نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۵، بهمن-اسفند ۱۴۰۰، ص. ۱۴۵۸-۱۴۴۴

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 15, Feb.-Mar. 2022, p. 1444-1458

مقاله علمی-پژوهشی

تأثیر دو نوع مدیریت آبیاری بر شاخص‌های رشد ذرت علوفه‌ای در اقلیم خشک و نیمه‌خشک

ایمان حاجی‌راد[۱]، سید مجید میرلطیفی[۲*]، حسین دهقانی‌سانیج[۳]، ساناز محمدی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۲

چکیده

کمبود آب یکی از مشکلات اصلی برای تولید گیاهان زراعی در اقلیم‌های خشک- نیمه‌خشک ایران است. در این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر دو نوع مدیریت آبیاری بر شاخص‌های رشد ذرت علوفه‌ای در اقلیم خشک - نیمه‌خشک، آزمایشی در قالب کرت‌های نواری خردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل چهار سطح آبیاری تأمین ۱۲۰، ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد (به ترتیب I_1، I_2، I_3 و I_4) نیاز آبی ذرت و فاکتور فرعی شامل دو مدیریت آبیاری پالسی (P) و پیوسته (C) بودند. نتایج آزمایش نشان داد اعمال مدیریت پالسی موجب افزایش شاخص سطح برگ، سرعت رشد نسبی، سرعت رشد گیاه و سرعت جذب خالص گیاه در تیمارهای I_2، I_1 و I_3 در مرحله‌ی ابریشم دهی شد، درصورتی‌که در تیمار I_4 به دلیل افزایش شدت تنش آبی، باعث کاهش شاخص‌های رشد گردید. بیشترین عملکرد علوفه تر و بیولوژیک گیاه در تیمار PI_2 اتفاق افتاد که نسبت به تیمار CI_1 حدود ۲۹ درصد افزایش داشت. درصورتی‌که با مشکل کمبود آب در منطقه مذکور مواجه باشیم می‌توان با مصرف ۲۰ درصد آب کمتر و اعمال مدیریت پالسی ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب عملکردی مشابه با تیمار آبیاری کامل با مدیریت پیوسته به دست آورد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری پالسی، بیش‌آبیاری، ذرت علوفه‌ای، شاخص‌های رشد، کم آبیاری

مقدمه

از بین محصولات زراعی، غلات جایگاه ویژه‌ای دارند و از مهم‌ترین منابع غذایی بشر به‌حساب می‌آیند. ذرت گیاهی است استراتژیک به دلیل تولید علوفه بالا در واحد سطح و کیفیت بالای علوفه سیلو شده، علاوه بر مصارف غذایی انسان، در بخش‌های مختلف مانند خوراک دام و طیور، همچنین در صنعت نیز حائز اهمیت است (سورشجانی و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به رشد روزافزون جمعیت و نیاز به تولیدات دامی، افزایش تولید گیاهان علوفه‌ای امری ضروری است. آب عامل اصلی محدودکننده در تولید محصولات زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود بنابراین برای دستیابی به عملکرد مطلوب، داشتن یک برنامه دقیق آبیاری و شیوهٔ مدیریتی مناسب امری اجتناب‌ناپذیر است. از جمله مطالعات موردنیاز در این راستا استفاده از روش کم آبیاری است. همچنین اخیراً، به تکنولوژی جدیدی به نام مدیریت آبیاری پالسی در زمینهٔ آبیاری قطره‌ای محصولات زراعی توجه شده است. آبیاری پالسی عبارت است از یک دوره کوتاه آبیاری و در ادامه‌ی آن یک دوره کوتاه استراحت که این سیکل آبیاری-استراحت تا زمانی که تمام آب موردنیاز وارد مزرعه شود، تکرار می‌گردد (Eric et al., 2004). پژوهشگران در مطالعات خود گزارش کرده‌اند که کاربرد روش آبیاری قطره‌ای پالسی میزان عملکرد محصول را افزایش می‌دهد (Elnesr et al., 2015).

شناخت و بررسی شاخص‌های رشد در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر در عملکرد دانه اهمیت زیادی دارد و به کمک آن‌ها می‌توان مراحل مختلف رشد گیاه را تعیین و با توصیف کمی رشد و نمو گیاه، تولید محصول را ارزیابی نمود (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۲). شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد محصول (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR) و سرعت جذب خالص (NAR) شاخص‌هایی هستند که معمولاً برای بررسی توان گیاه و بهره‌وری از عوامل محیطی مورداستفاده قرار می‌گیرند (سلیمانی‌فرد و همکاران، ۱۳۹۰). قبادی و همکاران (۱۳۹۵) تحقیقی را تحت عنوان اثر برهمکنش آبیاری و نیتروژن بر خصوصیات فنولوژیک و شاخص‌های رشد ذرت دانه‌ای انجام دادند. این طرح به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای این پژوهش شامل

۱- دانش‌آموخته 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 موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۴- دانش‌آموخته‌ی دکتری گروه مهندسی و مدیریت آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: m_mirlat@modares.ac.ir)
DOR: 20.1001.1.20087942.1400.15.6.18.8

تأمین ۱۲۰، ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی به‌عنوان فاکتور اصلی و چهار سطح نیتروژن شامل ۱۴۰، ۱۰۰، ۷۰ و ۴۰ درصد مقدار توصیه‌شده بر اساس نتایج آزمون خاک به‌عنوان فاکتور فرعی بودند. نتایج نشان داد که با کاهش مقدار آب مصرفی، ظهور گل تاجی، گرده‌افشانی و ظهور ابریشم‌ها به تأخیر خواهد افتاد (قبادی و همکاران، ۱۳۹۵). در تحقیقی دیگر حق‌جو و بحرانی تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر شاخص‌های رشد و عملکرد ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۲۶۰ بررسی کردند. نتایج نشان داد کمبود آب باعث کاهش شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص شد (حق‌جو و بحرانی، ۱۳۹۴). در آزمایشی که فلاحی و همکاران برای بررسی اثر تنش خشکی بر هیبریدهای مختلف ذرت انجام دادند نتایج حاکی از آن بود که روند تغییرات شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، جذب خالص گیاه و سرعت رشد نسبی برای کلیه هیبریدها مشابه بود، اما در سطوح مختلف آبیاری با همدیگر متفاوت بودند. به‌طوری‌که اعمال تنش خشکی موجب کاهش شاخص‌های رشد گردید. بیشترین و کمترین شاخص‌های رشد به ترتیب در تیمار آبیاری نرمال و قطع آب قبل از ظهور گل‌های تاجی به دست آمد (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۲). کوهی چله‌کران و دهقانی‌سانیج اظهار کردند که وقوع تنش کم‌آبی در گیاهان زراعی بر خصوصیات فیزیولوژی و مرفولوژی آن‌ها تأثیر می‌گذارد. گیاهان تحت شرایط کم‌آبیاری شاخص سطح برگ خود را از طریق لوله کردن برگ‌ها و یا پیری و ریزش زودهنگام کاهش می‌دهند (کوهی چله‌کران و دهقانی‌سانیج، ۱۳۹۶). تحقیقی دیگر توسط کریمی و همکاران تحت عنوان تأثیر تیمارهای کم آبیاری بر صفات مورفولوژیک و شاخص‌های رشد ذرت علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی رشت انجام شد. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار بود. تیمارهای آزمایشی شامل بدون آبیاری و آبیاری پس از تخلیه ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد (آبیاری کامل) رطوبت قابل‌دسترس بودند. نتایج نشان داد که آبیاری بر مبنای ۷۵ درصد تخلیه رطوبت قابل‌دسترس، باعث کاهش معنی‌دار سرعت رشد گیاه و شاخص سطح برگ شد (کریمی و همکاران، ۱۳۸۷).

