مدیریت آب و آبیاری
(نشریه علمی)
دوره ۱۱ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۰
صفحه‌های ۹۸-۸۷
DOI: 10.22059/jwim.2021.306782.807

مقاله پژوهشی:

تأثیر سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای پالسی بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای

ایمان حاجی راد[۱]، سید مجید میرلطیفی[۲*]، حسین دهقانی سانیج[۳]، ساناز محمدی[۴]
۱. دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد، گروه مهندسی و مدیریت آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۲. دانشیار، گروه مهندسی و مدیریت آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۳. دانشیار، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۴. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی و مدیریت آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۱۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۲/۰۸

چکیده
به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری تحت دو مدیریت پالسی و پیوسته بر عملکرد بیولوژیک و بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای رقم zp ۶۰۶، آزمایشی در قالب کرت‌های نواری خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۸در ورامین اجرا شد. فاکتور اصلی شامل چهار سطح آبیاری تأمین ۱۲۰، ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد (به‌ترتیب I_2، I_1، I_3 و I_4) نیاز آبی ذرت و فاکتور فرعی شامل دو مدیریت آبیاری پالسی(P) و پیوسته (C) بودند. براساس نتایج، بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد تازه محصول ذرت علوفه‌ای مربوط به تیمار PI_2 به‌ترتیب برابر با ۲۶ و۸۶/۶۷ تن در هکتار و بیش‌ترین بهره‌وری آب آبیاری نیز در تیمار PI_3 برابر ۶/۷۲ کیلوگرم برمترمکعب به‌دست آمد. با توجه به مقایسه میانگین انجام‌شده و مقادیر بهره‌وری آب آبیاری تیمارها، در مناطق مشابه که با کمبود منابع آب مواجه هستند به‌منظور صرفه‌جویی ۲۰ درصدی در مصرف آب، اعمال تیمار کم‌آبیاری پالسی (PI_3) و در صورت عدم محدودیت دسترسی به منابع آب به‌منظور افزایش عملکرد محصول، اعمال تیمار بیش‌آبیاری پالسی (PI_2) پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها: آبیاری قطره‌ای پالسی، رژیم‌های آبیاری، کم‌آبیاری، مدیریت آبیاری.

Effects of Different Pulsed Drip Irrigation Levels on the Yield and Water Productivity of Silage Maize

Iman Hajirad[1], Seyed Majid Mirlatifi[2*], Hossein DehghaniSanij[3], Sanaz Mohammadi[4]
1. Graduated M. Sc. Student, Water Management and Engineering Department, Collage of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
2. Associate Professor, Water Management and Engineering Department, Collage of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
3. Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Karaj, Iran.
4. Ph.D. Candidate, Water Management and Engineering Department, Collage of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
Received: September, 01, 2020 Accepted: April, 28, 2021

Abstract
In order to evaluate the effects of different irrigation levels under pulsed and continuous management on the biological yield and water productivity of silage maize, an experiment in the form of split plot in completely randomized block design with three replications was performed in Varamin. The main factors included four irrigation levels of applying 120 Percent, 100 Percent, 80 Percent and 60 Percent (I_2, I_1, I_3 and I_4, respectively) of maize water requirement and the sub-main factors included two pulsed (p) and continuous (c) irrigation management strategies. The results of the statistical analysis showed that the highest biological and fresh yields were obtained in PI_2 treatment equal to 26 and 86.67 (ton/ha) and the highest water productivity was obtained in PI_3 treatment equal to 6.72 kg / m^3. According to the results, in regions faced with water scarcity, application of deficit irrigation treatment with pulsed management (PI_3) is recommended to save 20 Percent of water consumption. If there is no restriction in water availability, over-irrigation treatment under pulsed management (PI_2) can be recommended to increase maize yield.

Keywords: Deficit Irrigation, Irrigation Management, Irrigation Regimes, Pulsed drip Irrigation.

* نویسنده مسئول
Email: Mirlat_m@modares.ac.ir

مقدمه

با توجه به کمبود منابع آب تجدیدشونده در دنیا و سهم بالای بخش کشاورزی در مصرف آب، افزایش بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. در این راستا استفاده از انواع روش‌های آبیاری تحت‌فشار به‌ویژه آبیاری قطره‌ای در دهه‌های اخیر به‌منظور افزایش راندمان کاربرد آب در مزرعه و بهره‌وری آب کشاورزی بسیار موردتوجه قرار گرفته است (Cote *et al.*, 2003). مدیریت آبیاری پالسی شامل یک سری چرخه‌های آبیاری است که هر چرخه شامل یک فاز آبیاری[1] (وصل) و یک فاز استراحت[2] (قطع) می‌باشد که سیکل آبیاری–استراحت تا زمانی‌که تمام آب موردنیاز وارد مزرعه شود، تکرار می‌گردد (Eric *et al.*, 2004).

پژوهشی توسط Bakeer *et al.* (2009) تحت عنوان بررسی اثر مدیریت آبیاری قطره‌ای پالسی بر عملکرد و بهره‌وری سیب‌زمینی در شرایط خاک شنی به انجام رسید. تیمارهای مورد بررسی شامل سه سطح آبیاری (تأمین ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه)، دو نوع سیستم آبیاری قطره‌ای (سطحی و زیرسطحی) و سه شیوه مدیریت پالسی (با اعمال یک، دو، سه و چهار پالس در روز با زمان خاموش نیم ساعت) بودند. نتایج نشان داد که افزایش تعداد پالس‌ها باعث افزایش عملکرد محصول به میزان ٤٩ درصد و هم‌چنین افزایش ٤٨/٥ درصدی بهره‌وری آب شد. پژوهش‌گران علت افزایش عملکرد محصول را افزایش راندمان کاربرد آب در تیمار مدیریت پالسی بیان کردند که موجب سهولت جذب مواد غذایی در ناحیه توسعه ریشه گیاه می‌شود.

