Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Water and Soil Conservation

Print ISSN: 2322-2069
Online ISSN: 2322-2794

Dynamic indices and yield of sweet corn in subsurface drip irrigation system

Milad Ebrahimi[1], Javad Behmanesh[*2], Vahid Rezaverdinejad[3], Vahid Varshavian[4], Nasrin Azad[5], Omid Bahmani[6]

1. Ph.D. Student in Water Science and Engineering, Dept. of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: mi.ebrahimi@urmia.ac.ir
2. Corresponding Author, Professor, Dept. of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: j.behmanesh@urmia.ac.ir
3. Professor, Dept. of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: v.verdinejad@urmia.ac.ir
4. Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran. E-mail: v.varshavian@basu.ac.ir
5. Ph.D. Graduate in Water Science and Engineering, Dept. of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: n.azad86@yahoo.com
6. Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran. E-mail: omid.bahmani@basu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 10.29.2022
Revised: 12.20.2022
Accepted: 12.27.2022

Keywords:
Crop dynamics growth,
Different irrigation levels,
Dry matter of sweet corn,
Leaf area index,
Subsurface drip irrigation,
Water stress

ABSTRACT

Background and Objectives: Water shortage is the most important factor in reducing the yield of agricultural products all over the world and this factor is more effective in arid and semi-arid regions. Iran is a country whose average rainfall is about one-third of the global average, and in terms of water resources, it is in dire straits. Therefore, it is necessary to help preserve limited water resources by optimal use, saving and increasing irrigation efficiency. This research was defined according to the consumption of the strategic product of corn and the importance of managing the country's limited renewable water resources, on top of that, the use of pressurized irrigation systems in the region and in the climatic conditions of Urmia.

Materials and Methods: In order to investigate different levels of irrigation on performance indicators and plant traits of sweet corn, under the subsurface drip irrigation system in the form of a complete randomized block design with four treatments of 20% over-irrigation, equal to the water requirement, 20 and 40% under-irrigation in four replicates in the research farm of the Engineering Department. Water of Urmia University. The plant index values of stem diameter, leaf area, grain yield, number of leaves per stem, biological yield (wet), plant dry matter and cob yield during the growing season on specific dates and also on the day of harvest. Was taken and evaluated.

Results: The results showed that in general, the effects of under-irrigation and over-irrigation on biological yield, dry matter, uncoated cob yield, 300 seed weight, number of leaves and stem diameter were significant. Also, based on the results, it can be stated that with the reduction of water consumption, the cob yield decreases linearly. The highest and lowest cob yields were obtained in overwatering and 60% water requirement treatments with an average of 1.83 and 1.13 kg/m^2, respectively.

Conclusion: In general, under-irrigation and over-irrigation have a significant effect on biological yield, dry matter, uncoated bale yield, three hundred weight, number of leaves and stem diameter. Also, based on the results, it can be stated that with the reduction of water consumption, the quantity of cobs decreases linearly. The highest and lowest cob yields were obtained in over-irrigation and 60% water requirement treatments with an average of 1.83 and 1.13 weight per square meter, respectively. According to the results of the research, with a 20% reduction in water consumption compared to full irrigation, only 5.02% of the biomass weight is reduced, apart from significance. Control (equal to water requirement) and 20% less irrigation in dry matter traits, uncoated cob yield, 300 seed weight, number of leaves and stem diameter, no significant difference was observed. The process of changes in the accumulation rate of biological yield of sweet corn initially started from 21 days after planting and after 6-9 days it entered the linear growth stage and then continued steadily. The highest weight of biological yield of sweet corn in different treatments was observed in 87 days after planting.

Cite this article: Ebrahimi, Milad, Behmanesh, Javad, Rezaverdinejad, Vahid, Varshavian, Vahid, Azad, Nasrin, Bahmani, Omid. 2023. Dynamic indices and yield of sweet corn in subsurface drip irrigation system. *Journal of Water and Soil Conservation*, 29 (4), 115-132.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/jwsc.2023.20734.3590
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۶۹
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۹۴

شاخص‌های دینامیکی و عملکرد ذرت شیرین در سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

میلاد ابراهیمی[۱]، جواد بهمنش*[۲]، وحید رضاوردی‌نژاد[۳]، وحید ورشاویان[۴]، نسرین آزاد[۵]، امید بهمنی[۶]

۱. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: mi.ebrahimi@urmia.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: j.behmanesh@urmia.ac.ir
۳. استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: v.verdinejad@urmia.ac.ir
۴. استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران. رایانامه: v.varshavian@basu.ac.ir
۵. دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آب، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: n.azad86@yahoo.com
۶. استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران. رایانامه: omid.bahmani@basu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۰۱/۰۸/۰۷
تاریخ ویرایش: ۰۱/۰۹/۲۹
تاریخ پذیرش: ۰۱/۱۰/۰۶

واژه‌های کلیدی:
تنش آبی،
رشد دینامیک محصول،
سطوح مختلف آبیاری،
شاخص سطح برگ،
ماده خشک ذرت شیرین

چکیده

سابقه و هدف: کمبود آب مهم‌ترین عامل کاهش عملکرد محصولات کشاورزی در سراسر جهان است و این عامل در مناطق خشک و نیمه‌خشک تأثیرگذارتر است. ایران کشوری است که متوسط بارندگی آن حدود یک‌سوم متوسط بارش جهانی است و ازنظر منابع آب به‌شدت در تنگنا است؛ بنابراین ضرورت دارد که با استفاده بهینه، صرفه‌جویی و افزایش راندمان آبیاری به حفظ منابع محدود آب کمک نمود. این پژوهش باتوجه‌به مصرف محصول استراتژیک ذرت و اهمیت مدیریت منابع محدود آب تجدیدپذیر کشور، در رأس آن استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار در منطقه و در شرایط آب‌وهوایی ارومیه تعریف شد.

مواد و روش‌ها: 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 گردید. مقادیر شاخص‌های گیاهی قطر ساقه، سطح برگ، عملکرد دانه، تعداد برگ در هر ساقه، عملکرد بیولوژیک (تر)، ماده خشک گیاه و عملکرد بلال در طول فصل کشت در تاریخ‌های مشخص و هم‌چنین روز برداشت اندازه‌گیری و مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد در حالت کلی اثرات کم آبیاری و بیش‌آبیاری بر عملکرد بیولوژیک، ماده خشک، عملکرد بلال بدون پوشش، وزن سیصد دانه، تعداد برگ و قطر ساقه معنی‌دار بود. هم‌چنین بر اساس نتایج می‌توان بیان کرد که با کاهش مقدار مصرف آب، مقدار عملکرد بلال

به‌صورت خطی کاهش می‌یابد. بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد بلال در تیمارهای بیش‌آبیاری و ۶۰ درصد نیاز آبی به ترتیب با میانگین ۱/۸۳ و ۱/۱۳ کیلوگرم بر مترمربع به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: در حالت کلی اثرات کم آبیاری و بیش‌آبیاری بر عملکرد بیولوژیک، ماده خشک، عملکرد بلال بدون پوشش، وزن سیصد دانه، تعداد برگ و قطر ساقه معنی‌دار بود. هم‌چنین براساس نتایج می‌توان بیان کرد که با کاهش مقدار مصرف آب، مقدار عملکرد بلال به‌صورت خطی کاهش می‌یابد. بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد بلال در تیمارهای بیش‌آبیاری و ۶۰ درصد نیاز آبی به ترتیب با میانگین ۱/۸۳ و ۱/۱۳ کیلوگرم بر مترمربع به‌دست آمد. بر اساس نتایج پژوهش، با کاهش ۲۰ درصدی مصرف آب نسبت به آبیاری کامل، به‌طور غیرمعنی‌داری فقط ۵/۰۲ درصد وزن زیست‌توده کاهش پیدا می‌کند. بین تیمار شاهد (برابر نیاز آبی) و ۲۰ درصد کم آبیاری در صفات ماده خشک، عملکرد بلال بدون پوشش، وزن سیصد دانه، تعداد برگ و قطر ساقه، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. روند تغییرات میزان تجمع عملکرد تر (بیولوژیک) ذرت شیرین از ۲۱ روز پس از کاشت به‌طور تدریجی شروع و بعد از گذشت ۹-۶ روز وارد مرحله رشد خطی شد و سپس به‌طور ثابت ادامه یافت. بیش‌ترین وزن عملکرد بیولوژیک ذرت شیرین در تیمارهای مختلف در ۸۷ روز پس از کاشت مشاهده شد.

