Research Article

Plant Prod., 2021, 44(2), 271-282
http://plantproduction.scu.ac.ir//

ISSN (P): 2588-543X
ISSN (E): 2588-5979

Assessment of the Role of Low Irrigation and Change in Plant Density on Water Use Efficiency and Yield and Yield Components of Maize (*S.C 704*)

Haleh Badvan[1], Mojtaba Alavi Fazel[2]*

1- M.Sc. Student of Agronomy, Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
2- ***Corresponding Author:** Associate Professor Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran (Mojtaba_Alavifazel@yahoo.com)

Citation: Badvan, H., & Alavi Fazel, M. (2021). Assessment of the role of low irrigation and change in plant density on water use efficiency and yield and yield components of maize (*S.C 704*). *Plant Productions*, 44(2), 271-282.
10.22055/PPD.2020.30499.1797

Received: 30 July, 2019 Accepted: 15 January, 2020

Abstract

Introduction

Water is the first and the most important limitation in increasing agricultural production. Topical root dryness is a new method of low irrigation, which improves the water utilization efficiency, without significantly reducing the yield of the plant. Maize is a plant that is very sensitive to plant densities, and if the density is low, then the factors of exploitation are not optimized. On the other hand, excessive plant density causes flower sterility and reduced grain yield. Therefore, this experiment aims to investigate the role of low irrigation and plant density changes on the water use efficiency and grain yield components of corn.

Materials and Methods

The experiment design was implemented as a split plot design in a randomized complete block design with three replications. The main plots Include: 1- full furrow irrigation (control), 2- furrow irrigation in the form of a fixed and 3-variable furrow irrigation. Sub plots include different planting densities: 65,000, 75,000, and 85,000 plants per hectare.

Results and Discussion

The results showed that different low irrigation methods had significant effects on ear tick length, number of seeds per ear, 1000 grain weight, grain yield, biological yield, harvest index and water use efficiency. Differences among plant densities in terms of ear tick length, number of seeds per ear, 1000 grain weight, grain yield, biological yield and water use efficiency were significant. The highest grain yield was observed in full irrigation (6858 kg ha-1) and at a density of 85,000 plants

© 2021 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

per hectare (6159 kg ha-1). The highest water consumption efficiency was obtained in irrigation as variables (17.33%) and at 85,000 plants per hectare (15.52%). Single plant yield decreased at 85 thousand plants, but this deficit was compensated by increasing plant number per unit area and grain yield increased. Single plant yield increased by 65 thousand plants. But because of the less plant per unit area, its yield decreased. Grain yield increased by about 14% in irrigation of one side of the variable compared with one in the constant. Changes in performance components are expected to trigger these changes. With increasing plant density per unit area, water use efficiency also increased, which is due to more cover and less shade and evaporation from the ground. Plant density per unit area also affects water use efficiency by reducing evaporation and increasing the share of transpiration that results in high yield. Water use efficiency in treatments with intermittent furrow irrigation was higher than constant furrow irrigation.

Conclusion

The full furrow irrigation (control) method was able to obtain the highest yield and grain yield components. As a result, in one irrigation in between fixed and variable, 25 and 12% reduction in yield was observed compared to full irrigation, respectively.

Keywords: Corn, Grain yield, Optimum density, Water deficit, Water use efficiency

مقاله پژوهشی

Plant Prod., 2021, 44(2), 271-282
http://plantproduction.scu.ac.ir//
ISSN (P): 2588-543X
ISSN (E): 2588-5979

ارزیابی نقش کم آبیاری و تغییر تراکم بوته بر کارایی مصرف آب و عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای (*S.C* 704)

هاله بدوان[۱]، مجتبی علوی فاضل[۲]*

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
۲- ***نویسنده مسئول:** دانشیار، گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران (Mojtaba_Alavifazel@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۵

چکیده

به منظور ارزیابی نقش کم آبیاری و تغییر تراکم بوته بر کارایی مصرف آب و مؤلفه‌های تولیدی ذرت دانه‌ای، آزمایشی در تابستان سال ۱۳۹۶ در منطقه ویس، واقع در شمال اهواز به‌صورت اسپیلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به مرحله اجرا گذاشته شد. کرت‌های اصلی به‌صورت آبیاری جوی و پشته‌ها به‌طور کامل (شاهد)، آبیاری یک در میان جوی و پشته‌ها به‌صورت ثابت تا پایان دوره رشد و آبیاری یک در میان جوی و پشته‌ها به‌صورت متغیر و کرت‌های فرعی شامل تراکم‌های مختلف کاشت (۶۵، ۷۵ و ۸۵ هزار بوته در هکتار) بود. نتایج نشان داد که اثر روش‌های مختلف کم آبیاری بر طول کچلی بلال، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تراکم‌های کاشت از نظر طول کچلی بلال، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و کارایی مصرف آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد دانه در آبیاری کامل (۶۸۵۸ کیلوگرم در هکتار) و در تراکم ۸۵ هزار بوته در هکتار (۶۱۵۹ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. بیشترین کارایی مصرف آب در آبیاری یک در میان جوی و پشته‌ها به‌صورت متغیر (۱۷/۳۳ درصد) و در تراکم ۸۵ هزار بوته در هکتار (۱۵/۵۲ درصد) به‌دست آمد. در مجموع می‌توان گفت که برای رسیدن به کارایی مصرف آب و عملکرد مطلوب در جهت استفاده بهینه از منابع آب و هم‌چنین کاهش تلفات آبیاری، آبیاری یک در میان جوی و پشته‌ها به‌صورت متغیر با تراکم ۸۵ هزار بوته در هکتار ذرت دانه‌ای مناسب به نظر می‌رسد.

