مدیریت آب و آبیاری
دوره ۱۲ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۴۰۱
صفحه‌های ۶۱۴-۶۰۳
DOI: 10.22059/jwim.2022.340282.978

مقاله پژوهشی:

# ارزیابی سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر عملکرد و صفات مورفولوژیک گیاه ذرت شیرین

میلاد ابراهیمی[۱]، جواد بهمنش[۲*]، وحید رضاوردی نژاد[۲]، وحید ورشاویان[۳]، نسرین آزاد[۴]
۱. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب (آبیاری و زهکشی)، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲. استاد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۳. استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.
۴. دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آب (آبیاری و زهکشی)، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۰۲

## چکیده
برنامه‌ریزی برای استفاده هرچه بهتر از منابع آب در کشاورزی امری اجتناب‌ناپذیر است. در این راستا روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌تواند علاوه بر کاهش در میزان آب آبیاری، افزایش عملکرد محصول را به‌دنبال داشته باشد. این پژوهش به‌منظور بررسی سطوح مختلف آبیاری بر شاخص‌های عملکردی و صفات گیاهی ذرت شیرین، تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار ۲۰ درصد بیش‌آبیاری، برابر با نیاز آبی، ۲۰ و ۴۰ درصد کم‌آبیاری در چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی آب دانشگاه ارومیه انجام شد. نتایج نشان داد در حالت کلی اثرات کم‌آبیاری و بیش‌آبیاری بر عملکرد بلال، وزن هزاردانه، قطر بلال بدون پوشش، طول بلال بدون غلاف، تعداد ردیف بلال و تعداد دانه معنی‌دار بود. هم‌چنین براساس نتایج می‌توان بیان کرد که با کاهش مقدار مصرف آب مقدار عملکرد محصول به‌صورت خطی کاهش می‌یابد. بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه بلال در تیمارهای بیش‌آبیاری و ۶۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب با میانگین ۳۰/۴ و ۱۹/۹ تن در هکتار به‌دست آمد. براساس نتایج پژوهش، با کاهش ۲۰ درصدی مصرف آب نسبت به آبیاری کامل، به‌طور غیر معنی‌داری فقط ۴/۷۲ درصد عملکرد دانه کاهش پیدا می‌کند. این در حالی است که با افزایش ۲۰ درصدی آب آبیاری ۱۰/۵۴ درصد عملکرد دانه بلال افزایش می‌یابد. بین تیمار بیش آبیاری و ۲۰ درصد کم‌آبیاری در صفات وزن هزاردانه و قطر بلال، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اختلاف بین میانگین‌های شاخص‌های عملکرد دانه بلال، طول و تعداد دانه در ردیف بلال در تمام تیمارهای آبیاری معنی‌داری به‌دست آمد.

**کلیدواژه‌ها:** آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، اجزای عملکرد محصول، کم‌آبیاری، ذرت شیرین.

# Evaluation of different levels of subsurface irrigation on yield and morphological traits of sweet corn

Milad Ebrahimi[1], Javad Behmanesh[2*], Vahid Rezaverdinejad[2], Vahid Varshavian[3], Nasrin Azad[4]
1. Ph.D. Student in Water Engineering (Irrigation and Drainage), Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
2. Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Hamadan, Iran.
4. Graduate Ph.D. in Water Engineering, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
Received: March 14, 2022 Accepted: June 23, 2022

## Abstract
Planning for the best use of water resources in agriculture is inevitable. In this regard, the method of subsurface drip irrigation can, in addition to reducing the amount of irrigation water, increase crop yield. This study was conducted to investigate the different levels of under-irrigation and over-irrigation on yield indices and plant traits of sweet corn cultivar CHASE, under subsurface drip irrigation system in a randomized complete block design with four treatments of 20 Percent over-irrigation, equal to water requirement, 20 and 40 Percent under-irrigation in four Repeated. The results showed that in general, the effects of under-irrigation and over-irrigation on cob yield, 1000-seed weight, uncovered cob diameter, pod-free cob length, number of cob rows and number of seeds were significant. Also, based on the results, it can be stated that by reducing the amount of water consumption, the yield of the product decreases linearly. The highest and lowest cob yields were obtained in over-irrigation treatments and 60 Percent of water requirement with an average of 30.4 and 19.9 tons per hectare, respectively. Accordingly, with a 20 Percent reduction in water consumption compared to full irrigation, only 4.72 Percent of the crop is significantly reduced. This is while with a 20 Percent increase in irrigation water, the yield of cob increases by 10.54 Percent. 1000-seed weight in full irrigation and 20 Percent low irrigation treatments was 375.7 and 372.6 g, respectively. There was no significant difference between over-irrigation and 20 Percent under-irrigation treatment. There was a significant difference between the means of ear yield indices, length and number of seeds per ear row in all irrigation treatments.

**Keywords:** Crop yield components, deficit irrigation, subsurface drip irrigation, sweet corn.

* نویسنده مسئول Email: j.behmanesh@urmia.ac.ir

**مقدمه**

یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، تنش کمبود آب در مراحل رشد است (Harrison *et al*., 2014). تنش آبی، فتوسنتز را از طریق بسته‌شدن روزنه‌ها و نرسیدن دی‌اکسیدکربن به کلروپلاست متأثر می‌کند. این تنش رشد ریشه و ساقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و ممکن است باعث کاهش سطح برگ گیاهان شود (Hüner & Hopkins, 2008). در شرایط کمبود آب، استفاده از روش‌های کم‌آبیاری یکی از مهم‌ترین راه‌های افزایش سود اقتصادی کاشت ذرت است (Ashraf *et al*., 2012). استفاده از روش‌های کم‌آبیاری و روش‌های مختلف اعمال آن، در سامانه‌های آبیاری مزارع کشور، می‌تواند در افزایش بهره‌وری آب کمک کند (Soleymanifard *et al*., 2011). هدف اصلی استفاده از روش‌های کم‌آبیاری، صرفه‌جویی آب به مقدار قابل‌توجه، تنها با کاهش ناچیز در عملکرد گیاه با قرارگرفتن گیاه در معرض یک تنش آبی ملایم است که می‌تواند اثرات مثبت زیست‌محیطی داشته و هم‌چنین عملکرد گیاه را از طریق بهبود تغذیه گیاه و رشد ریشه افزایش دهد (Gheysari *et al*., 2017).

