

Effect of Pulsed Management in Drip Irrigation on Yield, Yield Components and Water Productivity of Silage Maize

SANAZ MOHAMMADI¹, SEYED MAJID MIRLATIFI^{1*}, HOSSEIN DEHGHANISANIJ², MEHDI HOMAEI¹

1. Water Management and Engineering Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2. Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

(Received: Sep. 11, 2020- Revised: Oct. 28, 2020- Accepted: Oct. 31, 2020)

ABSTRACT

Water scarcity across the world has led researchers to develop a new irrigation technique called pulsed drip irrigation in order to improve soil moisture distribution as well as to increase water productivity. Pulsed drip irrigation refers to irrigating for a short period then waiting for another short period and repeating this On-Off cycle until the entire irrigation depth is applied. In this study, the combined effects of pulsed drip irrigation and its On-Off time duration on yield, yield components and water productivity of silage maize under two growing seasons (spring and summer) were evaluated. The selected experimental design was split-plot in completely randomized block design with three replicates. The treatments were consisted of four pulsed drip irrigations (P1, P2, P3, P4) and two Off-Time duration, 1 and 3 times of On-Time duration in a pulse (T1, T2). Results indicated that the interaction of the studied treatments on yield, yield components and water productivity of silage maize is significant. The maximum dry yield and water productivity was 25.86 (ton/ha) and 5.95 (kg/m³) in (T2 P4) treatment (average of two growing seasons) which increased by about 17% compared to (T1 P1) treatment. Increasing the number of irrigation pulses to four times lead to 6% and 17% increase in the studied parameters, respectively, in T1 and T2 treatments. Consequently, based on the positive effect of increasing the Off-Time duration in applying pulsed drip irrigation with high flow rate, it is suggested that the ratio of Off-Time to On-Time duration should be increased.

Keywords: Irrigation Management; Off-Time Duration; Pulsed Drip Irrigation; Water Productivity; Yield.

تأثیر مدیریت پالسی در سیستم آبیاری قطره‌ای بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای

ساناز محمدی^۱، سید مجید میرلطیفی^{۱*}، حسین دهقانی سانجی^۲، مهدی همایی^۱

۱. گروه مهندسی و مدیریت آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۲. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۶/۲۱ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۸/۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۸/۱۰)

چکیده

اخیراً فناوری نوینی با نام مدیریت پالسی در آبیاری قطره‌ای با هدف بهبود توزیع رطوبت در خاک و افزایش بهره‌وری آب مورد توجه قرار گرفته است. مدیریت پالسی شامل استفاده از فازهای مختلف قطع و وصل جریان در فرآیند آبیاری می‌باشد به طوری که چرخه قطع و وصل جریان تا زمان اعمال کامل عمق آبیاری ادامه می‌یابد. در این پژوهش تأثیر آبیاری قطره‌ای پالسی و زمان‌بندی اعمال پالس‌ها بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای طی دو دوره رشد بهاره و تابستانه بررسی شد. آزمایش‌ها به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. چهار تیمار آبیاری پالسی شامل کاربرد عمق آب آبیاری در یک، دو، سه و چهار پالس (P1, P2, P3, P4) و دو تیمار زمان‌بندی مدت قطع جریان به صورت یک برابر و سه برابر مدت وصل جریان در هر پالس (T1, T2) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اثر متقابل تیمارهای مورد بررسی بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب معنی‌دار (به ترتیب در سطح یک و ۵ درصد) است. بیشترین عملکرد خشک و بهره‌وری آب مربوط به تیمار T2 P4 برابر با ۲۵/۸۶ تن بر هکتار و ۵/۹۵ کیلوگرم بر مترمکعب (میانگین دو دوره رشد) بود که حدود ۱۷ درصد نسبت به تیمار T1 P1 بیش‌تر می‌باشد. افزایش چهار برابری تعداد پالس‌های آبیاری باعث افزایش شش و ۱۷ درصدی پارامترهای مورد بررسی به ترتیب در تیمارهای T1 و T2 شد. بنابراین با توجه به نتایج مثبت افزایش زمان قطع جریان در آبیاری قطره‌ای پالسی، پیشنهاد می‌شود در صورت استفاده از این فناوری نسبت زمان قطع به وصل جریان افزایش یابد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای پالسی؛ بهره‌وری آب؛ زمان قطع جریان؛ عملکرد محصول؛ مدیریت آبیاری.

مقدمه

با توجه به کمبود منابع آب تجدیدپذیر در جهان و سهم بالای بخش کشاورزی در مصرف آب، افزایش بهره‌وری آب کشاورزی از اهمیتی فراوان برخوردار است. در این راستا استفاده از انواع روش‌های آبیاری تحت فشار به‌ویژه آبیاری قطره‌ای در کاشت غلاتی مانند ذرت بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای باید توجه داشت که عملیات آبیاری باید با زمان‌بندی دقیق و مطابق با نیاز گیاه صورت گیرد. بنابراین، مدیریت صحیح آبیاری در این سیستم‌ها یکی از عوامل موثر در جلوگیری از ایجاد تنش رطوبتی به گیاه در مراحل مختلف رشد است (Salokhe et al., 2005). همه‌ی روش‌های آبیاری و از جمله روش آبیاری قطره‌ای تنها در صورتی که مطابق با شرایط خاک و گیاه به‌طور صحیح طراحی شده باشند امکان افزایش بهره‌وری آب را خواهند داشت. یکی از نکاتی که در طراحی صحیح یک سیستم

آبیاری قطره‌ای باید مورد توجه قرار گیرد، مطابقت هرچه بیشتر الگوی توزیع آب اطراف قطره‌چکان‌ها با الگوی رشد ریشه در خاک است (Kandelous et al., 2011). بدین‌منظور، برخی از پژوهشگران استفاده از مدیریت پالسی در آبیاری قطره‌ای را پیشنهاد کرده‌اند. اصول آبیاری پالسی^۱ نخستین بار توسط Karmeli and Peri (1974) مطرح شد. تناوب یا پالس شامل یک سری چرخه‌های آبیاری است که هر چرخه شامل یک فاز آبیاری (وصل جریان^۲) و یک فاز استراحت (قطع جریان^۳) است. استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای پالسی می‌تواند توزیع رطوبت در خاک را بهبود بخشد، زیرا کاربرد متناوب آب اجازه توزیع مجدد رطوبت در خاک پیش از آغاز تناوب بعدی آبیاری را می‌دهد که می‌تواند باعث تسریع حرکت افقی و رو به بالای آب در خاک گردد (Elnesr and Alazba, 2015). استفاده از مدیریت پالسی نسبت به مدیریت پیوسته می‌تواند باعث صرفه‌جویی در مصرف آب شود

* نویسنده مسئول: Mirlat_m@modares.ac.ir

و باعث افزایش بهره‌وری آب گردید. بنابراین استفاده از آبیاری قطره‌ای پالسی به‌علت تأثیر مثبت آن در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول، صرفه‌جویی در مصرف آب و کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها مورد توجه قرار گرفته است (Eid et al., 2013).