استناد: ابراهیمی، میلاد، بهمنش، جواد، رضاوردی‌نژاد، وحید، ورشاویان، وحید، آزاد، نسرین، بهمنی، امید (۱۴۰۱). شاخص‌های دینامیکی و عملکرد ذرت شیرین در سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی. *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۲۹ (۴)، ۱۳۲-۱۱۵.
DOI: 10.22069/jwsc.2023.20734.3590

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

استفاده آب در بخش کشاورزی تقریباً سهم ۷۰ درصدی از کل برداشت آب‌های شیرین و بیش از ۹۰ درصد در اکثر کشورهای کم‌تر توسعه‌یافته را تشکیل می‌دهد که اگر از روش‌های افزایش بهره‌وری مصرف آب کشاورزی استفاده نشود انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰ مصرف آب حدود ۲۰ درصد افزایش یابد و درنتیجه آن جهان با ۴۰ درصد کسری آب مواجه شود (۱). درحالی‌که حدود یک درصد از جمعیت جهان در ایران زندگی می‌کند، فقط تنها ۰/۳۶ درصد از منابع آب شیرین جهان در این کشور وجود دارد که با افزایش تدریجی جمعیت تا دو دهه آینده با کمبود شدید منابع آب روبرو خواهد شد (۲). استفاده از روش‌های آبیاری مرسوم باعث کاهش منابع آب شده است؛ بنابراین باتوجه‌به توسعه سطح زیرکشت محصولات کشاورزی، بررسی روش‌های مناسب و قابل‌اجرا جهت کاهش مصرف آب، امری مهم و ضروری است (۳). در شرایط کمبود آب استفاده از روش‌های کم‌آبیاری یکی از مهم‌ترین راه‌های سود اقتصادی کاشت ذرت است (۴). هدف اصلی استفاده از روش‌های کم‌آبیاری، صرفه‌جویی آب، تنها با کاهش ناچیز در عملکرد گیاه است که می‌تواند اثرات مثبت زیست‌محیطی داشته و هم‌چنین عملکرد گیاه را از طریق بهبود تغذیه و رشد ریشه افزایش دهد (۵). به‌طور طبیعی با اعمال کم آبیاری، کاهش محصول رخ خواهد داد که اگر کاهش درآمد ناشی از کاهش محصول، کم‌تر از کاهش هزینه‌های آبیاری باشد آن‌گاه کم‌آبیاری به‌سمت افزایش سود هدایت می‌شود (۶، ۷).

پژوهش‌های زیادی در خصوص کم‌آبیاری گیاه ذرت و شاخص‌های رشدی آن انجام شده است. پژوهشی در منطقه شمال کلرادو برای بررسی ۱۲ تیمار کم‌آبیاری بر روی گیاه ذرت انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد استفاده ۱۵ تا ۱۷ درصد کم‌آبیاری در طول فصل کشت نتایج تقریباً مشابه‌ای از لحاظ عملکرد محصول می‌دهد (۸). اسکات و ابودرر در مقاله‌ای بیان نمودند که در روش‌های کم‌آبیاری ذرت، افت عملکرد محصول بسیار کم‌تر از میزان آب صرفه‌جویی شده است (۹). پژوهشی در سال ۲۰۱۹ برای ارزیابی روش‌های آبیاری، عملکرد و بهره‌وری محصول ذرت انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که آبیاری زیرسطحی با اعمال تنش آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی به‌دلیل عملکرد و بهره‌وری مناسب و هم‌چنین درجه اهمیت بیش‌تر این روش نسبت به آبیاری نواری سطحی، یک راهبرد مناسب برای آبیاری ذرت به‌منظور کاهش آب مصرفی و افزایش بهره‌وری است که می‌توان با تأمین آب موردنیاز با استفاده از این روش آبیاری، ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب و بدون کاهش شدید عملکرد راندمان مصرف آب را بهبود بخشید (۱۰). هم‌چنین نتایج اعمال درصدهای مختلف کم‌آبیاری ذرت در آمریکا نشان داد که با اعمال ۶۷ درصد نیاز آبی نسبت به شرایط آبیاری کامل، بیش‌ترین بهره‌وری حاصل شده (۱/۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب) و ۷ درصد بیش‌تر از بهره‌وری تیمار کامل بوده است. آبیاری کامل با ۱/۴۲، تیمار ۳۳ درصد نیاز آبی با ۱/۲۱ و شرایط دیم با ۰/۴۳ کیلوگرم بر مترمکعب در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (۱۱).

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، قرار گرفته است. تولید این محصول برای مصرف خوراکی به‌صورت تازه و در صنایع غذایی و تبدیلی اهمیت دارد (۱۲). در کشور ایران باتوجه‌به تقاضای بالای کنسرو و بلال ذرت شیرین، سطح زیر کشت این محصول رو به افزایش است. مصرف تازه ذرت شیرین نسبت به سایر ارقام ذرت به‌خاطر

دانه‌های نرم، پوسته نازک و محتوای شکر بالا مفیدتر و پرفایده‌تر است. پژوهش‌های مختلف و محدودی دررابطه با با تأثیر سطوح آبیاری بر پارامترهای رشدی گیاه ذرت شیرین انجام شده است در این راستا ارتک و کارا (۲۰۱۳) با بررسی سطوح آبیاری بر عملکرد ذرت شیرین بیان کردند که بیش‌ترین عملکرد بلال در تیمار آبیاری مطلوب و کم‌ترین عملکرد بلال در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه به ترتیب معادل ۱۴/۸ و ۱۱/۵ تن در هکتار به‌دست آمد (۱۳). هم‌چنین قاضیان تفرشی و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی سطوح آبیاری در تولید ذرت شیرین، گزارش کردند که کاهش عملکرد بلال و زیست‌توده، بهره‌وری مصرف آب در ذرت شیرین را کاهش داد، ولی بین سطوح نیاز آبی ۱۰۰ و ۸۰ درصد اختلاف معنی‌داری در بهره‌وری مصرف آب مشاهده نگردید (۱۴). بساکی و همکاران (۲۰۱۶) بیان کرد که 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 (۱۵). هم‌چنین پژوهش‌های فریدونی و فرجی نشان داد که برهمکنش سطوح آبیاری و روش‌های کشت بر صفات عملکرد بلال، عملکرد دانه کنسروی و بهره‌وری مصرف آب ذرت شیرین معنی‌دار گردید و کم‌آبیاری سبب کاهش عملکرد بلال در ذرت شیرین می‌شود (۱۶).