امروزه در جهان ذرت به‌صورت مستقیم به‌عنوان ماده غذایی برای میلیون‌ها نفر و به‌صورت غیرمستقیم به‌عنوان یک محصول علوفه‌ای یکی از اجزای ضروری امنیت غذایی جهانی محسوب می‌شود (Campos *et al*., 2004). ذرت شیرین یکی از محصولات مهم غذایی است که به‌طور عمده به‌منظور بلال کاشته می‌شود و در میان دسته‌ای از گیاهان زراعی که به‌عنوان سبزی طبقه‌بندی شده‌اند، قرارگرفته است. تولید این محصول به‌صورت تازه و در صنایع غذایی و تبدیلی اهمیت دارد (Oktem *et al*., 2005). کاشت ذرت شیرین در ایران به‌عنوان یک گیاه زراعی معمول نبوده و به همین خاطر پژوهش‌های انجام‌شده در مورد این گیاه بسیار محدود است هم‌چنین ذرت شیرین گیاهی است که میزان عملکرد دانه آن در واحد سطح نسبت به گیاهان مشابه به‌مراتب بیش‌تر است (Afshari *et al*., 2011).

Moohamadi & Armin (2017) به‌منظور ارزیابی اثرات تنش خشکی بر اجزای عملکرد ذرت یک آزمایش تحقیقاتی در قالب طرح اسپلیت‌پلات با سه تکرار انجام دادند. تیمارهای آبیاری اعمال‌شده براساس مقدار تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به‌ترتیب، آبیاری بعد از ۷۰ میلی‌متر (برای کنترل)، آبیاری بعد از ۹۰ میلی‌متر تبخیر (تنش آبی ملایم) و آبیاری بعد از ۱۱۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر (تنش آبی شدید) بودند. نتایج آن‌ها نشان داد که اثر تنش آبی بر صفات تعداد دانه در ردیف بلال، وزن هزاردانه، وزن دانه خشک و وزن زیست‌توده کل معنی‌دار بود. مقدار بیشینه همه صفات بیان‌شده مربوط به تیمار آبیاری بعد از تبخیر ۷۰ میلی‌متر آب از تشتک تبخیر بود. اثرات سطوح مختلف آبیاری در مراحل رشد بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و اجزای عملکرد ذرت در یک مطالعه میدانی در منطقه ارسنجان استان فارس موردبررسی قرار گرفت. مطالعه انجام‌شده در طرح اسپلیت‌پلات با سه تکرار انجام‌شده و تیمارهای آبیاری در سه مرحله رشد رویشی، رشد زایشی و پرشدن دانه اعمال شدند. تیمارها براساس انجام آبیاری پس از تبخیرشدن مقادیر ۴۰ میلی‌متر ($I_1$)، ۷۰ میلی‌متر ($I_2$) و ۱۰۰ میلی‌متر ($I_3$) از تشتک تبخیر کلاس A تعریف شدند. طبق نتایج اعمال کم‌آبیاری بر همه اجزای عملکرد از قبیل شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه، وزن خشک دانه، طول بلال، وزن خشک بلال و غیره تأثیر معنی‌دار داشت و این صفات در $I_1$ بیش‌ترین مقدار و در $I_3$ کم‌ترین مقدار خود را داشتند و از نظر تأثیر کم‌آبیاری بر اجزای عملکرد در مراحل مختلف رشد این نتیجه حاصل شد که در همه مراحل،

کم‌آبیاری باعث کاهش مقادیر اجزای عملکرد شد، اما شدت کاهش در مرحله پرشدن دانه از همه بیش‌تر و در مرحله رشد رویشی از همه کم‌تر بود (Azarpanah *et al*., 2013). پژوهش‌گران کاهش عملکرد دانه ذرت درنتیجه تنش آبی در مرحله‌های زایشی را به کاهش کارایی فتوسنتز و کوتاه شدن طول دوره رشد نسبت داده‌اند (Earl & Davis, 2003). برخی از پژوهش‌گران بر اهمیت تأمین آب کافی در مرحله رشد رویشی ذرت تأکید کرده‌اند، به اعتقاد آن‌ها نقش آب در مرحله رشد رویشی و قبل از گرده‌افشانی گرچه تأثیر کم‌تری بر عملکرد نهایی نسبت به کمبود آب در مرحله گلدهی و پرشدن دانه‌ها دارد اما از این نظر که بر گسترش برگ و توسعه ساقه تأثیر گذاشته و میزان تجمع مواد در این اندام را به‌شدت تغییر می‌دهد دارای اهمیت خاصی است (Lobell *et al*, 2014). Scot & Aboudrare (2009) بر این باورند که در روش‌های کم‌آبیاری ذرت، افت عملکرد محصول بسیار کم‌تر از میزان آب صرفه‌جویی شده است. Basaki *et al*. (2018) بیان کردند در ارقام ذرت شیرین Basin و Obsession و در شرایط کم‌آبی منطقه، استفاده از الگوی قطع آبیاری در مرحله دانه‌بندی با کاهش ۲۹ درصدی آب مصرفی و افت ناچیز سه‌درصدی عملکرد دانه، در منطقه میلاجرد استان مرکزی قابل توصیه است. Kara & Ertick (2013) با بررسی سطوح آبیاری بر عملکرد ذرت شیرین‌بیان کردند که بیش‌ترین عملکرد بلال در تیمار آبیاری مطلوب و کم‌ترین عملکرد بلال در تیمار ٦٠ درصد نیاز آبی گیاه به‌ترتیب معادل ١٤/٨ و ١١/٥ تن در هکتار به‌دست آمد. Ghazian Tafrishi *et al*. (2013) با بررسی سطوح آبیاری در تولید ذرت شیرین، بیان کردند که کاهش عملکرد بلال و زیست‌توده، بهره‌وری مصرف آب در ذرت شیرین را کاهش داد، ولی بین سطوح نیاز آبی ١٠٠ و ٨٠ درصد اختلاف معنی‌داری در بهره‌وری مصرف آب مشاهده نگردید. Fereidooni & Farajee (2017) بیان کردند که برهم‌کنش سطوح آبیاری و روش‌های کشت بر صفات عملکرد بلال، عملکرد دانه کنسروی و بهره‌وری اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب و عملکرد علوفه ذرت شیرین معنی‌دار شد، هم‌چنین نتایج آزمایش‌های آن‌ها نشان داد که کم‌آبیاری سبب کاهش عملکرد بلال در ذرت شیرین شد. Afshar & Sadrghaen (2014) طی پژوهشی در طول سه سال زراعی نشان دادند که تنها عملکرد دانه در هر سه سال تحت تأثیر تیمار میزان آب آبیاری قرار گرفت و تیمارهای دیگر این صفت را تحت تأثیر قرار ندادند. بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه در طول سه سال اجرای طرح مربوط به تیمار ١٠٠ درصد تأمین نیاز آبی و کم‌ترین آن در تیمار ٥٠ درصد تأمین نیاز آبی مشاهده شد. اثر تیمار سطوح آبیاری بر کارایی مصرف آب به‌جز سال اول در دو سال دیگر اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد از خود نشان داد. اگرچه در سال اول اثر هیچ‌کدام از تیمارها بر کارایی مصرف آب معنی‌دار نشد، اما در هر سه سال بالاترین میزان کارایی مصرف آب از تیمار ١٠٠ درصد تأمین نیاز آبی حاصل شد. ارتفاع بوته در تمامی سال‌ها تحت تأثیر مقدار آب قرار گرفت. بیش‌ترین ارتفاع بوته در تیمار ١٠٠ درصد نیاز آبی و کم‌ترین آن در تیمار ٥٠ درصد نیاز آبی بود. وزن ٣٠٠ دانه در بین تیمارهای مختلف در سال دوم تحت تأثیر روش کاشت قرار گرفت و در سال سوم سطوح آبیاری نیز این صفت را تحت تأثیر قرارداد. Lawson (2006) در آزمایشی ١٧ هیبرید ذرت شیرین و خیلی شیرین را مقایسه کرد. بالاترین عملکرد بلال سبز از هیبریدهای BSSO977 و A٢٨٢ به‌ترتیب به میزان ١٧٤٥٠ و ١٧٢٦٣ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین عملکرد بلال را از هیبریدهای Surpass و Mirai به‌ترتیب ١١٠٦٣ و ١٢١٥٠ کیلوگرم در هکتار گزارش نمود. آبیاری قطره‌ای