کمبود منابع آبی، حفر چاه‌های عمیق و برداشت بیش از حد آب‌های زیرزمینی باعث افت سطح آب زیرزمینی در اغلب دشت‌های ایران از جمله دشت ورامین شده است. بنابراین افزون‌بر استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار، طراحی و مدیریت صحیح آبیاری در این سیستم‌ها به‌منظور افزایش بهره‌وری آب در این مناطق ضروری است. هدف از این پژوهش، بررسی اثر مدیریت پالسی و زمان‌بندی قطع جریان در سیستم آبیاری قطره‌ای بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای در منطقه ورامین بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

این پژوهش در سال ۱۳۹۸ طی دو دوره رشد بهاره و تابستانه ذرت علوفه‌ای در بخشی از مزرعه مجموعه دامپروری صفاری به مساحت حدود ۳۰۰ هکتار واقع در منطقه ورامین اجرا گردید. طول و عرض جغرافیایی محل اجرای آزمایش به ترتیب "۴۲/۸" و "۴۱° ۵۱' شرقی و "۵۱/۹' ۱۹° شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۹۳۳ متر می‌باشد. تیرماه با میانگین دمای هوای ۴۱/۹ درجه سانتی‌گراد و فروردین با میانگین دمای هوای ۲۱/۴ درجه سانتی‌گراد به ترتیب گرم‌ترین و سردترین ماه سال طی دو دوره رشد بودند. به منظور تعیین بافت خاک به روش هیدرومتری، نمونه برداری تا عمق یک متری خاک در مزرعه مطالعاتی انجام شد (جدول ۱). رقم مورد استفاده در این پژوهش ذرت علوفه‌ای ZP606 بود. عملیات کشت بهاره در تاریخ ۲۵ فروردین و کشت تابستانه در تاریخ ۳۰ تیرماه با استفاده از دستگاه بذرکار پنوماتیک به صورت دو ردیفه انجام شد. تراکم کشت مورد استفاده در این پژوهش ۱۲ بوته در متر مربع بود. برداشت محصول در کشت بهاره در تاریخ ۲۵ تیرماه و در کشت تابستانه در تاریخ یک آبان ماه انجام شد.

زیرا محیط خاک، فرصت کافی برای خیس شدن از پالس نخست آبیاری را خواهد داشت، بنابراین پالس بعدی آبیاری به‌راحتی جذب خاک شده و به‌علت کاهش نفوذ عمقی حجم آب مورد نیاز آبیاری کاهش می‌یابد (Eid et al., 2013; Almeida et al., 2015). پژوهش‌ها نشان داده که با انجام مدیریت پالسی در آبیاری قطره‌ای در صورت استفاده از قطره‌چکان‌هایی با دبی بالا، می‌توان پیاز رطوبتی مشابه با مدیریت آبیاری پیوسته در قطره‌چکان‌هایی با دبی پایین به‌دست آورد، ضمن اینکه مشکلات فنی مربوط به استفاده از قطره‌چکان با دبی کم مانند گرفتگی را نخواهد داشت (Zur, 1976). نتایج استفاده از آبیاری قطره‌ای پالسی (با زمان قطع و وصل ۵ دقیقه) بر شکل توزیع رطوبت در خاک و عملکرد ذرت طی دو سال زراعی نشان داد که اعمال مدیریت پالسی عملکرد محصول را نسبت به مدیریت پیوسته ۱۱/۸ درصد افزایش می‌دهد ضمن این‌که موجب کاهش دو درصدی کل حجم آب مصرفی می‌شود (Zin El-Abedin., 2006).

Bakeer et al. (2009) طی پژوهشی علت افزایش عملکرد محصول سیب‌زمینی به‌هنگام استفاده از مدیریت پالسی را افزایش راندمان کاربرد آب عنوان کردند که باعث سهولت دسترسی به مواد غذایی در محدوده گستره ریشه گیاه می‌گردد. آن‌ها هم‌چنین گزارش کرده‌اند که افزایش تعداد پالس‌ها باعث افزایش ۴۹ درصدی عملکرد محصول و افزایش ۴۸/۵ درصدی بهره‌وری آب گردید. (Eid et al., 2013) اثر تعداد پالس‌های آبیاری در شرایط بدون مالچ و با مالچ را بر روی عملکرد سویا مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد محصول و بهره‌وری آب مربوط به تیمار هشت پالسی با مالچ پلاستیکی مشکی بود. (Madane et al., 2018) در تحقیقی تأثیر سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای پالسی را بر پارامترهای رشد و عملکرد پیاز سفید مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که بیش‌ترین عملکرد محصول و بهره‌وری آب مربوط به تیمار آبیاری کامل با تعداد چهار پالس بود. (Mohamed et al., 2012) نیز به این نتیجه رسیدند که با افزایش تعداد پالس‌های آبیاری، پارامترهای رشد گیاه نخودفرنگی بهبود و عملکرد محصول و بهره‌وری آب افزایش یافت. هم‌چنین Almeida et al. (2018) اظهار داشتند که مدیریت پالسی اثر منفی شوری آب بر عملکرد نخودفرنگی را کاهش داده

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی خاک مزرعه مورد مطالعه

عمق خاک (m)	شن (%)	رس (%)	سیلت (%)	بافت خاک	ماده آلی (%)	جرم ویژه ظاهری (gr/cm ³)	رطوبت ظرفیت زراعی (cm ³ /cm ³)	رطوبت نقطه پژمردگی دائم (cm ³ /cm ³)
۰-۰/۳	۳۸	۲۷	۳۵	لوم	۱/۱۹	۱/۴۹	۳۶	۱۳/۷
۰/۳-۰/۱۶	۳۶	۲۳	۴۱	لوم	۱/۱۹	۱/۵۱	۳۱	۱۷/۵
۰/۱۶-۱	۳۵	۲۶	۳۹	لوم	۱/۱۹	۱/۵۱	۳۴	۱۵/۳

طرح آزمایشی

کشت میانی برداشت شدند.

مشخصات سیستم آبیاری

در این پژوهش از سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی استفاده شد. لوله‌های آبیاری قطره‌ای ساخت شرکت Geoflow با قطر ۲۲ میلی‌متر مجهز به قطره‌چکان‌های تنظیم‌کننده فشار با دبی ۳/۴ لیتر در ساعت و به فاصله ۵۰ سانتی‌متر بود. منبع تامین آب، چاه‌های اطراف مزرعه بود و آب از چاه‌های مذکور به درون استخر واقع در مجموعه پمپاژ و سپس با عبور از سیستم فیلتراسیون وارد شبکه توزیع آب در مزرعه می‌گردید. حجم آب ورودی به هر تکرار آزمایشی از طریق کنتورهای حجمی نصب شده در مسیر با دقت اندازه‌گیری ۰/۰۰۱ مترمکعب کنترل می‌گردید. همچنین در ابتدای هر لوله اصلی، یک شیر فلکه با سایز دو اینچ برای کنترل آب ورودی به هر تکرار و در ابتدای هر لترال نیز شیر قطع و وصل جریان برای مدیریت جریان پالسی نصب شد. کود نیتروژن به روش کود-آبیاری به مقدار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار طی فصل رشد به صورت تقسیطی در چهار مرحله از طریق سیستم آبیاری به طور یکسان در اختیار همه‌ی تیمارهای آزمایشی قرار گرفت.

آزمایش به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آبیاری پالسی در چهار سطح شامل کاربرد عمق آبیاری در یک، دو، سه و چهار پالس (P1, P2, P3, P4) و تیمار مدیریت زمان‌بندی قطع جریان در دو سطح یک و سه برابر زمان وصل جریان در هر پالس (T1, T2) اجرا گردید. نمونه‌ای از شیوه زمان‌بندی تیمارهای آبیاری پالسی هنگامی که مدت زمان مورد نیاز آبیاری سه ساعت در روز باشد، در جدول (۲) ارائه شده است. همان‌گونه که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، به‌عنوان مثال در تیمار سه پالسی (P3) که مدت زمان وصل جریان در هر پالس آبیاری برابر یک ساعت است، زمان‌بندی قطع جریان در حالت یک برابر زمان وصل جریان در هر پالس (T1) برابر با یک ساعت و در حالت سه برابر زمان وصل جریان در هر پالس (T2) برابر با سه ساعت می‌باشد. هر تیمار شامل چهار خط دو ردیفه کشت به طول ۱۰ متر بود. فاصله لوله‌های آبیاری ۱۴۰ سانتی‌متر و فاصله دو ردیف کشت در اطراف لوله‌های آبیاری ۳۰ سانتی‌متر بود. دو خط کشت کناری به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند و داده‌های مورد نیاز طرح از دو ردیف

