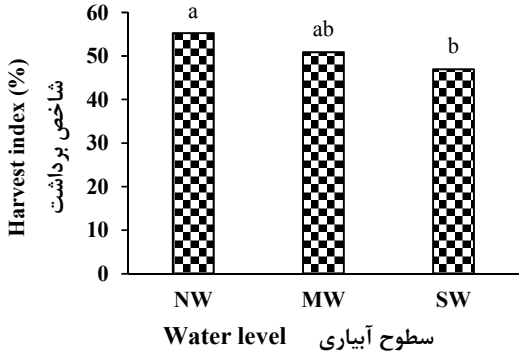
شاخص برداشت

بالاترین شاخص برداشت و کمترین میزان آن ۵۵/۲۷ و ۴۶/۹۸٪ به ترتیب در شرایط عدم تنش آبی (۷۵ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) و تنش آبی شدید (۷۵ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) حاصل شد (شکل ۷). ازآنجایی‌که عملکرد دانه یکی از بخش‌های تشکیل‌دهنده شاخص برداشت است، هرگونه تغییر در میزان آن موجب افزایش یا کاهش شاخص برداشت خواهد شد. در مطالب پیشین بیان شد که تنش آبی موجب کاهش شدید عملکرد دانه (۴۰/۲٪) و عملکرد زیستی (۲۹/۲۹٪) شده است، بنابراین شاخص برداشت نیز کاهش یافت. پژوهشگران دلیل کاهش شاخص برداشت در طی تنش آبی را ناشی از حساسیت شدید این گیاه به هرگونه تنش آبی در مرحله گلدهی دانسته‌اند (Crasta and Cox, 1996; Cakir, 2004). سایر

پژوهشگران نیز کاهش شاخص برداشت ذرت در طی تنش آبی را گزارش کرده‌اند (Zarabi et al., 2010).

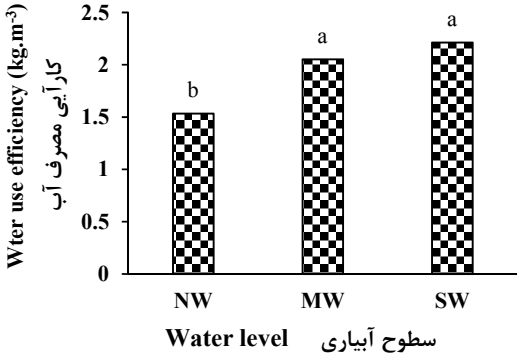
کارایی مصرف آب

بالاترین و کمترین میزان کارایی مصرف آب به ترتیب ۲/۲۱ و ۱/۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب در شرایط تنش آبی شدید (۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) و تیمار بدون تنش آبی (۷۵ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) حاصل شد (شکل ۸). در طی تنش خشکی به ازای یک واحد عملکرد دانه تولیدشده آب کمتری مصرف شد درنتیجه کارایی مصرف آب افزایش یافت. بیان شده است در طی تنش آبی میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد اما به دلیل افزایش مقاومت روزنه‌ای میزان اتلاف آب نسبت به کاهش سرعت فتوسنتز کمتر می‌گردد درنتیجه کارایی مصرف آب افزایش خواهد یافت (Condon et al., 2004). یافته‌های تعدادی از پژوهشگران حاکی از افزایش کارایی مصرف آب ذرت (Parvizi and Nabati, 2004)، گندم و چاودار (Golestani et al., 2016) در اثر تیمار تنش آبی بوده است؛ اما در مطالعه Anjum et al., (2011) طی تنش آبی کارایی مصرف آب ذرت ۵۰/۸۷٪ نسبت به شرایط نرمال رطوبتی کاهش یافت.



شکل ۷. تأثیر رژیم‌های آبیاری بر شاخص برداشت. NW، MW و SW به ترتیب بدون تنش آبی، تنش آبی متوسط و تنش آبی شدید. ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ ازلحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 7. The effect of irrigation regimes on harvest index. NW, MW, and SW no water stress, moderate water stress and severe water stress, respectively. Columns with same letters according to Duncan test at the level of 5% are not statistically significant.



شکل ۸. تأثیر رژیم‌های آبیاری بر کارایی مصرف آب. NW، MW و SW به ترتیب بدون تنش آبی، تنش آبی متوسط و تنش آبی شدید. ستون‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ ازلحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

Fig. 8. The effect of irrigation regimes on water use efficiency. NW, MW, and SW no water stress, moderate water stress and severe water stress, respectively. Columns with same letters according to Duncan test at the level of 5% are not statistically significant.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد تنش آبی بر همه‌ی صفات به‌غیراز کارایی مصرف آب تأثیر منفی داشت به‌نحوی‌که ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، تعداد دانه در بلال، وزن بلال، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت کاهش ولی کارایی مصرف آب نسبت به تیمار بدون تنش آبی ۳۰/۸٪ افزایش یافت. همچنین تنش شدید (۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) و متوسط (۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر) نسبت به تیمار بدون تنش آبی به ترتیب موجب کاهش ۴۰/۲٪ و ۱۶/۸۵٪ از عملکرد دانه شد. ازآنجاکه شیوه خاک‌ورزی بر هیچ‌کدام از صفات موردمطالعه تأثیر معنی‌داری نداشت، شیوه بدون خاک‌ورزی به‌منظور بهبود خصوصیات خاک همراه با آبیاری ذرت بر اساس ۷۵ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر در شرایط اقلیمی مشابه پیشنهاد می‌گردد.