El-Abedin (2006) اثر آبیاری قطره‌ای پالسی بر توزیع رطوبت خاک و عملکرد ذرت در شرایط خاک رسی موردبررسی قرار داد. نتایج پژوهش نشان داد که مدیریت پالسی عملکرد محصول را نسبت به مدیریت پیوسته ۱۱/۸ درصد افزایش داد. هم‌چنین بهره‌وری آب نیز در تیمار مدیریت پیوسته و پالسی به‌ترتیب برابر با ۲/۰٦ و ۲/۳٤ کیلوگرم در مترمکعب گزارش شد که حدود ۱۳/۵۵ درصد افزایش نشان می‌دهد. پژوهشی دیگر توسط Mohammadkhani *et al.* (2020) تحت عنوان تأثیر سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری سطحی و زیرسطحی با سطوح مختلف کم‌آبیاری بر میزان عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب ذرت رقم سیگل‌گراس ۷۰٤ به انجام رسید. تیمارهای پژوهش شامل سطوح آبیاری تأمین ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بودند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک تحت سامانه آبیاری قطره‌ای نواری سطحی مربوط به تیمار آبیاری کامل (تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) برابر ۳٦/۹۵ تن در هکتار و کم‌ترین آن مربوط به تیمار ۵۰ درصد تأمین نیاز آبی گیاه برابر ۲٦/٤۵ تن در هکتار می‌باشد. هم‌چنین بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار بهره‌وری آب برای تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی گیاه به‌ترتیب برابر ۱/۷۸ و ۲/۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شد.

Samadvand *et al.* (2015) پژوهشی را تحت عنوان تأثیر سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری (Tape) و نشتی در کشت یک ردیفه و دو ردیفه بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام دادند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به تیمار آبیاری نشتی برابر با ۱۸/٦ تن در هکتار و پس از آن تیمارهای ۱۲۰، ۱۰۰ و ۸۰ درصدی آبیاری قطره‌ای به‌ترتیب برابر با ۱۸/٤، ۱۸/۲ و ۱٤/۹ تن در هکتار می‌باشد. هم‌چنین کارایی مصرف آب برای تیمارهای ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصدی آبیاری قطره‌ای و آبیاری نشتی به‌ترتیب برابر با ۲/۳، ۲/۲، ۱/۹ و ۱/٤ کیلوگرم دانه ذرت به ازای مصرف هر مترمکعب آب محاسبه شد. Kuscu *et al.* (2013)

مطالعه‌ای را تحت عنوان بررسی تأثیر مقادیر آب کاربردی با روش آبیاری قطره‌ای بر تبخیر و تعرق ذرت، عملکرد، راندمان مصرف و بازده خالص در شرایط آب‌وهوای مرطوب انجام دادند. شش سطح آبیاری (۱۲۵، ۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵ و صفر درصد) به‌صورت مضربی از آبیاری کامل (تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) در سه تکرار اعمال شد. نتایج حاکی از آن بود که آبیاری کامل بهترین انتخاب برای دست‌یافتن به عملکرد بالا و درآمد خالص است. هم‌چنین نتایج نشان داد که روش کم‌آبیاری (۲۵ درصد) ممکن است راهکار مناسبی برای افزایش راندمان مصرف آب باشد. Karimi & Gomrokchi (2011) پژوهشی تحت عنوان اثر سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای تیپ بر عملکرد ذرت دانه‌ای را موردبررسی قرار دادند. در این تحقیق فاکتور عمودی شامل سه سطح آبیاری (تأمین ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی) و فاکتور افقی آرایش کاشت به‌صورت کشت یک و دو ردیفه با تراکم‌های مختلف (۷۵۰۰۰، ۹۰۰۰۰ و ۱۰۵۰۰۰ بوته در هکتار) بود. بیش‌ترین عملکرد از تیمار آبیاری در سطح ۱۲۰ درصد نیاز آبی با آرایش کاشت دو ردیفه و تراکم ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار به میزان ۱۲۸۷۳/۵۵ کیلوگرم در هکتار و بیش‌ترین مقدار کارایی مصرف آب آبیاری از تیمار آبیاری در سطح ۸۰ درصد نیاز آبی با آرایش کاشت یک ردیفه و تراکم ۹۰۰۰۰ بوته در هکتار به میزان ۱/۹۶ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. Heydari Soreshjani *et al.* (2015) در مطالعات انجام‌شده خود روی ذرت علوفه‌ای اظهار داشتند که کم‌ترین و بیش‌ترین عملکرد تازه ذرت به‌ترتیب مربوط به سطوح ۴۰ و ۱۳۰ درصد آبیاری کامل به‌ترتیب برابر با ۴۳/۱ و ۸۸/۱ تن در هکتار است. Alinejadian Bidabadi *et al.* (2016) در پژوهشی دیگر، تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب براساس دانه ذرت و تغییرات رطوبتی خاک را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه موجب افزایش عملکرد دانه در ذرت شد و تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دلیل کاهش رشد رویشی و به تأخیر افتادن گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژی، موجب کاهش عملکرد شد. بیش‌ترین کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه در تیمار ۸۰ درصد ($۲/۰۷ kg/m^3$) و کم‌ترین آن در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه ($۱/۳۵kg/m^3$) حاصل شد.

Bozkurt *et al.* (2011) در پژوهشی دیگر، روی ذرت دانه‌ای تحت سیستم آبیاری قطره‌ای به این نتیجه دست یافتند که بیش‌ترین عملکرد ماده خشک مربوط به تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی (۳۱/۸ تن در هکتار) و کم‌ترین آن مربوط به تیمار ۲۰ درصد نیاز آبی گیاه (۱۱/۵ تن در هکتار) است. Karasu *et al.* (2015) نیز در پژوهشی با عنوان تأثیر سطوح مختلف آبیاری روی عملکرد ذرت سیلویی گزارش کردند که بیش‌ترین عملکرد دانه مربوط به تیمار بیش‌آبیاری به میزان ۱۲۵ درصد تبخیر از تشتک کلاس A و کم‌ترین آن مربوط به تیمار صفر درصد تبخیر از تشتک کلاس A به‌ترتیب برابر با ۱۸/۲۷ و ۷/۱۲ تن در هکتار می‌باشد. در پژوهش دیگری که توسط Ashrafi & Sadrghaen (2014) تحت عنوان اثر سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای روی عملکرد ذرت دانه‌ای انجام شد، مشاهده‌ها نشان داد که بیش‌ترین عملکرد ماده خشک مربوط به تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی برابر با ۱۲/۵۳ تن در هکتار و کم‌ترین آن مربوط به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه برابر با ۳/۴۶ تن در هکتار بود.

Ors *et al.* (2015) نیز با اعمال بیش‌آبیاری به مقدار ۱۱۵ درصد تبخیر از تشتک کلاس A بیش‌ترین عملکرد تازه و ماده خشک ذرت علوفه‌ای را به‌ترتیب برابر با ۴۸/۸ و ۱۱/۴ تن در هکتار اعلام کردند. Karimi *et al.*

(2015) در پژوهشی تأثیر سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای (تیپ) بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای را مورد پژوهش قرار دادند. نتایج نشان داد که عملکرد دانه از بین تیمارهای مورد بررسی، فقط تحت تأثیر تیمار آرایش کاشت قرار گرفت و کاشت یک ردیفه بر کاشت دو ردیفه برتری نشان داد. مقادیر کارایی مصرف آب آبیاری در کشت یک ردیفه، تحت آبیاری قطره‌ای در سطح ۸۰ درصد نیاز آبی و در صورت عدم محدودیت آب در سطح آبیاری ۱۲۰ درصد نیاز آبی، مناسب تشخیص داده شدند.