جدول ۲- نمونه‌ای از روش اعمال آبیاری پالسی در تیمارهای مختلف مورد بررسی در پژوهش

تیمارهای آبیاری پالسی	پالس اول		پالس دوم		پالس سوم		پالس چهارم	
	مدت زمان وصل جریان (ساعت)	مدت زمان قطع جریان (ساعت)	مدت زمان وصل جریان (ساعت)	مدت زمان قطع جریان (ساعت)	مدت زمان وصل جریان (ساعت)	مدت زمان قطع جریان (ساعت)	مدت زمان وصل جریان (ساعت)	مدت زمان قطع جریان (ساعت)
T1 P1	۳	—	—	—	—	—	—	—
T2 P1	۳	—	—	—	—	—	—	—
T1 P2	۱/۵	۱/۵	۱/۵	—	—	—	—	—
T2 P2	۱/۵	۴/۵	۱/۵	۴/۵	—	—	—	—
T1 P3	۱	۱	۱	۱	—	—	—	—
T2 P3	۱	۳	۱	۳	—	—	—	—
T1 P4	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵
T2 P4	۰/۷۵	۲/۲۵	۰/۷۵	۲/۲۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵

مدیریت آبیاری

به‌منظور اطمینان از جوانه‌زنی گیاه نخستین آبیاری بی‌درنگ پس از کاشت انجام شد. همه‌ی تیمارهای آبیاری تا زمان سبز شدن کامل مزرعه به‌طور یکسان آبیاری شدند و تیمارهای آزمایشی از روز بیستم پس از کشت اعمال شدند. دور آبیاری برای همه‌ی تیمارها ثابت و دو روز انتخاب شد. برای تعیین عمق آب آبیاری، از روش پایش رطوبت خاک استفاده گردید. برای اندازه‌گیری رطوبت خاک از دستگاه پروفایل پروب^۱ مدل (Delta-T PR2/6)

به‌منظور اطمینان از جوانه‌زنی گیاه نخستین آبیاری بی‌درنگ پس از کاشت انجام شد. همه‌ی تیمارهای آبیاری تا زمان سبز شدن کامل مزرعه به‌طور یکسان آبیاری شدند و تیمارهای آزمایشی از روز بیستم پس از کشت اعمال شدند. دور آبیاری برای همه‌ی تیمارها ثابت و دو روز انتخاب شد. برای تعیین عمق آب آبیاری، از روش پایش رطوبت خاک استفاده گردید. برای اندازه‌گیری رطوبت خاک از دستگاه پروفایل پروب^۱ مدل (Delta-T PR2/6)

(رابطه ۱)

$$I = \left(\sum_{i=1}^n (\theta_{(FC)_i} - \theta_{(pre-irrig)_i}) \times \left(\frac{\rho_{b_s}}{\rho_{b_w}} \right)_i \times D_i \right) / 100$$

(Li et al., 2020):

$$CWP_{Irrig} = \frac{Y}{D_i} \quad (\text{رابطه ۶})$$

$$CWP_{ET} = \frac{Y}{ET_c} \quad (\text{رابطه ۷})$$

که در آن‌ها CWP_{Irrig} بهره‌وری آب بر اساس عمق آبیاری و CWP_{ET} بهره‌وری آب بر اساس تبخیر-تعرق گیاه، Y عملکرد محصول ذرت، D_i عمق آب آبیاری و ET_c تبخیر-تعرق برآوردی ذرت می‌باشد. به منظور مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد تیمارهای مختلف مورد بررسی، صفات گیاهی شامل ارتفاع گیاه، قطر ساقه، وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد تر و خشک محصول به‌صورت اندازه‌گیری وزن کل اندام هوایی گیاه تعیین شد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای با استفاده از نرم‌افزار SAS تحلیل و مقایسه میانگین تیمارها در سطح معنی‌داری ۵ درصد با آزمون دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

تبخیر-تعرق برآوردی ذرت علوفه‌ای

روند تغییرات تبخیر-تعرق مرجع چمن و تبخیر-تعرق برآوردی ذرت علوفه‌ای در دو دوره بهار و تابستانه در شکل (۱) ارائه شده است. همان‌گونه که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، تغییرات تبخیر-تعرق مرجع چمن محاسبه شده به‌روش فائو-پنمن-مانتیت در دوره رشد بهار صعودی و در دوره رشد تابستانه با نزدیک شدن به فصل پاییز نزولی است. مجموع تبخیر-تعرق مرجع چمن در دوره رشد بهار و تابستانه به‌ترتیب برابر با ۵۶۶ و ۴۵۲ میلی‌متر محاسبه شد. به‌منظور محاسبه مقادیر ضریب گیاهی ذرت علوفه‌ای، ابتدا دوره‌های رشد گیاه براساس درجه-روز-رشد برای منطقه مطالعاتی تعیین (جدول ۳) و سپس مقادیر ضریب گیاهی به‌روش نشریه فائو-۵۶ محاسبه گردید (شکل ۲). با توجه به شکل (۲) مرحله ابتدایی و توسعه رشد در دوره رشد بهار طولانی‌تر از دوره رشد تابستانه بود. پایین بودن درجه حرارت هوا در این مراحل در دوره رشد بهار نسبت به دوره رشد تابستانه و تأمین نشدن درجه-روز-رشد مورد نیاز گیاه، باعث طولانی‌تر شدن این مراحل در دوره رشد بهار شده است. هم-چنین، مراحل میانی و انتهایی رشد به‌علت گرم بودن هوا در دوره رشد بهار نسبت به زمان مشابه در دوره رشد تابستانه کوتاه‌تر می‌باشند. حداکثر مقدار ضریب گیاهی ذرت علوفه‌ای در مرحله میانی به‌روش نشریه فائو-۵۶ برای دوره رشد بهار ۱/۳۱ و برای دوره رشد تابستانه ۱/۲۸ محاسبه گردید. با توجه به این‌که در مرحله میانی در دوره رشد بهار متوسط رطوبت نسبی کم‌تر و

که در آن I عمق آب آبیاری (میلی‌متر)، θ_{FC} رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی (درصد)، $\theta_{(pre-irrig)}$ رطوبت وزنی خاک پیش از آبیاری (درصد)، ρ_{b_s} جرم ویژه ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، ρ_{b_w} چگالی آب (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، D عمق توسعه ریشه گیاه (میلی‌متر)، n تعداد لایه‌های خاک در عمق توسعه ریشه گیاه و i شمارش‌گر تعداد لایه‌های خاک در عمق توسعه ریشه می‌باشد. تبخیر-تعرق برآوردی ذرت علوفه‌ای به‌منظور مقایسه نیاز آبی گیاه با مقدار آب مصرفی ذرت در مزرعه در شرایط استاندارد با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (Allen et al., 1998):

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن ET_c تبخیر-تعرق برآوردی گیاه (میلی‌متر در روز)، ET_o تبخیر-تعرق مرجع چمن (میلی‌متر در روز) و K_c ضریب گیاهی ذرت علوفه‌ای می‌باشد. تبخیر-تعرق مرجع چمن با استفاده از داده‌های روزانه ایستگاه هواشناسی ورامین واقع در ۸ کیلومتری محل اجرای طرح به روش فائو-پنمن-مانتیت محاسبه شد.