کارپیچی و همکاران تحقیقی را با عنوان اثر سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای بر عملکرد ماده خشک و کیفیت علوفه ذرت در شرایط آب و هوایی نیمه معتدل برای سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ در ترکیه انجام دادند. این پژوهش شامل شش سطح آبیاری، آبیاری کامل، کم آبیاری (در سطح ۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد تیمار آبیاری کامل) و بیش‌آبیاری (در سطح ۱۲۵ درصد تیمار آبیاری کامل) بود. بافت خاک در این پژوهش لوم رسی تعیین شد. میزان آب مصرفی برای سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ به ترتیب در محدوده‌ی ۷۶– ۱۰۴۲ و ۹۱– ۹۸۵ میلی‌متر قرار داشت. آن‌ها بیشترین و کم‌ترین عملکرد ماده خشک را برای سال ۲۰۰۷ به ترتیب برابر ۴۹/۲۸ تن در هکتار (برای تیمار بیش‌آبیاری) و ۲۰/۲۱ تن در هکتار (برای تیمار ۰ درصد آبیاری کامل) و برای سال ۲۰۰۸ به ترتیب ۴۱/۶۶ تن در هکتار (برای تیمار بیش‌آبیاری) و ۱۷/۵۷ تن در هکتار (برای تیمار ۰ درصد آبیاری کامل) گزارش کردند (Carpici et al., 2017). طریق‌الاسلامی و همکاران نیز تأثیر تنش خشکی و مقادیر کود نیتروژن را بر شاخص‌های فیزیولوژیک ذرت دانه‌ای بررسی کردند. این طرح به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. تیمارهای این پژوهش شامل ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به‌عنوان فاکتور اصلی و سطوح مختلف کودی (۸۰، ۱۳۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) به‌عنوان فاکتور فرعی بودند. نتایج نشان داد که شاخص‌های رشد فیزیولوژیک تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند. با افزایش تنش خشکی از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر افزایش قابل‌ملاحظه‌ای در میزان شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، سرعت رشد نسبی و جذب خالص به وجود آمد (طریق‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۱). عامر اثر سطوح مختلف آبیاری را روی گیاه ذرت، در قالب طرح اسپلیت پلات در ۵ سطح آبیاری (۰/۶ET، ۰/۸ET، ۱ET، ۱/۲ET و ۱/۴ET که نسبتی از تبخیر و تعرق گیاه هستند) در منوفبای مصر بررسی کرد. نتایج نشان داد که بالاترین و پایین‌ترین شاخص سطح برگ به ترتیب متعلق به سطوح ۱/۴ET و ۰/۶ET بود (Amer, 2010). کاکر نشان داد، کم آبیاری باعث به تأخیر انداختن ظهور برگ و کاهش تولید سطح برگ می‌شود و کم آبیاری در مرحله رویشی، ظهور برگ را بیش از شش روز (بسته به تعداد برگ) و ظهور گل‌آذین نر را بیش از سه روز به تأخیر می‌اندازد (Cakir, 2004). با توجه به این‌که تاکنون تحقیق جامع و کاملی در مورد تأثیر مدیریت آبیاری قطره‌ای پالسی بر شاخص‌های گیاهی ذرت علوفه‌ای انجام نشده است، لذا هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی اثر مدیریت‌های مختلف آبیاری پالسی تحت سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای بر شاخص‌های رشد ذرت علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی ورامین است.

مواد و روش‌ها

برای بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای تحت دو مدیریت پالسی و پیوسته بر شاخص‌های رشد ذرت علوفه‌ای رقم ۶۰۶ ZP در شرایط آب و هوایی ورامین آزمایشی به‌صورت طرح اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای موردبررسی شامل چهار سطح آبیاری تأمین ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه (به ترتیب با علائم اختصاری I_4، I_3، I_2 و I_1) به‌عنوان فاکتور اصلی و دو مدیریت آبیاری پالسی (P) و پیوسته (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 و نتایج تجزیه شیمیایی آزمون خاک محل انجام آزمایش در جدول‌های (۱) و (۲) ارائه شده‌اند.

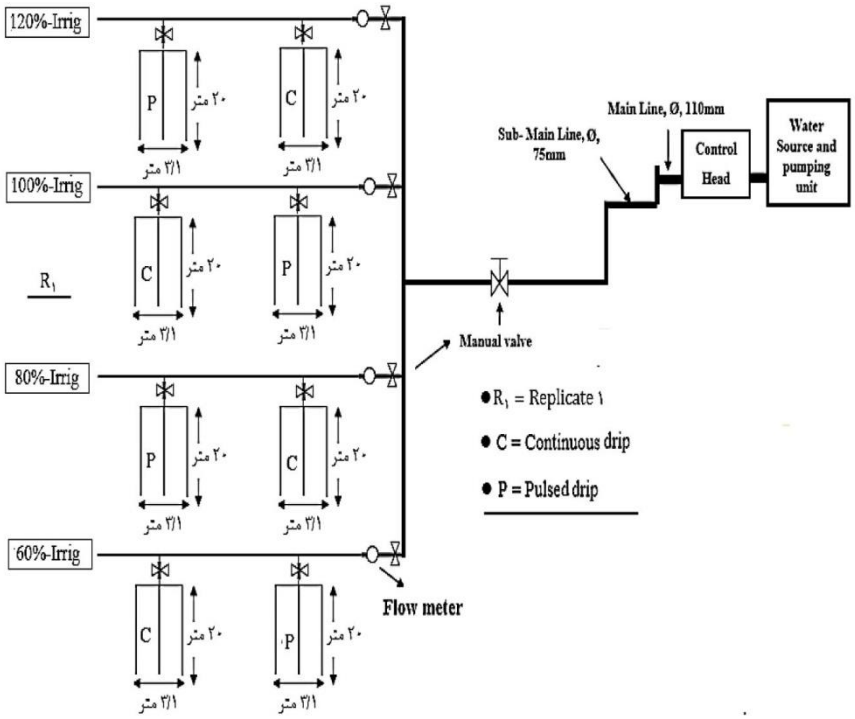
جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی خاک محل انجام آزمایش

عمق خاک (سانتی‌متر)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	بافت خاک	چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	رطوبت ظرفیت زراعی (حجمی، ٪)	رطوبت نقطه پژمردگی (حجمی، ٪)
۰-۳۰	۳۸	۳۵	۲۷	لوم	۱/۴۹	۳۶	۱۳/۷
۳۰-۶۰	۳۶	۴۱	۲۳	لوم	۱/۵۱	۳۱	۱۷/۵
۶۰-۹۰	۳۵	۳۹	۲۶	لوم	۱/۵۱	۳۴	۱۵/۳

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	PH	ماده آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)
۱/۲۶	۷/۷	۱/۱۹	۰/۱۱	۴۴/۵	۴۵۰/۱

بر اساس نتایج آزمون خاک، نیاز نیتروژن ذرت در طی دوره رشد در این پژوهش حدود ۴۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار برآورد شد (۱۰۰ کیلوگرم در ابتدای فصل رشد، ۱۵۰ کیلوگرم در مرحله ۸-۷ برگی و ۱۵۰ کیلوگرم قبل از مرحله گل‌دهی) که به‌صورت کودآبیاری از طریق تانک کود اعمال گردید. در این تحقیق از لوله‌های نواری (تیپ) به ضخامت ۲۰۰ میکرون با فاصله قطره‌چکان‌های ۲۰ سانتی-متر که دبی آب خروجی در طول یک متر آن برابر ۳/۵ لیتر در ساعت در فشار ۰/۹ اتمسفر بود، استفاده شد. نوارهای تیپ در فاصله بین دو ردیف کشت قرار گرفتند و برای کنترل مقدار حجم آب ورودی به هر تیمار از کنتورهای حجمی تحویل آب استفاده شد (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه شماتیک چگونگی قرارگیری تیمارهای آزمایشی در مزرعه (تکرار-۱)

عملیات آماده‌سازی زمین در تاریخ ۲۸ تیر ماه سال ۱۳۹۸ انجام شدند. ابتدا با استفاده از گاوآهن یک‌طرفه شخم عمیق زده شد و بعد از آن با استفاده از دیسک‌های بشقابی و سیکلوتیلر، کلوخه‌های خاک به‌صورت کامل خرد و آماده‌ی کشت شد. عملیات کاشت در تاریخ ۲۹ تیر ماه انجام شد. ذرت علوفه‌ای رقم ZP۶۰۶ به‌صورت کشت دو ردیفه، با فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر نسبت به ردیف اول و فاصله بوته‌ها از هم روی ردیف ۱۱ سانتی‌متر با استفاده از دستگاه ردیف‌کار پنوماتیک کاشت شد. برای دست‌یابی به یک کاشت منظم همراه با تراکم کشت مناسب و موردنظر عملیات تنک کردن در زمان استقرار گیاه ۲۰ روز پس از کاشت صورت گرفت. در طول دوره رشد مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی و با استفاده از سم علف‌کش 2-4-D صورت گرفت. دور آبیاری برای همه تیمارها ثابت و دو روز یک بار بود. آبیاری تا زمان سبز شدن کامل مزرعه (مرحله شش برگی) برای تمامی تیمارها یکسان انجام شد و تیمارهای موردبررسی پس از مرحله شش برگی، اعمال گردیدند. برای محاسبه آب موردنیاز گیاه از روش پایش تغییرات رطوبت خاک در منطقه توسعه ریشه گیاه قبل از هر آبیاری از دستگاه پروفایل پروب مدل PR۲ استفاده شد و کمبود رطوبتی خاک (SMD) در تیمار آبیاری کامل (I_1) به شرح رابطه (۱) محاسبه گردید و بقیه سطوح آبیاری ضریبی از مقدار آب آبیاری در تیمار آبیاری کامل را دریافت کردند.

$$SMD = (\theta_{FC} - \theta_i) \times D \times B_d \times f \quad (۱)$$

که در آن، SMD: کمبود رطوبتی خاک (میلی‌متر)، θ_{FC} و θ_i به ترتیب رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی و رطوبت قبل از آبیاری (درصد وزنی) و D: عمق توسعه ریشه گیاه (میلی‌متر)، B_d چگالی ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب و f ضریب مربوط به اعمال سطوح مختلف آبیاری (به ترتیب برای تیمارهای I_2، I_1، I_3 و I_4 برابر ۱/۲، ۱، ۰/۸ و ۰/۶ است (Gupta et al., 2019). عمق ناخالص آبیاری (d_g) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$d_g = \frac{d_n}{E_a} \quad (۲)$$

که در معادله فوق d_g، عمق ناخالص آب کاربردی بر حسب میلی‌متر، d_n عمق خالص آبیاری بر حسب میلی‌متر و E_a راندمان کاربرد آبیاری قطره‌ای است. در این پژوهش با توجه به کوتاه بودن طول لاترال‌ها (۲۰ متر) و از طرفی بالا بودن یکنواختی توزیع آب، راندمان آبیاری ۱۰۰ درصد فرض شد. در تیمارهای آبیاری پالسی میزان آب موردنیاز محاسبه‌شده برای هر تیمار در سه پالس با زمان روشن[1] و خاموش[2] بودن مساوی در اختیار گیاه قرار گرفتند. به عبارتی اگر زمان آبیاری موردنیاز برای تیماری سه ساعت بود، زمان‌بندی آبیاری آن تیمار به‌صورت سه پالس یک‌ساعته با یک ساعت زمان استراحت بین پالس‌های آبیاری از طریق قطع و وصل شیرهای آبیاری اعمال گردید.