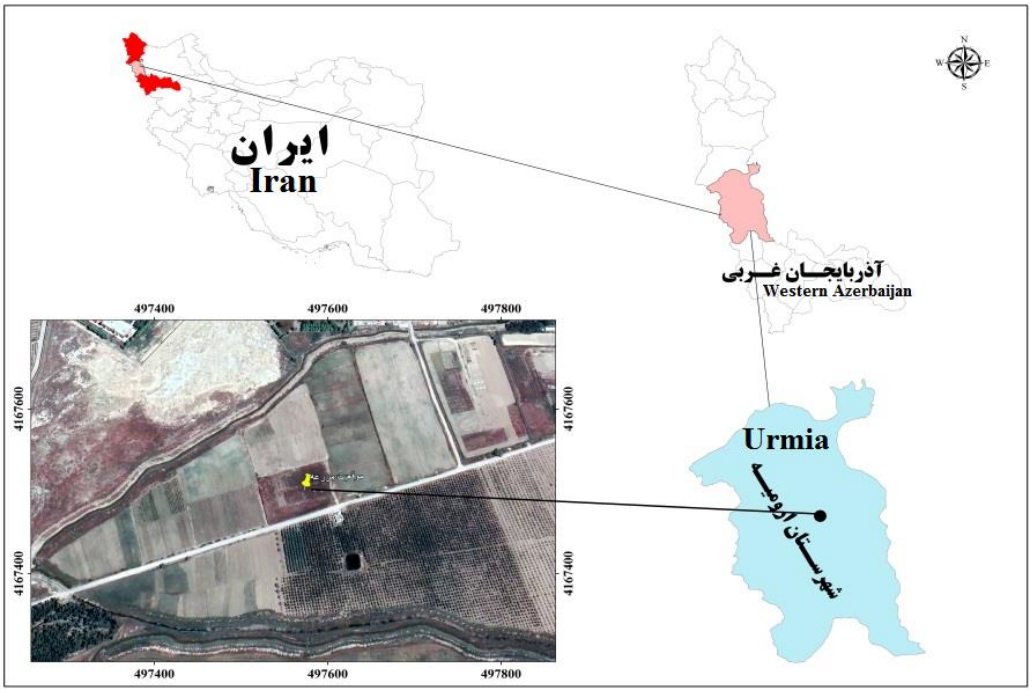
سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ازجمله روش‌های آبیاری است که درنتیجه کاربرد آن علاوه بر کاهش در میزان آب ورودی به مزرعه، افزایش عملکرد محصول و بهره‌وری آب را به دنبال داشته است (۱۷). از جمله ویژگی‌های سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌توان به کارایی بالای مصرف آب، یکنواختی بهتر پخش آب و افزایش کمی و کیفی محصولات، کنترل علف‌های هرز، امکان خودکارسازی سیستم و انعطاف‌پذیری بالای سیستم اشاره کرد (۱۸، ۱۹). مطالعات وسیعی برای گیاه ذرت در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی انجام شده است در این راستا دهقانی سانیچ و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند در شرایط کمبود آب و تنش آبی، کاربرد سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌تواند با طراحی و مدیریت صحیح باعث افزایش سطح تولید، افزایش عملکرد گیاه ذرت و هم‌چنین بالابردن بهره‌وری آب آبیاری شود (۲۰). این سامانه آبیاری با توزیع و نگهداشت مطلوب رطوبت در خاک و به‌حداقل‌رساندن تبخیر از سطح خاک، باعث افزایش رطوبت در دسترس گیاه شده که حتی در کم آبیاری تا ۸۰ درصد نیاز آبی، رطوبت کافی در دسترس گیاه قرار خواهد گرفت (۲۱). 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 (۲۲). هم‌چنین محمدخانی و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای با عنوان تأثیر سامانه‌های آبیاری نواری سطحی و زیرسطحی در ذرت، نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه به میزان ۳۳/۲۲ تن بر هکتار و ۳۱/۲۱ تن بر هکتار به ترتیب از تیمارهای آبیاری نواری سطحی و زیرسطحی حاصل شد که این دو تیمار، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (۱۰). نادری بنی و همکاران (۲۰۱۸) 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 ۴۲/۷ تن در هکتار، عملکرد بلال خشک ۹/۶ تن در هکتار، دارای بیش‌ترین عملکرد بود (۲۳). هم‌چنین نتایج پژوهش لیاقت و همکاران

(۲۰۱۷) در کرج نشان داد که آبیاری قطره‌ای زیرسطحی اثر معنی‌داری در کاهش آب مصرفی (۴۰ درصد) و افزایش عملکرد محصول (۴۶ درصد عملکرد دانه) نسبت به سیستم آبیاری سطحی دارد (۲۴). به‌طورکلی با بررسی منابع مختلف مشخص شد که وضعیت واکنش و پاسخ شاخص‌های مختلف گیاهی به کم‌آبیاری می‌تواند متفاوت باشد. عملکرد دانه بلال با اعمال کم‌آبیاری به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد؛ ولی ممکن است در شاخصی مانند عملکرد علوفه تر محصول اعمال کم‌آبیاری ۲۰ درصد منجر به کاهش عملکرد نشود. پژوهش‌های انجام‌شده در رابطه با محصول ذرت شیرین اغلب در سیستم‌های آبیاری سطحی یا قطره‌ای انجام شده است که ارزیابی با روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌تواند بررسی متفاوتی از لحاظ رژیم‌های مختلف آبیاری داشته باشد.

پژوهش حاضر با توجه به مصرف محصول استراتژیک ذرت به‌عنوان سومین غلات پرمصرف دنیا و اهمیت مدیریت منابع محدود آب تجدیدپذیر کشور، در رأس آن استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار در منطقه و در شرایط آب‌وهوایی ارومیه تعریف شد؛ بنابراین باتوجه‌به واردات دانه کنسروی محصول ذرت شیرین و خروج ارز از کشور، عدم کشت متداول آن در منطقه ارومیه و پژوهش‌های محدود درباره شرایط کشت آن با سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار به‌ویژه سیستم قطره‌ای زیرسطحی، لزوم پژوهش و آزمایش درباره آن را مضاعف می‌نمود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی ارزیابی اجزای عملکرد و شاخص‌های دینامیکی رشد ذرت شیرین با تراکم ۷ بوته در مترمربع در مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی آب دانشگاه ارومیه انجام شد (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه و مزرعه مورد مطالعاتی (UTM زون ۳۸، X=۴۹۷۶۶۹، Y=۴۱۶۶۹۹۳) تحت کشت محصول ذرت شیرین.

Figure 1. The location of the study area and field (UTM zone 38, X=497669, Y=4166993) under sweet corn cultivation.

طول و عرض جغرافیایی منطقه و ارتفاع آن از سطح دریا به ترتیب برابر '۵۸ °۴۴ شرقی، '۳۹ °۳۷ شمالی و ۱۳۶۴ متر از سطح دریا است. قبل از انجام پژوهش، در مزرعه انتخابی، از سه عمق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری در ۳ تکرار مختلف نمونه‌برداری انجام شد. جدول ۱ نتایج آزمایش خاک مزرعه تحت کشت محصول را نشان می‌دهد.

جدول ۱- وضعیت و مشخصات خاک مزرعه.

Table 1. Status and characteristics of farm soil.