کلیدواژه‌ها: تراکم بهینه، ذرت، راندمان مصرف آب، عملکرد دانه، کمبود آب

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) از غلات عمده مناطق مرطوب و نیمه مرطوب گرمسیری است، لیکن به دلیل قدرت سازگاری بالا، کشت آن در مناطق سردسیر نیز میسر گردیده است (Ulger et al., 1997). آب اولین و مهم‌ترین محدودیت در افزایش تولیدات کشاورزی می‌باشد. از این رو با توجه به این که بیش از ۹۳ درصد کل آب‌های کشور به مصرف کشاورزی می‌رسد، نیاز به برنامه‌ریزی دقیق‌تری برای استفاده بهینه از منابع آب موجود احساس می‌گردد. بنابراین با استفاده از شیوه‌هایی که بتوان بدون کاهش و یا با کاهش غیرمعنی‌داری (ناچیز) در تولید محصول، میزان مصرف آب در بخش

کشاورزی را کاهش داد، اجتناب‌ناپذیر خواهد بود (Akbari Nodehi, 2015). به همین منظور در سال‌های اخیر تکنیک کم آبیاری به‌عنوان یک راهکار ارزشمند مطرح است. خشکی موضعی ریشه روشی جدید از کم آبیاری است، که راندمان کاربرد آب را، بدون کاهش در عملکرد گیاه، بهبود می‌بخشد. در آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر جویچه‌ها به صورت یک در میان آبیاری می‌شوند. به این ترتیب که در یک آبیاری دو جویچهٔ کناری و در آبیاری بعدی فقط جویچه وسط آبیاری می‌شود. در این روش نیمی از ریشهٔ گیاه فقط یک دوره‌ی خشکی را تحمل می‌کند که این خشکی دائمی نیست و در آبیاری بعد مرتفع می‌شود و نیمه دیگر تحت تنش خشکی قرار می‌گیرد (Stoll et al., 2015).

یکی از عوامل زراعی مؤثر در عملکرد، تراکم بوته می‌باشد که خود تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله رقم و شرایط آب و هوایی قرار می‌گیرد. تراکم مطلوب یکی از عوامل بسیار مهم در دستیابی به حداکثر عملکرد و کیفیت بهتر محصول می‌باشد که رعایت آن در مورد کلیه محصولات کشاورزی الزامی است (Zendedel Sabet et al., 2018). کاشت کمتر از حد مطلوب سبب می‌شود تا سطوحی از مزرعه خالی بماند و بالعکس تراکم بیش از حد مطلوب سبب افزایش رقابت و از بین رفتن تعدادی از بوته‌ها می‌گردد، بدون اینکه محصولی تولید کنند (Shakeri et al., 2009). ذرت گیاهی است که به تراکم بوته بسیار حساس می‌باشد و اگر تراکم به کار رفته کم باشد، از عوامل تولید بهره‌برداری بهینه نمی‌شود، از سوی دیگر افزایش بیش از حد تراکم بوته، باعث عقیمی گل‌ها و کاهش عملکرد دانه می‌گردد (Harper, 1983). Lotfi Agha et al. (2017) گزارش دادند که مدیریت آبیاری اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه، تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه داشت. در آزمایش ایشان بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۶/۰۶ تن در هکتار از تیمار آبیاری کامل بود که با آبیاری جویچه‌ها به‌صورت یک در میان متغیر اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین عملکرد دانه نیز با میانگین ۴/۹ تن در هکتار از تیمار آبیاری جویچه‌ها به‌صورت یک در میان ثابت به‌دست آمد. در کلزا بیشترین عملکرد دانه و وزن هزار دانه در آبیاری نرمال مشاهده شد و بین روش‌های مختلف کم آبیاری، آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر تأثیر بیشتری بر عملکرد دانه و وزن هزار دانه داشت اما آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت از لحاظ کارایی مصرف آب بهتر بود (Bahrani and Pourreza, 2016).

تیمار آبیاری یک در میان متناوب در کل دوره به همراه آبیاری کامل در مرحله گلدهی در بافت لومی، لوم رسی و رسی سیلتی سبب کاهش آب مصرفی به‌ترتیب برابر ۳۸ ۲۵ و ۳۷ درصد نسبت به آبیاری کامل در ذرت شد (Emdad et al., 2017). بیشترین عملکرد دانه ذرت در تراکم ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار حاصل شد و کمترین آن در تراکم ۶۰۰۰۰ بوته مشاهده شد (Ghosh et al., 2017). Stein et al. (2016) با بررسی اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر روی ذرت گزارش دادند که بیشترین قطر بلال در کمترین تراکم (۳/۲ بوته در مترمربع) و کمترین قطر بلال در بیشترین تراکم (۱۲/۹ بوته در مترمربع) دیده شد. بیشترین کارایی مصرف آب علوفه تر ذرت در تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب و تراکم ۸۵۰۰۰ بوته و کمترین مقدار در تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و تراکم ۹۵۰۰۰ بوته در هکتار به‌دست آمد (Sahradi et al., 2016) با توجه به این‌که تراکم بوته مطلوب به‌عنوان یک عامل مهم در توزیع عمودی نور داخل کانوپی و به‌عنوان اصلی‌ترین عامل در افزایش کارایی فتوسنتزی می‌باشد و با توجه به محدودیت منابع آبی و نیز ضرورت توسعه تکنیک‌های جدید آبیاری از جمله آبیاری جویچه‌ای با هدف افزایش بهره‌وری آب، این آزمایش با هدف ارزیابی نقش کم آبیاری و تغییر تراکم بوته و پیدا کردن بهترین تیمار از اثر متقابل آن در جهت افزایش عملکرد و بهبود اجزای عملکرد دانه ذرت در منطقه طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در تابستان سال ۱۳۹۶ در زمین‌های زراعی واقع در منطقه ویس در فاصله ۱۵ کیلومتری از شهرستان اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۴ دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۳ متر از سطح دریا اجرا شد. در این آزمایش از خاک مزرعه در عمق ۳۰-صفر سانتی‌متری نمونه‌گیری شد که نتایج در جدول (۱) نشان داده شده است.