ضریب گیاهی ذرت علوفه‌ای نیز به روش نشریه فائو-۵۶ محاسبه گردید (Allen et al., 1998):

$$K_{c\ ini} = K_{c\ ini} (Tab, Fig) \times f_w \quad (\text{رابطه ۳})$$

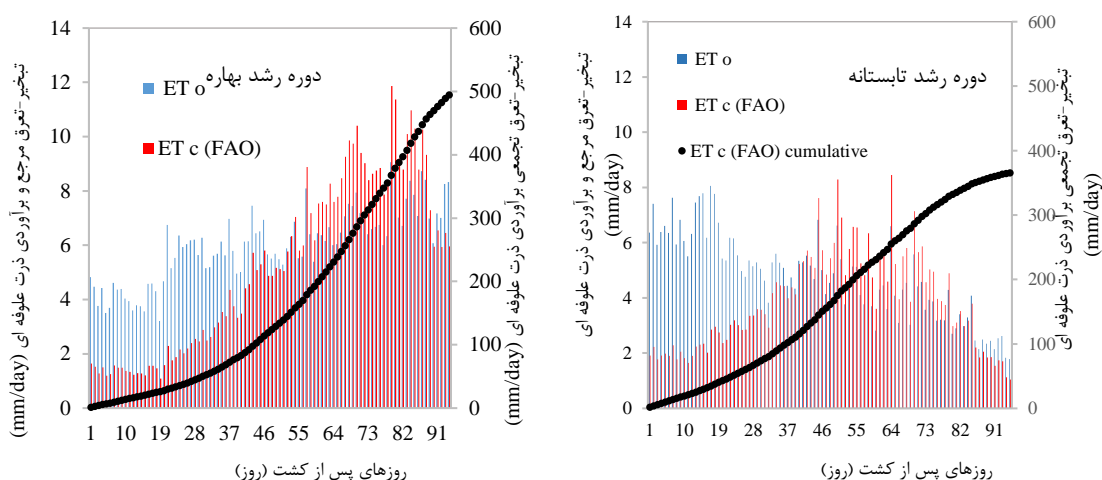
$$(\text{رابطه ۴})$$

$$K_{c\ mid} = K_{c\ mid} (Table) + [0.04(u_2 - 2) - 0.004(RH_{min} - 45)] \left(\frac{h}{3}\right)^{0.3} \quad (\text{رابطه ۵})$$

$K_{c\ end} = K_{c\ end} (Table) + [0.04(u_2 - 2) - 0.004(RH_{min} - 45)] \left(\frac{h}{3}\right)^{0.3}$ که در آن‌ها $K_{c\ ini}$ ضریب گیاهی دوره اولیه رشد، $K_{c\ ini} (Tab, Fig)$ ضریب گیاهی دوره اولیه رشد از جدول شماره ۱۲ یا شکل ۲۹ یا ۳۰ نشریه فائو-۵۶، f_w جزئی از سطح خاک که طی فرآیند آبیاری یا بارندگی مرطوب شده است، $K_{c\ mid}$ و $K_{c\ end}$ نیز به‌ترتیب ضریب گیاهی مرحله میانی و پایانی رشد، $K_{c\ mid} (Table)$ و $K_{c\ end} (Table)$ به‌ترتیب ضریب گیاهی مرحله میانی و پایانی رشد توصیه شده توسط نشریه فائو-۵۶، u_2 سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (متر بر ثانیه)، RH_{min} حداقل رطوبت نسبی (٪) و h ارتفاع گیاه (متر) در مرحله‌های میانی و پایانی رشد می‌باشد. تقسیم‌بندی دوره‌های رشد ذرت علوفه‌ای در این پژوهش براساس درجه-روز-رشد^۱ محاسبه شده منطقه مطالعاتی انجام شد و دمای پایه رشد ذرت ۱۰ درجه سانتی‌گراد لحاظ گردید. بهره‌وری آب گیاه یک اصطلاح کمی برای بیان رابطه بین محصول تولیدی و مقدار آب مصرفی برای تولید آن محصول است که می‌تواند بر حسب تبخیر-تعرق گیاه یا عمق آب آبیاری بیان شود

پس از کاشت اتفاق افتاد. در دوره رشد تابستانه، حداکثر مقدار تبخیر-تعرق مرجع چمن برابر با ۸/۰۵ میلی‌متر در روز بود که ۱۷ روز پس از کاشت رخ داده و حداکثر مقدار تبخیر-تعرق برآوردی ذرت نیز برابر با ۸/۴۵ میلی‌متر در روز بود که ۶۴ روز پس از کاشت رخ داد. بنابراین در دوره رشد تابستانه حداکثر مقدار تبخیر-تعرق برآوردی ذرت حدود ۱۵ روز زودتر از دوره رشد بهار رخ داد که به دلیل گرم‌تر بودن هوا در مراحل آغازین رشد در دوره رشد تابستانه می‌باشد که درجه-روز-رشد مناسب برای رشد ذرت سریع‌تر فراهم شده است.

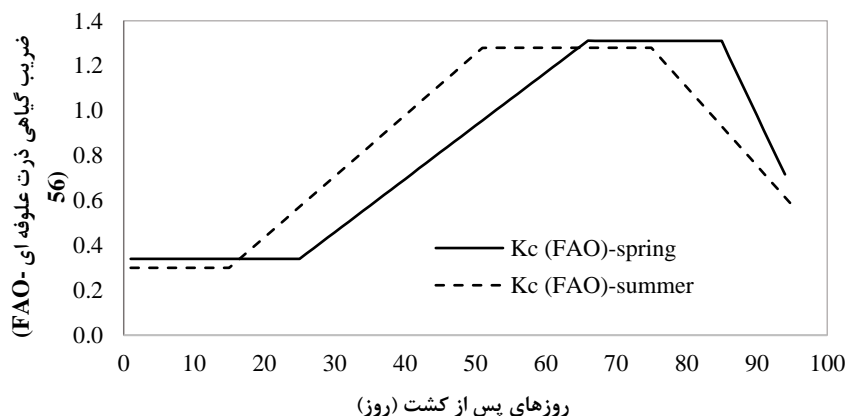
متوسط سرعت باد بیش‌تر از دوره رشد تابستانه بود، مقدار حداکثر ضریب گیاهی نیز با توجه به رابطه ۴ در دوره رشد بهار بیش‌تر از دوره رشد تابستانه به دست آمد. مقدار تجمعی تبخیر-تعرق برآوردی ذرت علوفه‌ای در دوره رشد بهار و تابستانه به ترتیب برابر با ۴۹۵ و ۳۶۵/۷ میلی‌متر به دست آمد (شکل ۱). دلیل بیش‌تر بودن مقدار تبخیر-تعرق برآوردی ذرت علوفه‌ای در دوره رشد بهار، مصادف شدن مرحله میانی و انتهایی رشد با گرم‌ترین ماه سال یعنی تیرماه بود. هم‌چنین حداکثر مقدار تبخیر-تعرق مرجع چمن و تبخیر-تعرق برآوردی ذرت علوفه‌ای در دوره رشد بهار به ترتیب برابر با ۹/۰۶ و ۱۱/۸۹ میلی‌متر در روز بود که ۷۹ روز



شکل ۱- روند تغییرات تبخیر-تعرق مرجع چمن و تبخیر-تعرق برآوردی ذرت علوفه‌ای در دوره رشد بهار و تابستانه ۱۳۹۸

جدول ۳- دوره‌های رشد ذرت علوفه‌ای و مقادیر درجه-روز-رشد متناظر سال ۱۳۹۸

مراحل رشد ذرت	دوره رشد بهار		دوره رشد تابستانه	
	طول دوره (روز)	درجه-روز-رشد (GDD)	طول دوره (روز)	درجه-روز-رشد (GDD)
ابتدایی	۲۵	۱۸۱/۸	۱۵	۲۰۱/۶
توسعه	۴۰	۶۴۰/۸	۳۵	۶۳۷/۹
میانی	۲۰	۹۰۴/۹	۲۵	۹۱۵/۹
انتهایی	۱	۱۰۳۲	۲۰	۱۰۷۸/۱