1 - On
2 -Off

اندازه‌گیری شاخص‌های رشد

اندازه‌گیری شاخص‌های رشد ذرت در طی مراحل رشد، هر ۱۰ روز یک‌بار در تمام تیمارها در مزرعه انجام شدند. این اندازه‌گیری‌ها شامل موارد زیر بودند:

اندازه‌گیری شاخص سرعت رشد محصول[3]

سرعت رشد گیاه (محصول) بیانگر میزان ماده خشک موجود در گیاهان در واحد زمانی مشخص در واحد سطح برحسب گرم بر مترمربع در روز است که افزایش وزن یک اجتماع گیاهی در واحد سطح در واحد زمان را نشان می‌دهد. این شاخص به میزان تابش نور خورشیدی بستگی زیادی دارد (رنجبر و همکاران، ۱۳۹۶).

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \times \frac{1}{GA} \quad (۳)$$

در معادله بالا CGR، سرعت رشد محصول، W_2 و W_1 وزن ماده خشک تولیدی در دو برداشت متوالی، t_2 و t_1 فاصله زمانی بین دو برداشت متوالی و GA سطح زمین اشغال‌شده توسط گیاه در نمونه-گیری هستند.

اندازه‌گیری سرعت جذب خالص یا سرعت فتوسنتز خالص[4]

سرعت جذب خالص یا سرعت فتوسنتز خالص عبارت است از سرعت تجمع ماده خشک در واحد زمان در واحد سطح برگ (سطح فتوسنتز کننده) که بر حسب گرم بر مترمربع سطح برگ در روز بیان می‌شود. این شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (طریق الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۱).

$$NAR = \frac{CGR}{LAI} \quad (۴)$$

که در آن؛

NAR، سرعت جذب خالص بر حسب گرم بر مترمربع در روز، CGR سرعت رشد گیاه بر حسب گرم بر مترمربع در روز و LAI شاخص سطح برگ بر حسب مترمربع بر مترمربع هستند.

اندازه‌گیری سرعت رشد نسبی[5]

شاخص سرعت رشد نسبی بیانگر وزن خشک اضافه‌شده نسبت به وزن خشک اولیه در یک فاصله زمانی معین بر حسب گرم بر گرم در روز بوده و نشان‌دهنده قدرت رقابتی گیاه است. هرچه میزان سرعت رشد نسبی بالاتر باشد، قدرت رقابتی گیاه نیز بالاتر خواهد بود

3 -Crop Growth Ratio
4 - Net Assimilation Ratio
5 -Relative Growth Ratio

(رنجبر و همکاران، ۱۳۹۶).

$$RGR = \frac{LnW_2 - LnW_1}{t_2 - t_1} \quad (۵)$$

در معادله بالا CGR سرعت رشد نسبی و W_1 وزن خشک بوته در نمونه‌گیری اول (گرم)، W_2 وزن خشک بوته در نمونه‌گیری دوم (گرم)، t_1 زمان نمونه‌گیری اول (روز پس از کشت)، t_2 زمان نمونه-گیری دوم (روز پس از کشت) می‌باشد.

اندازه‌گیری شاخص سطح برگ[1]

اندازه‌گیری سطح برگ تیمارها با استفاده از دستگاه پرتابل مدل CI-203 AREA METER هر ۱۰ روز یک‌بار در طول فصل رشد انجام شد. برای بررسی روند تغییرات سطح برگ، تیمارهای مورد آزمایش در طول دوره رشد در هر نمونه‌برداری مساحت یک مترمربع از هر تیمار انتخاب و سطح برگ گیاهان موجود در آن مساحت به-وسیله دستگاه مذکور اندازه‌گیری و سپس با استفاده از رابطه (۶) شاخص سطح برگ برای تمامی تیمارها محاسبه گردید: (غیاث‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۳).

$$LAI = \frac{\text{Leaf Area}}{\text{Ground Area}} \quad (۶)$$

در این رابطه LAI شاخص سطح برگ بر حسب (m^2/m^2)، Leaf Area سطح برگ اندازه‌گیری شده توسط دستگاه بر حسب (m^2) و Ground Area مساحت فضای نمونه‌برداری بر حسب (m^2) هستند.

نتایج و بحث

میزان عمق ناخالص آب آبیاری بکار برده شده در سطوح مختلف آبیاری در طی دوره رشد با اعمال مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته برای تیمارهای مختلف در جدول (۳) ارائه شده‌اند. شکل ۲ روند عمق آب آبیاری تجمعی در طول فصل رشد را نشان می‌دهد. محدوده آب آبیاری در این پژوهش بین ۲۷۵ تا ۴۷۰ میلی‌متر متغیر بود. عمق آب آبیاری تا روز ۲۰ ام برای تمامی تیمارها به‌صورت یکسان و برابر ۸۰ میلی‌متر اعمال شد.

در این پژوهش پس از برداشت محصول در انتهای دوره‌ی رشد، صفات موردبررسی اندازه‌گیری شدند. مقایسه میانگین (آزمون چند دامنه‌ای دانکن) عملکرد علوفه تر و عملکرد بیولوژیک (بیانگر مقدار وزن ماده خشک اندام‌های هوایی گیاه است) در جدول ۴ ارائه شده‌اند. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که نوع مدیریت آبیاری، عملکرد بیولوژیک را تحت تأثیر قرار داده است (در سطح آماری ۵ درصد) ولی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد علوفه تر نداشت. از طرفی اثر دوگانه مدیریت و سطح آبیاری بر صفات موردبررسی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار شد.

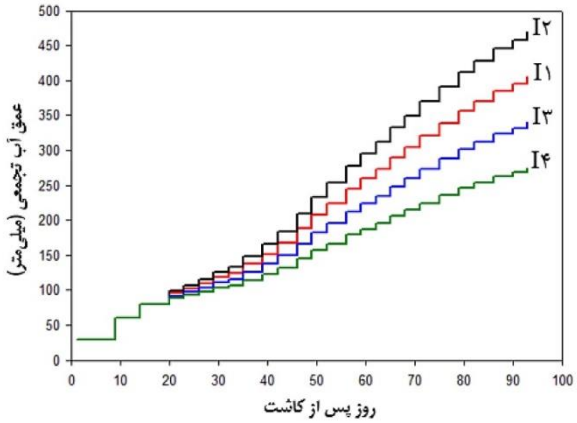
تأثیر سطوح آبیاری بر عملکرد بیولوژیک

نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین عملکرد بیولوژیک گیاه در تیمار تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه با مدیریت پالسی (PI_2) برابر ۲۶ تن در هکتار و کمترین عملکرد بیولوژیک در تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه با مدیریت پالسی (PI_4) برابر ۱۰/۸۷ تن در هکتار به دست آمد. بزکورت و همکاران در تحقیقی دیگر بر روی ذرت دانه-ای 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 (Bozkurt et al., 2011). هم‌چنین کارپیجی و همکاران نیز بیشترین عملکرد ماده خشک را برای تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی و کمترین عملکرد ماده خشک را برای تیمار صفر درصد نیاز آبی در طی سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ گزارش کردند (Carpici et al., 2017). نتایج به‌دست‌آمده در رابطه با عملکرد بیولوژیک با نتایج یافته‌های بزکورت و همکاران و کارپیچی و همکاران از نظر بررسی سطوح مختلف آبیاری تحت مدیریت پیوسته همخوانی دارد. با توجه به جدول (۴) در تیمار CI_4 و PI_4 اختلاف معنی‌داری مشاهده شد به‌طوری‌که اعمال مدیریت پالسی در تیمار کم آبیاری ۶۰ درصد باعث کاهش ۲۳/۲۸ درصدی عملکرد نسبت به مدیریت پیوسته شد. دلیل آن را می‌توان این‌گونه بیان کرد که اعمال جریان پالسی در تیمار PI_4 باعث تشدید تنش آبی و بسته شدن روزنه-ی گیاه و در نتیجه کاهش عمکرد بیولوژیکی محصول نسبت به تیمار CI_4 شده است؛ زیرا با توجه به این‌که در این تیمار حدود ۴۰ درصد حجم آب کمتری نسبت به تیمار آبیاری کامل در اختیار گیاه قرار گرفته است و نیز این حجم کم آب به‌صورت تقسیطی در طی سه پالس اعمال شده است؛ بنابراین در تیمار مدیریت پالسی یک‌سوم حجم آب محاسبه‌شده برای تیمار کم آبیاری ۶۰ درصد در یک پالس به گیاه داده می‌شود که با توجه به کم بودن حجم آن انتظار نمی‌رود آب به اعماق پایین خاک نفوذ کرده باشد، بلکه در لایه‌های سطحی خاک قرار گرفته و بیشتر در معرض پدیده تبخیر از سطح خاک است. در نتیجه مجموع این عوامل باعث می‌شود آب کمتری نسبت به مدیریت پیوسته در اختیار گیاه قرار گیرد.