منابع

Afshoon, E., Jahansooz, M.R., Moghadam, H., Oveisi, M., 2020. Effect of tillage, nitrogen fertilizer, and water stress on crop growth indices and yield of forage corn (*Zea mays* L.).

Journal of Crops Improvement. 23(2), 235-246. [In Persian with English Summary].

Ahmad, Z., Waraich, E.A., Ahmad, T., Ahmad, R., Awan, M.I., 2015. Yield responses of maize as influenced by supplemental foliar applied phosphorus under drought stress. International Journal of Food and Allied Sciences. 1(2), 45-55.

Ahmadi, J., Khanghah, H.Z., Rostami, M., Choukan, R., 2000. Evaluation of drought tolerance in maize hybrids commercially delayed. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 4, 891-906. [In Persian with English Summary].

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, 300(9), D05109.

Cakir, R., 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research. 89(1), 1-16.

Anjum, S.A., Wang, L.C., Farooq, M., Hussain, M., Xue, L.L., Zou, C.M., 2011. Brassinolide application improves the drought tolerance in maize through modulation of enzymatic antioxidants and leaf gas exchange. Journal of Agronomy and Crop Science. 197(3), 177-185.

Campos, H., Cooper, M., Edmeades, G.O., Loffler, C., Schussler, J.R., Ibanez, M., 2006. Changes in drought tolerance in maize associated with fifty years of breeding for yield in the US corn belt. Maydica. 51(2), 369.

Chen, J., He, Y., Li, P., 2021. Effects of tillage alteration on soil water content, maize crop water potential and grain yield under subtropical humid climate conditions. International Agrophysics. 35(1), 1-9.

Ciampitti, I.A., Vyn, T.J., 2011. A comprehensive study of plant density consequences on nitrogen uptake dynamics of maize plants from vegetative to reproductive stages. Field Crops Research. 121(1), 2-18.

Condon, A.G., Richards, R.A., Rebetzke, G.J., Farquhar, G.D., 2004. Breeding for high water-use efficiency. Journal of Experimental Botany. 55(407), 2447-2460.

Crasta, O.R., Cox, W.J., 1996. Temperature and soil water effects on maize growth, development yield, and forage quality. Crop Science. 36(2), 341-348.

Di Paolo, E., Rinaldi, M., 2008. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. Field Crops Research. 105(3), 202-210.

Djaman, K., Irmak, S., 2012. Soil water extraction patterns and crop, irrigation, and evapotranspiration water use efficiency of maize under full and limited irrigation and rainfed settings. Transactions of the ASABE. 55(4), 1223-1238.

Edmeades, G.O., 1999. Selection improves drought tolerance in tropical maize populations grain in biomass, grain yield and harvest index. Crop Science. 39, 1306-1315.

Food and Agriculture Organization., 2014. FAO, http://www.FAO.org/ag/ca/1a.html

Golestani Far, F., Mahmoodi, S., Zamani, G.H.R., Sayyari Zahan, M.H., 2016. Effect of drought stress on water use efficiency and root dry weight of wheat (*triticum aesativum* L.) and rye (*secale cereale* L.) in competition conditions. Iranian Journal of Field Crops Research. 15(2), 430-450. [In Persian with English Summary].

Hassan, F.A.S., Ali, E.F., 2014. Impact of different water regimes based on class-A pan on growth, yield and oil content of *Coriandrum sativum* L. plant. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 13(2), 155-161.

Howell, T.A., Yazar, A., Schneider, A.D., Dusek, D.A., Copeland, K.S., 1995. Yield and water use efficiency of corn in response to LEPA irrigation. Transactions of the ASAE. 38(6), 1737-1747.

Jaafari, P., Imani, M.R., 2004. Study of drought stress and plant density on yield and some agronomical traits of maize KSC 301. Abstracts of the 8th. Iranian Congress of Crop Sciences. College of Agriculture, Universty of Guilan, Rasht, Iran. 235 pp. [In Persian].

Khalili, M., Moghaddam, M., Kazemi Arbat, H., Shakiba, MR., Kanooni, H., Choghan, R., 2009. Effect of drought stress on different maize genotypes. Agricultural Science and Sustainable Production. 2(20), 67-84. [In Persian with English Summary].

