

بررسی اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و روش‌های آبیاری تحت فشار بر عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه چای در منطقه فومن

ابولفضل فلاح‌پور دین‌آباد^۱، محمدحسن بیگلویی^{۲*}، کورش مجد سلیمی^۳ و معظم حسن‌پور اصل^۴

چکیده

چای، رایج‌ترین نوشیدنی بعد از آب در جهان بوده و هر روزه افراد بیشتری به مصرف آن روی می‌آورند؛ بنابراین ضروری است تولید این محصول در واحد سطح افزایش یابد. بدین‌منظور برای بررسی تأثیر روش‌ها و سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه چای رقم هیبرید چینی (*Camellia sinensis* L.)، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با سه تیمار اصلی، شامل روش آبیاری بارانی ثابت (SI)، آبیاری قطره‌ای موضعی (DI) و آبیاری قطره‌ای نواری (TDI) و سه تیمار فرعی شامل سطوح مختلف آبیاری به‌صورت بدون آبیاری (I0)، ۵۰ (I1) و ۱۰۰ (I2) درصد نیاز آبی گیاه در سال ۱۳۹۹ در منطقه فومن انجام شد. نتایج نشان داد که عملکرد برگ سبز و کارایی مصرف آب به‌ترتیب با ۷۸۵۹/۷۰ کیلوگرم بر هکتار و ۲/۳۹ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار SI مشاهده شد. همچنین نتایج اثر متقابل روش‌های آبیاری در سطوح مختلف نیاز آبی گیاه بر عملکرد برگ سبز چای نشان داد که بیشترین آن با ۱۳۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار در روش آبیاری SI با سطح نیاز آبی I2 به‌دست آمد؛ بنابراین روش آبیاری SI با سطح آبیاری I2 گزینه مناسبی برای تولید برگ سبز چای در منطقه فومن است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بارانی، شرایط دیم، عملکرد برگ خشک چای، عملکرد برگ سبز چای، قطره‌ای نواری.

ارجاع: فلاح‌پور دین‌آباد ا.، بیگلویی م.، مجد سلیمی ک. و حسن‌پور اصل م.، ۱۴۰۱. بررسی اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و روش‌های آبیاری تحت فشار بر عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه چای در منطقه فومن. مجله پژوهش آب ایران. ۹-۱: ۴۴. DOI: <https://dx.doi.org/10.22034/iwrj.2022.11189>

۱- دانشجوی ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان.

۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان.

۳- کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، پژوهشکده چای لاهیجان.

۴- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان.

* نویسنده مسئول: Biglou@Guilan.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۶

مقدمه

چای بعد از آب رایج‌ترین نوشیدنی در جهان بوده که به‌دلیل دارابودن انواع مختلف مواد مغذی و مزایای سلامتی درجهت پیشگیری و درمان بیماری‌های خاص، مصرف آن در سراسر جهان طی سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۰، حدوداً ۶۰ درصد افزایش یافته است (کاربو و همکاران، ۲۰۱۴؛ لوک و همکاران، ۲۰۲۰) و پیش‌بینی می‌شود که این گیاه به یک محصول مهم و استراتژیک تبدیل خواهد شد و سود قابل‌توجهی برای جهان به ارمغان خواهد آورد (گوناتیلکا و تولارام، ۲۰۱۵). حال اینکه، تولید محصول در اثر تغییرات اقلیمی (کاهش بارندگی و افزایش دما) با آب کمتر به‌ویژه در کشورهایی که دارای منابع آب محدود هستند و کارایی مصرف آب در آن‌ها پایین است، به چالش بزرگی تبدیل شده است (گیوردانو و همکاران، ۲۰۲۱). سالانه حداقل بین ۱۱۵۰ تا ۱۴۰۰ میلی‌متر بارندگی برای رشد مناسب چای مورد نیاز است (پاندا و همکاران، ۲۰۰۳). مناطقی که در آن در طی دوره رشد گیاه چای میزان بارش و توزیع آن کافی و مناسب نباشد، امکان تولید محصول موفقیت‌آمیز در این شرایط (دیم) وجود نخواهد داشت و برای افزایش عملکرد باید کمبود آب مورد نیاز گیاه چای (میانگین ۳۴۰ میلی‌متر) جبران شود، به‌طوری‌که در دوره خشک، تأمین آب بوته‌های چای در مرحله بهره‌برداری در قالب آبیاری تکمیلی در مقایسه با شرایط بدون آبیاری عملکرد چای را به میزان ۶۰ درصد افزایش داده است (کار، ۲۰۱۰؛ چن و همکاران، ۲۰۱۰). برداشت برگ سبز چای در ایران از اوایل اردیبهشت تا آبان انجام شده و از اواسط خرداد تا اوایل شهریور میزان بارندگی کمتر از نیاز آبی بوته‌های چای بوده و موجب کاهش زیاد کمیت و کیفیت محصول در اثر تنش ناشی از کم‌آبی و عوامل محیطی می‌شود (مجدسلیمی و همکاران، ۱۳۸۹). با توجه به کمبود آب برای دستیابی به افزایش عملکرد در واحد سطح، بالابردن کارایی مصرف آب در مناطق چای‌کاری، استفاده از استراتژی کم‌آبیاری و روش‌های مناسب آبیاری ضروری است (کار، ۲۰۱۰). هونگ و یابه (۲۰۱۷) تأثیر آبیاری تکمیلی در دوره کم‌آبی را بر عملکرد چای در کشور ویتنام مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفته‌اند که از ماه می تا نوامبر، به‌دلیل کمبود آب و تغییر آب‌وهوا، عملکرد چای به میزان قابل‌توجهی کاهش یافته و آبیاری تکمیلی باعث افزایش قابل‌توجه