این آزمایش به‌صورت اسپیلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی آزمایش شامل روش‌های مختلف کم آبیاری به‌صورت آبیاری جوی و پشته‌ها به‌طور کامل (شاهد). آبیاری یک در میان جوی‌ها به‌صورت ثابت تا پایان دوره رشد و آبیاری یک در میان جوی‌ها به‌صورت متغیر و کرت‌های فرعی شامل تراکم‌های مختلف کاشت ۶۵، ۷۵ و ۸۵ هزار بوته در هکتار بود. کاشت بذور رقم سینگل کراس ۷۰۴ ذرت در تاریخ دو مرداد ماه ۱۳۹۶ به‌صورت جوی و پشته (فارو) انجام شد و آبیاری تا مرحله چهار برگی در همه تیمارها مطابق شاهد ادامه یافت و پس از آن تیمارهای مختلف کم آبیاری اعمال گردیدند. کود پایه بکار برده شده در مزرعه شامل کود نیتروژن خالص به مقدار ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره به‌صورت تقسیط در دو مرحله (۵۰ درصد همزمان با کاشت و ۵۰ درصد در مرحله شش برگی به‌صورت سرک) و کود فسفر نیز براساس ۹۰ کیلوگرم فسفر خالص در هنگام تهیه زمین بود. به منظور تعیین عملکرد دانه، برداشت براساس رطوبت ۱۶ درصد دانه و به مساحت ۲ مترمربع صورت گرفت و پس از برداشت بلال‌ها در سطح برداشت نهایی، محصول دانه به‌دست آمده توزین شد. برای تعیین وزن هزار دانه در هر سطح تیمار ۵۰۰ دانه تصادفی از عملکرد دانه آن تیمار شمارش و به دقت توزین گردید و درصورتی که اختلاف آن‌ها کمتر از ۶ درصد باشد مجموع وزن آن‌ها به‌عنوان وزن هزار دانه در نظر گرفته شد (Marashi and Karimi, 2016). شاخص برداشت برای هر کرت آزمایشی از طریق تقسیم عملکرد دانه آن کرت به عملکرد بیولوژیکی آن و ضرب در عدد صد تعیین می‌گردد (Shakeri et al., 2009).

$$HI = (EY / BY) \times 100$$

BY = عملکرد بیولوژیکی

EY = عملکرد دانه

کارایی مصرف آب (WUE) که عبارت است از نسبت مقدار محصول به‌دست آمده (عملکرد علوفه، عملکرد دانه یا عملکرد بیولوژیکی) به مقدار آب مصرفی (آب آبیاری) محاسبه شد. در این تحقیق کارایی مصرف آب دانه مورد بررسی قرار گرفت (Farre and Faci, 2006).

ابتدا مقدار آب مصرف‌شده توسط گیاه در هر مترمربع محاسبه شد به‌طوری‌که مقدار آب در هر خط به طول شش متر و فاصله خطوط ۰/۷۵ متر بر حسب لیتر در مترمربع به‌دست آمد که با ضرب آن در ۰/۰۰۱ لیتر مقدار آب مصرفی در هر متر مکعب برای هر تیمار حاصل شد سپس با تقسیم بر عملکرد دانه در واحد سطح توسط فرمول زیر کارایی مصرف آب حاصل گردید.

$$WUE = (EY / W_{ap})$$

W_{ap} = مقدار آب مصرفی (متر مکعب بر هکتار)

EY = عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)

تجزیه و تحلیل داده‌ها و روش محاسبه نتایج با استفاده از برنامه آماری SPSS-22 و مقایسه میانگین تیمارها به روش حداقل اختلاف معنی‌دار LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

Table 1. Experimental farm soil analysis results

Depth of soil (cm)	Elements			Percentage of soil components			Soil texture	pH	Salt (ds/m)
	K (ppm)	P (ppm)	OC (%)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)			
0-30	167	4.7	0.91	35	44	21	Loam clay	7.48	2.5

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که کم آبیاری و تراکم بوته تأثیر معنی‌داری (P≤۰/۰۱) بر عملکرد دانه داشت (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل با عملکرد ۶۸۵۸ کیلوگرم در هکتار بود و کمترین عملکرد دانه با ۵۱۲۳ کیلوگرم در هکتار در آبیاری یک در میان ثابت جوی‌ها به‌دست آمد (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه در تراکم ۸۵ هزار بوته در هکتار با عملکرد ۶۱۵۹ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد و کمترین عملکرد دانه در تراکم ۶۵ هزار بوته در هکتار با ۵۸۰۲ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۳).

عملکرد دانه در تراکم ۶۵ و ۷۵ هزار بوته در هکتار در مقایسه با تراکم ۸۵ هزار بوته در هکتار به‌ترتیب به میزان ۶ و ۳ درصد کاهش پیدا کرد و تحت تأثیر سطوح مختلف کم آبیاری به روش جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر به‌ترتیب در مقایسه با آبیاری کامل (شاهد) حدود ۲۵ و ۱۲ درصد کاهش یافت و بین سطوح کم آبیاری، عملکرد دانه در آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر در مقایسه با یک در میان ثابت در حدود ۱۴ درصد افزایش یافت (جدول ۳). کاهش عملکرد دانه در تیمار کم آبیاری را می‌توان به کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم و به تبع آن کوچک شدن دانه‌ها و هم‌چنین تحریک سقط جنین و کاهش تعداد دانه‌ها نسبت داد (Bagheri and Heidari Sharif Abad, 2007). براساس نتایج برخی محققین، بیشترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری کامل بود که با آبیاری جویچه‌ها به‌صورت یک در میان متغیر اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری جویچه‌ها به‌صورت یک در میان ثابت به‌دست آمد (Lotfi Agha et al., 2017). پتانسیل عملکرد دانه در زمان باز شدن گل‌ها تابعی از رشد رویشی گیاه است، بنابراین بوته‌هایی که در شرایط رقابت کمتری رشد کرده‌اند از بوته‌هایی که در شرایط متراکم کشت شده اند، پتانسیل عملکرد بیشتری دارند (Jazayeri Shoshtari et al., 2008). عملکرد تک بوته در تراکم ۸۵ هزار بوته در هکتار کاهش یافت اما با افزایش تعداد بوته در واحد سطح این کمبود جبران شد و عملکرد دانه افزایش یافت. عملکرد تک بوته در تراکم ۶۵ هزار بوته افزایش یافت، اما به علت تعداد کمتر بوته در واحد سطح عملکرد آن کاهش یافت (جدول ۳).