زیرسطحی تحت شرایط مشخصی سودمندترین روش برای آبیاری گیاهان و مزارع است (Elmaloglou & Diamantopoulos, 2009). سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی دارای پتانسیل کاهش حجم آب آبیاری با کاهش سطح خیس‌شده خاک و درنتیجه کاهش تلفات تبخیر در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری است. از مزیت‌های سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در محیط‌زیست، خاک و آب می‌توان به استفاده کارآمدتر از آب با توجه به کاهش یا حذف تبخیر از سطح خاک، رواناب سطحی و تلفات نفوذ اشاره کرد (Palacios-Diaz *et al*., 2009).

سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ازجمله روش‌های آبیاری است که کاربرد آن در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری ازجمله آبیاری سطحی، آبیاری بارانی و آبیاری قطره‌ای سطحی علاوه بر کاهش در میزان آب ورودی به مزرعه، افزایش عملکرد محصول و بهره‌وری آب را به‌دنبال داشته است (Albasha *et al*., 2015). این سیستم یک روش بسیار کارآمد برای استفاده بهینه از آب با به حداقل رسانیدن تلفات آب از طریق تبخیر از سطح خاک، کاهش نفوذ عمقی و درنتیجه کمک به حفظ ذخیره آب و حفظ مواد مغذی مورداستفاده گیاه است. هم‌چنین در محصولات پرمصرف در کشور ایران مثل ذرت که از سطح زیر کشت بالایی نیز برخوردار است و می‌تواند نقش مؤثری در بیلان آب کشور داشته باشد دارای بازده قابل قبولی بوده است. Dehghansanij *et al*. (2017) استفاده از سیستم قطره‌ای زیرسطحی مزایای بسیاری را برای تولید محصول ارائه می‌دهد که می‌توان به شست‌وشوی مقادیر کم‌تری از مواد مغذی در مقایسه با سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی، عملکرد بالاتر محصول، سطح خاک خشک برای بهبود کنترل علف‌های هرز و سلامتی محصول و توانایی کاربرد آب و مواد مغذی به فعال‌ترین بخش منطقه ریشه اشاره کرد (Enciso *et al*., 2015). Khashaei *et al*. (2019) مطالعه‌ای را بر روی گیاه ذرت تحت سامانه آبیاری قطره ای زیرسطحی انجام دادند. نتایج آن‌ها نشان داد بیش‌ترین عملکرد دانه و زیست‌توده ذرت به‌ترتیب با ۱٤/۹۲ و ۳۹/۸۵ تن در هکتار در تیمار آبیاری کامل به‌دست آمد. بیش‌ترین بهره‌وری آب به میزان ۲/۹۸ کیلوگرم بر هکتار با اعمال کم‌آبیاری به میزان ۷۵ درصد نیاز آبی خالص گیاه به‌دست آمد. Mohammadkhani *et al*. (2020) در پژوهشی با عنوان تأثیر سامانه‌های آبیاری نواری سطحی و زیرسطحی با سطوح مختلف کم‌آبیاری بر میزان عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب در ذرت، نشان دادند که بیش‌ترین عملکرد دانه به میزان ۳۳/۲۲ تن بر هکتار و ۳۱/۲۱ تن بر هکتار به‌ترتیب از تیمارهای آبیاری نواری سطحی و زیرسطحی حاصل شد که این دو تیمار، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. نتایج ارزیابی عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت علوفه‌ای در یک خاک لومی در منطقه نیمه‌خشک کرج در ایران تحت استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی نشان داد که بالاترین عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت به سیستم قطره‌ای زیرسطحی اختصاص یافت (Kanani *et al*., 2016). در پژوهشی در جنوب فرانسه عملکرد ذرت و بهره‌وری آب آبیاری تحت دو سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و آبیاری گان و نیز دو فاصله لترال‌های آبیاری (۱۲۰ و ۱٦۰ سانتی‌متر) و با کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان در عمق ۳۵ سانتی‌متری از سطح خاک موردارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاهش مقادیر آب آبیاری به میزان ۱۵ تا ۲۰ درصد توسط سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و میزان افزایش ۸ درصدی بهره‌وری آب آبیاری در مقایسه با سیستم آبیاری گان مشاهده شد و مقدار بهره‌وری برابر ٦/۳ و ٤ کیلوگرم بر

مترمکعب به‌ترتیب برای سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و گان به‌دست آمد (Albasha *et al*., 2015). Naderi Bani *et al*. (2019) به‌منظور ارزیابی اثر کاربرد آبیاری موضعی سطحی و زیرسطحی با مدیریت آبیاری در عملکرد ذرت شیرین نشان دادند که تیمار آبیاری زیرسطحی با عملکرد بیولوژیکی ۲۷/۸ تن در هکتار، عملکرد بلال سبز ٤۲/۷ تن در هکتار، عملکرد بلال خشک ۹/٦ تن در هکتار، دارای بیش‌ترین عملکرد بود. Afshar & Sadrghaen (2014) با بررسی سه سطح آبیاری در کشت گیاه ذرت در سیستم قطره‌ای نواری زیرسطحی دریافتند که بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به آبیاری کامل و بدون تنش آبی است. Karimi *et al*. (2015) سه سطح آبیاری ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی ذرت در سیستم آبیاری قطره‌ای را بررسی کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که در سطوح آماری یک و پنج درصد تفاوت معنی‌داری بین عملکرد محصول در تیمارهای مختلف آبیاری وجود ندارد و در صورت وجود محدودیت آب، اعمال تنش ۸۰ درصد نیاز آبی توصیه می‌شود.