آزمایش Experiment	عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر) Sampling depth (cm)		
	0-30	30-60	60-90
بافت خاک Soil texture	Clay loam	Silty clay loam	Silty clay loam
چگالی ظاهری ($gr\ cm^{-3}$) Bulk density ($gr\ cm^{-3}$)	1.53	1.44	1.48
ظرفیت زراعی ($cm^3\ cm^{-3}$) FC ($cm^3\ cm^{-3}$)	0.39	0.38	-
پژمردگی دائم ($cm^3\ cm^{-3}$) PWP ($cm^3\ cm^{-3}$)	0.22	0.21	-
نیتروژن (٪) Nitrogen (%)	0.01	0.08	0.05
فسفر قابل‌جذب (ppm) Absorbable phosphorus (ppm)	11.8	9.5	9.1
پتاسیم خاک (ppm) Soil potassium (ppm)	816.3	714.5	685.4
اسیدیته Acidity	8.1	8	7.9
شوری خاک (dS/m) Soil Salinity (dS/m)	2.5	1.9	1.7

قطعه زمین آزمایش در سال قبل از کاشت تحت کشت ذرت علوفه‌ای بود و قبل از عملیات کاشت، بقایای گیاهی زمین پاک‌سازی شد و به عمق ۲۰ سانتی‌متر شخم گردید. پس‌ازآن یک‌بار دیسک و سپس با ماله زمین تسطیح گردید. 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 ۶۰ (I_4) درصد نیاز آبیاری کامل، در چهار تکرار، انجام شد. کاشت ذرت به‌صورت دستی با در چاله‌هایی با عمق پنج سانتی‌متری انجام 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. طول کوتاه نوارهای آبیاری به‌منظور جلوگیری از غیریکنواختی فشار قطره‌چکان‌ها در نظر گرفته شد. علاوه بر این، به‌منظور اندازه‌گیری یکنواختی دبی قطره‌چکان‌ها، ضریب یکنواختی کریستیانسن (CU)، قبل از کاشت ذرت‌ها با ظرف‌هایی به فاصله ۶۰ سانتی‌متر محاسبه شد (۲۵).

ضریب یکنواختی در مزرعه حدود ۹۶ درصد به دست آمد. هیبرید مورد کاشت ذرت شیرین، هیبرید چیس (*Chase*) بود که از کشور مجارستان وارد ایران می‌شود. این رقم زودرس با طول دوره رشد حدود ۹۰ روز است و دانه آن زردرنگ و فرم دانه آن دندان‌اسبی است. مبارزه با علف‌های هرز برگ‌پهن و برگ باریک به‌صورت وجین و دستی صورت گرفت و هیچ‌گونه سمی استفاده نشد. ازنظر آفات و بیماری‌ها در طول دوره رشد مراقبت‌های لازم به عمل آمد و هیچ‌گونه آفت و یا بیماری خاصی مشاهده نگردید. این پژوهش با برنامه آبیاری منظم به‌صورت دو بار در هفته (با دور آبیاری ۳ و ۴ روز) انجام شد و به‌منظور تعیین عمق موردنیاز آبیاری، از مقادیر تبخیر- تعرق گیاه استفاده شد. بدین‌منظور، 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. 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 ناچیز بودن بارندگی در طول فصل کشت مقدار بارش مؤثر در محاسبه مقدار آب آبیاری در نظر گرفته نشد. آبیاری اول به‌صورت سنگین و به مدت ۱۰ ساعت انجام شد تا گیاه جوانه بزند. مقدار آب آبیاری در نوبت‌های دوم، سوم، چهارم، پنجم و ششم برای همه تیمارها به‌صورت یکسان و بر اساس نیاز آبی محاسبه شده و در اختیار گیاه قرار گرفت. مقدار کود مصرفی در همه تیمارها یکسان و براساس نتایج آزمایشگاهی خاک در جهت پیش‌بینی حداکثری عملکرد از طریق کودآبیاری اعمال شد. تیمارهای کم‌آبیاری و بیش آبیاری بر اساس تأمین ۸۰، ۶۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه و با درنظرگرفتن ضرایب ۰/۸، ۰/۶ و ۱/۲ اعمال شد. برداشت نهایی به هنگام رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌های ذرت شیرین، در مرحله خمیری نرم صورت گرفت (۲۶). آب‌وهوای منطقه بر اساس روش آمبرژه نیمه‌خشک و سرد است. هم‌چنین اولین نمونه‌برداری جهت تعیین شاخص سطح برگ و وزن خشک اندام‌ها در مرحله ۵ برگی و پس‌ازآن به‌صورت هفتگی و ۱۰ روزه تا زمان برداشت محصول ادامه داشت. نمونه‌های برداشت شده در مراحل مختلف فنولوژیکی به تفکیک اندام (برگ، ساقه، چوب‌بلال و دانه) در آزمایشگاه جداگانه توزین شد و وزن تر آن‌ها ثبت گردید (شکل ۲).

شکل ۲- وضعیت خشک شدن اجزای گیاه ذرت شیرین در آون و اندازه‌گیری‌های اجزای آن.

Figure 2. The state of drying the components of sweet corn plant in the oven and the measurements of its components.

جهت تسریع در خشک شدن نمونه‌ها پس از برداشت و تفکیک اندام‌ها، نمونه‌ها در محوطه انبار ایستگاه به مدت ۴۸-۳۶ ساعت نگهداری شدند تا درصد رطوبت آن‌ها به مقدار زیادی کاهش یابد (این عمل جهت جلوگیری از پوسیدگی نمونه‌ها در آون صورت گرفت)، آن‌گاه به دستگاه آون منتقل شدند و پس از خشک‌شدن کامل نمونه‌ها توزین شدند. سپس همه اندام‌ها (برگ، ساقه، چوب بلال و دانه) به تفکیک در درون پاکت‌های کاغذی قرار گرفته و تا وقتی که وزن خشک نمونه‌ها ثابت شد، در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند (۱۶).

نتایج و بحث

باتوجه‌به نتایج تجزیه واریانس، اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد بیولوژیک، ماده خشک، عملکرد بلال بدون پوشش، وزن سیصد دانه، تعداد برگ و قطر ساقه در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). معنی‌دار شدن 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 شاخص‌های ذکر شده، کاهش می‌یابد. نتایج پژوهش‌گران دیگر ازجمله دجامان، پالاش و فهیمان نشان می‌دهد با افزایش آب کاربردی عملکرد گیاه افزایش می‌یابد. (۲۷، ۲۸، ۲۹). با بررسی میانگین مربعات برای منبع تغییر تکرار، مشاهده شد که تحت‌تأثیر سطوح مختلف آبیاری، تمامی صفات اندازه‌گیری‌شده اختلاف معنی‌داری با هم ندارند. عدم وجود اختلاف معنی‌دار نشان‌دهنده یکنواختی در تکرارها است.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک، ماده خشک، عملکرد بلال بدون پوشش، وزن سیصد دانه، تعداد برگ و قطر ساقه.

Table 2. Results of variance analysis of biological yield, dry matter, uncoated ear yield, weight of 300 seeds, number of leaves and stem diameter.

منبع تغییرات Source of changes	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean of squares						
		عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر مترمربع) Biological yield (Kg/m^2)	ماده خشک (کیلوگرم بر مترمربع) Dry matter(Kg/m^2)	عملکرد بلال (کیلوگرم بر مترمربع) Ear yield (Kg/m^2)	سیصد دانه (کیلوگرم) Three hundred seeds (Kg)	تعداد برگ Number of leaves	قطر ساقه (سانتی‌متر) Stem diameter (cm)
تیمار Treatment	3	6.94*	0.52*	0.26*	0.088*	7.19*	0.9*
بلوک Block	12	0.086 ^{ns}	0.018 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.41^{ns}	0.02^{ns}
ضریب تغییرات Coefficient of variation	-	1.2	0.34	0.23	0.13	1.33	0.44
کل Total	15						

* معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، ^{ns} غیرمعنی‌داری

* Significant at the level of 0.05, ^{ns} non-significant

مقایسه میانگین داده‌های موردبررسی بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد در جدول ۳ نشان داده شده است. بر اساس این جدول در هر ستون میانگین‌هایی که حروف مشابه دارند براساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها وجود ندارد. بر اساس جدول سه می‌توان بیان کرد که در سطوح مختلف آبیاری، عملکرد بیولوژیک گیاه در گروه‌های متفاوت آماری قرار گرفتند. به‌طوری‌که در تیمار I1 با ۹/۱۹ کیلوگرم بر مترمربع و تیمار ۴۰ درصد کم آبیاری با ۶/۰۱ کیلوگرم بر مترمربع به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک را داشتند؛ بنابراین بر اساس نتایج می‌توان بیان کرد که کاهش مقدار آب آبیاری عملکرد این صفت را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد در این راستا پژوهش‌گران مختلف نیز بیان نمودند که تنش خشکی عملکرد بیولوژیک را کاهش می‌دهد و این کاهش در تیمارهای کم‌آبیاری شدیدتر، بیش‌تر است (۳، ۳۰). بر اساس نتایج جدول سه می‌توان بیان کرد که ماده خشک، عملکرد بلال بدون پوشش، وزن ۳۰۰ دانه و تعداد برگ در رژیم‌های مختلف آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در گروه‌های متفاوتی قرار گرفتند. به‌طوری‌که تیمارهای برابر با نیاز آبی و ۲۰ درصد کم‌آبیاری در یک گروه آماری و تیمارهای ۲۰ درصد بیش‌آبیاری و ۴۰ درصد کم‌آبیاری در گروه‌های آماری دیگری قرار گرفتند این بدین مفهوم است که از لحاظ صفات ذکر شده (ماده خشک، عملکرد بلال بدون پوشش، وزن ۳۰۰ دانه و تعداد برگ) می‌توان با قبول کاهش غیرمعنی‌دار عملکرد، کم‌آبیاری ۲۰ درصد را در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی تحت کشت ذرت شیرین اعمال کرد. نتایج این بخش با یافته‌های اخوان و همکاران مبنی بر تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر شاخص‌های مختلف محصول ذرت مطابقت دارد (۳۱). در مورد شاخص قطر ساقه گیاه، مقادیر میانگین‌های تیمارهای آب آبیاری نشان داد که بین تیمار شاهد (I_2)، ۲۰ درصد بیش آبیاری و ۲۰ درصد کم‌آبیاری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. درنتیجه می‌توان بیان کرد که شاخص قطر ساقه تأثیرپذیری کم‌تری نسبت به سطوح مختلف آبیاری دارد. هم‌چنین در مقادیر میانگین تعداد برگ در سطوح مختلف آبیاری مشاهده شد که بین تیمار شاهد، ۲۰ درصد و ۴۰ درصد کم آبیاری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و این نتایج نشان می‌دهد که کم‌آبیاری تأثیرگذاری کمی بر روی صفت تعداد برگ گیاه ذرت شیرین دارد.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثر تیمارهای مختلف آب آبیاری بر عملکرد بیولوژیک، ماده خشک، عملکرد بلال بدون پوشش، وزن سیصد دانه، تعداد برگ و قطر ساقه محصول ذرت شیرین.

Table 3. Comparison of the averages of the effect of different irrigation water treatments on biological yield, dry matter, uncoated ear yield, weight of 300 seeds, number of leaves and stalk diameter of sweet corn product.

قطر ساقه (سانتی‌متر) Stem diameter (cm)	تعداد برگ Number of leaves	سیصد دانه (کیلوگرم) Three hundred seeds (Kg)	عملکرد بلال (کیلوگرم بر مترمربع) Ear yield (Kg/m^2)	ماده خشک (کیلوگرم بر مترمربع) Dry matter(Kg/m^2)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر مترمربع) Biological yield (Kg/m^2)	منبع تغییرات Source of changes
2.68 a	8.65 a	0.83 a	1.8 a	2.57 a	9.19 a	I_1
2.55 ab	6.52 b	0.6 b	1.61 b	2.21 b	7.98 b	I_2
2.4 b	6.1 b	0.58 b	1.53 b	2.09 b	7.3 c	I_3
1.62 c	5.57 b	0.48 c	1.18 c	1.69 c	6.01 d	I_4

جدول ۴ نسبت‌های اختلاف بین میانگین شاخص‌های موردبررسی را نسبت به تیمار آبیاری کامل (I_2) نشان می‌دهد. بر اساس نتایج این جدول تیمار ۲۰ درصد کم‌آبیاری نسبت به تیمار آبیاری کامل (I_1)، ۸/۴۷ درصد کاهش عملکرد بیولوژیک را داشته است. این در حالی است که تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی (I_4) نسبت به تیمار (I_1) ۲۴/۲۷ درصد کاهش عملکرد بیولوژیک را دارد. این کاهش عملکرد بیولوژیک درنتیجه واکنش و مقابله گیاه با کم‌آبی و کاهش فتوسنتز می‌تواند باشد. هم‌چنین کاهش عملکرد ذرت می‌تواند به دلیل اختلال درروند رشد اجزای مؤثر گیاه ازجمله افزایش طول دوره گرده‌افشانی و ظهور کاکل و درنهایت کاهش تعداد دانه تشکیل‌شده باشد. نتایج پژوهش‌های فارسیانی و همکاران (۲۰۱۱) و واندونک و شاور (۲۰۱۶) نیز کاهش عملکرد ذرت در حالت کم‌آبیاری و در مقایسه با آبیاری کامل را تأیید می‌کند (۳۲، ۳۳). باتوجه‌به پژوهش‌های انجام‌شده توسط امام و رنجبر (۲۰۰۱)، احمدی و همکاران (۲۰۰۰) و ارتیک و کارا (۲۰۱۳) 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 و اجزای عملکرد ندارد و در سطح‌های پایین‌تر عملکرد به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد که با نتایج این پژوهش نیز مطابقت دارد (۱۳، ۳۴، ۳۵). با کاهش مقدار آب آبیاری نسبت به تیمار (I_2)، عملکرد زیست‌توده نیز به‌طور مشابه با عملکرد بیولوژیک کاهش یافت، اما شدت این کاهش نسبت به صفت عملکرد بیولوژیک گیاه کم‌تر بود (۵ درصد به‌ازای کاهش ۲۰ درصدی مقدار آب آبیاری نسبت به تیمار شاهد). نتایج پژوهش احمدپور و همکاران (۲۰۱۵) نیز بیانگر همین نتیجه بود (۳۶). علت این امر را این‌گونه می‌توان بیان کرد که صفت زیست‌توده شامل قسمت‌های مختلف گیاه است و تأثیر کم‌آبیاری بر هر یک از این قسمت‌ها متفاوت است و در مقایسه باصفت عملکرد بیولوژیک تأثیرپذیری کم‌تری نسبت به کم‌آبیاری دارند. تنش خشکی در دوره پرشدن دانه به دلیل کاهش سطح برگ گیاه، باعث کاهش وزن سیصد دانه گردید. نتایج مطالعات نشان داده است تنش رطوبتی در مرحله پرشدن دانه‌ها از طریق کاهش وزن سیصد دانه موجب کاهش عملکرد خواهد شد (۱۰، ۱۷، ۳۰). در این پژوهش نیز افزایش وزن سیصد دانه به‌عنوان یکی از اجزای اصلی عملکرد، سبب افزایش عملکرد بلال بدون پوشش در شرایط اعمال تنش بوده است.

جدول ۴- مقایسه تغییرات نسبی میانگین صفات اندازه‌گیری‌شده ذرت شیرین در سطوح مختلف آبیاری.

Table 4. Comparison of the relative changes of the average measured traits of sweet corn at different levels of irrigation.