Table 2. Analysis of variance of studied traits corn in the tested treatments

S.O.V.	df	Grain yield	Biological yield	Harvest index	Number of seeds per ear	Weigh 1000 seeds	Ear tick length	Water use efficiency
Block	2	6820^{ns}	9868^{**}	16.087^{ns}	2872.4^{ns}	6.84^{ns}	0.00608^{ns}	9.033^{ns}
Low irrigation	2	67787^{**}	52820^{**}	137.335^{**}	17496.8^{**}	614.8^{**}	2.26858^{**}	87.220^{**}
Error 1	4	1424	160	6.853	543.3	8.15	0.00831	1.322
Density	2	2925^{**}	27486^{**}	2.166^{ns}	8211.8^{**}	396.02^{**}	0.46324^{**}	20.285^{**}
Low irrigation × Density	4	350^{ns}	88^{ns}	1.592^{ns}	32.9^{ns}	4.7^{**}	0.04706^{**}	0.458^{ns}
Error 2	12	353	176	1.407	124.9	0.7	0.00139	0.383
C.V. (%)	-	13.35	5.99	8.76	10.87	4.98	22.12	21.82

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

Table 3. Comparison of the average traits of corn in the tested treatments

		Grain yield (kg/ha)	Biological yield (kg/ha)	Harvest index (%)	Number of seeds per ear	Water use efficiency (kg/m^3)
Low irrigation	Full irrigation (control)	6858.7	14704	46.63	488.29	11.14
	One in between fixed	5123	13199	38.83	400.18	13.71
	One in between variables	6001.8	14200	42.26	447.45	17.33
	LSD 0.05	49.38	16.55	3.42	30.5	1.5
Plant density	65,000 per hectare	5802.1	13505	42.83	476.25	12.52
	75,000 per hectare (control)	6022	13990	42.88	443.78	14.13
	85,000 per hectare	6159.5	14607	42.01	415.89	15.52
	LSD 0.05	19.29	13.62	1.21	11.47	0.63

Difference in mean with control less than LSD in 5% level is not significant.

Ghosh et al. (2017) گزارش دادند که بیشترین عملکرد دانه ذرت در تراکم ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار حاصل شد و کمترین آن در تراکم ۶۰۰۰۰ بوته مشاهده شد. با افزایش تراکم بوته، اگرچه مقدار ماده خشک اختصاص یافته به هر بلال کاهش یافت، ولی با افزایش تعداد بلال در واحد سطح، عملکرد دانه افزایش یافت (Niknam and Faraji, 2014).

عملکرد بیولوژیکی

نتایج نشان داد که کم آبیاری و تراکم بوته تأثیر معنی‌داری (P≤۰/۰۱) بر عملکرد بیولوژیکی داشت (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیکی در شرایط آبیاری کامل با عملکرد ۱۴۷۰۴ کیلوگرم در هکتار بود و کمترین عملکرد بیولوژیکی با ۱۳۱۹۹ کیلوگرم در هکتار در آبیاری یک در میان ثابت جوی‌ها به‌دست آمد (جدول ۳). بیشترین عملکرد بیولوژیکی در تراکم ۸۵ هزار بوته در هکتار با عملکرد ۱۴۶۰۷ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد و کمترین عملکرد بیولوژیکی در تراکم ۶۵ هزار بوته در هکتار با ۱۳۵۰۵ کیلوگرم در هکتار حاصل شده بود (جدول ۳).

به نظر می‌رسد دلیل کاهش تولید کل مادهٔ خشک در گیاهان تحت شرایط کم آبیاری ناشی از کاهش عملکرد و اجزای عملکرد دانه در این آزمایش باشد. هم‌چنین افزایش زیست توده گیاه در شرایط آبیاری مطلوب به دلیل افزایش عملکرد دانه و اجزای آن بود (جدول ۳). در شرایط کم آبی به علت کمبود آب در خاک پتانسیل آب برگ به مقدار زیادی کاهش می‌یابد؛ علاوه بر آن در شرایط کمبود آب به علت القا هورمون آبسیزیک اسید روزنه‌ها بسته می‌شوند تا بدین طریق گیاه تعرق خود را پایین نگه دارد در نتیجه هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد. این امر منجر به کاهش جذب دی‌اکسیدکربن و در نتیجه کاهش تولید ماده خشک می‌گردد، به همین دلیل عملکرد به شدت کاهش می‌یابد (Gholami Salkoyeh et al., 2011).

افزایش تراکم بوته باعث افزایش تعداد برگ‌ها و افزایش سطح برگ در هکتار و در نتیجه افزایش ماده خشک سورگوم علوفه‌ای شد. با افزایش تراکم بوته به سبب ایجاد رقابت گیاهی، مقدار بیوماس هر بوته کم می‌شود، ولی به دلیل افزایش بوته در واحد سطح مقدار بیوماس کل افزایش می‌یابد (Howell, 1990). Lio et al. (2004) اظهار داشتند که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح عملکرد بیولوژیکی تک بوته کاهش یافت، ولی عملکرد بیولوژیکی در هکتار افزایش پیدا کرد.