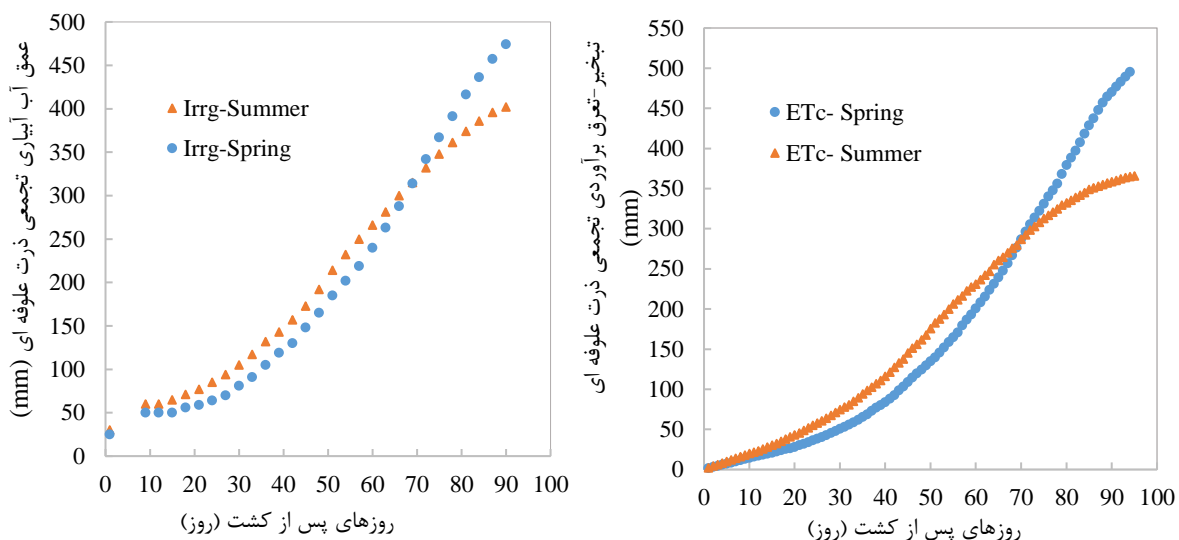


شکل ۲- ضریب گیاهی ذرت علوفه‌ای محاسبه شده به روش نشریه فانو-۵۶ سال ۱۳۹۸

مدیریت آبیاری می‌باشد. (Ajirlou (2016) حجم آب آبیاری ذرت علوفه‌ای کشت دوم (رقم سینگل کراس ۷۰۴) تحت سیستم آبیاری قطره‌ای تیپ در منطقه کرج را ۴۴۸ میلی‌متر گزارش کرده است. (Dadkhah (2017) عمق آبیاری ذرت علوفه‌ای تحت سیستم آبیاری قطره‌ای در منطقه نجف آباد در فصل رشد را ۶۹۸ میلی‌متر گزارش کرده است. (Yolcu and Cetin (2015) نیز عمق آبیاری ذرت علوفه‌ای تحت سیستم آبیاری قطره‌ای در منطقه آنوتولی ترکیه را ۴۳۵ میلی‌متر گزارش کرده‌اند. (Ors et al. (2015) عمق آبیاری قطره‌ای ذرت علوفه‌ای در منطقه ارزروم ترکیه برای تیمار آبیاری کامل با دور آبیاری ۴ روز را ۳۶۸/۵ میلی‌متر گزارش کرده‌اند.

مدیریت آبیاری

همان‌گونه که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، مجموع عمق آب آبیاری ذرت علوفه‌ای محاسبه شده از رابطه ۱ در دوره رشد بهاره و تابستانه به ترتیب برابر با ۴۸۸ و ۴۰۲ میلی‌متر می‌باشد. باتوجه به شکل (۳) در انتهای دوره رشد بهاره مقدار تبخیر-تعرق برآوردی به روش فائو-پنمن-مانتیت و همچنین عمق آب آبیاری بیش از انتهای دوره رشد تابستانه می‌باشد که علت آن همان‌طور که قبلاً هم اشاره شد مصادف شدن مرحله میانی و انتهایی دوره رشد بهاره با گرم‌ترین ماه سال در منطقه مطالعاتی یعنی تیرماه می‌باشد. آب مصرفی گیاه تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله شرایط اقلیمی، رقم مورد کشت، زمان کشت، روش آبیاری و



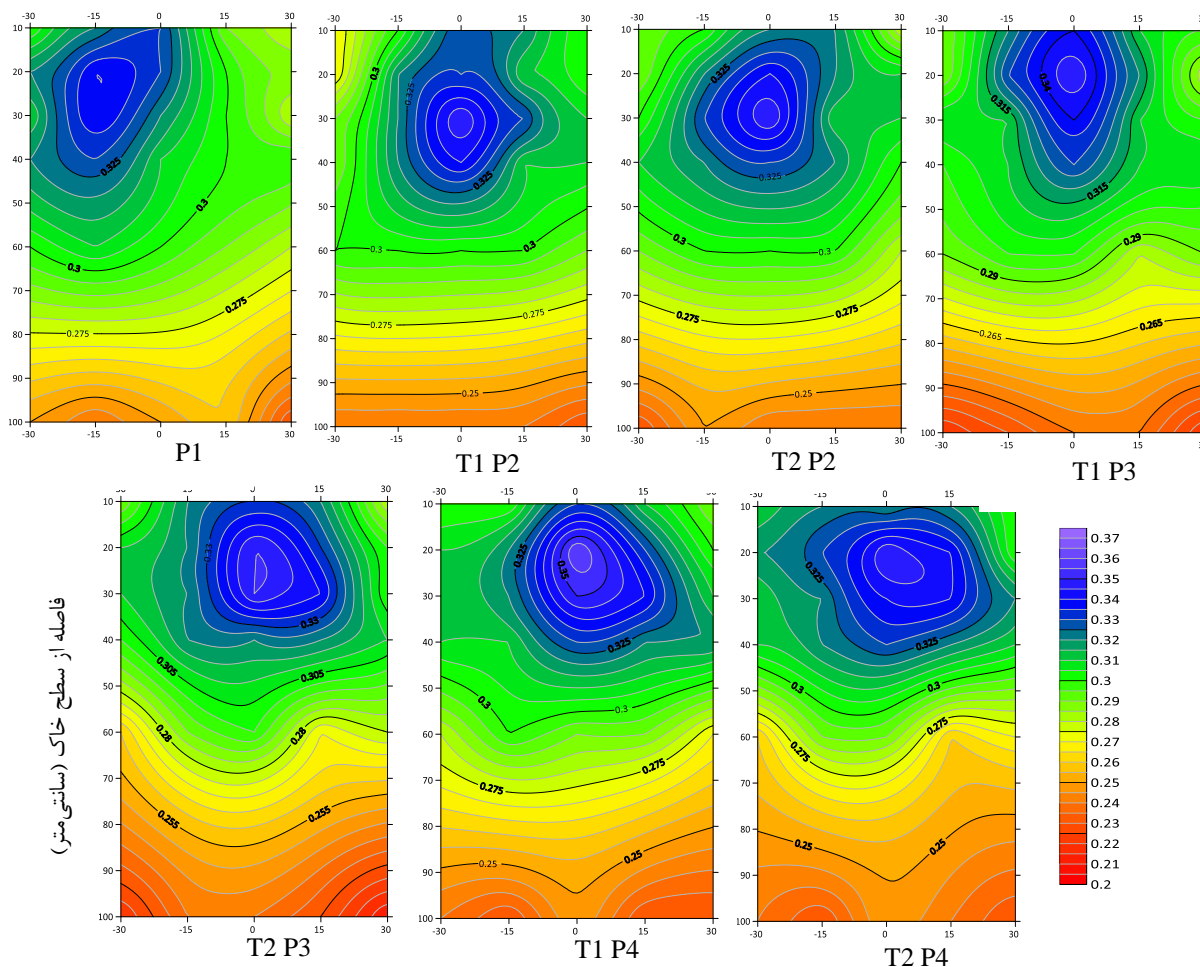
شکل ۳- عمق آب آبیاری و تبخیر-تعرق برآوردی تجمعی ذرت علوفه‌ای در دوره رشد بهاره و تابستانه منطقه مطالعاتی سال ۱۳۹۸