عملکرد شده است. جیوانیس و همکاران (۲۰۱۸) تحقیقی به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف نیاز آبی گیاه چای (۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) با به‌کارگیری روش آبیاری قطره‌ای بر عملکرد چای انجام داده و نتیجه گرفتند که آبیاری در سطح ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه در مقایسه با شرایط بدون آبیاری عملکرد چای را به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش داده و اختلاف بین دو سطح آبیاری ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه معنی‌داری نبوده است. پس، استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار نه تنها می‌تواند موجب افزایش عملکرد چای در مقایسه با شرایط دیم شوند، بلکه با اعمال استراتژی کم‌آبیاری، می‌توان ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب، از خشک‌شدن باغات چای و از تغییر کاربری اراضی آن‌ها در استان گیلان که مساحت قابل‌توجهی نیز دارند، جلوگیری کرد؛ بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر روش‌های مختلف آبیاری (بارانی و قطره‌ای) در سطوح مختلف نیاز آبی گیاه بر عملکرد و کارایی مصرف آب در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات چای فشالم منطقه فومن بود تا بتوان در این منطقه ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب، مناسب‌ترین روش آبیاری را برای تولید بهینه برگ سبز چای شناسایی کرد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۹ در ایستگاه تحقیقات چای فشالم در منطقه فومن از استان گیلان با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۸ دقیقه در ارتفاع ۳- متری از سطح دریا اجرا شد. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام تحقیق در جدول ۱ آورده شده است. داده‌های هواشناسی مورد نیاز برای محاسبه نیاز آبی گیاه چای از ایستگاه هواشناسی کشاورزی رشت تهیه شد. میانگین ماهیانه داده‌های ۳۰ سال اخیر (۱۳۶۹-۱۳۹۹) در جدول ۲ آورده شده است. میزان بارندگی در طی دوره آبیاری (اردیبهشت تا آبان) در سال ۱۳۹۹ برابر با ۳۰۷/۱۹۴ میلی‌متر بود که در مقایسه با متوسط میزان بارندگی ۳۰ سال گذشته در همان دوره آبیاری، ۱۸۸/۲ میلی‌متر کمتر بود. نیاز آبی گیاه چای با استفاده از داده‌های روزانه ۳۰ ساله ایستگاه هواشناسی کشاورزی رشت، توسط نرم‌افزار کراپوات (CROPWAT 8.0) تعیین شد و سپس نیاز آبی روزانه گیاه با در نظر

توجه به قطر قسمت آسمانه گیاه و فاصله بین بوته‌ها و ردیف‌ها ۰/۸۸ در نظر گرفته شد (علیزاده، ۱۳۸۵). تحقیق حاضر از نظر آماری به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های پایه کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۹ انجام شد.

گرفتن راندمان کاربرد آب ۸۰ درصد در سیستم آبیاری بارانی و ۹۵ درصد در سیستم آبیاری قطره‌ای با استفاده از معادله (۱) محاسبه شدند (علیزاده، ۱۳۸۵).

$$Tr = ETC(Pd + 0.15(1 - Pd)) \quad (1)$$

در این معادله، Tr نیاز آبی سیستم، ETC تبخیر-تعرق گیاه و Pd سطح سایه‌انداز است. مقدار سطح سایه‌انداز با