شاخص برداشت

نتایج نشان داد که اثر کم آبیاری تأثیر معنی‌داری (P≤۰/۰۱) بر شاخص برداشت داشت اما بر تراکم بوته و اثر متقابل آن معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشترین شاخص برداشت در شرایط آبیاری کامل با ۴۶/۶۳ درصد بود و کمترین شاخص برداشت با ۳۸/۸۳ درصد در آبیاری یک در میان ثابت جوی‌ها به‌دست آمده بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد همچنان که Saki Nejad (2003) بیان نمود شاخص برداشت در اثر تنش آب روند کاهشی نشان می‌دهد که این به دلیل کاهش عملکرد بیولوژیک و هم‌چنین کاهش اختصاص ماده خشک به دانه می‌باشد، توان فتوسنتزی در اثر محدود شدن گسترش برگ کاهش می‌یابد و روند اختصاصی ماده خشک به دانه محدود می‌گردد. دلیل کاهش شاخص برداشت در آبیاری یک در میان ثابت جوی‌ها، کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیکی در اثر اعمال کم آبیاری است (جدول ۳) که می‌تواند به دلیل حساسیت بیشتر رشد زایشی نسبت به شرایط نامطلوب در مقایسه با رشد رویشی می‌باشد و به دلیل اختلال در توزیع مواد فتوسنتزی، شاخص برداشت کاهش می‌یابد (Pandey et al., 2000).

تعداد دانه در بلال

نتایج نشان داد که اثر کم آبیاری و تراکم بوته تأثیر معنی‌داری (P≤۰/۰۱) بر تعداد دانه در بلال داشت (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در بلال در شرایط آبیاری کامل با تعداد ۴۸۸ دانه در بلال بود و کمترین آن با ۴۰۰ دانه در بلال در آبیاری یک در میان ثابت جوی‌ها به‌دست آمد

(جدول ۳). بیشترین تعداد دانه در بلال در تراکم ۶۵ هزار بوته در هکتار با تعداد ۴۷۶ دانه در بلال مشاهده شد و کمترین تعداد دانه در بلال در تراکم ۸۵ هزار بوته در هکتار با ۴۱۵ عدد در بلال حاصل شد (جدول ۳). گردهافشانی در این گیاه دگر گردهافشان به‌طور معمول چند روز پس از ظهور گل تاجی صورت می‌گیرد. عواملی مثل کمبود آب، نیتروژن و سایر عناصر غذایی می‌توانند سبب کاهش جمعیت دانه‌های گرده شوند (Cakir, 2004). Ahmadi et al. (2000) به این نتیجه رسیدند که تعداد دانه در بلال بین رژیم‌های آبیاری معنی‌دار بود. آن‌ها علت اصلی این امر را به تأخیر در ظهور کاکل‌ها به دنبال اعمال تنش خشکی نسبت دادند. با توجه به این‌که تعداد دانه در بلال از حاصل ضرب تعداد ردیف در تعداد دانه در ردیف بلال به‌دست می‌آید، لذا تعداد دانه در بلال تحت تأثیر آبیاری کامل جویچه‌ها و تراکم ۶۵ هزار بوته در هکتار قرار گرفت که تعداد ردیف و تعداد دانه در ردیف را متأثر ساخت.

اگر تعداد بوته در واحد سطح مناسب باشد، شرایط رشد و دریافت نهاده‌های رشد مناسب تر باشد، گردهافشانی و تلقیح به طور کامل انجام شده و دانه بندی بهتر انجام می‌شود و در نتیجه تعداد کل دانه یعنی ظرفیت تجمعی مواد فتوسنتزی افزایش می‌یابد (جدول ۳). کاهش تعداد دانه در بلال در تراکم‌های زیاد را می‌توان به علت عقیمی و بارور نشدن دانه‌ها در بلال و افزایش طول کچلی دانست (جدول ۳). پژوهشگران کاهش تعداد دانه در بلال در تراکم‌های زیادتر بوته را به کم شدن نفوذ تابش فعال به درون سایه‌انداز گیاهی کاهش سرعت رشد گیاه و کاهش فتوسنتز در هر بوته نسبت داده‌اند (Andrade et al., 1993).

وزن هزار دانه

نتایج نشان داد که کم آبیاری و تراکم بوته و اثر متقابل آن بر وزن هزار دانه تأثیر معنی‌داری ($P\leq۰/۰۱$) داشت (جدول ۲). بیشترین وزن هزار دانه در شرایط آبیاری کامل (شاهد) و تراکم ۶۵ هزار بوته با وزن ۱۹۴ گرم و کمترین وزن هزار دانه در شرایط آبیاری یک در میان ثابت جوی‌ها در تراکم ۸۵ هزار بوته در هکتار با ۱۶۶ گرم به‌دست آمد (شکل ۱). Majidian et al. (2008) در تحقیقی بیان نمودند که بروز تنش و کم آبیاری از طریق کاهش ارتفاع بوته که نتیجه حساسیت بالای فرآیندهای تقسیم و رشد سلولی به تنش خشکی می‌باشد باعث کاهش میزان کربوهیدرات‌های ذخیره شده در ساقه (منبع ثانویه) و هم‌چنین کاهش سطح برگ و کاهش فتوسنتز می‌گردد که در نتیجه وزن هزار دانه در ذرت کاهش می‌یابد. دلیل کمتر بودن وزن هزار دانه در تیمار کم آبیاری (یک در میان ثابت جویچه‌ها) می‌تواند وجود دانه‌های ضعیف در بلال‌های تحت تنش و هم‌چنین ریز شدن دانه در این تیمار باشد که با افزایش تراکم تا ۸۵ هزار بوته در هکتار این کاهش وزن بیشتر شد (شکل ۱). بین تراکم ۶۵ هزار در آبیاری به روش یک در میان جویچه‌ای متغیر با تراکم ۷۵ هزار بوته در هکتار در آبیاری کامل اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و در یک گروه آماری قرار داشتند که نشان داد با اعمال کم آبیاری به شرط کاهش تراکم بوته می‌توان به وزن هزار دانه مطلوب به مانند شرایط آبیاری کامل دست یافت (شکل ۱). کاهش حجم آبیاری از طریق کوتاه کردن دوره پرشدن دانه باعث کم شدن وزن هزار دانه می‌گردد (Nesmith and Ritchic, 1992).

فاکتوری از اجزاء عملکرد که بیشترین تأثیر را بر روی عملکرد دانه دارد و از ثبات بیشتری برخوردار بود وزن هزار دانه می‌باشد. می‌توان احتمال داد که با افزایش تراکم به دلیل ایجاد رقابت بیشتر، مواد غذایی کمتری به دانه می‌رسد و در نتیجه وزن هزار دانه با افزایش تراکم کاهش یافت (Chegini, 2014).