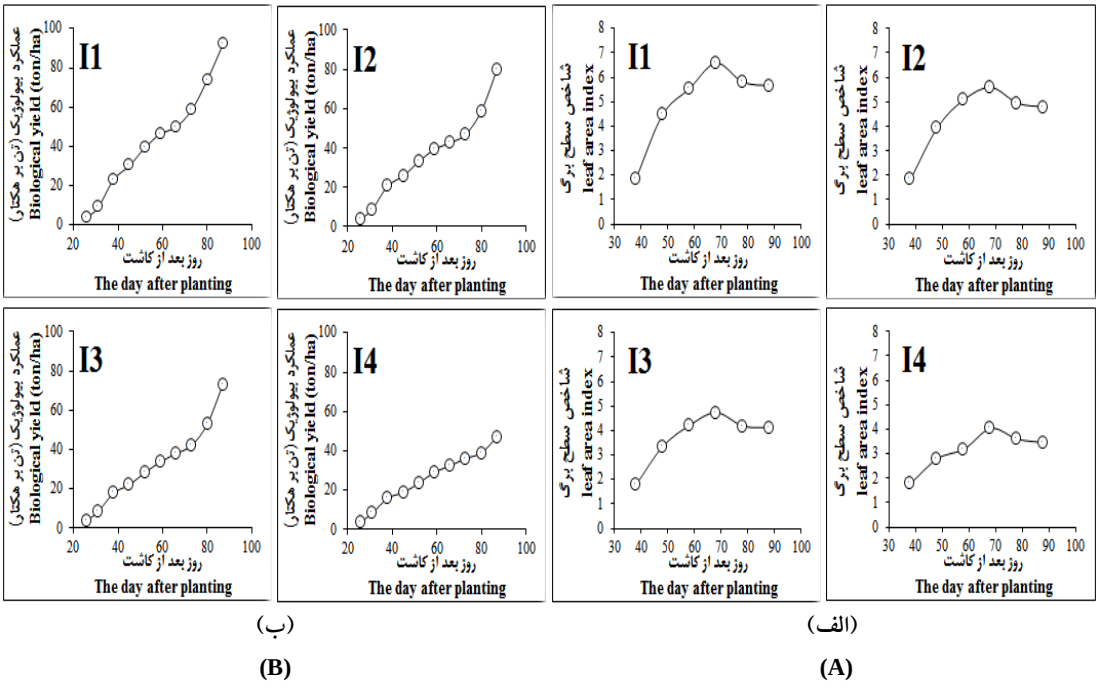
قطر ساقه (سانتی‌متر) Stem diameter (cm)	تعداد برگ Number of leaves	سیصد دانه (کیلوگرم) Three hundred seeds (Kg)	عملکرد بلال (کیلوگرم بر مترمربع) Ear yield (Kg/m^2)	ماده خشک (کیلوگرم بر مترمربع) Dry matter(Kg/m^2)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر مترمربع) Biological yield (Kg/m^2)	منبع تغییرات Source of changes
+6.32	+2.82	+38.56	+11.95	+16.46	+15.8	I_1
0	0	0	0	0	0	I_2
-5.14	-22.55	-2.72	-4.4	-5.02	-8.47	I_3
-35.57	-33.39	-19.05	-26.42	-23.58	-24.27	I_4

+ درصد افزایش صفت ذکرشده نسبت به تیمار برابر با نیاز آبی، – درصد کاهش صفت ذکرشده نسبت به تیمار برابر با نیاز آبی

+ The percentage increase of the mentioned attribute compared to the treatment equal to the water requirement

- Percentage reduction of the mentioned trait compared to the treatment equal to the water requirement

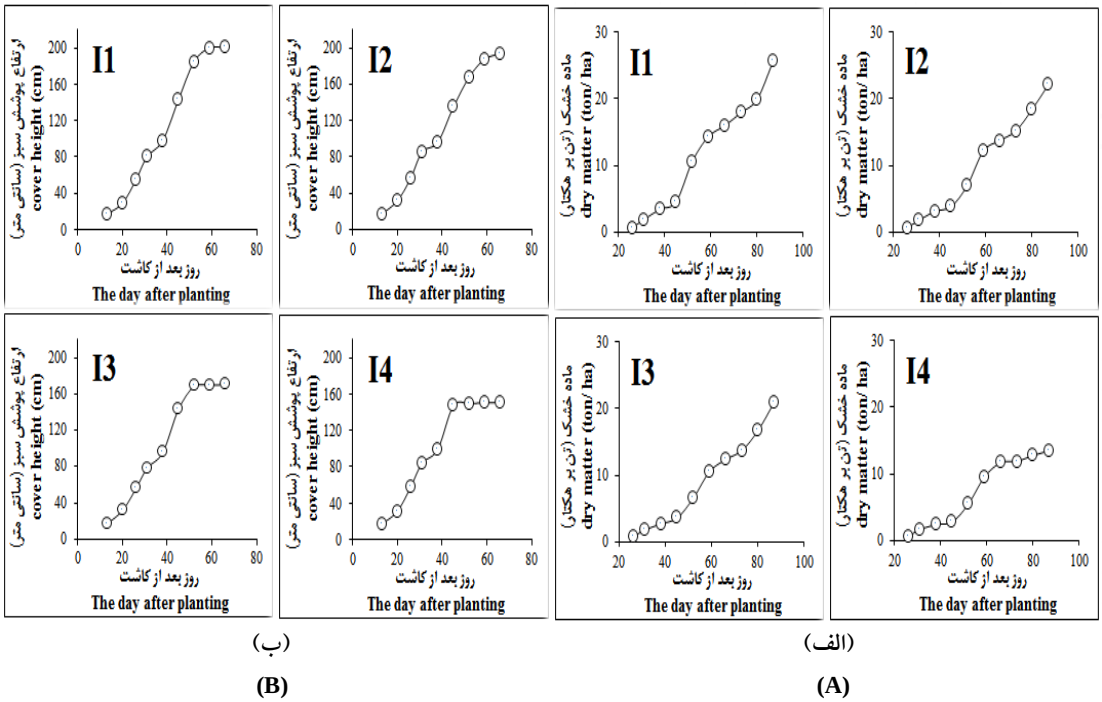
ارزیابی روند رشد: اثرات تنش آبی بر روند شاخص سطح برگ تیمارها در شکل ۳ ارائه شده است. تغییرات شاخص سطح برگ در اثر تنش‌های آبی اعمال شده در کل دوره رشد گیاه به‌وضوح نشان‌دهنده اثرات قابل‌ملاحظه‌ای بر شاخص سطح برگ است. نتایج پژوهش احمدپور و همکاران (۲۰۱۵) نیز با این نتایج همسو بود و دلیل این امر را این‌گونه می‌توان بیان کرد که تنش آب با تأثیر بر مقدار سطح برگ، سطح فعال فتوسنتزی را کاهش می‌دهد و درنتیجه با کاهش رشد گیاه میزان شاخص سطح برگ نیز روندی نزولی به خود می‌گیرد (۳۶). به‌دلیل استقرارنیافتن کامل بوته‌ها تا حدود ۳۷ روز پس از کاشت، تمام تیمارها از سطح برگ نسبتاً پایینی برخوردار بودند و بعد از آن شاخص سطح برگ تا ۶۸ روز پس از کاشت روند افزایشی نشان داد و پس از آن به دلیل زردشدن برگ‌ها و تا حدودی ریزش آن‌ها شاخص سطح برگ کاهش یافت. باتوجه‌به شکل ۳ در مورد شاخص عملکرد بیولوژیک می‌توان بیان کرد که با افزایش رشد گیاه مقادیر عملکرد نیز افزایش پیدا می‌کند و در روز برداشت محصول به بیش‌ترین مقدار خود می رشد. علت وجود جهش جزئی در مقادیر عملکرد در روز نهایی می‌تواند برداشت کل گیاه و پرشدن کامل دانه‌های ذرت با رسیدن به‌روز رسیدگی فیزیولوژیکی دانست. باتوجه‌به نتایج می‌توان بیان کرد که عملکرد بیولوژیک و شاخص سطح برگ در گیاه ذرت شیرین به دسترسی آب بستگی داشته و تقریباً در تمامی مطالعات به این نظر واحد رسیده‌اند که تنش رطوبتی، شاخص سطح برگ را کاهش می‌دهد. یافته‌های این بخش با نتایج پژوهش دهقانی سانیج و همکاران (۲۰۱۵)، ولنتین و همکاران (۲۰۲۰) و محمدخانی و همکاران (۲۰۱۹) مبنی بر اثر معنی‌دار تنش رطوبتی بر کاهش عملکرد بیولوژیک در مقایسه با روش بدون تنش مطابقت دارد (۱۰، ۱۹، ۲۰).