برای نفوذ به خاک نداشته باشد و در سطح خاک جاری شده و در کنار یکی از ردیف‌های کشت تجمع یابد، بنابراین توزیع مناسب رطوبت در محدوده گستره ریشه‌ی دو ردیف کشت صورت نگرفت. در تیمارهای مدیریت پالسی باتوجه به زمان قطع جریان بین پالس‌های آبیاری، فرصت کافی برای نفوذ آب به خاک و در نتیجه توزیع مناسب‌تر رطوبت در محدوده توسعه ریشه در خاک فراهم گردید. نتایج نشان داد با افزایش تعداد پالس‌های آبیاری و زمان قطع جریان افزون بر توزیع مناسب‌تر رطوبت اطراف لترال‌های آبیاری، حرکت افقی رطوبت نیز نسبت به تیمار پیوسته افزایش یافته است. با توجه به این‌که در گیاه ذرت بیش‌ترین حجم تراکم ریشه در اعماق سطحی‌تر خاک قرار دارد، بنابراین استفاده از آبیاری قطره‌ای پالسی در این مطالعه توانسته شرایط مطلوب‌تری برای رشد گیاه از نظر دسترسی به آب و مواد غذایی فراهم کند.

رطوبت خاک

به‌منظور بررسی توزیع رطوبت خاک در تیمارهای مورد بررسی، شش ساعت پس از اتمام آبیاری با استفاده از اگر نمونه وزنی از اعماق ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۶۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری خاک در محل قطره‌چکان (صفر سانتی‌متر) و فواصل افقی ۱۵ (روی ردیف‌های کشت) و ۳۰ سانتی‌متری از محل قرارگیری قطره‌چکان تهیه شد. در شکل (۴) توزیع رطوبت اندازه‌گیری شده به‌روش وزنی برای تیمارهای مورد بررسی تا عمق یک متری نیم‌رخ خاک با استفاده از نرم‌افزار Surfer رسم و ارائه شده است. در تیمار مدیریت پیوسته (P1) توزیع رطوبت بین دو ردیف گیاهی مطلوب نبوده و عمده رطوبت در ردیف گیاهی سمت چپ تجمع یافته است. مشاهدات مزرعه‌ای نیز نشان داد که در تیمار پیوسته آبیاری مداوم باعث شد آب خروجی از قطره‌چکان به علت بالا بودن دبی، فرصت کافی

فاصله از محل قرارگیری قطره چکان (صفر سانتی متر)



شکل ۴- توزیع رطوبت در عمق ۱۰۰ سانتی متری خاک در تیمارهای مورد بررسی شش ساعت پس از اتمام آبیاری

آبیاری در دوره رشد بهاره اثری معنی دار بر ارتفاع گیاه نداشت، در حالی که در دوره رشد تابستانه باعث افزایش معنی دار ارتفاع گیاه شد. اثر زمان بندی قطع جریان بر قطر ساقه در دوره رشد بهاره معنی دار نبود، لیکن در دوره رشد تابستانه در سطح ۵٪ معنی دار بود. مقایسه میانگین قطر ساقه نیز در دوره رشد تابستانه نشان دهنده افزایش ۸/۱ درصدی قطر ساقه در تیمار T2 P4 نسبت به تیمار T1 P4 بود. بیشترین میانگین قطر ساقه در هر دو دوره رشد مربوط به تیمار T2 P4 بود.

در تیمار T1 بیشترین وزن هزار دانه مربوط به مدیریت چهار پالسی (P4) بود که در دوره رشد بهاره ۹/۴ درصد و در دوره رشد تابستانه ۸/۱۶ درصد نسبت به مدیریت یک پالسی (P1) افزایش داشت. در تیمارهایی با زمان قطع جریان سه برابر نیز بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار P4 برابر با ۲۴۸/۶۳ و ۲۵۱/۸۱ گرم به ترتیب در دوره رشد بهاره و تابستانه بود.

اجزای عملکرد، ارتفاع گیاه، قطر ساقه و وزن هزار دانه پس از اندازه گیری و تعیین اجزای عملکرد ذرت علوفه ای تجزیه واریانس بر روی صفات مذکور انجام شد (جدول ۴). اندازه گیری وزن هزار دانه حدود ۱۱۰ روز پس از کشت انجام شد. اثر متقابل تعداد پالس های آبیاری و زمان بندی قطع جریان در هر دو دوره رشد بر ارتفاع گیاه و قطر ساقه معنی دار نبود، حال آن که اثر متقابل آن ها بر وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی دار بود. طبق جدول (۴) اثر زمان بندی قطع جریان بر ارتفاع گیاه معنی دار بود و نتایج مقایسه میانگین تیمارها در جدول (۵) نیز نشان می دهد که در هر دو دوره رشد بهاره و تابستانه، بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمار T2 P4 می باشد که اختلافی معنی دار با تیمار T1 P4 دارد. افزایش سه برابری زمان قطع جریان در تیمار چهار پالسی باعث افزایش ۶/۸۷ و ۶/۱۸ درصدی ارتفاع گیاه به ترتیب برای دوره رشد بهاره و تابستانه شد. افزایش تعداد پالس های

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای در سال ۱۳۹۸

میانگین مربعات (SS)						درجه آزادی (df)	منبع تغییرات (S.O.V)
دوره رشد تابستانه			دوره رشد بهاره				
وزن هزار دانه	قطر ساقه	ارتفاع گیاه	وزن هزار دانه	قطر ساقه	ارتفاع گیاه		
ns ۱۰۶/۶۶	ns۹/۸۷	*۶۳۴/۵۴۱	ns ۱۷/۴۷	ns۰/۱۷	ns۴۲/۷۹	۲	بلوک
*۱۷۳۶/۷۲	ns۶/۰۰	**۸۰۵/۰۴	**۲۰۰۲/۰۲	*۱۲/۰۴	*۶۸۲/۶۶	۲	زمان‌بندی قطع جریان (a)
۲۹/۸۷	۳/۳۷	۷/۵۴	۱۰/۶۵	۰/۱۶	۲۲/۷۹	۱	تعداد پالس X بلوک (خطای اصلی)
**۱۲۸۸/۳۲	*۴/۵۰	ns۲۴۶/۳۷	**۱۲۳۳/۷۱	**۴/۲۶	*۳۰۶/۲۲	۳	تعداد پالس (b)
**۲۵۱/۹۶	ns۰/۵۵	ns۴۳/۰۴	**۲۷۹/۸۸	ns۲/۱۵	ns۱۲۳/۷۷	۳	aXb
۱۴/۶۳	۱/۲۴	۹۵/۸۷	۲۴/۴۱	۰/۶۶	۵۹/۱۲	۱۲	خطای فرعی
۱/۷۵	۳/۸۷	۳/۴۵	۲/۲۴	۲/۷۶	۲/۶۶	-	ضریب تغییرات (درصد)

ns و * و ** به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪ و عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مختلف آبیاری بر اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای در سال ۱۳۹۸