1 -Leaf Area Index

جدول ۳- عمق ناخالص آب آبیاری در تیمارهای مختلف

تیمارها	سطح آبیاری	عمق آبیاری (میلی‌متر)
CI_2	٪۱۲۰	۴۷۰
PI_2	٪۱۲۰	۴۷۰
CI_1	٪۱۰۰	۴۰۵
PI_1	٪۱۰۰	۴۰۵
CI_3	٪۸۰	۳۴۰
PI_3	٪۸۰	۳۴۰
CI_4	٪۶۰	۲۷۵
PI_4	٪۶۰	۲۷۵



شکل ۲- عمق آب آبیاری تجمعی در طول فصل رشد ذرت تحت دو مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته برای سطوح مختلف آبیاری

جدول ٤- جدول مقایسه میانگین صفات موردمطالعه گیاه ذرت علوفه‌ای

تیمارهای آبیاری	مقدار آبیاری (میلی‌متر)	عملکرد (تن در هکتار)	
		علوفه تر	بیولوژیک
CI_1	۴۰۵	۶۷/۱۶ dc	۲۰/۱۵ de
CI_2	۴۷۰	۷۴/۱۷ bc	۲۲/۲۵ dc
CI_3	۳۴۰	۶۰/۵۶ d	۱۸/۱۶ e
CI_4	۳۷۵	۴۷/۲۳ e	۱۴/۱۷ f
PI_1	۴۰۵	۸۴/۳۳ ab	۲۵/۳۰ ab
PI_2	۴۷۰	۸۶/۶۷ a	۲۶/۰۰ a
PI_3	۳۴۰	۷۶/۱۶ abc	۲۲/۸۴ bc
PI_4	۳۷۵	۳۵/۲۳ e	۱۰/۸۷ g

میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر هستند (سطح معنی‌داری ۱ درصد).

تأثیر سطوح آبیاری بر عملکرد علوفه تر

مطابق نتایج ارائه‌شده در جدول (۴)، بیشترین عملکرد علوفه تر در تیمار PI_2 برابر ۸۶/۶۷ تن در هکتار و کمترین عملکرد علوفه تر در تیمار PI_4 برابر ۳۵/۲۳ تن در هکتار به دست آمد. محققانی همچون ابراهیمی و پور درویشی در پژوهشی تحت عنوان تعیین رابطه عملکرد ذرت با میزان مصرف آب گزارش کردند که بیشترین عملکرد علوفه تر مربوط به تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی (۶۶ تن در هکتار) و کم‌ترین آن متعلق به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (۳۲ تن در هکتار) است (ابراهیمی و پور درویشی، ۱۳۹۴). در مطالعات دیگر توسط سورشجانی و همکاران بر روی ذرت علوفه‌ای، آن‌ها کمترین و بیشترین عملکرد

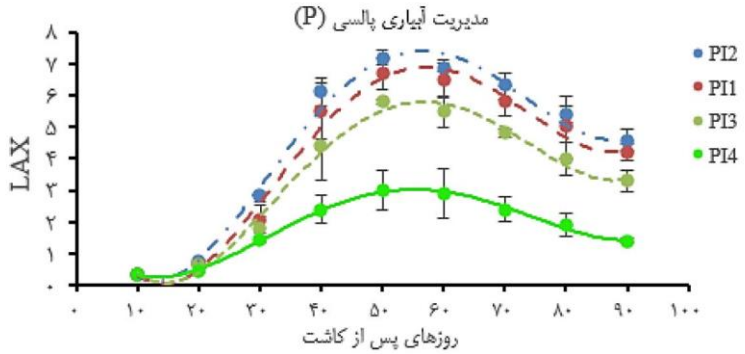
علوفه تر ذرت را به ترتیب برابر ۴۳/۱ و ۸۸/۱ تن در هکتار مربوط به سطوح ۴۰ و ۱۳۰ درصد آبیاری کامل گزارش کردند که با نتایج این بخش از نظر بررسی سطوح مختلف آبیاری تحت مدیریت پیوسته همخوانی دارد (سورشجانی و همکاران، ۱۳۹۳). با توجه به جدول (۴) بین تیمارهای PI_1 و PI_2؛ PI_2 و PI_3 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بین تیمارهای PI_1 و CI_1؛ PI_3 و CI_3 در صورت اعمال حجم آب یکسان تفاوت معنی‌داری (در سطح پنج درصد) مشاهده شد. نتایج نشان داد که بین تیمارهای PI_3 و CI_1 تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد بنابراین با حدود ۲۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب و اعمال مدیریت پالسی، کاهش چندانی در عملکرد علوفه تر محصول نسبت به آبیاری کامل با مدیریت پیوسته، دیده نخواهد شد.

شاخص سطح برگ (LAI[1])

شاخص سطح برگ بیان‌کننده نسبت سطح برگ به سطح زمین اشغال‌شده توسط گیاه و بیان‌کننده توان جذب انرژی خورشید توسط محصول است (مظاهری و همکاران، ۱۳۷۷). شاخص سطح برگ بیانگر توانایی کانوپی، در دریافت تشعشع رسیده بوده و یک عامل مهم در تعیین تجمع ماده خشک می‌باشد؛ بنابراین هرگونه کاهش در سطح برگ به پایین‌تر از مقدار مطلوب آن معادل دریافت تشعشع کمتر می‌باشد که تأثیر مستقیم بر عملکرد دارد (Loomis et al., 1968). ساختمان کانوپی یکی از عوامل مهم در تعیین توان رقابتی گیاهان است. زاویه برگ، شاخص سطح برگ و توزیع عمودی سطح برگ از جمله صفاتی هستند که در جذب نور و در نتیجه فتوسنتز کانوپی نقش عمده‌ای دارند (خواجه‌پور، ۱۳۸۳). شاخص سطح برگ برای تمام سطوح آبیاری در دو مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته در شکل‌های (۳) و (۴) ارائه شده است. اندازه‌گیری در مراحل اولیه رشد، به دلیل اعمال تیمارهای آبیاری یکسان پس از گذشت ۲۰ روز بعد از کشت ذرت علوفه‌ای، شاخص سطح برگ در دو مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته تقریباً یکسان به دست آمد (شکل ۳ و ۴). تغییرات شاخص سطح برگ بعد از اعمال تیمارهای آبیاری مختلف ظاهر شد. با توجه به شکل (۳) بیشترین میزان شاخص سطح برگ در تیمار ۱۲۰٪ نیاز آبی با اعمال مدیریت آبیاری پالسی (PI_2) در مرحله تشکیل ابریشم‌ها و کمترین میزان شاخص سطح برگ در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی با اعمال مدیریت آبیاری پالسی (PI_4) مشاهده شد. علت این امر را می‌توان کاهش رشد رویشی و متعاقب با آن کاهش سطح برگ‌ها در شرایط تنش شدید بیان نمود. در شرایط کمبود آب احتمالاً کاهش فشار آماس سبب کاهش رشد و محتوای رطوبت نسبی برگ‌های گیاه در حال رشد می‌شود. شاخص سطح برگ در مرحله ابریشم دهی تیمار PI_2 نسبت به تیمار PI_1 ۷ درصد افزایش یافت درصورتی‌که تیمارهای PI_4 و PI_3 نسبت به تیمار PI_1 به ترتیب ۵۵ و ۱۳ کاهش یافت.