با توجه به این که تاکنون در کشور مطالعه مزرعه‌ای در رابطه با اعمال مدیریت پالسی در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای انجام نشده است. بنابراین هدف مقاله حاضر، ارائه نتایج به‌دست‌آمده از بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای (تیپ) تحت مدیریت پالسی و پیوسته بر عملکرد بیولوژیک، تازه و بهره‌وری آب آبیاری ذرت علوفه‌ای رقم zp ٦٠٦ در منطقه پیشوای ورامین می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۸ در زمینی به مساحت ۱۳۰۰ مترمربع در مزرعه تحقیقاتی مجموعه دامپروری صفاری- صالحی واقع در منطقه ورامین اجرا شد. منطقه ورامین جزو مناطق نیمه‌خشک کشور محسوب می‌شود. میانگین مقدار بارندگی سالانه در ایستگاه هواشناسی ورامین ١٦٠ میلی‌متر، میانگین دمای بیشینه و کمینه روزانه به‌ترتیب ٤٣/٢ و ٧/١- درجه سانتی‌گراد است. طول و عرض جغرافیایی محل اجرای آزمایش به‌ترتیب "٤٢/٨ ′٤١ °٥١ شرقی و "٥١/٩ ′١٩ °٣٥ شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۹۷۳ متر می‌باشد. به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای تحت مدیریت پالسی و پیوسته بر عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری ذرت علوفه‌ای رقم zp ٦٠٦ در آرایش کشت دو ردیفه، آزمایشی به‌صورت طرح اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای موردبررسی شامل اعمال چهار رژیم آبیاری مختلف به‌صورت تأمین ٦٠، ٨٠، ١٠٠ و ١٢٠ درصد نیاز آبی کامل گیاه به‌ترتیب با علامت اختصاری I_1، I_2، I_3 و I_4 به‌عنوان فاکتور اصلی و دو مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته با علامت P و C به‌عنوان فاکتور فرعی بودند. هر تیمار شامل سه خط دو ردیفه کشت بود که دو خط کناری به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و داده‌های موردنیاز از خط میانی برداشت شد. طول خطوط کشت ۲۰ متر بود. ویژگی‌های فیزیکی خاک محل مورد مطالعه در جدول (۱) ارئه شده است.

سیستم آبیاری مورد استفاده شامل آبیاری قطره‌ای تیپ با دبی قطره‌چکان‌های ۰/۷ لیتر در ساعت و به فاصله ۲۰ سانتی‌متر بود. نوارهای تیپ در فاصله بین دو ردیف کشت قرار گرفت و برای کنترل مقدار حجم آب ورودی به هر تیمار از کنتورهای حجمی تحویل آب استفاده شد که قبل از اجرای طرح کالیبره شده بودند. دور آبیاری برای همه تیمارها ثابت و دو روز بود. آبیاری تمامی تیمارها تا زمان سبزشدن کامل مزرعه (مرحله شش‌برگی) یکسان انجام شد و تیمارهای آبیاری موردبررسی پس از مرحله شش‌برگی اعمال شد.

Table 1. Soil physical properties of the experimental site

Depth (cm)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil texture	Bulk density (gr/cm^3)	Field capacity (θ_V,%)	Permanent wilting point (θ_V, %)
0-30	38	35	27	Loam	1.49	36	13.7
30-60	36	41	23	Loam	1.51	31	17.5
60-100	35	39	26	Loam	1.51	34	15.3

برای محاسبه عمق آب آبیاری به‌روش پایش تغییرات رطوبت خاک در منطقه توسعه ریشه گیاه قبل از هر آبیاری از دستگاه پروفایل پروب مدل PR2 استفاده شد. عمق آبیاری به‌منظور رساندن رطوبت منطقه توسعه ریشه گیاه به حد ظرفیت زراعی (FC) با استفاده از رابطه (۱) محاسبه و اعمال شد:

$$I_n = \left(\sum_{i=1}^{n}(\theta_{(FC)_i} - \theta_{(pre-irrg)_i}) \times D_i\right)/100 \qquad (۱)$$

در این رابطه I_n عمق خالص آبیاری برحسب میلی‌متر، θ_{FC} رطوبت حجمی خاک در حد ظرفیت زراعی (درصد)، $\theta_{(pre-irrg)}$ رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری (درصد)، D عمق توسعه ریشه (میلی‌متر)، n تعداد لایه‌ها در عمق توسعه ریشه و i شمارش‌گر تعداد لایه‌ها در عمق توسعه ریشه می‌باشد (Karandish *et al.*, 2013). در تیمارهای آبیاری پالسی میزان آب موردنیاز محاسبه شده برای هر تیمار در سه پالس با زمان روشن[۳] و خاموش‌بودن[٤] مساوی در اختیار گیاه قرار گرفت. به‌عبارتی، اگر زمان آبیاری موردنیاز برای تیماری سه ساعت بود، زمان‌بندی آبیاری آن تیمار به‌صورت سه پالس یک ساعته با یک ساعت زمان استراحت بین پالس‌های آبیاری از طریق قطع و وصل شیرهای آبیاری اعمال شد. به‌منظور ارزیابی سودمندی آب در منطقه موردمطالعه، مقادیر شاخص‌های بهره‌وری آب محاسبه شد. بهره‌وری آب را می‌توان از روش‌های مختلف و معادلات مختلفی برآورد کرد. به‌طورکلی، بهره‌وری آب عبارت است از نسبت محصول تولیدی به میزان آب مصرفی. محصول تولیدی می‌تواند به‌صورت بیوماس کل[۵] یا ماده خشک تولیدی تعریف شود، هم‌چنین مقدار آب مصرف‌شده نیز می‌تواند میزان تعرق، تبخیر- تعرق، آب آبیاری یا تبخیر- تعرق به اضافه نفوذ عمقی باشد. برای تعیین شاخص بهره‌وری آب از معادله (۲) استفاده شد:

$$WP_{Irrg} = \frac{Y(ton/ha)}{Irrg\ (mm)} \qquad (۲)$$

در این معادله Y عملکرد محصول برحسب تن در هکتار و Irrg میزان آب آبیاری برحسب میلی‌متر می‌باشد (Karimi & Gomrokchi, 2011). داده‌های به‌دست‌آمده از این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل آماری شد.