شکل ۳- روند رشد دینامیکی شاخص سطح برگ (الف) و عملکرد بیولوژیک (ب) گیاه ذرت شیرین.

Figure 3. Dynamic growth trend of leaf area index (A) and biological performance (B) of sweet corn plant.

روند تغییر ماده خشک ذرت شیرین در طول دوره رشد برای سطوح مختلف آبیاری در شکل ۴ نشان داده شده است. روند افزایش ماده خشک ارقام ذرت شیرین تحت‌تأثیر سطوح آبیاری به‌صورت سیگموئیدی بود. در اوایل دوره رشد، مقدار و سرعت تجمع ماده خشک نسبتاً کم بود و با گذشت زمان و همراه با افزایش شاخص سطح برگ میزان فتوسنتز جامعه گیاهی افزایش یافت و شیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیش‌تری گرفت و بعد از آن به دلایلی هم‌چون پیری و زردی برگ‌ها، سایه‌اندازی برگ‌های بالایی بر برگ‌های پایینی، ریزش برگ‌های پایینی. انتقال مجدد کربوهیدرات‌های ذخیره‌شده. افزایش بافت‌های ساختمانی غیرفتوسنتزی گیاه و افزایش تنفس گیاه شیب تجمع ماده خشک کم و سپس تقریباً ثابت شد. براین‌اساس، روند تغییرات میزان تجمع ماده خشک ذرت شیرین در از ۲۶ روز پس از کاشت به طور تدریجی شروع و بعد از گذشت ۸–۵ روز وارد مرحله رشد خطی شد و سپس به‌طور ثابت ادامه یافت. بیش‌ترین وزن زیست‌توده ذرت شیرین در سطوح مختلف آب آبیاری در ۸۷ روز پس از کاشت مشاهده شد (شکل ۴) که این نتیجه با نتایج سرلک و همکاران (۲۰۱۱) همخوانی داشت (۳۷). نتایج بیانگر این موضوع است که وزن زیست‌توده همانند عملکرد بیولوژیک تأثیرپذیری زیادی را درنتیجه اعمال تنش آبی شدید داشته است که با نتایج سایر پژوهش‌گران از جمله هیریچ و همکاران (۲۰۱۲) همخوانی دارد (۳۸).



شکل ۴- روند رشد دینامیکی شاخص ماده خشک (الف) و پوشش سبز (ب) گیاه ذرت شیرین.

Figure 4. Dynamic growth trend of dry matter index (A) and green cover (B) of sweet corn plant.

نتیجه‌گیری کلی

کم‌آبیاری روش و راهبردی مؤثر و کارا جهت کاهش و صرفه‌جویی مصرف آب درازای کاهش غیرمعنی‌داری در عملکرد نهایی محصول است. اما طبق نتایج این مطالعه ایجاد تنش آبی در صفت‌های عملکرد تر (بیولوژیک)، ماده خشک، عملکرد بلال بدون پوشش، وزن سیصد دانه، تعداد برگ و قطر ساقه ذرت شیرین تأثیر معنی‌دار و کاهشی داشت و مقدار آب آبیاری نقش مؤثری بر تناژ نهایی بلال 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 با شدت زیاد، اعمال نگردد. باتوجه‌به اختلاف معنی‌دار بین عملکرد بلال در سطوح مختلف آبیاری و کاهش ۲۶/۴۲ درصدی آن در اثر کاهش ۴۰ درصدی تخصیص آب نسبت به حالت آبیاری کامل، اگر هدف از کشت ذرت شیرین، برداشت بلال باشد، استراتژی کم‌آبیاری به مقدار ۴۰ درصد کاهش مصرف آب، در منطقه ارومیه توصیه نمی‌شود. هم‌چنین طبق نتایج، تیمار ۴۰ درصد کم‌آبیاری نسبت به تیمار بدون تنش آبی با کاهش ۲۳/۵۸ درصدی وزن زیست‌توده مواجه شد. درحالی‌که با کاهش ۲۰ درصدی نیاز آب آبیاری وزن زیست‌توده به‌طور غیرمعنی‌دار ۵/۰۲ درصد کاهش یافت.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از دانشگاه ارومیه (گروه مهندسی آب)، کارکنان ایستگاه هواشناسی سایت نازلو مستقر در پردیس نازلو دانشگاه ارومیه و مسئولین آزمایشگاه‌های گروه مهندسی آب، جهت همکاری‌های کارساز و راهگشا در طی انجام این پژوهش کمال سپاسگزاری را دارند.

داده‌ها و اطلاعات

این پژوهش با اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای و آزمایشگاهی طرح رساله دکتری نویسنده اول نگارش شده است. آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌ها، در سال ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی گروه مهندسی آب دانشگاه ارومیه واقع در مزارع تحقیقاتی پردیس نازلو این دانشگاه جمع‌آوری شد. هم‌چنین داده‌های مربوط به خاک در آزمایشگاه آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آب دانشگاه ارومیه و داده‌های هواشناسی برای محاسبات نیاز آبی از ایستگاه هواشناسی مستقر در سایت نازلو اخذ شد.

تعارض منافع

در این مقاله تضاد منافعی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: آماده‌سازی و اندازه‌گیری داده‌ها، انجام محاسبات، تهیه پیش‌نویس مقاله، نهایی‌سازی مقاله. نویسنده دوم: طرح تحقیق و روش‌شناسی، اصلاح و نهایی‌سازی مقاله، مشارکت در آنالیزها و نظارت تحقیق. نویسنده سوم: نظارت بر انجام آزمایشات، طرح تحقیق و روش‌شناسی. نویسنده چهارم: روش‌شناسی داده‌برداری. نویسنده پنجم: روش‌شناسی داده‌برداری. نویسنده ششم: بازبینی مقاله.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر، رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آن‌ها است.

حمایت مالی

حمایت مالی از این تحقیق در قالب پژوهانه رساله دکتری نویسنده اول بوده است.

منابع

1.Baiamonte, G., Minacapilli, M., and Crescimanno, G. 2020. Effects of biochar on irrigation management and water use efficiency for three different crops in a desert sandy soil. Sustainability. 12: 1. 76-92.

2.Afshar, H., and Sadrqain. 2013. The effect of different water levels, plant density and planting arrangement on grain corn water efficiency in subsurface strip drip irrigation system. Abvakhak Journal (Agricultural Sciences and Industries). 27: 6. 1145-1152. (In Persian)

3.Karimi, M., Baghani, J., and Jalini, M. 2014. Investigating the effect of different levels of drip irrigation on grain corn yield. Water and soil. 23: 2. 927-977. (In Persian)

4.Ashraf, M., Arno, H., Beling, D., and Santos. 2012. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. Biotechnology Advances. 27: 2. 84-93.