طول کچلی بلال

نتایج نشان داد که کم آبیاری و تراکم بوته و اثر متقابل کم آبیاری و تراکم بوته بر طول کچلی بلال از لحاظ آماری تأثیر معنی‌داری ($P\leq۰/۰۱$) داشت (جدول ۲). بیشترین طول کچلی بلال در شرایط آبیاری یک در میان ثابت جوی‌ها و تراکم ۸۵ هزار بوته با ۲/۷۷ سانتی‌متر و کمترین طول کچلی بلال در آبیاری کامل (شاهد) در تراکم ۶۵ هزار بوته در هکتار با ۱/۴۸ سانتی‌متر به‌دست آمد (شکل ۲).

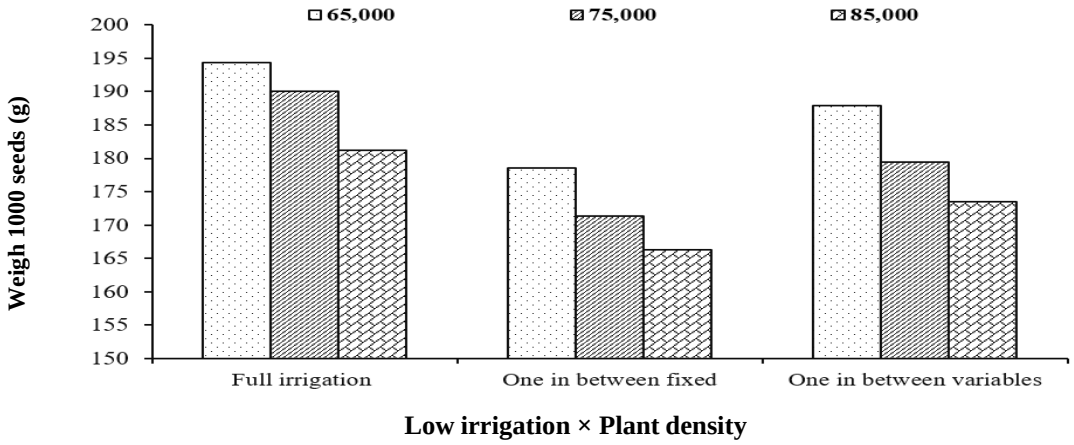

Figure 1. Interaction of low irrigation and plant density on weigh 1000 seeds

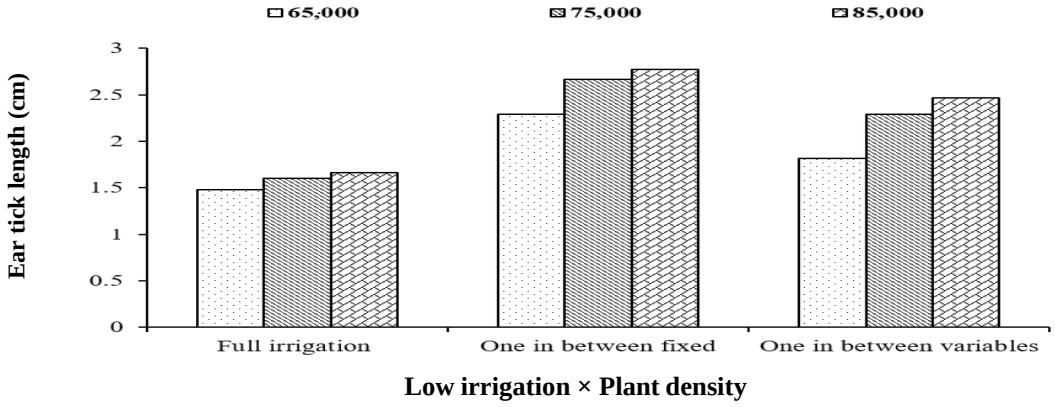

Figure 2. Interaction of low irrigation and plant density on ear tick length

با اجرای روش تنش کم آبیاری جویچه‌ها (یک در میان ثابت و متغیر) طول کچلی بلال افزایش معنی‌داری یافت که این افزایش با بیشتر شدن تراکم بوته نیز افزایش یافت (شکل ۲). طول کچلی بلال که عارضه‌ای است که بر اثر عدم تلقیح مادگی‌ها و یا عدم انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌های انتهایی بلال ایجاد می‌گردد تحت تأثیر سطوح آبیاری قرار گرفت و با افزایش شدت تنش خشکی طول کچلی بلال به طور معنی‌داری افزایش یافت (Mojaddam, 2009).

بروز ناهنجاری‌هایی چون افزایش فاصله زمانی گرده‌افشانی و ظهور ابریشم‌ها، عدم پذیرش دانه‌های گرده توسط ابریشم‌ها به لحاظ محتوای رطوبت کم آن‌ها و عدم تکامل ابریشم‌ها دلایل اصلی عدم تلقیح و پر نشدن دانه‌ها و افزایش طول کچلی انتهایی بلال در شرایط تنش خشکی می‌باشند (Masjedi et al., 2008). با افزایش بیش از حد تراکم در واحد سطح نه تنها شرایط برای فتوسنتز نامناسب می‌شود بلکه سطح برگ و تعداد تخمک‌های تلقیح شده (دانه) در هر بوته کاهش می‌یابد (Poneleit and Egli, 1979). فرایند دانه‌بندی در ذرت به وسیله فتوسنتز برگ‌ها، میزان قندها، نشاسته، آبسیزیک اسید و سیتوکنین تعیین می‌گردد و کمبود آب و وجود سایه در زمان گرده‌افشانی باعث کاهش دانه‌بندی در نواحی انتهایی بلال می‌شود (Setter et al., 2001).