نتایج و بحث

میزان عمق ناخالص آب آبیاری به‌کار برده‌شده در سطوح مختلف آبیاری در طی دوره رشد با اعمال مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته برای تیمارهای مختلف در جدول (۲) ارائه شده است.

Table 2. Irrigation depth for different treatments

Treatments	Irrigation levels	Irrigation depth (mm)
CI_2	120%	470
CI_1	100%	405
CI_3	80%	340
CI_4	60%	275
PI_2	120%	470
PI_1	100%	405
PI_3	80%	340
PI_4	60%	275

در این پژوهش پس از تعیین عملکرد تازه، عملکرد بیولوژیک (مقدار وزن ماده خشک اندام‌های هوایی گیاه) و محاسبه بهره‌وری آب، تجزیه واریانس روی صفات مذکور انجام گرفت که در جدول (۳) ارائه شده است.

Table 3. Variance analysis of studied treatments

Source of variation (S.O.V)	Degree of freedom (df)	Mean square		
		Fresh yield	Biological	Water productivity
Block	2	33.67^{ns}	1.77^{ns}	0.87^{*}
Management (a)	2	440.15^{ns}	39.62^{*}	1.87^{*}
Management × block (Main error)	1	57.77	0.68	0.02
Irrigation levels (b)	3	1792.36^{**}	161.35^{**}	2.16^{*}
a×b	3	260.85^{**}	23.45^{**}	2.19^{*}
Sub-main error	12	36.93	2.27	0.42
Variation coefficient (%)	-	9.12	7.54	12.14

**,*, ns Means significant in 1%, 5% level and non-significant respectively

نتایج نشان داد مدیریت آبیاری، عملکرد بیولوژیک و بهره‌وری آب را تحت تأثیر قرار داد (در سطح پنج درصد) ولی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد تازه نداشت. تأثیر سطح آبیاری بر این صفات در سطح یک درصد معنی‌دار بود. هم‌چنین اثر متقابل مدیریت و سطح آبیاری بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد تازه (در سطح یک درصد) و بهره‌وری آب (در سطح پنج درصد) معنی‌دار بود.

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک بیانگر مقدار وزن ماده خشک اندام‌های هوایی گیاه (شامل برگ، ساقه، چوب، غلاف بلال و بلال) است که در این پژوهش نمونه‌گیری از تمامی تیمارها و تکرارها انجام گرفت. مقایسه میانگین (به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن) برای عملکرد بیولوژیک، عملکرد تازه و بهره‌وری آب در سطوح مختلف آبیاری در مرحله برداشت ذرت علوفه‌ای تحت دو مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته در جدول (٤) ارائه شده است.

Table 4. Mean comparison of interactions of irrigation levels and management for studied treatments

Irrigation combination	Fresh yield	Biological yield	Water productivity
CI_1	67.16 ^{dc}	20.15^{de}	4.98 ^{d}
CI_2	74.17 ^{bc}	22.25 ^{dc}	4.73 ^{dc}
CI_3	60.56 ^{d}	18.16 ^{e}	5.34 ^{bc}
CI_4	47.23 ^{e}	14.17 ^{f}	5.25 ^{bc}
PI_1	84.33 ^{ab}	25.30 ^{ab}	6.25 ^{ab}
PI_2	86.67 ^{a}	26.00 ^{a}	5.53 ^{bc}
PI_3	76.16 ^{abc}	22.84 ^{bc}	6.72 ^{a}
PI_4	35.23 ^{e}	10.87 ^{g}	4.03 ^{d}

The same letters are not significantly different according to a duncan's multiple range test.

نتایج نشان داد بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک گیاه در تیمار تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه با مدیریت پالسی (PI_2) برابر ۲٦ تن در هکتار و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک در تیمار تأمین ٦۰ درصد نیاز آبی گیاه با مدیریت پالسی (PI_4) برابر ۱۰/۸۷ تن در هکتار به‌دست آمد. نتایج به‌دست‌آمده در رابطه با عملکرد بیولوژیک با نتایج یافته‌های Bozkurt *et al.* (2011)، Ashrafi & Sadrghaen (2014)، Ors *et al.* (2015)، Kuscu *et al.* (2013) و Ebrahimi & Hasanpour Darvishi (2015) از نظر بررسی سطوح مختلف آبیاری در مدیریت پیوسته هم‌خوانی دارد. با توجه به جدول (٤) در تیمار CI_4 و PI_4 اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. به‌طوری‌که اعمال مدیریت پالسی باعث کاهش ۲۳/۲۸ درصدی عملکرد نسبت به مدیریت پیوسته شد. دلیل آن را می‌توان این‌گونه بیان کرد که اعمال مدیریت پالسی در تیمار PI_4 باعث تشدید تنش آبی و بسته‌شدن روزنه گیاه و در نتیجه کاهش عمکرد بیولوژیکی محصول نسبت به تیمار CI_4 شده است. در تیمار کم‌آبیاری (PI_4) حدود ٤۰ درصد حجم آب کم‌تری نسبت به تیمار آبیاری کامل در اختیار گیاه می‌باشد، که این حجم آب کم نیز به‌صورت تقسیطی در سه مرحله اعمال می‌شود. بنابراین در تیمار مدیریت پالسی یک سوم حجم آب محاسبه شده برای تیمار کم آبیاری با مدیریت پیوسته (CI_4) طی یک پالس به گیاه داده می شود که با توجه به کم‌بودن حجم آن انتظار نمی‌رود آب به اعماق پایین خاک نفوذ کرده باشد، بلکه در لایه‌های سطحی خاک قرار گرفته و بیش‌تر در معرض پدیدهٔ تبخیر از سطح خاک است. در نتیجه مجموع این عوامل باعث می‌شود آب کم‌تری نسبت به مدیریت پیوسته در اختیار گیاه قرار گیرد. شکل (۱) عملکرد بیولوژیک ذرت علوفه‌ای را در تمامی تیمارهای مورد بررسی نشان می‌دهد.