با توجه به خشک‌سالی منطقه و کاهش شدید سطح آب دریاچه ارومیه استفاده از روش‌هایی مبتنی بر کاهش مصرف آب آبیاری ضروری است. هم‌چنین سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌عنوان یک روش آبیاری جدید و مؤثر در جهت کاهش مصرف آب آبیاری می‌تواند جایگزین سایر روش‌های آبیاری متداول مورداستفاده در منطقه موردمطالعه (حوضه آبریز دریاچه ارومیه) باشد. ذرت شیرین نیز به‌عنوان یک محصول دومنظوره (خوراک دام و مصرف تازه‌خوری انسان) می‌تواند در ردیف کشت‌های متداول منطقه قرار گیرد. در این راستا این پژوهش با هدف مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد محصول ذرت شیرین رقم چیس تحت سطوح مختلف تنش‌های آبی در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در منطقه ارومیه انجام گردید.

## مواد و روش‌ها

آزمایش‌های مزرعه‌ای و آزمایشگاهی به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری زیرسطحی بر روی گیاه ذرت شیرین با تعداد ٦۷۰۰۰ بوته در هکتار در مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی آب دانشگاه ارومیه انجام شد. طول و عرض جغرافیایی منطقه و ارتفاع آن از سطح دریا به‌ترتیب برابر ′۵۸ °٤٤ شرقی، ′۳۹ °۳۷ شمالی و ۱۳٦٤ متر از سطح دریا است. قبل از انجام پژوهش، در مزرعه انتخابی، در سه عمق ۰-۳۰، ۳۰-٦۰ و ٦۰-۹۰ سانتی‌متری خاک با استفاده از روش سیلندر (استوانه) حجم معینی از خاک در شرایط طبیعی به‌صورت دست‌خورده برداشته شد و در آزمایشگاه مورد آزمون قرار گرفت. جدول‌های (۱) و (۲) به‌ترتیب نتایج آزمایش آب آبیاری و خاک مزرعه تحت کشت محصول را نشان می‌دهد.

**Table 1. Physical and chemical characteristics of the tested farm soil**

| Depth of sampling (cm) | Soil texture | Organic carbon | Electrical conductivity ($dSm^{-1}$) | Total nitrogen (%) | Acidity (PH) | Absorbable phosphorus (ppm) | Absorbable potassium (ppm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-30 | Silty loam | 1.2 | 2.5 | 0.1 | 8.1 | 11.8 | 816.3 |
| 30-60 | Silty Clay loam | 0.85 | 1.9 | 0.8 | 8 | 9.5 | 714.5 |
| 60-90 | Silty Clay loam | 0.5 | 1.7 | 0.5 | 7.9 | 9.1 | 685.4 |

**Table 2. Chemical properties of irrigation water**

| Water class | Salinity ($dSm^{-1}$) | Acidity | $Na^{+}$ | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $Cl^{-}$ | $So4^{-2}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ($meqlit^{-1}$) | | | | |
| $C_2S_1$ | 0.65 | 7.3 | 0.3 | 3.3 | 3.7 | 0.8 | 0.4 |

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۸ به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آبیاری در چهار سطح به مقدار ۱۲۰ ($I_1$)، ۱۰۰ ($I_2$)، ۸۰ ($I_3$) و ٦۰ ($I_4$) درصد نیاز آبیاری کامل و در چهار تکرار روی رقم CHASE ذرت شیرین، تحت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی انجام شد. بذرها در فواصل ۳۰ سانتی‌متری در یک ردیف و در فواصل ۲۵ سانتی‌متری از لوله‌های آبده کاشته شدند. کاشت به‌صورت دستی در تاریخ دهم تیرماه انجام گرفت. هنگام کاشت در فواصل تعیین‌شده چاله‌هایی با عمق پنج سانتی‌متری ایجاد و در هر چاله دو بذر ریخته و پس از رسیدن به مرحله سه‌برگی اقدام به تنک شد. آبیاری با سیستم آبیاری قطره‌ای نواری زیرسطحی با قطره‌چکان‌هایی با دبی دو لیتر بر ساعت انجام شد. نوارهای آبده مورداستفاده از نوع ۲۰۰ میکرون بافاصله مجاری خروج آب ۳۰ سانتی‌متر بود کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد و مبارزه با آفات و بیماری‌ها نیز مطابق با توصیه‌های فنی در طول دوره رشد صورت گرفت (Khashaei, 2019). هم‌چنین طبق نتایج آزمون خاک، ٤۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به‌صورت کودآبیاری و از طریق مخزن تزریق کود در چهار مرحله که یک نوبت آن هم‌زمان با کاشت و سه نوبت در مراحل هشت‌برگی، آغاز تشکیل گل‌های نر و در زمان شیری‌شدن دانه‌ها مصرف شد. شکل (۱) وضعیت قرارگرفتن لوله‌های آبده و فاصله بوته‌ها از یکدیگر را نشان می‌دهد.

این پژوهش با برنامه آبیاری منظم به‌صورت دو بار در هفته (با دور آبیاری سه و چهار روز) انجام شد و به‌منظور تعیین عمق موردنیاز آبیاری، از مقادیر تبخیر- تعرق گیاه استفاده شد. جهت محاسبه تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه ($ET_P$)، از روش ضریب گیاه دوجزئی طبق رابطه (۱) استفاده شد (Allen *et al*., 1998):

$$ET_p = E_p + T_p = K_{cb}ET_o + K_eET_o = (K_{cb} + K_e)\,ET_0 \quad (۱)$$

که در آن، Ep و Tp به‌ترتیب تبخیر پتانسیل از سطح خاک و تعرق پتانسیل توسط گیاه ($mm\ day^{-1}$)، ETo تبخیر- تعرق گیاه مرجع ($mm\ day^{-1}$)، Kcb ضریب گیاهی پایه (-) و Ke ضریب تبخیر از خاک (-) می‌باشد.

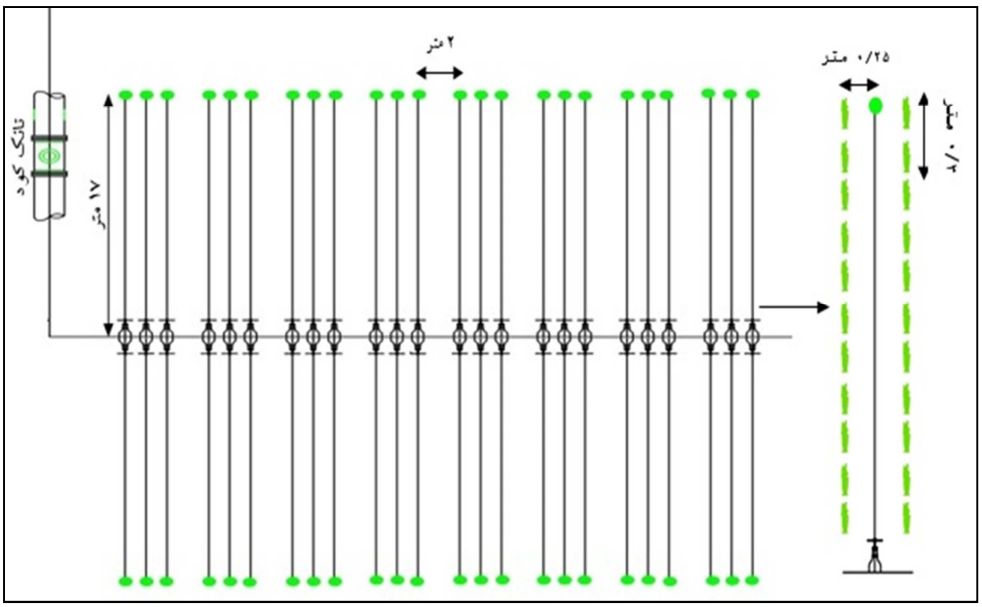


**Figure 1. Status of pilot project in the studied farm**

در این پژوهش به‌منظور محاسبه تبخیر- تعرق گیاه مرجع (ETo) از روش فائو پنمن- مونتیث استفاده شد (Allen *et al*., 1998):