دوره رشد تابستانه			دوره رشد بهاره			تیمار آبیاری
وزن هزار دانه (g)	قطر ساقه (mm)	ارتفاع گیاه (cm)	وزن هزار دانه (gr)	قطر ساقه (mm)	ارتفاع گیاه (cm)	
۲۰۲/۸۳ f	۲۸/۶۵ d	۲۸۰/۳۱ c	۱۹۹/۸۴ e	۲۷/۲۸ b	۲۷۲/۷۲ c	T1 P1
۲۰۷/۶۴ fe	۲۸/۳۲ d	۲۸۳/۲۹ c	۲۰۵/۵۱ e	۲۸/۷۳ ba	۲۷۷ bc	T1 P2
۲۱۳/۲۹ de	۲۹ dc	۲۸۵/۶۷ c	۲۱۳/۳۷ d	۲۸/۳۱ ba	۲۷۹/۶۹ bc	T1 P3
۲۲۰/۸۶ dc	۲۹/۳۱ dc	۲۸۶ c	۲۱۸/۶۷ dc	۲۸/۷۱ ba	۲۸۱/۲۹ bc	T1 P4
۲۰۲/۳۵ f	۲۸/۳۳ d	۲۷۹/۳۳ c	۱۹۹/۲۳ e	۲۷/۷ b	۲۷۸/۳۱ bc	T2 P1
۲۲۵/۱۳ c	۳۰/۳۱ ac	۲۹۱/۶۵ bc	۲۲۲/۱۳ c	۲۹/۳۳ ba	۲۸۵/۷۱ bac	T2 P2
۲۳۸/۴ b	۳۰/۶۶ a	۳۰۱/۳۲ ba	۲۳۵/۴۳ b	۲۹/۶۹ ba	۲۹۴/۳۲ ba	T2 P3
۲۵۱/۸۱ a	۳۱/۶۸ a	۳۰۵/۶۴ a	۲۴۸/۶۳ a	۳۰/۲۹ a	۲۹۸/۶۸ a	T2 P4

عملکرد و بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای

قطع جریان باعث افزایش عملکرد محصول شده است، به گونه‌ای که بیشترین عملکرد تر و خشک محصول و بهره‌وری آب در هر دو دوره رشد مربوط به تیمار T2 P4 بود. افزایش تعداد پالس‌های آبیاری به ترتیب در دوره رشد بهاره و تابستانه، به‌طور میانگین باعث افزایش حدود ۶ درصدی پارامترهای عملکرد تر و خشک ذرت و بهره‌وری آب در تیمار T1 و افزایش حدود ۱۶/۵ درصدی این پارامترها در تیمار T2 گردید. نتایج مشابهی توسط برخی پژوهشگران در رابطه با اعمال مدیریت پالسی در آبیاری قطره‌ای ارائه شده است (Eid et al., 2013, Mohamed et al., 2012, Madane et al., 2018)

نتایج تجزیه واریانس عملکرد تر و خشک ذرت علوفه‌ای و بهره‌وری آب بر اساس عمق آبیاری و براساس تبخیر-تعرق برآوردی ذرت علوفه‌ای در جدول (۶) ارائه شده است. اثر تعداد پالس‌های آبیاری و زمان‌بندی قطع جریان و هم‌چنین اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد تر و خشک و بهره‌وری آب در هر دو دوره رشد در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ۷) نیز نشان می‌دهد که در هر دو دوره رشد، افزایش تعداد پالس‌های آبیاری و افزایش زمان

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس عملکرد و بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای ۱۳۹۸

میانگین مربعات (SS)						درجه آزادی (df)	منبع تغییرات (S.O.V)
CWP _{ET}		CWP _{Irrig}		عملکرد خشک			
تابستانه	بهاره	تابستانه	بهاره	تابستانه	بهاره		
۰/۰۲*	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۱*	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۲۶*	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۸۲ ^{ns}	۱/۰۷ ^{ns}
۰/۸۲**	۰/۶۱**	۰/۷۹**	۰/۶۳**	۱۱/۲۰**	۱۴/۹۳**	۱۲۲/۹۸**	۱۳۶/۱۳*
۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۳	۰/۳۹	۱/۶۱
۰/۵۶**	۰/۲۶**	۰/۵۴**	۰/۲۷**	۷/۶۸**	۶/۶۰**	۸۲/۳۴**	۷۱/۱۸**
۰/۰۹**	۰/۰۸**	۰/۰۹۱**	۰/۰۹**	۱/۲۷**	۲/۲۲**	۱۵/۰۰**	۲۰/۶۰**
۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۷	۰/۱۱	۱/۸۷	۱/۶۷۲
۱/۱۶	۱/۴۸	۱/۱۹	۱/۴۵	۱/۱۸	۱/۴۷	۱/۶۹	۱/۶۷۴

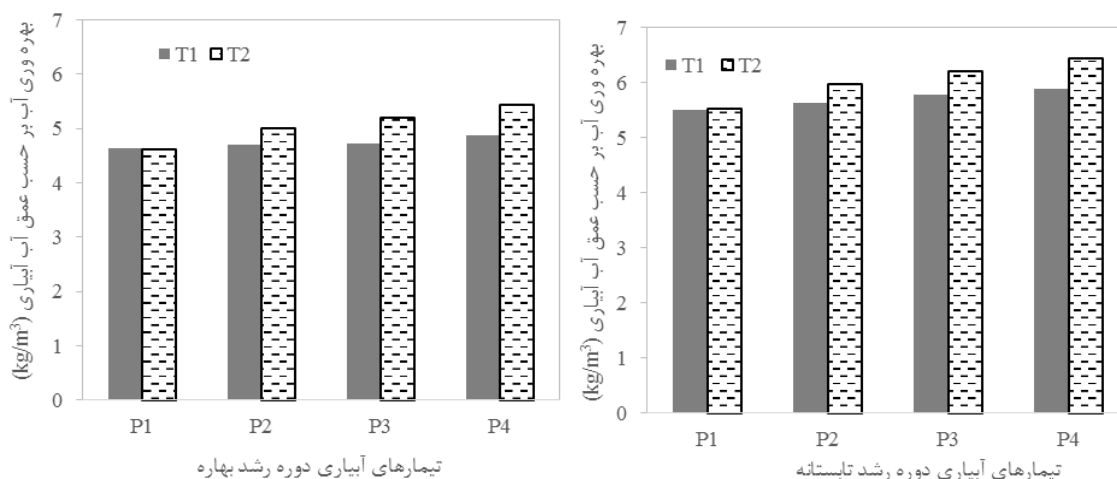
ns و * و ** به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪ و عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

محدوده توسعه ریشه گیاه می‌شود، یکنواختی توزیع رطوبت در خاک را نیز بهبود می‌بخشد. بنابراین باعث سهولت دسترسی گیاه به آب و مواد غذایی در محدوده توسعه ریشه می‌شود که بهبود عملکرد محصول را در پی دارد. هم‌چنین نتایج نشان داد که در رابطه با زمان بندی قطع جریان در مدیریت پالسی با افزایش سه برابری زمان قطع جریان، فرصت کافی در خاک برای جذب رطوبت حاصل از پالس بعدی آبیاری فراهم می‌شود که باعث توزیع بهتر رطوبت در عمق توسعه ریشه و در نتیجه بهبود عملکرد و افزایش بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای گردید.

مقادیر بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای بر اساس عمق آب آبیاری در شکل (۵) ارائه شده است. با توجه به نتایج به دست آمده، افزایش زمان قطع جریان در تیمار چهار پالسی باعث افزایش حدوداً ۱۱/۷ درصدی پارامترهای عملکرد تر، خشک و بهره‌وری آب در دوره رشد بهاره و افزایش حدوداً ۷/۷۹ درصدی عملکرد تر و ۹/۵ درصدی عملکرد خشک و بهره‌وری آب در دوره رشد تابستانه شده است. با توجه به توزیع رطوبت خاک (شکل ۴) و نتایج مربوط به عملکرد محصول می‌توان نتیجه گرفت که اعمال مدیریت پالسی در آبیاری قطره‌ای افزون بر این‌که منجر به نگهداشت رطوبت بیشتری (در حد ظرفیت زراعی یا بیش‌تر) در

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مختلف بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای ۱۳۹۸