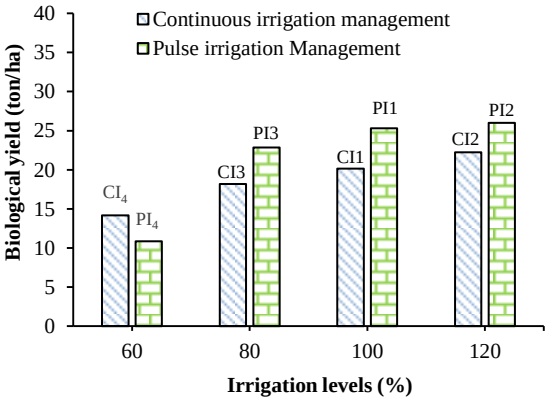

Figure 1. Silage maize Biological yield of treatments

با توجه به شکل (۱) عملکرد بیولوژیک تیمار PI_3 نسبت به تیمار CI_3، ۲۵/۷۵ درصد افزایش یافت. بنابراین می‌توان در مناطق مشابه با منطقه مطالعاتی پژوهش حاضر که با کمبود منابع آب مواجه هستند، اعمال کم‌آبیاری با استفاده از مدیریت پالسی را توصیه نمود تا محصول با کاهش عملکرد کم‌تری روبه‌رو شود. عملکرد بیولوژیک تیمارهای CI_1 و PI_1 اختلاف معنی‌داری داشتند. عملکرد بیولوژیک تیمار PI_1 به میزان ۲۵/۵۵ درصدی نسبت به تیمار CI_1 افزایش داشت. درصورتی‌که حجم آب داده شده به دو تیمار یکسان بود. بین تیمارهای PI_2 و CI_2 نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که اعمال بیش‌آبیاری با استفاده از مدیریت پالسی باعث افزایش ۱۶/۸۵ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به حالت پیوسته شد. در بین تیمارهای CI_2 و CI_1 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، بنابراین اعمال ۲۰ درصد بیش‌آبیاری در حالت مدیریت پیوسته تأثیر چندانی روی افزایش عملکرد بیولوژیک نداشته است، درحالی‌که بین تیمارهای PI_2 و PI_1 اختلاف معنی‌داری وجود داشت، بنابراین در صورت اعمال بیش‌آبیاری استفاده از مدیریت پالسی می‌تواند باعث افزایش عملکرد بیولوژیک بیش‌تری نسبت به مدیریت پیوسته شود.

تابع عملکرد بیولوژیک و آب مصرفی

براساس نتایج به‌دست‌آمده رابطهٔ عملکرد بیولوژیک و آب مصرفی در دو مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته به‌صورت رابطه‌های (۳) و (٤) به‌دست آمد:

$$y_P = -0.0004x^2 + 0.3766x - 56.97 \quad R^2 = 0.98 \qquad (۳)$$

$$y_C = -0.0001x^2 + 0.1423x - 11.82 \quad R^2 = 0.99 \qquad (٤)$$

در این روابط y_P و y_C، مقدار عملکرد بیولوژیک برحسب تن در هکتار به‌ترتیب در مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته و x مقدار آب مصرفی برحسب میلی‌متر است. توابع به‌دست‌آمده از نوع درجه دوم می‌باشند. شکل (۲) رابطه بین عملکرد بیولوژیک و عمق آب مصرفی در طول فصل رشد برای هر تیمار را نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که در محدوده آب مصرفی (۲۷۵ تا ٤۷۰ میلی‌متر) هم‌زمان با افزایش عمق آب آبیاری، عملکرد بیولوژیک تحت دو مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته افزایش یافته است (شکل۲). در این زمینه نیز Nakhjavanimoghaddam *et al.* (2019) در طی پژوهشی در منطقه کرج رابطه غیرخطی بین عمق آب آبیاری و عملکرد ذرت را گزارش نمودند. ضریب تعیین منحنی‌های مذکور تحت مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته به‌ترتیب برابر با ۰/۹۸۳ و ۰/۹۹۷ به‌دست آمد که بیان‌کنندهٔ نزدیک‌بودن منحنی برازش یافته با اعداد واقعی است.

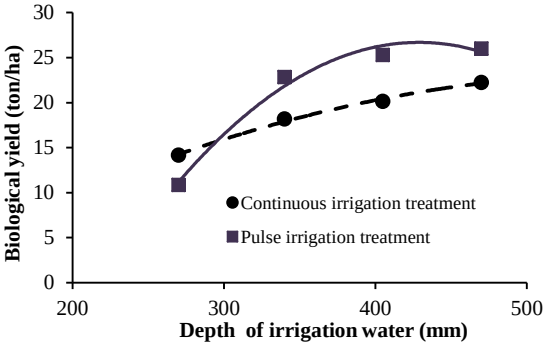

Figure 2. Relationship between biological yield and irrigation depth in treatments

عملکرد تازه

مطابق نتایج ارائه شده در جدول (٤)، بیش‌ترین عملکرد تازه در تیمار (PI_2) برابر ۸٦/٦۷ تن در هکتار و کم‌ترین آن در تیمار PI_4 برابر ۳۵/۲۳ تن در هکتار به‌دست آمد. Ebrahimi & Hasanpour Darvishi (2015) در پژوهشی تحت عنوان تعیین رابطهٔ عملکرد ذرت با میزان مصرف آب گزارش کردند که بیش‌ترین عملکرد علوفه تازه مربوط به تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی و کم‌ترین آن متعلق

به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه است. در مطالعه‌ای دیگر توسط Soreshjani Heydari *et al.* (2015) روی ذرت علوفه‌ای، کم‌ترین و بیش‌ترین عملکرد تازه ذرت به‌ترتیب مربوط به سطوح ٤٠ و ١٣٠ درصد آبیاری کامل گزارش شد که با نتایج این بخش از نظر بررسی سطوح مختلف آبیاری در مدیریت پیوسته هم‌خوانی دارد. با توجه به نتایج جدول (٤) در مقایسه بین تیمارهای PI_1 و PI_2، PI_3 و PI_4 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بین تیمارهای PI_1 و CI_1، PI_3 و CI_3 در صورت اعمال حجم آب یکسان تفاوت معنی‌داری (درسطح پنج درصد) مشاهده شد. هم‌چنین بین تیمارهای PI_3 و CI_1 تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، بنابراین با ٢٠ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب کاهش چندانی در عملکرد تازه محصول تحت مدیریت آبیاری پالسی نسبت به آبیاری پیوسته، دیده نخواهد شد. شکل (٣) عملکرد تازه را برای تمامی تیمارهای مورد بررسی تحت دو مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته نشان می‌دهد.