$$ET_o = \frac{0.408(R_n-G)\gamma C_n \frac{U_{21}}{(T_{mean}+273)}(e_s-e_a)}{\Delta+\gamma(1+C_d U_2)} \qquad (۲)$$

که در آن، ETo تبخیر- تعرق مرجع ($mm\ day^{-1}$)، Rn تابش خالص ورودی به گیاه ($MJ\ m\text{-}2day^{-1}$)، G شار گرمای خاک ($MJ\ m^{-2}day^{-1}$)، $\gamma$ ضریب ثابت سایکرومتری ($KPaoC^{-1}$)، $T_{mean}$ میانگین روزانه دمای هوا (Co)، es فشار بخار اشباع (KPa)، ea فشار بخار واقعی (KPa)، es-ea کمبود فشار بخار اشباع (KPa)، U2 میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع دو متری ($m\ s^{-1}$)، $\Delta$ شیب منحنی فشار بخار اشباع ($KPaoC^{-1}$)، Cn=900 ضریب گیاه مرجع (KgoK/Kj/day)، Cd=0.34 ضریب باد برای گیاه مرجع ($sm^{-1}$) می‌باشند. ضریب گیاهی دوجزئی شامل دو جزء تبخیر و تعرق است که باتوجه به این‌که در این مطالعه آبیاری به‌صورت زیرسطحی بود، از بخش تبخیر صرف‌نظر شد. بدین منظور، داده‌های هواشناسی موردنیاز شامل درجه حرارت، تابش خورشیدی، سرعت باد و رطوبت نسبی در سال زراعی ۱۳۹۸ از ایستگاه هواشناسی نازلو که در نزدیکی مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی آب بود، جمع‌آوری شد. جدول (۳) میانگین پارامترهای هواشناسی مورداستفاده جهت تعیین مقادیر تبخیر- تعرق مرجع را در طول فصل کشت محصول ذرت شیرین در منطقه موردمطالعه نشان می‌دهد.

با محاسبه مجموع تبخیر- تعرق گیاه مرجع در فاصله بین دو آبیاری و تعیین نیاز آبی محصول، مدت آبیاری براساس عمق آبیاری و دبی قطره‌چکان‌ها تعیین شد. به‌علت ناچیزبودن بارندگی در طول فصل کشت مقدار بارش مؤثر در محاسبه مقدار آب آبیاری در نظر گرفته نشد هم‌چنین با توجه عدم اتلاف آب در مسیر انتقال و داخل مزرعه و باتوجه‌به کوچک‌بودن کرت‌های آزمایش مقدار راندمان کاربرد آب ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد. در طول فصل کشت درمجموع ۲۶ آبیاری انجام شد. تا زمان استقرار کامل گیاه شش آبیاری بازمان آبیاری یکسان انجام شد و بعد از آن مقادیر کم‌آبیاری در تیمارهای آزمایشی اعمال شد. تیمارهای کم‌آبیاری براساس تأمین ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه و با درنظرگرفتن ضرایب ۰/۸ و ۰/۶ اعمال شد و برداشت نهایی به هنگام رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌های ذرت شیرین، در مرحله خمیری نرم صورت گرفت (Lutts *et al*., 2006). برای تعیین اجزای عملکرد، ۱۲ بلال تصادفی از کل بلال‌های برداشت‌شده در هر کرت توزین شد. برای تعیین وزن هزاردانه، ده نمونه ۱۰۰تایی به‌صورت تصادفی از دانه‌های جداشده از بلال انتخاب و وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری طول و قطر بلال‌ها با کولیس و با دقت ۰/۱ میلی‌متر، تعداد ردیف و تعداد دانه در ردیف، در نمونه‌های ۱۲تایی شمارش و میانگین این اعداد برای تجزیه واریانس استفاده شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه واریانس با نرم‌افزار آماری SPSS انجام و برای مقایسه میانگین داده‌ها از روش چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد.

**Table 3. Mean meteorological parameters of the study area during the growing season**

| Month | Maximum temperature (°C) | Minimum temperature (°C) | Maximum humidity (%) | Minimum humidity (%) | Hours of sun (hr) | wind speed ($ms^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| July | 31.9 | 18.4 | 48 | 25 | 11.7 | 2.1 |
| August | 32.6 | 19.4 | 49 | 28 | 10.9 | 1.9 |
| September | 27.9 | 15 | 57 | 33 | 9.7 | 2 |
| October | 26.8 | 11.7 | 50 | 24 | 10.7 | 2.2 |

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه آماری داده‌ها مورد بررسی در جدول (٤) نشان داده شده است.

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر سطوح مختلف آبیاری بر صفات عملکرد بلال، وزن هزاردانه، قطر بلال بدون پوشش، طول بلال بدون غلاف، تعداد ردیف بلال، تعداد دانه در ردیف معنی‌دار شد. معنی‌دارشدن شاخص‌های ذکرشده بر اثر کم‌آبیاری این واقعیت را بیان می‌کند که این شاخص‌ها در ذرت شیرین ارتباط نزدیکی با میزان آب آبیاری دارد، به‌طوری‌که با کاهش مقدار آب آبیاری عملکرد تر بلال کاهش می‌یابد. مقایسهٔ میانگین داده‌های موردبررسی براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد در جدول (٥) نشان داده شده است.