Kim, K.I., Clay, D.E., Carlson, C.G., Clay, S.A., Trooien, T., 2008. Do synergistic relationships between nitrogen and water influence the ability of corn to use nitrogen derived from fertilizer and soil? Agronomy Journal. 100(3), 551-556.

Li, Y., Tao, H., Zhang, B., Huang, S., Wang, P., 2018. Timing of water deficit limits maize kernel setting in association with changes in the source-flow-sink relationship. Frontiers in Plant Science. 9, 1326.

Masjedi, A., Shokouhfar, A., Alavifazel, M., 2009. A survey of most suitable irrigation scheduling and effect of drought stress on yield for summer corn (SC.704) with class A evaporation pan in Ahvaz. Water and Soil Science. 12(46), 543-550. [In Persian with English summary].

Moser, S.B., Feil, B., Jampatong, S., Stamp, P., 2006. Effects of pre-anthesis drought, nitrogen fertilizer rate, and variety on grain yield, yield components, and harvest index of tropical maize. Agricultural Water Management. 81(1-2), 41-58.

Nabizadeh, E., Banifazel, M., Taherifard, E., 2012. The effects of plant growth promoting on some of traits in maize (cv. SC704) under drought stress condition. European Journal of Experimental Biology. 2(4), 875-881.

Nilahyane, A., Islam, M., Mesbah, A., Garcia, y., Garcia, A., 2018. Effect of irrigation and nitrogen fertilization strategies on silage corn grown in semi-arid conditions. Agronomy, 8(10), 208.
https://doi.org/10.3390/agronomy8100208

Ntanos, D.A., Koutroubas, S.D., 2002. Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. Field Crops Research. 74, 93-101.

Pandey, R.K., Maranville, J.W., Admou, A., 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment: I. Grain yield and yield components. Agricultural Water Management. 46(1), 1-13.

Parvizi, Y., Nabati, E., 2004. Effect of manure application and irrigation interval on yield indices and water use efficiency in maize (*Zea mays* L.). Pajouhesh and Sazandegi. 63, 21-29. [In Persian with English summary].

Peng, Z., Wang, L., Xie, J., Li, L., Coulter, J.A., Zhang, R., Choudhary, S., 2019. Conservation tillage increases water use efficiency of spring wheat by optimizing water transfer in a semi-arid environment. Agronomy. 9(10), 583.

Rabbani, J., Emam, Y., 2011. Yield response of maize hybrids to drought stress at different growth stages. Journal of Crop Production and Processing. 1(2), 65-78. [In Persian with English summary].

Sah, R. P., Chakraborty, M., Prasad, K., Pandit, M., Tudu, V.K., Chakravarty, M.K., Moharana, D., 2020. Impact of water deficit stress in maize: Phenology and yield components. Scientific reports. 10(1), 1-15.

Sayed, A., Sarker, A., Kim, J.E., Rahman, M., Mahmud, M.G.A., 2020. Environmental sustainability and water productivity on conservation tillage of irrigated maize in red brown terrace soil of Bangladesh. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 19(4), 276-284.

Sepasi, S., Klarstaqy, K., Abraham, H., 2012. Effects of different levels drought stress and plant density on yield and yield components of SC 704. Journal of Crop Ecophysiology. 3, 279-288. [In Persian with English summary].

Setter, T. L., Flannigan, B. A., Melkonian, J., 2001. Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize: carbohydrate supplies, abscisic acid, and cytokinins. Crop Science, 41(5), 1530-1540.

Tolk, J.A., Evett, S.R., Xu, W., Schwartz, R.C., 2016. Constraints on water use efficiency of drought tolerant maize grown in a semi-arid environment. Field Crops Research. 186, 66-77.

Vazirimehr, M. R., Ganjali, H. R., Keshtehgar, A., Rigil, K., 2014. Seed priming effect on the number of rows per ear, grain weight and economic yield corn in Sistan region. International Journal of Biosciences. 4(4), 87-91.

Wang, W., Vinocur, B., Altman, A., 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. Planta. 218(1), 1-14.

Wang, Z., Sun, J., Du, Y., Niu, W., 2021. Conservation tillage improves the yield of summer maize by regulating soil water, photosynthesis and inferior kernel grain filling on the semiarid Loess Plateau, China. Journal of the Science of Food and Agriculture.

Yoder, A., Beyer, R., Jones, C., 2015. The effects of drought-affected grain and carbohydrase inclusion in starter diets on broiler chick performance. The Journal of Applied Poultry Research 24: 177-185.

Zarabi, M., Alahdadi, I., Abbas Akbari, Gh., Iran Nejad, N., Ali Akbari, Gh., 2010. Reduction of

drought stress effects on yield and yield components of grain corn (*Zea mays* L.) using mixed biofertilizers and phosphorus. Journal of Crops Improvement. 12(2), 37-50. [In Persian with English summary].