تابع عملکرد تازه و آب مصرفی

رابطهٔ بین عملکرد تازه و آب مصرفی در دو مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته به‌صورت رابطه‌های (٥) و (٦) به‌دست آمد:

$$y_P = -0.00216x^2 + 1.8482x - 306.2632 \quad R^2 = 0.95 \qquad (٥)$$

$$y_C = -0.0003x^2 + 0.3688x - 28.7228 \quad R^2 = 0.99 \qquad (٦)$$

در این روابط y_P و y_C، مقدار عملکرد تازه برحسب تن در هکتار در دو مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته و X مقدار آب مصرفی برحسب میلی‌متر است. توابع به‌دست‌آمده برای مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته از نوع درجه دوم می‌باشند. شکل (٤) رابطه بین عملکرد تازه و عمق آب مصرفی در طول فصل رشد برای هر تیمار را نشان می‌دهد.

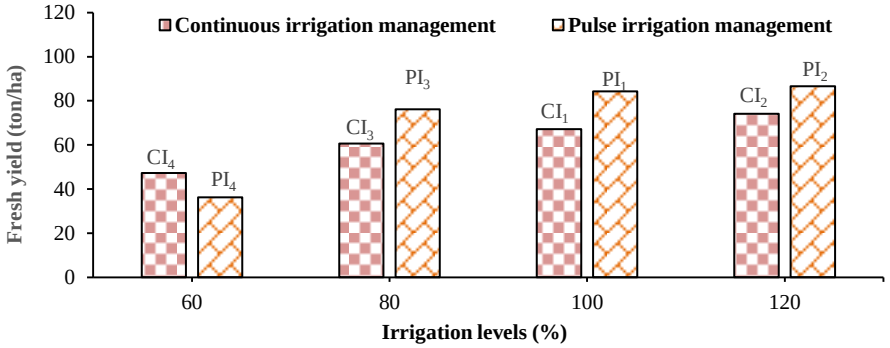

Figure 3.Fresh yield of treatments

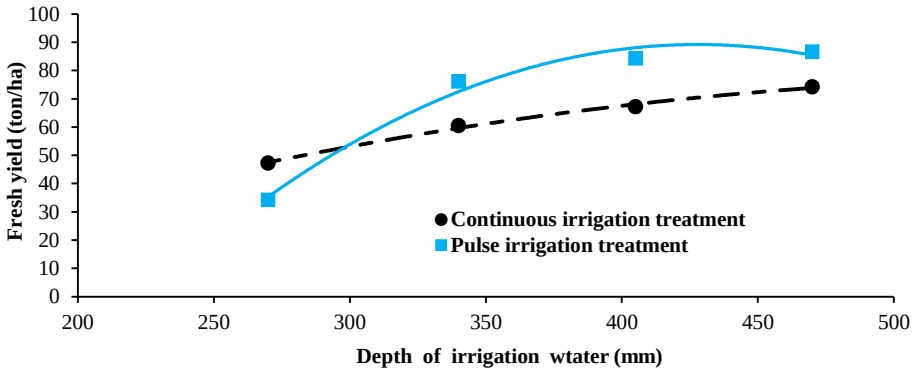

Figure 4. Relationship between fresh yield and irrigation depth in treatments

نتایج حاکی از آن است که در محدوده آب مصرفی (۲۷۵ تا ٤۷۰ میلی‌متر) هم‌زمان با افزایش عمق آب آبیاری، عملکرد تازه تحت دو مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته افزایش یافته است (شکل ٤). به‌طوری‌که بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد تازه به‌ترتیب در تیمارهای $PI_{۲}$ و $PI_{٤}$ مشاهده شد. در این زمینه نیز Ebrahimi & Hasanpour Darvishi (2015) در طی پژوهشی رابطه غیرخطی بین عمق آب آبیاری و عملکرد علوفه تر گزارش نمودند.

بهره‌وری آب

بهره‌وری آب، میزان ماده خشک تولیدی به‌ازای مقدار آب مصرفی برحسب کیلوگرم محصول در مترمکعب آب است. در این پژوهش برای محاسبه بهره‌وری آب از عملکرد بیولوژیک استفاده شد. مقایسه میانگین بهره‌وری آب در سطوح مختلف آبیاری در مرحله برداشت ذرت علوفه‌ای تحت دو مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته در جدول (٤) ارائه شده است. بیش‌ترین بهره‌وری آب‌آبیاری در تیمار تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه ($PI_{۳}$) برابر ٦/۷۲ کیلوگرم بر مترمکعب و کم‌ترین مقدار آن در تیمار تأمین ٦۰ درصد نیاز آبی گیاه ($PI_{٤}$) برابر ٤/۰۳ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد که با سایر تیمارهای آبیاری اختلاف معنی‌داری (در سطح پنج درصد) داشت. Zaghian (2016) مقدار بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای تحت سیستم آبیاری قطره‌ای را ۲/۳ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کرده است. مقدار بهره‌وری آب در پژوهش حاضر در تیمار آبیاری کامل تحت مدیریت آبیاری پالسی ($PI_{۱}$)، ٦/۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد که بیانگر افزایش ۹۵ درصدی نسبت به مطالعه زاغیان می‌باشد. البته با توجه به این‌که آب مصرفی و شرایط کشت و رقم استفاده‌شده در دو پژوهش متفاوت است، بنابراین نمی‌توان انتظار داشت که علت افزایش بهره‌وری آب در پژوهش حاضر فقط مرتبط با اعمال مدیریت پالسی باشد. در پژوهش حاضر مقایسه بهروری آب تیمار مدیریت پالسی و پیوسته در آبیاری کامل نشان داد که اعمال مدیریت پالسی باعث افزایش حدود ۲۵ درصدی بهره‌وری آب نسبت به مدیریت پیوسته می‌شود. جدول (٤) نشان داد که بین تیمارهای $CI_{۲}$، $CI_{۱}$، $CI_{۳}$ و $CI_{٤}$ تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. در بین تیمارهای $PI_{۳}$ و $PI_{٤}$ تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد مشاهده شد. در بین تیمارهای $CI_{۱}$ و $PI_{۳}$ نیز تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد وجود داشت، به‌طوری‌که بهره‌وری آب تیمار $PI_{۳}$ به میزان ۳۵ درصد نسبت به تیمار $CI_{۱}$ افزایش یافت که دلیل آن را می‌توان افزایش عملکرد و کاهش سطح آبیاری در تیمار $PI_{۳}$ نسبت به $CI_{۱}$ دانست. زیرا با وجود این‌که تیمار $PI_{۳}$ ۲۰ درصد آب کم دریافت کرده است، میزان عملکرد آن نسبت به تیمار $CI_{۱}$ افزایش یافته که درنهایت منجربه افزایش بهره‌وری آب در تیمار $PI_{۳}$ شده است. بنابراین در مناطق مشابه با پژوهش حاضر که با کمبود منابع آبی مواجه هستند، می‌توان اعمال تیمار $PI_{۳}$ را پیشنهاد نمود. در بین تیمارهای $CI_{٤}$ و $PI_{٤}$ نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده شد، به طوری که بهره‌وری آب تیمار $CI_{٤}$ نسبت به تیمار $PI_{٤}$، ۳۰ درصد افزایش یافت. دلیل آن را می‌توان این گونه بیان کرد که با توجه به این‌که حجم آب دریافتی توسط دو تیمار یکسان بوده ولی همان‌طورکه قبلاً توضیح داده شد عملکرد حاصل از تیمار مدیریت پالسی کم‌تر از مدیریت پیوسته می‌باشد که منجربه کاهش بهره‌وری می‌شود. در شکل (۵)، مقادیر بهره‌وری آب در سطوح مختلف آبیاری تحت دو مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته نشان داده شده است.