با توجه به شکل (۴) در مدیریت آبیاری پیوسته در سطوح مختلف آبیاری، بیشترین و کمترین میزان شاخص سطح برگ به ترتیب در تیمارهای ۱۲۰٪ نیاز آبی (CI_2) و ۶۰٪ نیاز آبی (CI_4) مشاهده شد. شاخص سطح برگ در مرحله ابریشم دهی تیمار CI_2 نسبت به تیمار CI_1، ۶/۵ درصد افزایش یافت درصورتی‌که تیمارهای CI_4 و CI_3 نسبت به تیمار CI_1 به ترتیب ۳۸ و ۱۸ کاهش یافت. نتایج حاصل از مقایسه شاخص سطح برگ در دو مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته نسبت به هم در مرحله ابریشم دهی نشان داد که شاخص سطح برگ در مدیریت آبیاری پالسی نسبت به پیوسته در تیمارهای تأمین ۱۲۰٪، ۱۰۰٪ و ۸۰٪ نیاز آبی به ترتیب به میزان ۱۰، ۱۳ و ۲۱ درصد افزایش یافت اما در تیمار تأمین ۶۰٪ نیاز آبی ۱۰ درصد کاهش یافت. دلیل افزایش شاخص سطح برگ در مدیریت آبیاری پالسی را می‌توان این‌گونه بیان کرد که مدیریت آبیاری پالسی توانسته با توزیع هرچه بهتر رطوبت در عمق توسعه ریشه گیاه در تیمارهای تأمین ۱۲۰٪، ۱۰۰٪ و ۸۰٪ نیاز آبی گیاه، باعث رشد بهتر و مؤثرتر گیاه شود اما کاهش میزان شاخص سطح برگ در تیمار تأمین ۶۰٪ نیاز آبی گیاه تحت مدیریت آبیاری پالسی نسبت به پیوسته را می‌توان این‌طور بیان نمود که با توجه به این‌که این تیمار ۴۰٪ آب کمتر نسبت به تیمار آبیاری کامل (۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه) دریافت کرده است، اعمال مدیریت پالسی منجر به تشدید تنش در این تیمار شده و لذا در این تیمار مدیریت آبیاری پیوسته بهتر از مدیریت پالسی جواب داده است. در تحقیقی که توسط بزکورت و همکاران برای ذرت علوفه‌ای تحت سیستم آبیاری قطره‌ای انجام شد، نتایج حاکی از آن بود که بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار تأمین ۱۲۰٪ نیاز آبی (۷/۴۵ مترمربع در مترمربع) و کمترین آن مربوط به تیمار تأمین ۲۰٪ نیاز آبی گیاه (۴/۲۳ مترمربع بر مترمربع) است (Bozkurt et al., 2011) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. پاندی و همکاران نیز گزارش کردند که کم آبیاری در اوایل رشد رویشی، شاخص سطح برگ را در گیاه ذرت به مقدار کمی کاهش می‌دهد و مرحله رشد زایشی، باعث کاهش شدید این شاخص می‌شود (Pandy et al., 2000). صابر علی و همکاران اعلام نمودند که مقدار شاخص سطح برگ در مرحله ابریشم دهی به حداکثر می‌رسد و پس از آن به دلیل ریزش برگ‌ها، روند نزولی پیدا می‌کند (Saberali et al., 2007). نوری اظهر و احسان‌زاده نیز با بررسی تغییرات شاخص‌های رشد پنج هیبرید ذرت در دو رژیم مختلف آبیاری گزارش کردند که کم‌آبی اثر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ دارد(Nouri azhar et al., 2007). شعرباف و همکاران در آزمایشی جهت بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر ویژگی‌های رویشی ذرت گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش شاخص سطح برگ می‌گردد (شعرباف و همکاران، ۱۳۷۷).

1- Leaf Area Index



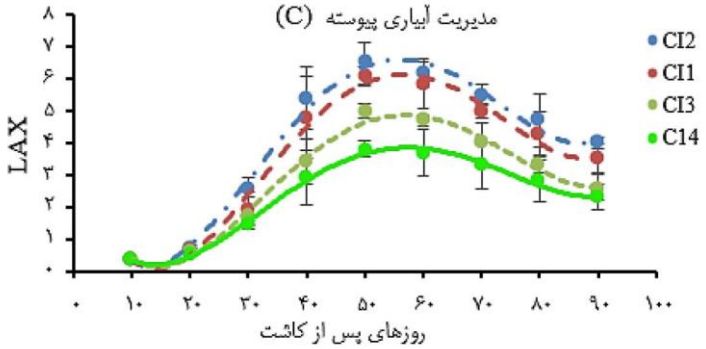
$PI1 , y = 3E-06x^4 - 0.0005x^3 + 0.0351x^2 - 0.7017x + 4.3394$ $R^2 = 0.9829$

$PI2 , y = 2E-06x^4 - 0.0005x^3 + 0.0337x^2 - 0.6286x + 3.6815$ $R^2 = 0.9866$

$PI3 , y = 2E-06x^4 - 0.0005x^3 + 0.0304x^2 - 0.6181x + 3.9343$ $R^2 = 0.9864$

$PI4 , y = 1E-06x^4 - 0.0002x^3 + 0.0136x^2 - 0.2557x + 1.7037$ $R^2 = 0.9961$

شکل ۳- تغییرات شاخص سطح برگ برای تیمارهای PI_4، PI_3، PI_1 و PI_2



$CI1 , y = 2E-06x^4 - 0.0005x^3 + 0.0319x^2 - 0.638x + 3.9935$ $R^2 = 0.9844$

$CI2 , y = 2E-06x^4 - 0.0005x^3 + 0.0306x^2 - 0.5717x + 3.3889$ $R^2 = 0.9895$

$C13 , y = 2E-06x^4 - 0.0004x^3 + 0.0247x^2 - 0.503x + 3.2824$ $R^2 = 0.9872$

$CI4 , y = 1E-06x^4 - 0.0003x^3 + 0.018x^2 - 0.3586x + 2.3694$ $R^2 = 0.9935$

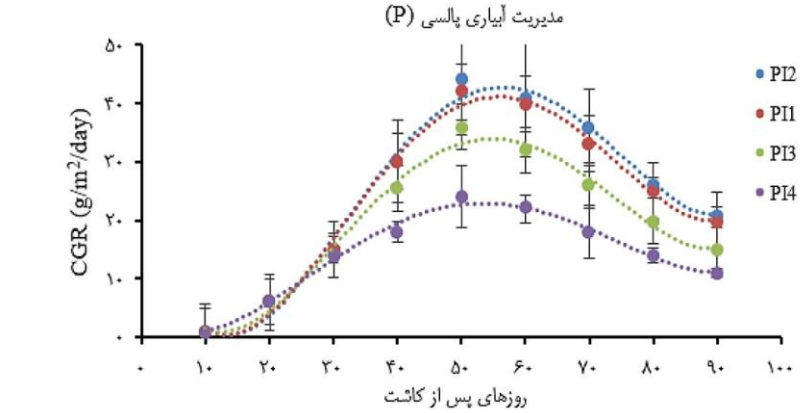
شکل ٤- تغییرات شاخص سطح برگ برای تیمارهای CI_4، CI_3، CI_1 و CI_2

سرعت رشد محصول (CGR[1])

سرعت رشد محصول یکی از مهم‌ترین شاخص‌های رشد است که نشان می‌دهد قدرت فتوسنتزی گیاه چقدر است و چه مقدار می‌تواند در یک دوره زمانی و یا بر اساس واحدهای گرمایی ماده خشک تولید کند. با افزایش شدت تنش خشکی میزان دما و سرعت تنفس گیاه افزایش و سطح برگ کاهش یافته و این واکنش در نهایت موجب کاهش سرعت رشد محصول می‌شود (شکل‌های ۵ و ۶). بیشترین سرعت رشد گیاه در مدیریت آبیاری پالسی (شکل ۵) مربوط به تیمار تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه (PI_2) بود که این روند با کاهش سطح آبیاری و نزدیک شدن به تنش کم‌آبی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای در بقیه تیمارها کاهش یافت به‌طوری‌که کمترین میزان سرعت رشد نسبی گیاه در تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی (PI_4) مشاهده شد. سرعت رشد گیاه در مرحله ابریشم دهی تیمار PI_2 نسبت به تیمار PI_1، ۵ درصد افزایش یافت درحالی‌که تیمارهای PI_4 و PI_3 نسبت به تیمار PI_1 به ترتیب ۴۳ و ۱۴ کاهش داشت. با توجه به شکل (۶) در مدیریت آبیاری پیوسته، بیشترین و کمترین سرعت رشد گیاه مربوط به تیمار تأمین ۱۲۰٪ نیاز آبی (CI_2) و تأمین ۶۰٪ نیاز آبی گیاه (CI_4) بود. همچنین سرعت رشد گیاه تیمار CI_2 نسبت به تیمار CI_1، ۸ درصد افزایش یافت درحالی‌که تیمارهای CI_4 و CI_3 نسبت به تیمار CI_1 به ترتیب ۲۵ و ۱۹ کاهش یافت. مقایسه سرعت رشد گیاه تحت دو مدیریت آبیاری پالسی و پیوسته در سطوح مختلف آبیاری نشان داد که سرعت رشد گیاه در مدیریت پالسی در تیمارهای تأمین ۱۲۰٪، ۱۰۰٪ و ۸۰٪ نیاز آبی در مرحله ظهور ابریشم‌ها به میزان ۱۳، ۱۷ و ۲۴ درصد نسبت به مدیریت آبیاری پیوسته افزایش یافت که

1 -Crop Growth Rate

دلیل آن توزیع بهتر رطوبت در خاک و جذب آب توسط ریشه گیاه در مدیریت آبیاری پالسی بود؛ اما سرعت رشد گیاه در تیمار تأمین ۶۰٪ نیاز آبی در مدیریت پالسی کاهش ۲۱ درصدی نسب به مدیریت پیوسته داشت زیرا با اعمال این مدیریت گیاه تحت تنش بیشتری قرار گرفت. پاندی و همکاران گزارش کردند که کم آبیاری در اوایل رشد رویشی، سرعت رشد گیاه را در ذرت به مقدار کمی کاهش می‌دهد و در مرحله رشد زایشی، باعث کاهش شدید این شاخص می‌شود (Pandy et al., 2000). ریتچی و همکاران نیز گزارش کردند که سرعت رشد ذرت در مرحله ۱۰ برگی افزایش می‌یابد و کمبود آب در این مدت باعث کاهش اندازه برگ‌ها می‌شود (Rithchie et al., 1992).