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک محل انجام آزمایش

عمق لایه (cm)	نوع بافت	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	ظرفیت زراعی (%)	نقطه پژمردگی (%)	اسیدیته خاک (pH)	جرم مخصوص ظاهری خاک (g/cm ³)
۰ - ۲۰	Sandy Clay loam	۵۲/۸	۲۳/۶	۲۳/۶	۱۹/۶	۱۰/۹	۵/۱۹	۱/۴
۲۰ - ۴۰	Sandy Clay loam	۵۱/۸	۲۳/۶	۲۴/۶	۲۰/۹	۱۱/۶	۵/۳۰	۱/۳۹
۴۰ - ۸۰	Sandy Clay loam	۵۱/۸	۲۳/۶	۲۴/۶	۱۸/۷	۱۰/۴	۵/۷۲	۱/۳۷

جدول ۲- میانگین ماهیانه عوامل اقلیمی بین سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹ ایستگاه هواشناسی رشت

ماه	مجموع بارندگی (mm)	مجموع ساعات آفتابی	سرعت باد (m/s)	رطوبت نسبی (%)	دمای حداکثر (c)	دمای حداقل (c)
فروردین	۸۰/۹	۱۳۳/۹	۳/۲	۸۰/۳	۲۰۳/۳	۱۰/۴
اردیبهشت	۷۳/۸	۱۸۲/۱	۳/۲	۷۶/۷	۲۶/۱	۱۶/۲
خرداد	۶۳/۱	۲۰۶/۸	۳	۷۴/۷	۲۹/۷	۱۹/۸
تیر	۳۹/۴	۲۳۲/۵	۲/۷	۷۶/۹	۳۱/۴	۲۱/۹
مرداد	۳۷/۱	۲۳۶/۷	۲/۹	۷۷/۸	۳۰/۷	۲۰/۹
شهریور	۱۱۸	۱۳۳/۳	۴	۸۳	۲۶/۹	۱۸/۴
مهر	۱۶۴	۱۲۱/۹	۳/۸	۸۵/۱	۲۳/۲	۱۴/۵
آبان	۱۷۳	۱۰۹/۶	۴/۱	۸۶/۵	۱۶/۷	۸/۵
آذر	۱۱۹/۶	۱۰۰/۴	۴/۳	۸۴/۴	۱۴/۵	۶
دی	۱۱۹/۴	۱۰۹/۱	۴/۱	۸۲/۸	۱۲/۱	۳/۴
بهمن	۱۰۶/۶	۱۰۴/۴	۵	۸۱/۹	۱۳/۱	۴/۱
اسفند	۱۱۴/۲	۱۱۹	۴/۵	۸۲/۱	۱۶	۷/۱

زمین و نصب سیستم‌های آبیاری، مقدار ناخالص آب آبیاری براساس نیاز آبی گیاه به روش پنمن مونتیث فائو با استفاده از نرم‌افزار کراپ‌وات، ظرفیت نگهداری رطوبتی خاک و راندمان کاربرد آب در سیستم‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای تعیین شد، به‌طوری‌که مقدار خالص آب آبیاری در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه برابر با ۵۰ درصد مقدار خالص آب آبیاری تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. حجم آبی که در هر نوبت آبیاری به هر کرت داده می‌شد، با استفاده از کنتور آب با دقت یک‌دهم لیتر اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین عملکرد برگ سبز چای، از چهار ردیف هر کرت دو ردیف کناری به‌عنوان حاشیه و دو ردیف وسطی که به‌طول چهار متر بودند، برگ‌های سبز چای به‌صورت نیمه‌مکانیزه برداشت شد. وزن نمونه‌های

تحقیق با سه تیمار اصلی شامل روش آبیاری بارانی کلاسیک ثابت (SI)، آبیاری قطره‌ای موضعی (DI) و آبیاری قطره‌ای نواری (TDI) و سه تیمار فرعی شامل سطوح مختلف آبیاری به‌صورت بدون آبیاری (I0)، ۵۰ (I1) و ۱۰۰ (I2) درصد نیاز آبی گیاه بود (جدول ۳). تحقیق بر روی بوته‌های چای رقم هیبرید چینی با عمر بیش از ۱۵ سال در ۲۷ کرت که مساحت هریک از آن‌ها ۱۶ متر مربع بود، انجام گرفت. هر کرت شامل ۴ ردیف کاشت و هر ردیف به‌طول ۴ متر بود. در این تحقیق فاصله بین ردیف‌ها ۱/۲ متر و فاصله بین بوته‌ها ۰/۷ متر بود. فاصله بین کرت‌ها ۲/۴ متر در امتداد ردیف‌ها (مجموع دو ردیف کاشت) و ۱/۱۴ متر در روی ردیف‌ها (مجموع فاصله دو بوته در هر ردیف) در نظر گرفته شد. پس از کرت‌بندی