کارایی مصرف آب

نتایج نشان داد که کم آبیاری و تراکم بوته تأثیر معنی‌داری (P≤۰/۰۱) بر کارایی مصرف آب داشت (جدول ۲). بیشترین کارایی مصرف آب در شرایط آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر با ۱۷/۳۳ کیلوگرم در

مترمکعب بود و کمترین کارایی مصرف آب با ۱۱/۱۴ کیلوگرم در متر مکعب در آبیاری کامل (شاهد) به‌دست آمده بود (جدول ۳). بیشترین کارایی مصرف آب در تراکم ۸۵ هزار بوته در هکتار با عملکرد ۱۵/۵۲ کیلوگرم در مترمکعب مشاهده شد و کمترین کارایی مصرف آب در تراکم ۶۵ هزار بوته در هکتار با ۱۲/۵۲ کیلوگرم در متر مکعب حاصل شده بود (جدول ۳).

Sahradi et al. (2016) نشان دادند بیشترین کارایی مصرف آب علوفه ذرت در تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب و تراکم ۸۵۰۰۰ بوته و کمترین مقدار در تیمار آبیاری جویچه ای نرمال به دست آمد. Behdarvandi et al. (2016) نشان دادند که راندمان کاربرد آب در مزرعه در آبیاری‌های مختلف ثابت نبوده بطوری که در تیمار آبیاری معمول (شاهد) از ۴۴–۵۸ درصد (به‌طور متوسط ۵۱ درصد) و در تیمارهای آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر از ۷۹–۸۳ (به‌طور متوسط ۸۱ درصد) متغیر بوده است. در مجموع روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر دارای کمترین حجم آب مصرفی، بالاترین راندمان کاربرد آب می‌باشد (جدول ۳).

Taghian Aghdam et al. (2014) نشان دادند که عملکرد دانه ذرت در روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب با صرفه‌جویی ۵۰ درصد در مصرف آب و تنها با کاهش ۵ تا ۱۰ درصدی در بهترین جایگاه آماری قرار گرفت. هم‌چنین براساس نتایج، راندمان مصرف آب در تیمارهای با آبیاری متناوب جویچه‌ها بیشتر از آبیاری ثابت جویچه‌ها می‌باشد (جدول ۳).

نتایج این آزمایش با یافته‌های Emdad et al. (2017) که اظهار داشتند با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، کارایی مصرف آب نیز افزایش یافت که می‌تواند به علت پوشش بیشتر و سایه اندازی و تبخیر کمتر آب از سطح زمین باشد مطابقت داشت (جدول ۳). تراکم بوته در واحد سطح نیز از طریق کاهش میزان تبخیر و افزایش سهم تعرق که منجر به تولید عملکرد بالا می‌شود، بر روی کارآیی مصرف آب مؤثر است (Wagner, 1993).

نتیجه‌گیری

روش آبیاری کامل (شاهد) توانست بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد دانه را به خود اختصاص دهد. به‌طوری‌که در آبیاری یک در میان ثابت و متغیر به‌ترتیب ۲۵ و ۱۲ درصد کاهش عملکرد در مقایسه با آبیاری کامل مشاهده شد. هم‌چنین با اعمال روش‌های آبیاری یک در میان، کاهش مصرف آب مشاهده گردید که این امر باعث افزایش راندمان مصرف آب شد و کارایی مصرف آب را در آبیاری یک در میان متغیر و ثابت به‌ترتیب ۵۵ و ۲۳ درصد در مقایسه با آبیاری کامل بهبود بخشید. هم‌چنین با افزایش تراکم تا ۸۵ هزار بوته در هکتار در مقایسه با شاهد (۷۵ هزار بوته در هکتار) عملکرد دانه و کارایی مصرف آب به‌ترتیب تا ۲/۲ و ۹/۸ درصد افزایش یافت و با کاهش تراکم تا ۶۵ هزار بوته در هکتار عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در مقایسه با شاهد حدود ۳/۶ درصد و ۱۱/۳ درصد کاهش یافت. بنابراین با توجه به کمبود منابع آب و خشک‌سالی‌های مکرر، توجه به سامانه‌های کم آبیاری در تولید محصولات کشاورزی، برای رسیدن به کارایی مصرف آب مطلوب در جهت تولید عملکرد نهایی و استفاده بهینه از منابع آب و کاهش تلفات آبیاری، استفاده از آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر به همراه تراکم ۸۵ هزار بوته در هکتار ذرت دانه‌ای مناسب به نظر می‌رسد.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله از مسئولین دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز به دلیل در اختیار گذاشتن امکانات لازم برای انجام این آزمایش و تمام افرادی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند کمال تشکر و قدردانی می‌نمایم.

References

Ahmadi, J., Zieinal, H., Rostami, M. A., & Chogun, R. (2000). Study of drought resistance in commercially late maturing dent corn hybrids. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 31(4), 891-907.

Akbari Nodehi, D. (2015). Effect of furrow irrigation methods and deficit irrigation on yield and water use efficiency of maize in Mazandaran. *Journal of Water and Soil Science*, 18(70), 245-255. [In Farsi]

Andrade, F, H., Uhart, S. A., & Frugone, M. I. (1993). Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize: Shade versus plant density effects. *Crop Science Society of America*, 33(3), 482-485.

Bagheri, A. R., & Heidari Sharif Abad, H. (2007). Effect of drought and salt stresses on yield, yield components, and ion content, of hull-less barley (*Hordeum sativum* L.). *Agroecology Journal*, 3(7), 1-15. [In Farsi]

Bahrani, A., & Pourreza, J. (2016). Effect of alternate furrow irrigation and potassium fertilizer on seed yield, water use efficiency and fatty acids of rapeseed. *IDESIA (Chile) Abril*, 34(2), 35-41.

Behdarvandi, H., Boroumand Nasab, S., & Eslami, H. (2016). *Effect of variable furrow irrigation methods on the utilization efficiency and volume of water use in corn grain cultivation in north of Khuzestan*. Conference 6th Agriculture and Sustainable Natural Resources, Tehran. [In Farsi]

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

Chegini, H. (2014). Effect of plant density on yield and yield components of wheat cultivars. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 104(27), 9-21. [In Farsi]

Emdad, M, R., Navabi, F., & Dehghani, M. (2017). Effect of alternate furrow irrigation management and different growth stages on yield and water use efficiency of maize in different soil textures. *Iranian Water Research Journal*, 11(25), 71-78. [In Farsi]

Farre, I., & Faci, J. M. (2006). Comparative response of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to deficit irrigation in a mediterranean environment. *Agricultural Water Management*, 83(1), 135- 143.