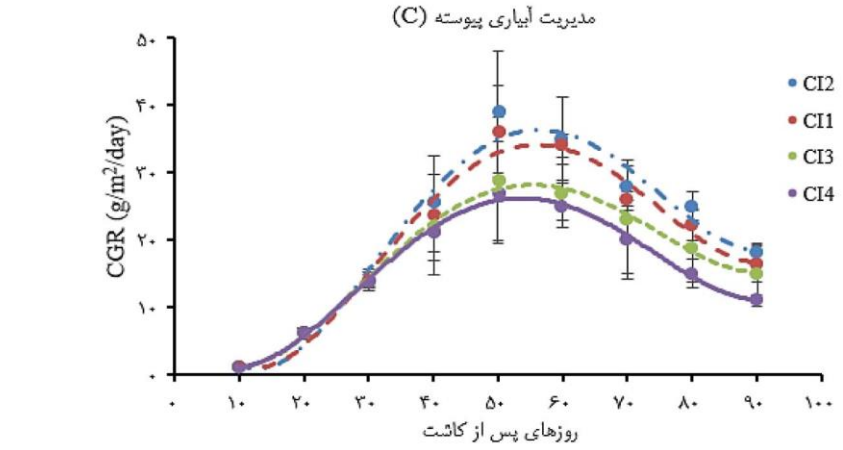
PI4 , $y = 5E\text{-}06x^4 - 0.0011x^3 + 0.0635x^2 - 0.7163x + 2.8889$ $R^2 = 0.9889$

PI3 , $y = 1E\text{-}05x^4 - 0.0024x^3 + 0.1567x^2 - 2.851x + 16.556$ $R^2 = 0.984$

PI1 , $y = 1E\text{-}05x^4 - 0.0031x^3 + 0.2017x^2 - 3.8765x + 23.106$ $R^2 = 0.9903$

PI2 , $y = 1E\text{-}05x^4 - 0.0031x^3 + 0.2083x^2 - 4.0707x + 24.553$ $R^2 = 0.9873$

شکل ۵- تغییرات سرعت رشد گیاه برای تیمارهای PI_1، PI_2، PI_3 و PI_4



CI2 , $y = 1E\text{-}05x^4 - 0.0025x^3 + 0.1604x^2 - 2.9832x + 17.579$ $R^2 = 0.9702$

CI1 , $y = 1E\text{-}05x^4 - 0.0023x^3 + 0.1518x^2 - 2.8122x + 16.69$ $R^2 = 0.9751$

CI3 , $y = 7E\text{-}06x^4 - 0.0015x^3 + 0.0947x^2 - 1.4256x + 7.3333$ $R^2 = 0.9933$

C14 , $y = 7E\text{-}06x^4 - 0.0015x^3 + 0.0911x^2 - 1.3309x + 6.7222$ $R^2 = 0.9954$

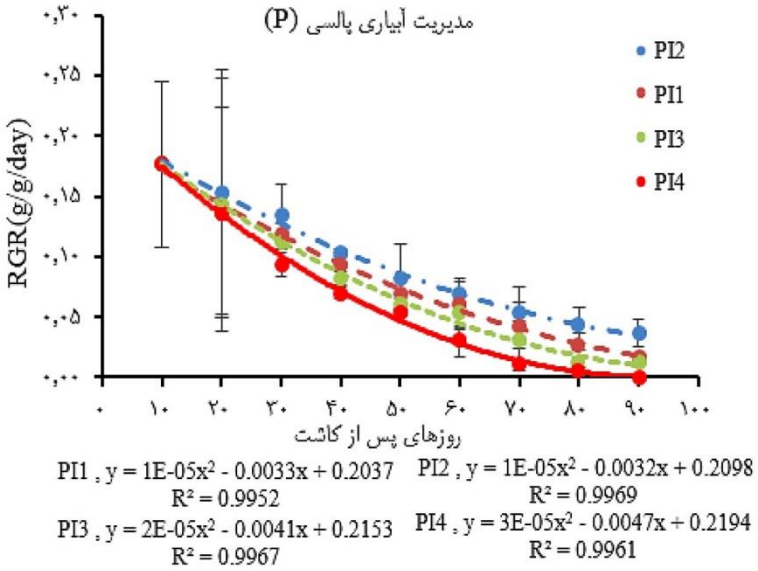
شکل ٦- تغییرات سرعت رشد گیاه برای تیمارهای CI_1، CI_2، CI_3 و CI_4

سرعت رشد نسبی (RGR[1])

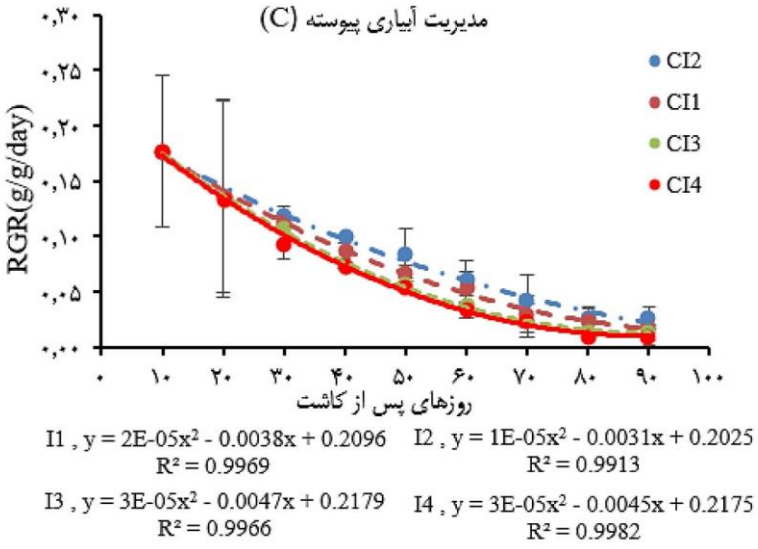
در ابتدای رشد با توجه به این‌که تمام تیمارها تا مرحله هفت برگی به‌صورت یکسان آب دریافت نمودند، لذا روند تغییرات سرعت رشد نسبی در تمام تیمارها یکسان و بعد از اعمال تیمار آبیاری تحت دو مدیریت پالسی و پیوسته روند کاهشی مشاهده شد (شکل‌های ۷ و ۸). روند کاهشی در ۵۰ روز پس از کاشت در تیمارهای تأمین ۱۰۰٪، ۱۲۰٪ و ۸۰٪ نیاز آبی گیاه تحت مدیریت آبیاری پالسی نسبت به مدیریت آبیاری پیوسته به ترتیب ۸، ۹، ۱۳ درصد نسبت به هم

1- Relative Growth Rate

افزایش و در تیمار تأمین ۶۰٪ نیاز آبی گیاه، ۴ درصد کاهش یافت؛ زیرا این تیمار ۴۰ درصد کمتر نسبت به تیمار آبیاری کامل (۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه) آب دریافت کرده است و همچنین اعمال تکنیک پالسی برای این تیمار با توجه به تقسیط عمق آب آبیاری به سه پالس منجر به افزایش تنش خشکی شده و سرعت نزول رشد نسبی گیاه نسبت به آبیاری در مدیریت پیوسته تندتر شده است. از طرفی سرعت رشد نسبی افزایش ماده خشک گیاه نسبت به ماده خشک موجود در واحد زمان است. سرعت رشد نسبی در مراحل اولیه رشد حداکثر بوده و به‌تدریج کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد علت کاهش سرعت رشد نسبی در طول فصل رشد این است که با افزایش سن گیاه نسبت بافت‌های ساختمانی به بافت‌های فعال متابولیکی افزایش یافته و سایه‌اندازی برگ‌های بالایی به برگ‌های پایینی و پیری برگ‌های پایینی قدرت استفاده از منابع موجود را محدود می‌کند (نجفی و همکاران، ۱۳۸۲). ساکی‌نژاد گزارش داد که با افزایش شدت تنش خشکی احتمالاً از طریق سرعت بخشیدن به تشکیل بافت‌های بالغ و یا کاهش سرعت تشکیل بافت‌های مریستمی، روند کاهشی سرعت رشد نسبی را افزایش داد (Sakinezhad, 2004).