طول دوره رشد گیاه به هر تیمار براساس سطوح مختلف نیاز آبی گیاه که با به‌کارگیری روش‌های آبیاری بارانی، قطره‌ای موضعی و قطره‌ای نواری اعمال شده است، در جدول ۴ ارائه شده است. مقدار آب داده‌شده به تیمارهای روش آبیاری قطره‌ای موضعی و قطره‌ای نواری یکسان بود. همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، در سطوح مختلف نیاز آبی گیاه حجم آب مصرفی در هر نوبت آبیاری و حجم کل آب در طول دوره رشد گیاه در روش آبیاری بارانی بیشتر از روش آبیاری قطره‌ای بود که این تفاوت ناشی از متفاوت بودن راندمان کاربرد آب در دو سیستم آبیاری است. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج (استفان و کار، ۱۹۹۱) مبنی بر اینکه حجم آب مورد نیاز آبیاری کامل گیاه چای با توجه به تغییرات شرایط آب‌وهوایی بین ۸۰۰ الی ۱۲۰۰ میلی‌متر در سال است، مطابقت دارد.

عملکرد برگ سبز چای

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر روش‌های آبیاری، اثر سطوح مختلف آبیاری و اثر متقابل این دو بر عملکرد برگ سبز چای در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بین روش‌های آبیاری از نظر عملکرد برگ سبز، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۶)؛ به‌طوری‌که بیشترین عملکرد برگ سبز چای با ۷۸۵۹/۷ کیلوگرم در هکتار در روش آبیاری SI و کمترین آن با ۳۸۴۶/۹ در روش آبیاری DI به‌دست آمد. همچنین بیشترین عملکرد برگ سبز چای با ۸۹۴۷/۲ کیلوگرم در هکتار در سطح نیاز آبی I2 و کمترین آن با ۱۰۵۰/۱ در سطح I0 به‌دست آمد (جدول ۶) که در شرایط آبیاری کامل در مقایسه با شرایط کم‌آبیاری و دیم عملکرد برگ سبز چای به‌ترتیب ۳۰/۳۰ و ۸۸/۲۶ درصد افزایش داشت. نتایج به‌دست‌آمده با یافته‌های (کیگالو، ۲۰۰۷) مبنی بر اینکه بیشترین عملکرد چای در سطح آبیاری کامل در مقایسه با شرایط دیم و سطوح کم‌آبیاری حاصل می‌شود، مطابقت دارد؛ بنابراین از آنجاکه در دوره برداشت برگ سبز چای، میزان بارندگی کافی نبوده، افزایش سطح آبیاری موجب افزایش قابل‌توجه عملکرد برگ سبز چای شده است. کاهش عملکرد در دو سطح I1 و I0 حاکی از حساس بودن بوته‌های چای به تنش‌های محیطی (کمبود رطوبت خاک و افزایش دمای هوا) است. همچنین بررسی اثر متقابل

برگ سبز چای هر کرت برای تعیین عملکرد در واحد سطح با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱ گرم اندازه‌گیری شدند. پس از توزین و مخلوط کامل برگ‌های سبز هر کرت، نمونه‌ای در جهت تعیین عملکرد وزن خشک و دیگر آزمایشات تهیه و توزین و در آون تهویه‌دار به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. برای تعیین کارایی مصرف آب بر پایه برگ سبز و خشک چای، ابتدا مقدار عملکرد برگ سبز چای برای هر تیمار به‌طور جداگانه برحسب واحد سطح (kg/ha) محاسبه شد. سپس با در نظر گرفتن مقدار نیاز آبی گیاه، آب مصرفی در واحد سطح برای هر تیمار آبیاری محاسبه و کارایی مصرف آب بر پایه برگ سبز و خشک چای به‌ترتیب با استفاده از معادلات (۲) و (۳) تعیین شد (سپاسخواه و همکاران، ۱۳۸۵).

$$CWU_{bfl} = \frac{Yf}{ET_{cwi} + p} \quad (2)$$

$$CWU_{bdl} = \frac{Yd}{ET_{ci} + p} \quad (3)$$

در این معادلات CWU_{bfl} ، CWU_{bdl} ، Yd ، Yf ، P و w_i به‌ترتیب کارایی مصرف آب بر پایه برگ سبز چای (kg/m^3)، کارایی مصرف آب بر پایه برگ خشک چای (kg/m^3)، عملکرد برگ سبز چای (kg/ha)، عملکرد برگ خشک چای (kg/ha)، مقدار آب آبیاری در طول دوره رشد (m^3/ha) و مقدار بارش مؤثر در طول دوره رشد هستند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