### عملکرد دانه بلال

براساس جدول (٥) در هر ستون میانگین‌هایی که حروف مشابه دارند براساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها وجود ندارد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد افزایش تناژ محصول ذرت شیرین با مقدار آب آبیاری قابل‌دسترس گیاه رابطه‌ای مستقیم دارد. بیش‌ترین عملکرد بلال در تیمار ۱۲۰ درصد آبیاری کامل ($I_1$) و کم‌ترین مقدار آن در تیمار ٦٠ درصد نیاز آبی ($I_4$) به‌دست آمد. بین تیمارهای ($I_1$) و ($I_4$) در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد، اما بین دو تیمار ($I_2$) و ($I_3$) اختلاف معنی‌داری در عملکرد بلال به‌دست نیامد. درنتیجه تیمار ۲۰ درصد کم‌آبیاری نسبت به تیمار آبیاری کامل ($I_1$)، ٤/٧٢ درصد کاهش عملکرد بلال را داشته است. این در حالی است که تیمار ٦٠ درصد نیاز آبی ($I_4$) نسبت به تیمار ($I_1$) ٥٢/٧ درصد کاهش عملکرد را دارد. این کاهش عملکرد بلال درنتیجه واکنش و مقابله گیاه با کم‌آبی و کاهش فتوسنتز می‌تواند باشد. هم‌چنین کاهش عملکرد ذرت می‌تواند به‌دلیل اختلال در روند رشد اجزای مؤثر گیاه ازجمله افزایش طول دوره گرده‌افشانی و ظهور کاکل و درنهایت کاهش تعداد دانه تشکیل‌شده باشد.

**Table 4. Results of analysis of variance of corn grain yield, thousand weight, diameter of uncovered corn, length of podless corn, number of rows, number of grains per row**

| Source of changes | df | Average of squares | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Corn yield (Ton/ha) | Weight of a thousand seeds (gr) | Corn diameter (cm) | Corn length (cm) | Number of seeds in a row | Number of rows |
| Treatment | 3 | 79.3* | 4604.8* | 1.1* | 75.9* | 101.4* | 16.6* |
| Block | 3 | 1.1 | 144.3 | 0.13 | 0.39 | 2.7 | 0.3 |
| Coefficient of variation | - | 9.1 | 33.11 | 0.57 | 3.93 | 4.73 | 1.8 |
| Error | 9 | | | | | | |
| Total | 15 | | | | | | |

*: Signifincatly differences at 5% of probability levels.

**Table 5. Comparison of means of different irrigation water treatments on corn grain yield, thousand weight, diameter of uncovered corn, length of corn without pods, number of rows, number of seeds per row**

| Source of changes | Corn yield ($Tonha^{-1}$) | Weight of a thousand seeds (gr) | Corn diameter (Cm) | Corn length (Cm) | Number of seeds in a row | Number of rows |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $I_1$ | $30.4^a$ | $391.8^a$ | $5.6^a$ | $24.7^a$ | $42.6^a$ | $18.4^a$ |
| $I_2$ | $27.5^b$ | $375.7^a$ | $5.3^a$ | $21.8^b$ | $40.7^{ab}$ | $17.1^b$ |
| $I_3$ | $26.2^b$ | $372.6^a$ | $5.2^a$ | $17.4^c$ | $39.9^b$ | $15.9^c$ |
| $I_4$ | $19.9^c$ | $312.1^b$ | $4.4^b$ | $14.9^b$ | $31.3^c$ | $13.6^d$ |

نتایج پژوهش‌های Farsiani *et al.* (2011) و Van Donk & Shaver (2016) نیز کاهش عملکرد ذرت در حالت کم‌آبیاری و در مقایسه با آبیاری کامل نشان می‌دهد. باتوجه‌به پژوهش‌های انجام‌شده توسط Imam & Ranjbar(2001)، Ahmadi *et al.* (2000) و Kara & Ertick (2013) می‌توان بیان کرد که عملکرد ذرت نسبت به شرایط کم‌آبی واکنش منفی نشان می‌دهد و این صفت در آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌داری با عملکرد ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه ندارد و در سطح‌های پایین‌تر عملکرد به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد که با نتایج این پژوهش نیز مطابقت دارد.

## وزن هزاردانه

تنش کمبود آب در دوره پرشدن دانه از طریق کاهش وزن دانه‌ها نیز عملکرد را کاهش می‌دهد. طبق نتایج به‌دست‌آمده بین سطوح مختلف آبیاری ازنظر وزن هزاردانه در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. هم‌چنین مقایسه میانگین وزن هزاردانه برای تیمارهای مختلف نشان داد که با کاهش مقدار آب آبیاری نسبت به تیمار $I_2$، وزن هزاردانه کاهش می‌یابد اما این کاهش نسبت به صفت عملکرد بلال با شدت کم‌تری است (۰/۸۵ درصد کاهش $I_3$ نسبت به تیمار $I_2$) براساس جدول (۵) اختلاف بین میانگین وزن‌های هزاردانه در تیمارهای $I_1$، $I_2$ و $I_3$ معنی‌دار نبوده اما اختلاف میانگین این صفت در این سه تیمار با تیمار ٤٠ درصد کم‌آبیاری معنی‌دار است. این امر نشان‌دهنده این است که ذرت شیرین در کم‌آبیاری‌های شدید عکس‌العمل بیش‌تری در راستای کاهش وزن هزاردانه نشان می‌دهد. باتوجه به پژوهش‌های انجام‌شده توسط Ghazian Tafrishi *et al.* (2013) می‌توان دریافت که کاهش عملکرد ذرت شیرین تحت‌تأثیر تنش آبی به کاهش شمار دانه در بلال نسبت دارد. کمبود آب در مرحله پرشدن دانه از اهمیت بالایی برخوردار است و می‌تواند سبب کاهش شدید عملکرد از طریق کاهش وزن دانه شود.

## قطر بلال بدون پوشش

طبق نتایج به‌دست‌آمده اثر سطوح مختلف آبیاری بر قطر بلال معنی‌دار است (جدول ٤). قطر بلال، از طریق تعداد ردیف دانه در بلال، در تعیین مجموع دانه در بلال و عملکرد دانه نقش دارد. نتایج نشان داد که کم‌آبیاری سبب کاهش قطر بلال در همه سطوح مختلف آبیاری شد. بیش‌ترین قطر بلال با میانگین ٥/٦ سانتی‌متر، مربوط به سطح ۲۰ درصد بیش‌آبیاری و کم‌ترین میانگین قطر بلال در تیمار ٤٠ درصد کم‌آبیاری اتفاق افتاد (جدول ٥). Lawson (2006) و Afsharmanesh (2008) در نتایج پژوهش‌های خود چنین گزارش کردند که در هیبریدهای مختلف ذرت شیرین با تأمین نیاز آبی گیاه، مقادیر قطر بلال نسبت به موارد کم‌آبیاری، بیش‌تر است.