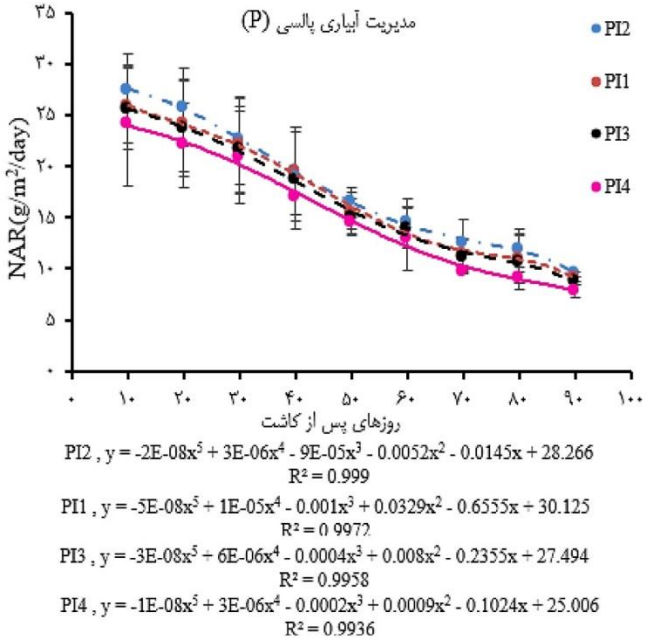
شکل ۷- تغییرات سرعت رشد گیاه برای تیمارهای PI_1، PI_2، PI_3 و PI_4



شکل ۸- تغییرات سرعت رشد گیاه برای تیمارهای CI_1، CI_2، CI_3 و CI_4

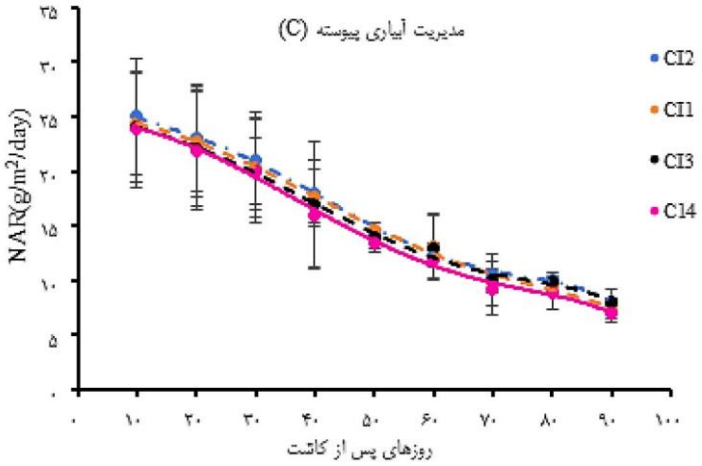
سرعت جذب خالص (NAR[1])

نتایج نشان داد که سرعت جذب خالص با گذشت زمان کاهش یافت و این روند کاهش در تیمارهایی که شرایط مناسبی از لحاظ رطوبت نداشتند یا به عبارتی کم آبیاری صورت گرفت، بیشتر بود. در ابتدای رشد چون نگهداری بافت‌ها احتیاج به انرژی کمتری دارد، سرعت جذب خالص زیاد است ولی هر چه توده بافت‌های گیاهی بیشتر شود، انرژی موردنیاز برای نگهداری بافت‌ها بیشتر می‌شود لذا گیاه قسمت اعظم انرژی به‌دست‌آمده را صرف بقای اندام می‌کند. برای تولید انرژی در گیاه، آب یک عنصر ضروری است. بدیهی است هرگونه کاهش در مقدار آب موردنظر برای رشد، تولید انرژی را با اختلال مواجه می‌سازد و نهایتاً جذب خالص گیاه را کاهش می‌دهد. شکل-های (۹) و (۱۰) روند تغییرات سرعت جذب خالص در سطوح مختلف آبیاری تحت دو مدیریت پالسی و پیوسته را نشان می‌دهند. با مقایسه روند تغییرات سرعت جذب خالص بین تیمارها می‌توان نتیجه گرفت که اعمال مدیریت آبیاری پالسی منجر به تأخیر در کاهش روند نزولی سرعت جذب خالص نسبت به مدیریت آبیاری پیوسته در تیمارهای تأمین ۱۲۰٪، ۱۰۰٪ و ۸۰٪ نیاز آبی گیاه در طی دوره رشد شده است. البته در تیمار تأمین ۶۰٪ نیاز آبی گیاه تحت مدیریت پالسی به دلیل دریافت ۴۰ درصد آب کمتر نسبت به تیمار آبیاری کامل (۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه) و از طرفی تشدید تنش خشکی به دلیل اعمال تکنیک پالس روند نزولی سرعت جذب خالص نسبت به مدیریت آبیاری پیوسته افزایش یافته است. چون در این تیمار افزایش تنش خشکی گیاه را مجبور به بستن روزنه‌ها کرده که باعث کاهش فتوسنتز نسبت به واحد سطح برگ می‌شود. از طرفی سرعت جذب خالص تخمینی از میزان مواد فتوسنتزی ساخته شده و راندمان فتوسنتزی برگ‌ها است و زمانی به حداکثر می‌رسد که کلیه برگ‌ها در معرض نور قرار گرفته باشند (کریمی، ۱۳۸۷). در ابتدای فصل رشد سرعت جذب خالص در بالاترین مقدار خود است، زیرا در این مرحله به علت کوچک بودن بوته‌ها، اغلب برگ‌ها در معرض نور مستقیم قرار دارند اما با افزایش سن گیاه علاوه بر افزایش اندام‌های غیر فتوسنتزی، شاخص سطح برگ نیز افزایش می‌یابد و برگ‌های بیشتری در سایه قرار می‌گیرند. ازآنجایی‌که برگ‌های پایینی گیاه پیرتر هستند، سرعت فتوسنتز پایین‌تری دارند؛ بنابراین سرعت جذب خالص در طی فصل رشد کاهش می‌یابد (کریمی، ۱۳۸۷). لک و همکاران گزارش کردند که میان تنش خشکی و سرعت جذب خالص همبستگی منفی و معنی‌دار وجود دارد به‌طوری‌که افزایش شدت تنش خشکی باعث کاهش سرعت جذب خالص در ذرت می‌شود. از طرفی از آنجائی که شاخص سطح برگ میان سطوح مختلف آبیاری اختلاف قابل‌توجهی‌ای داشت لذا تفاوت سرعت جذب خالص مواد مربوط به تغییرات میزان رشد گیاه بود (Lak et al., 2007). وایس و همکاران گزارش دادند که کاهش عمق آب آبیاری موجب کاهش جذب خالص می‌گردد. آن‌ها دلیل این امر را کاهش هدایت روزنه‌ای به دلیل بسته شدن روزنه‌ها بیان کردند (Wise et al., 1990).



شکل ۹- تغییرات سرعت جذب خالص برای تیمارهای PI_1، PI_2، PI_3 و PI_4

1- Net assimilation Rate



شکل ۱۰- تغییرات سرعت جذب خالص برای تیمارهای CI_1، CI_2، CI_3 و CI_4

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که آبیاری ذرت علوفه‌ای تحت مدیریت پالسی در تیمارهای بیش‌آبیاری، آبیاری کامل و کم آبیاری (تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه) باعث ایجاد شرایطی مطلوب‌تری برای رشد گیاه، شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص نسبت به اعمال مدیریت آبیاری پیوسته شد. کاربرد مدیریت پالسی در تیمار بیش‌آبیاری موجب افزایش بیشتر شاخص‌های رشد شد. از طرفی اعمال مدیریت پالسی سبب تسریع ظهور ابریشم‌ها گردید. اعمال مدیریت پالسی می‌تواند شرایط مطلوبی را برای جذب بهتر رطوبت در محدوده توسعه ریشه برای گیاه فراهم سازد و باعث افزایش عملکرد شود. درصورتی‌که منطقه موردمطالعه مشابه با پژوهش حاضر، با مشکل تأمین آب کشاورزی مواجه گردد، می‌توان با اعمال ۲۰ درصد آب کمتر و اعمال مدیریت پالسی ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب عملکردی مشابه با تیمار آبیاری کامل با مدیریت پیوسته به دست آورد.

منابع

ابراهیمی، ح. و پور درویشی، ح. ۱۳۹۴. رابطه بین عملکرد ذرت با مصرف آب (نیاز آبی محاسباتی و کمبود رطوبت خاک). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۹(۴): ۶۱۳ -۶۰۵.

حق‌جو، م. و بحرانی، ب. ۱۳۹۴. تغییرات عملکرد ذرت سینگل کراس ۲۶۰ در رژیم‌های مختلف آبی و کود نیتروژن با استفاده از شاخص‌های رشد. نشریه علمی پژوهشی اکو فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۲(۳۴): ۲۵۹-۲۷۴.

خواجه پور، م. ر. ۱۳۸۳. تولید نباتات صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی اصفهان. ۵۶۴ ص.

رنجبر، م.ج.، قرخلو، ج. و سلطانی، ا. ۱۳۹۶. اثر نظام‌های مختلف خاک‌ورزی بر شاخص‌های رشد و عملکرد ذرت علوفه‌ای. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۵(۲): ۲۸۵-۲۶۷.