Gholami Salkoyeh, S., Amiri, A., Mobaser, H. R., & Mosavi, S. A. A. (2011). *Investigating the effect of alternate irrigation and nitrogen fertilizer on yield and yield components of corn.* Conference 1th New Topics in Agriculture, Saveh. [In Farsi]

Ghosh, M., Kumar Maity, S., Kumar Gupta, S., & Roy Chowdhury, A. (2017). Performance of baby corn under different plant densities and fertility levels in lateritic soils of Eastern India. *Indian Journal of Pure and Applled Biosciences*, 5(3), 696-702.

Harper, F. (1983). *Principles of arable crop production*. London: Granada Press.

Howell, T. A. (1990). Grain dry matter yield relations for winter wheat and sorghum. *Agronomy Journal* 82(5), 912-918.

Jazayeri Shoshtari, A., Naderi, A., Alavi Fazel, M., & Gohari, M. (2008). Effect of water deficit stress at some growth stages on yield and yield components of Hybrid maize 704 in different plant densities. *New Agricultural Findings*, 3(1), 13-23. [In Farsi]

Lio, W. Tollenaar, M., Stewart, G., & Deen, W. (2004). Response of corn grain yield to spatial and temporal variability in emergence. *Crop Science*, 44(3), 847-854.

Lotfi Agha, M., Marashi, S. K., & Babaei Nejad, T. (2017). Effect of polymer-absorbent and low irrigation on yield and some biochemical characteristics of corn. *Crop Physiology*, 9(34), 97-109. [In Farsi]

Majidian, M., Ghalavand, A., Karimian, N., & Kamkar Haghighi, A. (2008). Effect of different amounts of nitrogen, manure and irrigation water on yield and yield components of corn, electronic. *Journal of Crop Production*, 1(2), 67-85. [In Farsi]

Marashi, S, K., & Karimi, M. (2016). Effect of combined application of chemical and biological phosphorus and nitrogen fertilizers on yield and yield components of wheat. *Agricultural Research Journal*, 8(5), 41-51. [In Farsi]

Masjedi, A., Shokohfar, A., & Alavi Fazel, M. (2008). Determination of the most suitable irrigation intervals of summer corn and studying the effect of drought stress on the product using class a pan evaporation information. *Agricultural and Natural Resources Science and Technology*, 12(46), 543-550. [In Farsi]

Mojaddam, M. (2009). The effects of water deficit stress and nitrogen consumption management on dry matter distributionand some morphological traits of maize SC 704. *Journal of Environmental Stresses on Plant Science1*(2), 124-136. [In Farsi]

Nesmith, D. S., & Ritchic, J. T. (1992). Short- and long-term responses of corn to a pre-anthesis soil water deficit. *Agronomy Journal*, 84(1), 107-113.

Niknam, N., & Faraji, H. (2014). Effect of plant density and nitrogen on yield and yield components of maize variety 704. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 102(27), 54-60. [In Farsi]

Pandey, R. K., Maranville, J. W., & Chetima, M. M. (2000). Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. II. *Shoot growth. Agricultural Water Management*, 46(1), 15-27.

Poneleit, G., & Egli, D. B. (1979). Kernel growth rate and duration in maize as effected by palnt density and genotype. *Crop Science Society of America*, 19(3), 385-388.

Sahradi, H., Aghayari, F., & Pak Nejad, F. (2016). *Effect of different irrigation methods and plant density on water use efficiency of corn.* International Conference 2th Land, space and clean energy with a focus on natural resource management, agriculture and sustainable development, Tehran. [In Farsi]

Saki Nejad, T. (2003). *Study of the effect of water stress on nitrogen, phosphorus, potassium and sodium elements absorption during in different periods of growth Regarding the morphological and physiological characteristics of corn in Ahwaz climatic conditions.* Ph.D. Thesis, Ahvaz Science and Research University, Iran. [In Farsi]

Setter, T. L., Brian, A., Lannigan, F., & Melkonian, J. (2001). Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize: Carbohydrate supplies a bscise acid, and cytokinins. *Crop Science Society of America*, 41(5), 1530-1540.

Shakeri, S., Naderi, A., & Lakzadeh, I. (2009). Effect of seed rate on yield and yield components in two barley genotipes weather conditions Ahvaz. *Crop physiology*, 1(2), 77-84. [In Farsi]

Stein, M., Miguez, F., & Edwards, J. (2016). Effects of plant density on plant growth before and after recurrent selection in Maize. *Crop Science Society of America*, 56(6), 2894-2882.

Stoll, M., Loveys, B., & Dry, P. (2015). Improving water use efficiency of irrigated horticultural crops. *Journal Express Botany*, 51(4), 1627-1634.

Taghian Aghdam, A., Hashemi, S. R., Khashee, A., & Shahidi, A. (2014). *Effect of Low irrigation and Irrigation Management In variable furrow irrigation method, on corn.* National Conference on Practical Approach to Implementing Scientific Concepts, Theory Topics and Applied Research in Technical Sciences, Tehran. [In Farsi]

Ulger, A. C., Ibrikci, H., Cakir, B., & Guzel, N. (1997). Influence of nitrogen rates and row spacing on corn yield, protein content, and other plant parameters. *Journal of Plant Nutrition*, 20(12), 1697-1709.

Wagner, T. (1993). Chamomile production in Slovenia. *Acta Horticulturae*, 344(55), 476-478.

Zendedel Sabet, M., Sharifi, P., & Gholami, M. (2018). Effect of plant density on seed yield and morphological characteristics of some guilan local bean lines. *Plant Productions*, 41(3), 1-13. [In Farsi]