**Table 6. Comparison of relative changes in the mean measured traits of sweet corn at different irrigation levels**

| Source of changes | Corn yield | Weight of a thousand seeds | Corn diameter | Corn length | Number of seeds in a row | Number of rows |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $I_1$ | +10.54 | +4.25 | +5.66 | +13.3 | +4.66 | +7.6 |
| $I_2$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $I_3$ | -4.72 | -0.85 | -1.88 | -20.18 | -1.96 | -7.01 |
| $I_4$ | -27.63 | -16.95 | -16.98 | -31.65 | -23.09 | -20.46 |

**+ درصد افزایش صفت ذکرشده نسبت به تیمار برابر با نیاز آبی**

**- درصد کاهش صفت ذکرشده نسبت به تیمار برابر با نیاز آبی**

### طول بلال بدون غلاف

باتوجه به نتایج تجزیه آماری، کم‌آبیاری تأثیر معنی‌داری بر طول بلال داشته است (جدول ٤). با کاهش مقدار آب آبیاری صفت طول بلال بدون غلاف گیاه ذرت شیرین رقم Chase به‌تدریج کاهش یافت (جدول ٦). از نظر این صفت، تیمارهای کم‌آبیاری و تیمار بیش‌آبیاری، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر و تیمار شاهد داشتند (جدول ٥). صفت طول بلال، از طریق تأثیر بر تعداد دانه در ردیف، بر عملکرد دانه مؤثر است و کاهش طول بلال در اثر تنش خشکی، سبب کاهش مجموع تعداد دانه در بلال می‌شود. Heatherly (1990) نیز علت اصلی کاهش دانه در ردیف را کاهش طول بلال در اثر بروز خشکی دانست.

### تعداد دانه در ردیف

تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر تعداد دانه در ردیف‌های بلال مشخص نمود که از نظر این صفت بین تیمارها در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ٤). بیش‌ترین تعداد دانه در ردیف مربوط به تیمار آبیاری کامل ($I_1$)، با ٤٢/٦ دانه و کم‌ترین آن مربوط به تیمار ٦٠ درصد نیاز آبی با ٣١/٣ دانه بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین تیمار $I_1$ و $I_2$ و هم‌چنین بین تیمار $I_2$ و$I_3$ از نظر تعداد دانه در ردیف‌های بلال اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما بین تیمار بیش‌آبیاری و ٢٠ درصد کم‌آبیاری، هم‌چنین بین تیمار ٦٠ درصد نیاز آبی و سایر تیمارهای آبیاری اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود دارد (جدول ٥). Sanders *et al.* (2014) اعلام نمودند تفاوت تعداد دانه در ردیف در شرایط تنش خشکی می‌تواند به‌دلیل جذب آب مناسب به‌ویژه در مراحل رویشی ذرت دانه‌ای در تیمارهای آبیاری کامل است. Ahmadi *et al.* (2000) و Kaman *et al.* (2011) نیز در پژوهش‌های خود به نتایج مشابهی دست یافتند.

### تعداد ردیف بلال

تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر تعداد ردیف در بلال، وجود اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بین تیمارها را نشان داد (جدول ٤). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که هرکدام از تیمارهای کم‌آبیاری و بیش‌آبیاری از نظر تعداد ردیف بلال در گروه‌های آماری متفاوتی قرار دارند (جدول ٥). با کاهش مقدار آب آبیاری، تعداد ردیف بلال نیز به‌طور مشابه با صفت عملکرد و طول بلال کاهش یافت، اما شدت این کاهش نسبت به صفت عملکرد بلال بیش‌تر و نسبت به صفت طول بلال کم‌تر بود (٧/٠١ درصد به‌ازای کاهش ٢٠ درصدی مقدار آب آبیاری نسبت به تیمار $I_2$) (جدول ٦). مطابق نتایج این پژوهش Adiloglu *et al.* (2012) و Scot & Aboudrare (2009) طی پژوهش‌های خود اعلام نمودند که تنش خشکی در هیبریدهای ذرت شیرین باعث کاهش تعداد ردیف بلال می‌شود.

## نتیجه‌گیری

کم‌آبیاری روش و راهبردی مؤثر و کارا جهت کاهش و صرفه‌جویی مصرف آب در ازای کاهش غیر معنی‌داری در عملکرد نهایی محصول است. اما طبق نتایج این مطالعه ایجاد تنش آبی در صفت‌های عملکرد بلال، وزن هزاردانه، قطر بلال بدون پوشش، طول بلال بدون غلاف، تعداد ردیف بلال، تعداد دانه در ردیف گیاه ذرت شیرین تأثیر معنی‌دار و کاهشی داشت و مقدار آب آبیاری نقش مؤثری بر تناژ نهایی محصول نیز داشت. نتایج این پژوهش نشان داد در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی که تلفات رواناب و نفوذ عمقی در آن بسیار ناچیز است، بهتر است کم‌آبیاری اعمال نشود. طبق نتایج، تیمار ٤٠ درصد کم‌آبیاری نسبت به تیمار بدون تنش آبی با کاهش ٢٧/٦٣ درصدی عملکرد بلال مواجه شد. درحالی‌که با کاهش ٢٠ درصدی نیاز آب آبیاری عملکرد بلال به‌طور غیر معنی‌دار ٤/٧٢ درصد کاهش یافت.

## تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

## منابع


1. Adiloglu, A., Talian, D.D., Abin, S., Davison, D., & Petersen, J. (2012). The Effect of Boron (B) Application on the growth and nutrient contents of maize in zinc (Zn) deficient soils. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 2(1), 1-4.
2. Afshar, H., & Sadrghaen, H. (2014). Impact of Different Irrigation Levels, Plant Density and Row Spacing on Water Productivity of Corn Using Subsurface Drip Irrigation. *Water and Soil*, 27(6), 1145-1152. (In Persian).
3. Afshari, M., Azizi, F., Pazaki, A., & Sajedi, N. (2011). Investigation of the effect of different plant densities on some phenological traits of five sweet and very sweet foreign corn cultivars. *New agricultural findings*, 17(1), 1-8. (In Persian).
4. Afsharmanesh, Gh. (2008). Investigation of the effect of planting date on grain yield of corn cultivars in early spring planting in Jiroft. *Research and construction*, 20(2), 3-8. (In Persian).
5. Ahmadi, J., Zeinali, H., Rostami, M., & Chogan, R. (2000). Drought resistance in late commercial commercial hybrids of corn. *Iranian Agricultural Sciences,* 31(4), 891-907. (In Persian).
6. Albasha, R., Dejean, C., Mailhol, J.C., Weber, J., Weber, J., Bollegue, C. & Lopez, J.M. (2015). Performances of subsurface drip irrigation for maize under Mediterranean and temperate oceanic climate conditions. *26th Euro-Mediterranean Regional Conference and Workshops.* 12-15 October 2015, Montpellier, France.
7. 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.
8. Ashraf, M., Arno, H., Beling, D., & Santos (2012). Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. *Biotechnology Advances*, 27(2), 84-93.
9. Azarpanah, A., Alizadeh, O., Dehghanzadehm, H., & Zare, M. (2013). The effect of irrigation levels in various growth stages on morphological characteristics and yield components of *Zea mays* L. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*, *3* (14), 1459-1447.
10. Basaki, T., Pikarestan, B., & Khayam-Nekoue, S. (2018). The Effect of Irrigation cutting on Water use Efficiency and Proline Content of Six Sweet Corn Varieties in Milajerd Conditions. *Journal of Crop Biotechnology*, 20(7), 65-74. (In Persian).
11. Campos, H., Cooper, M., Habben, J.E., Edmeades, G.O., & Schussler, J.R. (2004). Improving drought tolerance in maize: a view from industry. *Field Crops Research*, 90, 19-34.
12. dehghansanij, H., Kanani, E., & Hamami, M. (2017). Application of Subsurface Drip Irrigation System and Management Parameters in Corn Production. *Water Management in Agriculture*. 3(2), 39-52. (In Persian).
13. Earl, H.J., & 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.
14. Elmaloglou, S., & Diamantopoulos, E. (2009). Simulation of soil water dynamics under subsurface drip irrigation from line sources. *Agricultural water management*, 96, 1587-1595.
15. Enciso, J., Jifon, J., Anciso, J., & Ribera, L. (2015). Productivity of onions using subsurface drip irrigation versus furrow irrigation systems with an internet based irrigation scheduling program. *International Journal of Agronomy* (11) 1, 238-249.
16. Ertick, A., & Kar, B. (2013). Yield and quality of swect corn under deficit irrigation, *Agriculture Water Management*, 129, 138-144.
17. Farsiani, A., Ghobadi, M.E., & Jalalillonarmand, S. (2011). The effect of water deficit and sowing date on yield components and seed sugar contents of sweet corn (*Zea mays* L.), *African Journal of Agriculture Research*, 6(26), 5769-5774.
18. Fereidooni, M., & Farajee, H. (2017). Effect of Different Irrigation Levels and Cultivation Techniques on Water Use Efficiency and Quantity and Quality yield of Sweet Corn (*Zea mays* var. saccharata). *Water and Soil*, 31(4), 1001-1014
19. Ghazian Tafrishi, S., Aynehband, A., Tavakoli, H., Khavari khorasani, S., & Joleini, M. (2013). Effect of Limited Irrigation on Yield and Yield Component of Several Sweet Corn (*Zea mays* L.var Saccharata) Varieties. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 11(1), 171-178. (In Persian).