جدول ۳- معرفی تیمارهای مورد آزمایش

تیمار	روش آبیاری
SI	آبیاری بارانی (کلاسیک ثابت)
DI	آبیاری قطره‌ای موضعی
TDI	آبیاری قطره‌ای نواری
I0	بدون آبیاری (دیم)
I1	۵۰ درصد نیاز آبی گیاه
I2	۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه

نتایج و بحث

آب مصرفی

میانگین حجم آب آبیاری داده‌شده به هر کرت در هر دور آبیاری، تعداد دور آبیاری و حجم کل آب داده‌شده در

بارانی با سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست می‌آید، همخوانی دارد، همچنین نتایج حاضر با نتایج (پاندا و همکاران، ۲۰۰۳) مبنی بر اینکه عملکرد گیاه چای با افزایش سطح آبیاری افزایش می‌یابد و بیشترین عملکرد در آبیاری کامل به دست آمد، مطابقت دارد.

روش‌های آبیاری و سطوح مختلف آبیاری بر میانگین عملکرد برگ سبز چای نشان داد که بیشترین عملکرد برگ سبز چای در روش آبیاری SI با سطح نیاز آبی I2 به دست آمد (شکل ۱) که با نتایج (مجدسلیمی و همکاران، ۱۳۸۹)، (کار، ۱۹۷۴) و (کار، ۲۰۱۰) مبنی بر اینکه بیشترین عملکرد برگ سبز چای در روش آبیاری

جدول ۴- میانگین حجم آب داده شده در هر نوبت، دفعات آبیاری و حجم کل آب داده شده در طول دوره رشد گیاه برای تیمارهای مختلف آبیاری

تیمار	تعداد دفعات آبیاری	میانگین حجم آب داده شده در هر نوبت آبیاری (m ³ /ha)	حجم کل آب داده شده در طول دوره رشد گیاه (m ³ /ha)
آبیاری بارانی با سطح آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه	۳۴	۵۶/۰۸۸	۶۳۵/۶۶
آبیاری بارانی با سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه	۳۴	۱۱۲/۱۷۷	۱۲۷۱/۳۲
آبیاری قطره‌ای موضعی با سطح آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه	۳۴	۴۷/۲۳۲	۵۳۵/۲۹
آبیاری قطره‌ای موضعی با سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه	۳۴	۹۴/۴۶۴	۱۰۷۰/۵۸
آبیاری قطره‌ای نواری با سطح آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه	۳۴	۴۷/۲۳۲	۵۳۵/۲۹
آبیاری قطره‌ای نواری با سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه	۳۴	۹۴/۴۶۴	۱۰۷۰/۵۸

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس عملکرد برگ سبز چای، عملکرد برگ خشک چای و کارایی مصرف آب بر پایه عملکرد برگ سبز و خشک چای در تیمارهای مختلف روش‌های آبیاری و سطوح آبیاری در سال ۱۳۹۹

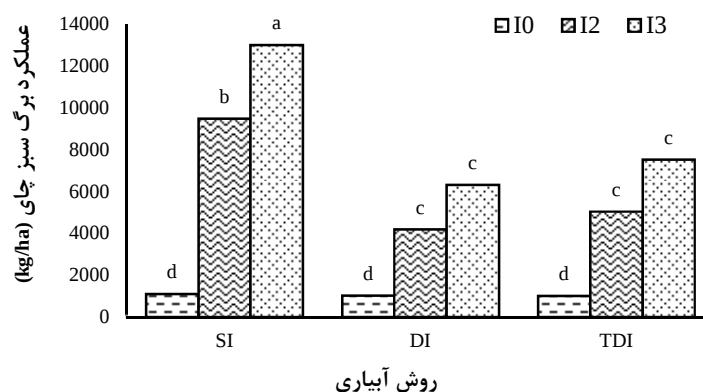
منابع تغییرات (S.O.V.)	درجه آزادی (df)	عملکرد برگ سبز چای	عملکرد برگ خشک چای	کارایی مصرف آب بر پایه برگ سبز چای	کارایی مصرف آب بر پایه برگ خشک چای
تکرار	۲	۹۵۵۳۱/۶	۶۸۴۳/۵۵	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰۲
روش‌های آبیاری	۲	۴۱۵۱۰۷۶۴/۹**	۳۰۳۴۳۰۸/۵۲**	۳/۴۲**	۰/۲۶۸**
خطای a	۴	۸۹۶۳۲۵/۱	۶۵۳۸۶/۵۵	۰/۰۸۸	۰/۰۰۳
سطوح آبیاری	۲	۱۴۴۹۱۲۹۲۷/۳**	۱۰۴۲۳۲۵۲/۲۱**	۱۰/۹۸**	۰/۷۲۴**
روش‌های آبیاری × سطوح آبیاری	۴	۱۰۳۷۱۳۱۹/۰**	۷۵۶۵۴۵/۷۱**	۰/۸۰**	۰/۰۶۲**
خطای b	۱۲	۲۱۵۳۳۰/۲	۱۵۷۹۸/۷۳	۰/۰۲۳	۰/۰۰۳
ضریب تغییرات (CV%)	-	۸/۵۷	۸/۵۶	۹/۰۹	۱۳/۳۷