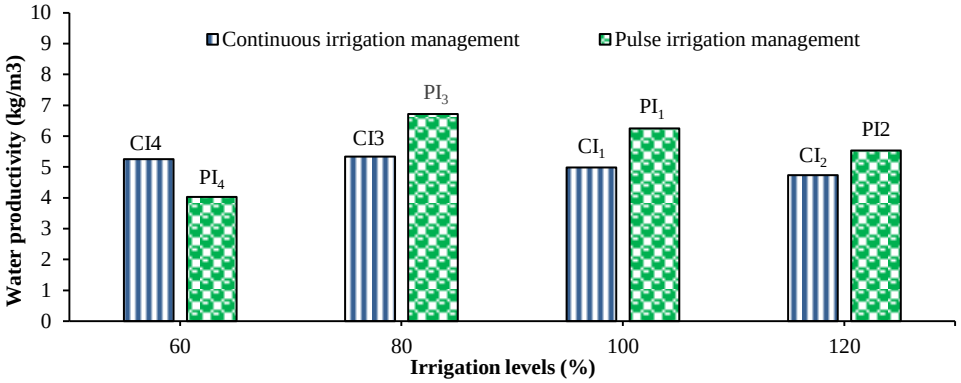

Figure 5. Water productivity of treatments

تابع بهره‌وری و آب مصرفی

رابطهٔ بین بهره‌وری آب و آب مصرفی در دو مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته به‌صورت رابطه‌های (۷) و (۸) به‌دست آمد:

$$y_P = -0.0001x^2 + 0.095x - 11.554 \quad R^2 = 0.86 \qquad (۷)$$

$$y_C = -0.00002x^2 + 0.0119x - 3.5047 \quad R^2 = 0.92 \qquad (۸)$$

در این روابط y_P و y_C، مقدار بهره‌وری آب برحسب کیلوگرم بر مترمکعب در دو مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته و x مقدار آب مصرفی برحسب میلی‌متر است. در شکل (٦) تغییرات بهره‌وری آب در برابر مقدار آب آبیاری در دو مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته رسم شده است. در مدیریت آبیاری پالسی، با افزایش عمق آب آبیاری بهره‌وری آب ابتدا افزایش و سپس کاهش یافته است، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار بهره‌وری آب‌آبیاری برابر با ٦/٧٢ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به تیمار تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه تحت مدیریت آبیاری پالسی (PI_3) و کم‌ترین مقدار آن برابر با ٤/٠٣ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به تیمار تامین ٦٠ درصد نیاز آبی گیاه تحت مدیریت آبیاری پالسی (PI_4) است. طی پژوهشی که توسط Zamora *et al.* (2019) روی گیاه گیشنیز انجام شد تأثیر سطوح مختلف آبیاری به‌روش مدیریت آبیاری قطره‌ای پالسی و پیوسته موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با توجه به تابع بهره‌وری و عمق آبیاری رسم‌شده برای تیمارهای مختلف در مدیریت پالسی با افزایش عمق آبیاری، بهره‌وری آب ابتدا افزایش و بعد روند کاهشی پیدا می‌کند، که با نتایج این بخش هم‌خوانی دارد. در مدیریت آبیاری پیوسته با افزایش عمق آبیاری بهره‌وری آب کاهش یافته است، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار بهره‌وری آب-آبیاری برابر ٥/٣٤ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به تیمار تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه تحت مدیریت آبیاری پیوسته (CI_3) و کم‌ترین مقدار آن برابر با ٤/٧٣ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به تیمار تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه تحت مدیریت آبیاری پیوسته (CI_2) است. Salemi *et al.* (2014) گزارش کردند که بهره‌وری آب در ذرت با افزایش عمق آب آبیاری، کاهش می‌یابد که با نتایج این بخش مشابهت دارد.

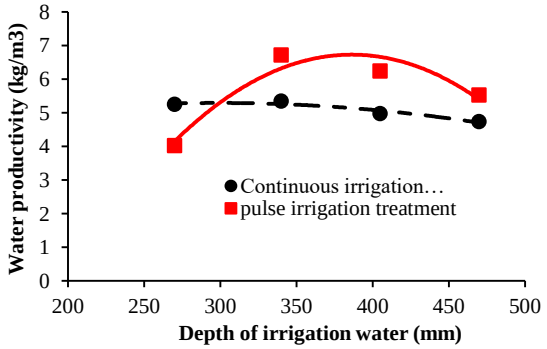

Figure 6. Relationship between water productivity and irrigation depth in treatments