سلیمانی فرد، ع.، پور داد، س.س.، ناصری، ر. و میرزای، ا. ۱۳۹۰. اثر آرایش کاشت بر خصوصیات فنولوژیک و شاخص‌های رشد گلرنگ در شرایط دیم .نشریه علوم زراعی ایران. ۱۳ (۲) :۲۸۲-۲۹۸.

سورشجانی، س.، شایان‌نژاد، م.، نادری، م. و حقیقی، ب. ۱۳۹۳. تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای و تعیین عمق بهینه آبیاری آن در شرایط کمبود آب. نشریه علوم آب و خاک، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی.۷۳(۱۹): ۱۳۷-۱۲۵.

شعرباف خجسته، س. و احمدی، م. ۱۳۷۷. بررسی اثرات رژیم مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دانه ذرت. پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات. شهریور ماه، کرج.

طریق‌الاسلامی، م.، ضرغامی، ر.، مشهدی اکبر بوجار، م. و اویسی، م

.۱۳۹۱. تأثیر تنش خشکی و مقادیر کود نیتروژن بر شاخص‌های فیزیولوژیک ذرت دانه‌ای. مجله زراعت و اصلاح نباتات، ۸(۱): ۱۶۱-۱۷۴.

غیاث‌آبادی، م.، خواجه‌حسینی، م. و محمدآبادی، ع ۱۳۹۳. بررسی اثر تاریخ نشاکاری بر شاخص‌های رشد و عملکرد علوفه ذرت (Zea mays L.) در منطقه مشهد. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۲(۱): ۱۴۵-۱۳۷.

فلاحی، ق.، حاتمی، ع. و ناصری، ر.۱۳۹۲. تجزیه رشد شش هیبرید ذرت در شرایط تنش خشکی. نشریه علمی پژوهشی اکو فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۶۲(۲): ۱۸۱-۱۹۶.

قبادی، ر.، قبادی، م.، مندنی، ف.، جلالی هنرمند، س. و فرهادی بانسوله، ب. ۱۳۹۵. اثر برهمکنش آبیاری و نیتروژن بر خصوصیات فنولوژیک و شاخص‌های رشد در ذرت دانه‌ای. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی. ۲۱(۶): ۳۵۰-۳۶۷.

کریم‌زاده سورشجانی، ه.، تدین، م.ر.، شلالوند، م. و فردی، ی. ۱۳۹۷. بررسی شاخص‌های رشدی و ویژگی‌های کیفی هیبریدهای ذرت علوفه‌ای در تاریخ کاشت‌های مختلف در ورامین. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۸(۴): ۲۹- ۴۴.

کریمی، م. ۱۳۸۷. بررسی اثرات کم آبیاری بر عملکرد، کیفیت علوفه و شاخص‌های رشد ذرت سیلوئی در منطقه رشت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان.

کریمی،م.، اصفهانی، م.، بیگلوئی، م.ح. و ربیعی، ب. ۱۳۸۷. تأثیر تیمارهای کم آبیاری بر صفات مورفولوژیک و شاخص‌های ذرت علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی رشت. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۲(۲): ۹۱-۱۱۰.

کوهی چله‌کران، ن. و دهقانی‌سانیج، ح. ۱۳۹۶. شبیه‌سازی شاخص سطح برگ ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط تنش خشکی. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۱(۳): ۴۸۳- ۴۹۱.

مظاهری، د.، هاشمی دزفولی، ا. و علیزاده، ا. ۱۳۷۷. مقایسه اثر کود اوره و اوره ۸ پوشش شده با گوگرد بر روی روند رشد دو رقم ذرت در منطقه زرقان فارس. مجله علوم زراعی ایران. ۱(۱): ۱۹- ۳۲.

نجفی، ح.، رحیمیان مشهدی، ح.، نور محمدی، ق.، باغستانی، م. ع. و نصیری محلاتی، م. ۱۳۸۲. بررسی جنبه‌های رقابتی گندم و علف‌های هرز خانواده شب بو: ۲- رقابت برای نور. مجله علوم زراعی ایران. ۵(۱): ۲۲-۱۳.

Amer, K. H. 2010. Corn crop response under managing different irrigation and salinity levels. Agricultural water management. 97(10): 1553-1563.

Bozkurt, S., Yazar, A., and 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.

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

Çarpıcı, E. B., Kuşçu, H., Karasu, A. and Öz, M. 2017. Effect of drip irrigation levels on dry matter yield and silage quality of maize (Zea mays L.). Romanian Agricultural Research. (34). 293- 299.

Sakinezhad, T. 2004. Study the effect of absorption of N,P, K and Na elements at different growth stages to morphologic and physiologic characteristics of corn in Ahvaz condition. Ph.D. Thesis, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Khuzestan, Iran. 288 pp.

Gupta, A., Rao, K. V. R., Singh, S., Soni, K. and Sawant, C. 2019. Water productivity and yield of baby corn (Zea mays L.) as influenced by irrigation levels under subsurface drip irrigation. International Journal of Chemical Studies. (7): 128-135.

Lak, Sh., Ahmadi, A., Siyadat, A. and Nourmohamadi, GH. 2007. Effect of different levels of nitrogen and plant density on grain yield and its components and water use efficiency of maize (*Zea mays* L.). *Iranian Jurnal of Crop Science*. 7 (2): 153-170.

Nouri Azhar, J. and Ehsanzadeh, P. 2007. Study of relationship of some growth indices and yield of five corn hybrids at two irrigation regime in Isfahan region. Journal of Science and Technology. (41): 261-272.

Saberali, S. F., Sadatnoori, S. A., Hejazi, A., Zand, E. S. K. A. N. D. A. R. and Baghestani, M. A. 2007. Influence of plant density and planting pattern of corn on its growth and yield under competition with common Lambesquarters (Chenopodium album L.). Pajouhesh and Sazandegi.

Wise, R. R., Frederick, J. R., Alm, D. M., Kramer, D. M., Hesketh, J. D., Crofts, A. R. and Ort, D. R. 1990. Investigation of the limitations to photosynthesis induced by leaf water deficit in field- grown sunflower (Helianthus annuus L.). Plant, Cell & Environment. 13(9): 923-931.

Eric, S., David, S. and Robert, H. 2004. To pulse or not to pulse drip irrigation that is the question UF/IFAS–Horticultural Sciences Department. Florida, USA NFREC-SV-Vegetarian (04-05).

Elnesr, M. N. and Alazba, A. A. 2015. The effects of three techniques that change the wetting patterns over subsurface drip-irrigated potatoes. Spanish

Pandey, R. K., Maranville, J. W. and Admou, A. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment: I. Grain yield and yield components. Agricultural water management. 46(1): 1-13.

Loomis, R. S., Williams, W. A., Duncan, W. G., Dovrat, A. and Nunez, F. A. 1968. Quantitative Descriptions of Foliage Display and Light Absorption in Field Communities of Corn Plants 1. Crop Science. 8(3): 352-356.

journal of agricultural research. 13(3): 20.

Pandey, R. K., Maranville, J. W. and Admou, A. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment: I. Grain yield and yield components. Agricultural water management. 46(1): 1-13.

Ritchie, S., Hanway, W. and Benson, G. 1992. How a corn plant develops. Special Report No. 48. Iowa State University p. 21.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 15, Feb.-Mar. 2022, p. 1444-1458

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۵، بهمن-اسفند ۱۴۰۰، ص. ۱۴۵۸-۱۴۴۴

The Effects of Two Irrigation Management on Growth Indices of Silage Maize in Arid and Semi-Arid Climates

I. Hajirad[1], S. M. Mirlatifi[2]*, H. DehghaniSanij[3], S. Mohammadi[4]
Recived: Jul.17, 2021 Accepted: Oct.04, 2021

Abstract

Water scarcity is one of the main problems for crop production in arid and semi-arid climates of Iran. In this study, in order to investigate the effect of two types of irrigation management on growth indices of silage maize in arid and semi-arid climate, an experiment in the form of split-strip plots based on a randomized complete block design with three replications was conducted. The main factor included four levels of irrigation, supplying 120, 100, 80 and 60% of maize water requirement (I_2, I_1, I_3 and I_4) and the sub-main factor included two types of irrigation management: pulsed (P) and continuous (C). Experimental results showed that pulse management increased leaf area index, crop growth ratio, net assimilation ratio and relative growth ratio in I_2, I_1 and I_3 treatments in the silk stage, while in I_4 treatment due to the increasing intensity of water stress, reduced growth indices. The highest fresh and biological yield of silage maize was in PI_2 treatment that was 29% higher than CI_1 treatment. According to the results, in regions faced with water scarcity, by applying PI_3 treatment, we can achieve a performance similar to CI_1 treatment and save 20% of water consumption.

Keywords: Deficit irrigation, Growth indices, Over-irrigation, Pulsed irrigation, Silage maize

1-Graduated 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-Graduated Ph. D, Water Management and Engineering Department, Collage of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: m_mirlat@modares.ac.ir)