** و * معنی دار به ترتیب در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد و NS معنی دار نیست.

جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین عملکرد برگ سبز و خشک چای و کارایی مصرف آب بر پایه آن‌ها از نظر تیمارهای مختلف روش‌های آبیاری و سطوح آبیاری

تیمار	عملکرد برگ سبز (kg/ha)	عملکرد برگ خشک (kg/ha)	کارایی مصرف آب بر پایه برگ سبز (kg/m ³)	کارایی مصرف آب بر پایه برگ خشک (kg/m ³)
روش‌های آبیاری				
بارانی (SI)	۷۸۵۹/۷ ^a	۲۱۲۹/۶ ^a	۲/۳۹ ^a	۰/۶۵ ^a
قطره‌ای موضعی (DI)	۳۸۴۶/۹ ^b	۱۰۴۴/۷ ^b	۱/۲۳ ^b	۰/۳۳ ^b
قطره‌ای تیپ (TDI)	۴۵۲۶/۹ ^b	۱۲۲۸/۴ ^b	۱/۴۵ ^b	۰/۳۶ ^b
سطوح آبیاری				
بدون آبیاری (I0)	۱۰۵۰/۱ ^c	۲۹۹/۱۶ ^c	۰/۴۴ ^c	۰/۱۳ ^c
۵۰ درصد نیاز آبی (I1)	۶۲۳۶/۱ ^b	۱۶۸۵/۴ ^b	۲/۱۱ ^b	۰/۵۷ ^b
۱۰۰ درصد نیاز آبی (I2)	۸۹۴۷/۳ ^a	۲۴۱۸/۱۷ ^a	۲/۵۳ ^a	۰/۶۵ ^a

میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون توکی تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه روش آبیاری در سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد برگ سبز

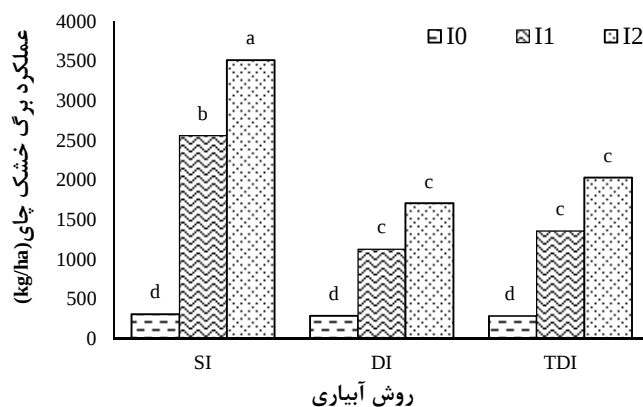
عملکرد برگ خشک چای

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر روش‌های آبیاری، اثر سطوح مختلف آبیاری و اثر متقابل این دو بر عملکرد برگ خشک چای در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بین روش‌های آبیاری از نظر عملکرد برگ خشک اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۶)؛ به‌طوری‌که بیشترین عملکرد برگ خشک چای با ۲۱۲۹/۶ کیلوگرم در هکتار در روش آبیاری SI و کمترین آن با ۱۰۴۴/۷ در روش آبیاری DI به‌دست آمد. همچنین بیشتر عملکرد برگ خشک چای با ۲۴۱۸/۱۷ کیلوگرم در هکتار در سطح نیاز آبی I2 و کمترین آن با ۲۹۹/۱۶ در سطح I0 به‌دست آمد که در شرایط آبیاری کامل در مقایسه با شرایط کم‌آبیاری و دیم عملکرد برگ خشک چای به‌ترتیب ۴۲/۳۲ و ۵۰/۹۴ درصد افزایش داشت (جدول ۶)؛ بنابراین برگ خشک چای که یکی از پارامترهای اساسی در