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر اثر دو مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته در سیستم آبیاری قطره‌ای بر روی سطوح مختلف آبیاری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی مدیریت، سطح آبیاری و اثر متقابل دوگانه مدیریت در سطح آبیاری بر عملکرد تازه (در سطح یک درصد)، عملکرد بیولوژیک (در سطح یک درصد) و بهره‌وری آب (در سطح پنج درصد) معنی‌دار است. اعمال مدیریت پالسی در تیمارهای بیش‌آبیاری، آبیاری کامل و کم‌آبیاری در سطح ۸۰ درصد منجربه افزایش عملکرد بیولوژیک و تازه محصول نسبت به مدیریت پیوسته شد. درحالی‌که در تیمار کم‌آبیاری ٦٠ درصد اعمال مدیریت پالسی باعث کاهش عملکرد بیولوژیک و تازه محصول نسبت به مدیریت پیوسته شد. بررسی مقادیر بهره‌وری آب براساس عمق آب آبیاری نیز نشان داد که حداکثر مقدار بهره‌وری آب مربوط به تیمار تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی با مدیریت پالسی ($PI_{۳}$) و حداقل آن مربوط به تیمار تأمین ٦٠ درصد نیاز آبی با مدیریت پالسی ($PI_{٤}$) می‌باشد. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست‌آمده چنانچه در منطقه‌ای که از نظر شرایط آب‌وهوایی، نوع بافت خاک و شیوه‌ی مدیریت آبیاری مشابه با منطقه مورد مطالعه در این پژوهش باشد که با کمبود منابع آب مواجه است با اعمال مدیریت پالسی و کاهش ۲۰ درصدی آب مصرفی می‌توان به‌میزان ۳٤/۹۳ درصد افزایش بهروری نسبت به آبیاری کامل با مدیریت پیوسته ($CI_{۱}$) داشت. هم‌چنین اگر هدف از کشت فقط افزایش عملکرد محصول باشد و از لحاظ تأمین آب آبیاری با مشکلی مواجه نباشیم، می‌توان با مصرف ۲۰ درصد آب بیش‌تر (بیش‌آبیاری) و اعمال مدیریت پالسی، ۲۹ درصد افزایش عملکرد نسبت به حالت آبیاری کامل با مدیریت پیوسته ($CI_{۱}$) انتظار داشت.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت و پشتیبانی مجموعه دامپروری صفاری– صالحی واقع در روستای چالتاسیان و با راهنمایی‌های جناب مهندس مصطفی نجفی کارشناس ارشد زراعت این مجموعه انجام گرفته است. نویسندگان این مقاله بر خود واجب می‌دانند که مراتب تشکر و قدردانی خود را از کمک‌های بی‌دریغ این مجموعه اعلام نمایند.

پی‌نوشت‌ها

1. On
2. Off
3. On Time
4. Off Time
5. Total Biomass

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

منابع

1. Alinejadian Bidabadi, A., Jorooni, E., Barzegar, A., & Maleki, A.(2016). The effect of different irrigation levels on water use efficiency on the basis of maize grain and soil moisture variations. *Water and Irrigation Management*, *6*(1), 47-59. (In Persian).
2. Ashrafi, S., & Sadrghaen, H. (2014). Effects of Tape Drip Irrigation and Irrigation Levels on Yield of Corn (KSC-700). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, *3*(8), 453-461. (In Persian).
3. Bakeer, G. A. A., El-Ebabi, F. G., El-Saidi, M. T., & Abdelghany, A. R. E. (2009). Effect of pulse drip irrigation on yield and water use efficiency of potato crop under organic agriculture in sandy soils. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, *26*(2), 736-765.
4. Bozkurt, S., Yazar, A., & Mansuroglu, G. S. (2011). Effects of different drip irrigation levels on yield and some agronomic characteristics of raised bed planted corn. *African Journal of Agricultural Research*, 6(23), 5291-5300.
5. Cote, C.M., Bristow, K.L., Charlesworth, P.B., Cook, F.J., & Thorburn, P.J. (2003). Analysis of soil wetting and solute transport in subsurface trickle irrigation. *Irrigation Science*, 22(3-4), 143-156.

6. Ebrahimi, H., & Hasanpour Darvishi, H. (2015). The Relationship Between Corn Yield and Water Consumption (Computational water demand and lack of soil moisture). *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, *9*(4), 605-613. (In Persian).
7. El-Abedin, T. Z. (2006). Effect of pulse drip irrigation on soil moisture distribution and maize production in clay soil. *Misr J Ag Eng*, *23*, 1032-1050.
8. Eric, S., David, S., & Robert, H. (2004). To pulse or not to pulse drip irrigation that is the question UF/IFAS. *Horticultural Sciences Department, Florida*.
9. Heydari Soreshjani, S., Shayannejad, M., Naderi, M., & Haghighati, B. (2015). Effect of different levels of irrigation on qualitative and quantitative properties of corn (Cultivar NS) and determination of the optimum depth of irrigation in water shortage conditions. *Journal of Water and Soil Science*, *19* (73), 125-138. (In Persian).
10. Karandish, F., Mirlatifi, M., Shahnazari, A., Gheisari, M., & Abbasi, F. (2013). Effect of partial root-zone drying (PRD) and deficit irrigation on Nitrogen uptake and leaching in maize. *Water and Irrigation Management*, *2*(2), 85-98. (In Persian).
11. Karasu, A., Kuşcu, H., Mehmet, Ö. Z., & Bayram, G. (2015). The effect of different irrigation water levels on grain yield, yield components and some quality parameters of silage Maize (Zea mays indentata Sturt.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *43*(1), 138-145.
12. Karimi, M., & Gomrokchi, A. (2011). Yield and water use efficiency of corn planted in one or two rows and applying furrow or drip tape irrigation systems in Ghazvin Province, Iran. *Irrigation and drainage*, *60*(1), 35-41.
13. 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. *Journal of Water and Soil*, *29* (2), 311-321. (In Persian).
14. Kuscu, H., Karasu, A., Mehmet, O.Z., Demir, A.O., & Turgut, I. (2013). Effect of Irrigation Amounts Applied With Drip Irrigation on Maize Evapotranspiration, Yield, Water Use Efficiency, and Net Return in A Suba" Humid Cli. *Turkish Journal of Field Crops*, *18*(1), 13-19.
15. 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).
16. Nakhjavanimoghaddam, M. M., Zarei, G., & Sepehri Sadeghian, S. (2019). Yield-water function of middle-aged and early varieties of maize (KSC 500 & KSC 302) under sprinkler irrigation system. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, *12*(6), 1519-1528. (In Persian).
17. Ors, S., Sahİn, U., & Kİzİloglu, F. M. (2015). Yield, quality and irrigation water use of drip-irrigated silage maize with different irrigation techniques. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, *52*(3), 595-607.
18. Salemi, H. R., Tavakoli, A. R., & Heydari, N. (2014). Effects of Deficit Irrigation on Yield and Yield Components of Maize and Determining of Water Productivity in Nekuabad Irrigation Network. *Journal of Agroecology (Quarterly)*, *6*(4), 858-869. (In Persian).
19. Samadvand, S., Tajbakhsh, M., Anvari, K., & Ahmadaali, J.(2015). Effect of tape and furrow irrigation systems in one and two planting patterns on yield and water use efficiency of corn. *Journal of Water and Soil Science*, *18* (70), 113-120. (In Persian).
20. Zaghian, G. (2016). *Comparison of surface and subsurface drip irrigation methods combined with deficit irrigation on corn yield and water use efficiency*. Doctoral dissertation, Shahrekord University, Iran. (In Persian).
21. Zamora, V. R. O., Da Silva, M. M., da Silva, G. F., Santos Júnior, J. A., Menezes, D., & Menezes, S. M. D. (2019). Pulse drip irrigation and fertigation water depths in the water relations of coriander. *Horticultura Brasileira*, *37*(1), 22-28.