دوره رشد تابستانه				دوره رشد بهاره				تیمار
CWP_{ET} ($kg.m^{-3}$)	CWP_{Irrig} ($kg.m^{-3}$)	عملکرد خشک (ton/ha)	عملکرد تر (ton/ha)	CWP_{ET} ($kg.m^{-3}$)	CWP_{Irrig} ($kg.m^{-3}$)	عملکرد خشک (ton/ha)	عملکرد تر (ton/ha)	
۶/۰۲ f	۵/۵ f	۲۲/۱۲ f	۷۴/۰۸ d	۴/۴ e	۴/۶۳ e	۲۱/۹۹ e	۷۳/۰۱ f	T1 P1
۶/۱۶ e	۵/۶۳ e	۲۲/۶۴ e	۷۵/۳۳ d	۴/۴۶ e	۴/۶۹ e	۲۲/۲۷ e	۷۳/۹۲ ef	T1 P2
۶/۳۳ d	۵/۷۹ d	۲۲/۲۹ d	۷۷/۸۶ c	۴/۴۹ e	۴/۷۳ e	۲۲/۴۳ e	۷۵/۸ ed	T1 P3
۶/۴۳ dc	۵/۸۹ dc	۲۳/۶۶ dc	۷۹/۴۹ c	۴/۶۳ d	۴/۸۷ d	۲۳/۱۱ d	۷۶/۶۷ cd	T1 P4
۶/۰۴ fe	۵/۵۲ fe	۲۲/۲ fe	۷۳/۸۸ d	۴/۳۹ e	۴/۶۲ e	۲۱/۹۱ e	۷۲/۸۹ f	T2 P1
۶/۵۵ c	۵/۹۹ c	۲۴/۰۷ c	۸۱/۷۳ b	۴/۷۶ c	۵ c	۲۳/۷۳ c	۷۸/۸۹ cb	T2 P2
۶/۷۹ b	۶/۲۱ b	۲۴/۹۸ b	۸۳/۵۸ ba	۴/۹۵ b	۵/۲ b	۲۴/۶۸ b	۸۱/۱۲ b	T2 P3
۷/۰۵ a	۶/۴۵ a	۲۵/۹۲ a	۸۵/۶۸ a	۵/۱۷ a	۵/۴۴ a	۲۵/۸ a	۸۵/۵۶ a	T2 P4



شکل ۵- بهره‌وری آب محاسبه شده بر اساس عمق آب آبیاری در دوره رشد بهاره و تابستانه سال ۱۳۹۸

و عملکرد تر و خشک و بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای معنی‌دار است. اثر متقابل تیمارهای مورد بررسی نیز بر وزن دانه، عملکرد تر و خشک و بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای در هر دو دوره رشد معنی‌دار بود. به‌طور میانگین در هر دو دوره رشد در تیمار (T1) افزایش چهار برابری تعداد پالس‌های آبیاری باعث افزایش ۶ درصدی عملکرد تر و خشک و بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای گردید.

نتیجه‌گیری

هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر توامان تعداد پالس‌های آبیاری و زمان بندی قطع جریان در آبیاری قطره‌ای پالسی بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب ذرت علوفه‌ای بود. نتایج نشان داد که در هر دو دوره رشد اثر افزایش تعداد پالس‌های آبیاری و افزایش زمان قطع جریان بر اجزای عملکرد مورد بررسی

سپاس‌گزاری

پژوهش حاضر با حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (Iran National Science Foundation: INSF) انجام شده است. این پژوهش در مزرعه آزمایشی مجموعه ۳۰۰ هکتاری ذرت علوفه‌ای دام‌پروری صفاری واقع در روستای چالتاسیان شهرستان ورامین انجام شده است. نویسندگان مقاله از کمک‌های ارزنده و امکاناتی که اعضای مجموعه به‌ویژه آقای مهندس مصطفی نجفی کارشناس ارشد زراعت مجموعه جهت اجرای طرح در اختیارشان گذاشته‌اند، کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایند.

"هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد"

همچنین در تیمار (T2) افزایش چهار برابری تعداد پالس‌های آبیاری باعث افزایش حدود ۱۷ درصدی این پارامترها شد. بررسی توزیع رطوبت در پروفیل خاک نیز نشان داد که اعمال مدیریت پالسی و افزایش زمان قطع جریان، با بهبود دسترسی ریشه به آب و مواد غذایی باعث توزیع مناسب‌تر رطوبت در محدوده توسعه ریشه گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد محصول و بهره‌روی آب می‌گردد. با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش پیشنهاد می‌گردد در صورت استفاده از مدیریت پالسی در سیستم آبیاری قطره‌ای با دبی بالا مدت زمان قطع جریان افزایش یابد، تا نتیجه مطلوب‌تری از نظر توزیع رطوبت در خاک، عملکرد محصول و بهره‌وری آب حاصل گردد.

REFERENCES

- Ajirlou, S. H. (2016). Determination of actual and potential status of irrigation efficiency and water productivity in forage corn in surface and micro irrigation systems in Karaj area. Master's Thesis. Imam Khomeini International University. (In Farsi)
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *FAO, Rome*, 300(9), D05109.
- Almeida, W. F. D., Lima, L. A., and Pereira, G. M. (2015). Drip pulses and soil mulching effect on American crisphead lettuce yield. *Engenharia Agrícola*, 35(6), 1009-1018.
- Almeida, W. F. D., Paz, V. P. D. S., de Jesus, A. P., Silva, J. S. D., Gonçalves, K. S., and Oliveira, A. S. D. (2018). Yield of green beans subjected to continuous and pulse drip irrigation with saline water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22(7), 476-481.
- Bakeer, G. A. A., El-Ebabi, F. G., El-Saidi, M. T., and 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.
- Dadkhah, A. (2017). Determination of Actual Evapotranspiration and Crop Coefficient of Maize with Soil Water Balance Method Under Drip-tape Irrigation Management. Master's Thesis. Isfahan University of Technology. (In Farsi)
- Eid, A. R., Bakry, B. A., and Taha, M. H. (2013). Effect of pulse drip irrigation and mulching systems on yield, quality traits and irrigation water use efficiency of soybean under sandy soil conditions.
- 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.
- Elnesr, M. N., and Alazba, A. A. (2015). The effects of three techniques that change the wetting patterns over subsurface drip-irrigated potatoes. *Spanish journal of agricultural research*, 13(3), 20.
- Kandelous, M. M., Šimůnek, J., Van Genuchten, M. T., and Malek, K. (2011). Soil water content distributions between two emitters of a subsurface drip irrigation system. *Soil Science Society of America Journal*, 75(2), 488-497.
- Karmeli, D., and Peri, G. (1974). Basic principles of pulse irrigation. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 100(3), 309-319.
- Li, C., Xiong, Y., Cui, Z., Huang, Q., Xu, X., Han, W., and Huang, G. (2020). Effect of irrigation and fertilization regimes on grain yield, water and nitrogen productivity of mulching cultivated maize (*Zea mays* L.) in the Hetao Irrigation District of China. *Agricultural Water Management*, 232, 106065.
- Madane, D. A., Mane, M. S., Kadam, U. S., Thokal, R. T., Patil, S. T., Nandgude, S. B., and Dhekale, J. S. (2018). Effect of Pulse Irrigation (Drip) Influencing Different Irrigation Levels on Growth and Yield Parameters of White Onion (*Allium cepa* L.).
- Mohamed, M. E., Mohamed, E. A., and Amal, L. A. (2012). Response of Green bean to pulse surface drip irrigation. *Journal of Horticultural Science and Ornamental plants*, 4(3), 329-334.
- Ors, S., Sahin, U., and Kiziloglu, 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.
- Salokhe, V. M., Babel, M. S., and Tantau, H. J. (2005). Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment. *Agricultural Water Management*, 71(3), 225-242.
- Yolcu, R., and Cetin, O. (2015). Nitrogen fertigation to improve nitrogen use efficiency and crude protein on silage corn. *Turkish Journal of Field Crops*, 20(2), 233-241.
- Zur, B. (1976). The pulsed irrigation principle for controlled soil wetting. *Soil Science*, 122(5), 282-291.