20. Gheysari, M., Sadeghi, S. H., Loescher, H. W., Amiri, S., Zareian, M. J., Majidi, M. M., Asgarinia, P., & Payero, J. O. (2017). Comparison of deficit irrigation management strategies on root, plant growth and biomass productivity of silage maize. *Agricultural water management*, 182, 126-138.
21. Harrison, M.T., Tardieu, F., Dong, Z., Messina, C.D., & Hammer, G.L. (2014). Characterizing drought stress and trait influence on maize yield under current and future conditions. *Global Change Biology*, 20, 867-878.
22. Heatherly, L., Wasley, G., & Elmore, C. (1990). Corn, sorghum and soybean response to irrigation in the Misissippi river alluvial plain. *Crop science*, 30, 666-672.
23. Hüner, N.P., & Hopkins, W.G. (2008). *Introduction to Plant Physiology*: Wiley, NewYork.
24. Imam, Y., & Ranjbar, Gh. (2001). Effect of plant density and drought stress on vegetative growth stage on yield, yield components and water use efficiency in grain corn. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 2(3), 51-62. (In Persian).
25. Kaman, H., Kirda, C., & Sesveren, S. (2011). Genotypic differences of maize in grain yield response to deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 98, 801-807.
26. Kanani, E., Dehghanisanij, H., & Akhavan, S. (2016). Effects of different irrigation methods and mulch on corn (*Zea mayz* L.) evapotranspiration, yield, water use efficiency in a semi-arid climate. *2nd world Irrigation Forum (WIF2)*. 6-8 November, 2016. Chiang Mai, Thailand
27. karimi, M., Baghani, J., & Joleini, M. (2015). Evaluation of the Effect of Different Irrigation Levels of Drip Irrigation (Tape) on Yield and Yield Components of Corn. *Water and Soil*, 29(2), 311-321. doi: 10.22067/jsw.v0i0.29307. (In Persian).
28. Khashaei, F., Behmanesh, J., Rezaverdinejad, V., & Azad, N. (2019). Effect of the Amount of Irrigation and Nitrogen Fertilizer Splitting on Grain yield, Yield Components and Water Productivity of Corn under Subsurface Drip Irrigation. *Journal of Water Research in Agriculture*, 33(4), 601-612. (In Persian).
29. Lawson, V. (2006). Sweet corn cultivar trial - 2006 Iowa state university Muscatine island Res And Demonstrafion farm IS RFo6. 20, 10-13.
30. Lobell, D.B., Roberts, M.J., Schlenker, W., Braun, N., Little, B.B., Rejesus, R.M., & Hammer, GL. (2014). Greater sensitivity to drought accompanies maize yield increase in the US Midwest. *Science*, 344, 516-519.
31. Lutts, S., Kinet, JM., & Bouharmont, J. (2006). NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity rsistance. *Annals of Botany*, 78, 389-398.
32. Mohammadkhani, A., Pourgholam-Amiji, M., Sohrabi, T., & Liaghat, A. (2020). The Effect of Different Levels of Water Stress in Two Surface and Subsurface Drip Irrigation Systems on Yield and Water Productivity of Maize. *Water and Irrigation Management*, 10(2), 247-264. (In Persian).
33. Moohamadi Behmadi. M., & Armin, M. (2017). Effect of drought stress on yield and yield components of different corn cultivars in delayed planting conditions. *Applied Research of Plant Ecophysiology*, 4 (1), 17-34. (In Persian).
34. Naderi Bani, A., Gholami Sefidkoohi, M., & Kamali, M. (2019). Investigation of the effect of surface and subsurface local irrigation on sweet corn yield. *15th National Conference on Irrigation and Evaporation Reduction*, Kerman. (In Persian).
35. Oktem, A., Eulgun, A., & Coskun, Y. (2005). Determination of sowing dates of sweet corn (*Zea mays* L. Saccharata Sturt.) under Sanliurfa conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28, 83-91
36. Palacios-Diaz, M.P., MendozaGrimon, V., Fernandez-Vera, J.R., RodriguezRodriguez, F., Tejedor-Junco, M.T., & Hernandez-Moreno, J.M. (2009). Subsurface drip irrigation and reclaimed water quality effects on phosphorus and salinity distribution and forage production. *Agricultural water management*, 96(11), 1659-1666.
37. Sanders, O., & Shaw, M. (2014). Temperature and soil water effects on maize growth, development, yield and forage quality. *Crop Science*, 36, 341 -348.
38. Scot, P., & Aboudrare, A. (2009). Adaptation of crop management to water-limited environment. *Europeanm Journal of Agronomy*, 21, 433-446
39. Soleymanifard, A, Pourdad, S., Naseri, R., & Mirzaei, A. (2011). Effect of drought stress on growth indices of sweet corn in rainfed conditions. *Pakistan Journal of Botany*, 47, 327-340.
40. van Donk, S. J., & Shaver, T. M. (2016). Effects of nitrogen application frequency via subsurface drip irrigation on corn development and grain yield. *Journal of Plant Nutrition*, *39*(13), 1830-1839.