5.Gheysari, M., Sadeghi, S.H., Loescher, H.W., Amiri, S., Zareian, M.J., Majidi, M.M., Asgarinia, P., and Payero, J.O. 2017. Comparison of deficit irrigation management strategies on root, plant growth and biomass productivity of silage maize. Agricultural water management. 18: 2. 126-138.

6.Sepaskhah, A., Tavakoli, R., and Mousavi, F. 2015. The principles and application of low irrigation, published by the committee. Press, 288p. (In Persian)

7.Ebrahimi, H., and Hasan Pourdarvishi, H. 2014. The relationship between particle performance and water consumption (computational water demand and soil soil). Iran Irrigation and Drainage Journal. 9: 4. 605-613. (In Persian)

8.Louise, H., Comas., Thomas, J., Trout., Kendall, C., DeJonge., Huihui., Zhang, Sean M., Gleason. 2019. Water productivity under strategic growth stage-based deficit irrigation in maize. Agricultural Water Management. 212: 2. 433-440.

9.Scot, P., and Aboudrare, A. 2009. Adaptation of crop management to water-limited environment. European Journal of Agronomy. 21: 433-446.

10.Mohammadkhani, A., Pourgholam Amiji, M., Sohrabi, T., and Liaqat, A. 2019. The effect of different levels of water stress in two surface and subsurface strip drip irrigation systems on corn yield and water efficiency. Water and Irrigation Management. 10: 2. 247-264. (In Persian)

11.Giordano, M., Scheierling, S.M., Tréguer, D.O., Turral, H., and McCornick, P.G. 2019. Moving beyond ‘more crop per drop’: insights from two decades of research on agricultural water productivity. International Journal of Water Resources Development. pp. 1-25.

12.Oktem, A., Eulgun, A., and 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.

13.Ertick, A., and Kara, B. 2013. Yield and quality of swect corn under deficit irrigation, Agriculture Water Management. 12: 9. 138-144.

14.Ghazian Tafarishi, S., Aineband, A., Tavakoli, H., Khavari Khorasani, S., and Jalini M. 2013. The effect of low irrigation and planting method on the yield and yield components of different sweet corn cultivars. Agricultural Research of Iran. 11: 1. 171-178. (In Persian)

15.Basaki, T., Pikirstan, B., and Khayyam Nakobi, M. 2016. The effect of irrigation cut-off time on water use efficiency and proline content of six sweet corn cultivars under Milajard climatic conditions. Scientific-research quarterly of crop plant biotechnology. 20: 7. 23-7. (In Persian)

16.Feridouni, M.J., Faraji, H., and Parents, H.R. 2013. The effect of treated urban sewage and nitrogen on quantitative yield, quality of sweet corn seeds and some soil characteristics in Yasuj region. Water and Soil Science Journal. 23: 3. 43-56. (In Persian)

17.Albasha, R., Dejean, C., Mailhol, J.C., Weber, J., Weber, J., Bollegue, C., and Lopez, J.M. 2015. Performances of

subsurface drip irrigation for maize under Mediterranean and temperate oceanic climate conditions. P 84-97. 26th Euro-Mediterranean Regional Conference and Workshops. 12-15 October 2015, Montpellier, France.
18. Ayars, J.E., Fulton, A., and Taylor, B. 2015. Subsurface drip irrigation in California. Agricultural Water Management. 157: 2. 39-47.
19. Valentín, F., Nortes, P.A., Domínguez, A., Sánchez, J.M., Intrigliolo, D.S., Alarcón, J.J., and López-Urrea, R. 2020. Comparing evapotranspiration and yield performance of maize under sprinkler, superficial and subsurface drip irrigation in a semi-arid environment. Irrigation Science. 38: 1. 105-115.
20. Dehghani Sanij, H., Kanani, A., and Hamami, M. 2015. Application of subsurface drip irrigation system and its management in corn cultivation. Water Management in Agriculture. 3: 2. 39-52. (In Persian)
21. Heydari, F., Sohrabi, T., Ebrahimian, H., and Dehghani Sanij, H. 2019. Investigating the components of yield and water consumption efficiency of three corn hybrids with different levels of irrigation in the subsurface drip irrigation system. Water and Irrigation Management. 10: 3. 397-409. (In Persian)
22. Kanani, E., Dehghanisanij, H., and 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.
23. Naderi Bani, A., Gholami Sefidkohi, M., and Kamali, M. 2018. Investigating the effect of local surface and subsurface irrigation on sweet corn yield. P 123-139. The 15th National Conference on Irrigation and Evaporation Reduction, Kerman. (In Persian)
24. Liaqat, A., Pourgholam Amiji, M., and Mashori Nejad, P. 2017. The effect of surface and subsurface irrigation with saline water and mulch on the yield and productivity of corn water and the distribution of solutes in the soil. Water and soil. 32: 4. 661-674. (In Persian)
25. Christensen, J.E. 1941. The uniformity of application of water by sprinkler systems. Agric. Eng. 22: 89-92.
26. Lutts, S., Kinet, J.M., and Bouharmont, J. 2006. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity rsistance. Annals of Botany 78: 389-398.
27. Paalesh, M., Bafkar, A., Farhadi Bansoleh, B., and Ghobadi, M. 1400. Investigating the effects of low irrigation on the quantitative, qualitative and water productivity characteristics of single cross 706 seed corn in Kermanshah. Advanced technologies in water efficiency. 1: 1. 68-88. (In Persian)
28. Fahiman, A., We gave, A., Chaichi, R., Akbari, A. et al. 1390. Investigating the effect of low irrigation methods on the quantitative and qualitative yield of summer fodder plants (corn, sorghum and fodder millet). P 43-56. The first national congress of modern agricultural sciences and technologies, Zanjan. (In Persian)
29. Djaman, K. 2011. Crop evapotranspiration, crop coefficients, plant growth and yield parameters, and nutrient uptake dynamics of maize (*Zea mays* L.) Under full and limited irrigation. Effect of irrigation on yield and above-ground biomass, University of Nebraska, Lincoln. pp. 61-67.
30. Zaghian, G. 2015. The effect of surface and subsurface drip irrigation methods combined with low irrigation on water use efficiency and yield of fodder corn plants. Master's thesis, Water Engineering Research Institute, Shahr Kurd University. 189p. (In Persian)
31. Akhvan, K., Shiri, M., and Kazemi Azar, F. 2014. The effect of drip irrigation and planting arrangement on seed corn yield. Water research in agriculture. 28: 1. 95-107. (In Persian)
32. Farsiani, A., Ghobadi, M.E., and 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.

33.van Donk, S.J., and 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.
34.Imam, Y., and 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. 200-226. (In Persian)
35.Ahmadi, J., Rajab, Ch., Khaneghah, H., and Rostami, M. 2000. Investigation of drought resistance indices and application of biplot method in corn hybrids. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 2: 3. 102-112.
36.Ahmadpour, A., Farhadi Bansoule, B., and Qobadi, M. 2015. Investigating the effects of low irrigation on the growth process and quantitative and qualitative characteristics of grain corn in Kermanshah. Abukhak Resources Protection Journal. 3: 6. 111-100. (In Persian)
37.Sarlak, S., and Aghaalikhani, M. 2011. Effect of plant density and mixing ratio on crop yield in sweet com (*Zea mays* L. var Saccharata) and mungbean (*Vigna radiata* L.) intercropping. Iran. J. Crop Sci. 11: 4. 367-380. (In Persian)
38.Hirich, A., Rami, A., Laajaj, K., Choukr-Allah, R., Jacobsen, S.E., El Youssfi, L., and El Omari, H. 2012. Sweet Corn Water Productivity under Several Deficit Irrigation Regimes Applied during Vegetative Growth Stage using Treated Wastewater as Water Irrigation Source. World Academy of Science, Engineering and Technology. 61: 840-847.