فرآوری چای به‌شمار می‌رود، در شرایط آبیاری کامل در مقایسه با شرایط کم‌آبیاری و دیم از عملکرد بالایی برخوردار بود. کاهش عملکرد در دو سطح I0 و I1 حاکی از حساس بودن بوته‌های چای به تنش‌های محیطی (کمبود رطوبت خاک و افزایش دمای هوا) است. همچنین بررسی اثر متقابل روش‌های آبیاری و سطوح مختلف آبیاری بر میانگین عملکرد برگ خشک چای نشان داد که بیشترین عملکرد برگ خشک چای در روش آبیاری SI با سطح نیاز آبی I2 به‌دست آمد (شکل ۲)؛ بنابراین شاخصه گیاه چای در شرایط محیط مرطوب که توسط روش آبیاری بارانی فراهم می‌شود، در مقایسه با روش آبیاری قطره‌ای از عملکرد بالایی برخوردار بود. نتایج این تحقیق با نتایج (کیگالو و همکاران، ۲۰۰۸) مبنی بر اینکه عملکرد برگ خشک چای در شرایط آبیاری قطره‌ای با ۵۹۷۰ کیلوگرم چای خشک در هکتار بیشتر از آبیاری بارانی با ۴۲۰۰ کیلوگرم چای خشک در هکتار بود،

(۲۰۱۰) مطابقت نداشت. احتمالاً اختلاف در نتایج میزان عملکرد خشک ناشی از متفاوت بودن کلون‌های آزمایشی بوده است؛ به‌طوری‌که در تحقیق حاضر از کلون هیبریدچینی جای، ولی در پژوهش کار (۲۰۱۰) از کلون TRFCA PC81 استفاده شده است که نشان‌دهنده حساسیت کلون هیبریدچینی جای در مقایسه با کلون TRFCA PC81 به تنش آبی بوده و موجب کاهش عملکرد این کلون در سطح ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه شده است.

مطابقت ندارد. گرفتگی قطره‌چکان‌ها با مواد مختلف (ذرات خاک و علف‌های هرز) و مسدود شدن روزنه‌ها در طول دوره آبیاری و بهره‌برداری به‌تدریج باعث عدم توزیع یکنواخت آب شدند که این امر باعث کاهش عملکرد آبیاری قطره‌ای در مقایسه با آبیاری بارانی شد. همچنین نتایج (کیگالو و همکاران، ۲۰۰۸) نشان داد که عملکرد برگ خشک جای در سطح آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه با ۵۴۲۶ کیلوگرم جای خشک در هکتار بیشتر از سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه با ۵۲۳۳ کیلوگرم جای خشک در هکتار بود. نتایج تحقیق حاضر با نتایج (کار،

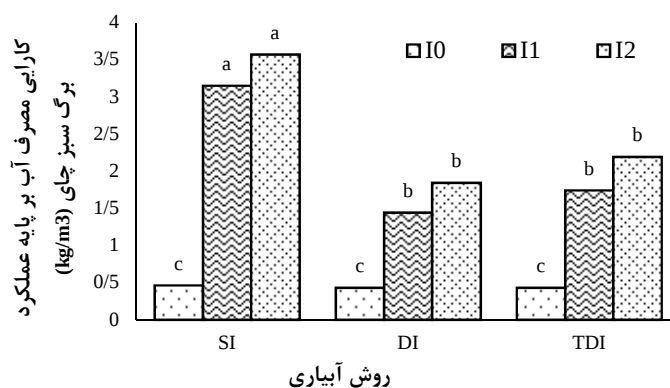


شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه روش آبیاری در سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد برگ خشک جای

۶)؛ بنابراین برای افزایش کارایی مصرف آب بر پایه برگ سبز جای، باغات جای نیاز به آبیاری تکمیلی دارند. همچنین بررسی اثر متقابل روش‌های آبیاری و سطوح مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب بر پایه عملکرد برگ سبز جای نشان داد که بیشترین کارایی مصرف آب بر پایه برگ سبز جای با ۳/۵۷ کیلوگرم بر متر مکعب در روش آبیاری SI با سطح نیاز آبی I2 به‌دست آمد و سطوح آبیاری I1 و I2 با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۳). نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج (مجدسلیمی و همکاران، ۱۳۸۹)، (مجدسلیمی و همکاران، ۱۳۹۳) و (پاندا و همکاران، ۲۰۰۳) مبنی بر اینکه بیشترین کارایی مصرف آب بر پایه عملکرد برگ سبز جای در روش آبیاری بارانی با سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌دست آمد، مطابقت دارد.

کارایی مصرف آب بر پایه برگ سبز جای

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر روش‌های آبیاری، اثر سطوح مختلف آبیاری و اثر متقابل این دو بر کارایی مصرف آب بر پایه برگ سبز جای در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بین روش‌های آبیاری از نظر کارایی مصرف آب بر پایه عملکرد برگ سبز اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۶)؛ به‌طوری‌که بیشترین کارایی مصرف آب بر پایه برگ سبز جای با ۲/۳۹ کیلوگرم در هکتار در روش آبیاری SI و کمترین آن با ۱/۲۳ در روش آبیاری DI به‌دست آمد. مقایسه میانگین داده‌های بین سطوح مختلف آبیاری نشان داد که بیشترین کارایی مصرف آب بر پایه برگ سبز جای با ۲/۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار سطح آبیاری I2 و کمترین آن با ۰/۴۴ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار I0 به‌دست آمد (جدول

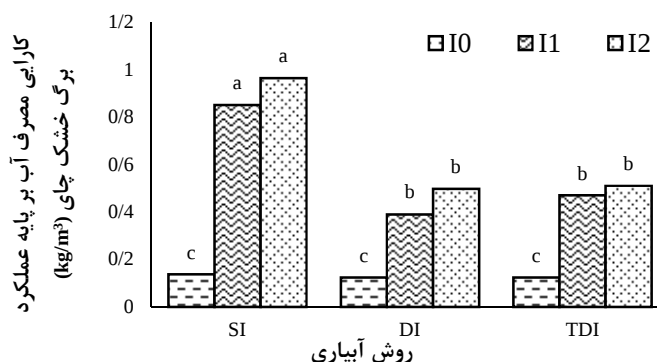


شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه روش آبیاری در سطوح مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب بر پایه عملکرد برگ سبز چای

آمد (جدول ۶)؛ به دلیل اینکه افزایش کارایی مصرف آب با کاهش آب مصرفی (مخرج کسر) یا با افزایش عملکرد (صورت کسر) میسر می‌شود. با اینکه انتظار می‌رفت کارایی مصرف آب در تیمار I1 به دلیل کم‌تر بودن کل حجم آب مصرفی در طول دوره رشد بیشتر از I2 باشد، عملکرد محصول (برگ خشک چای) در تیمار I2 با افزایش مقدار آب آبیاری افزایش قابل‌ملاحظه‌ای داشته و منجر به بیشتر شدن کارایی مصرف آب در آن شده است. همچنین بررسی اثر متقابل روش‌های آبیاری و سطوح مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب بر پایه عملکرد برگ خشک چای نشان داد که بیشترین کارایی مصرف آب با ۰/۹۶ کیلوگرم بر متر مکعب در روش آبیاری SI با سطح نیاز آبی I2 به دست آمد و سطوح نیاز آبی I1 و I2 با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۴).

کارایی مصرف آب بر پایه برگ خشک چای

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر روش‌های آبیاری، سطوح مختلف آبیاری و اثر متقابل این دو بر کارایی مصرف آب بر پایه برگ خشک چای در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بین روش‌های آبیاری از نظر کارایی مصرف آب بر پایه عملکرد برگ خشک، اختلاف معنی‌داری وجود داشت؛ به طوری که بیشترین کارایی مصرف آب بر پایه برگ خشک چای با ۰/۶۵ کیلوگرم در هکتار در روش آبیاری SI و کمترین آن با ۰/۳۳ در روش آبیاری DI به دست آمد (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌های بین سطوح مختلف آبیاری نشان داد که بیشترین کارایی مصرف آب بر پایه برگ خشک چای با ۰/۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار سطح آبیاری I2 و کمترین آن با ۰/۱۳ کیلوگرم بر متر مکعب در تیمار I0 به دست



شکل ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه روش آبیاری در سطوح مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب بر پایه عملکرد برگ خشک چای

نتیجه‌گیری

مناسب آن در دوره رشد گیاه نتوانست نیاز آبی گیاه را در شرایط دیم برای تولید موفقیت‌آمیز برگ سبز و خشک چای فراهم کند. روش آبیاری بارانی در مقایسه با روش

نتایج این تحقیق نشان داد که میزان بارندگی هرچند در طول سال بیشتر از نیاز آبی گیاه بود، ولی عدم توزیع

- response to irrigation treatments. *Agric. Water Manag.* 97(1): 419-425.
9. Giouvanis V. Siafis K. Papanikolaou C. Dimakas D. and Sakellariou-Makrantonaki M. 2018. Effects of Different Irrigation Levels in Cultivation of "Mountain Tea". *International Conference on "Insights on the Water-Energy-Food Nexus Lefkada Island Greece*. 2(11): 2-6.
 10. Giordano M. Petropoulos S. A. Cirillo C. and Roupheal Y. 2021. Biochemical, physiological, and molecular aspects of ornamental plants adaptation to deficit irrigation. *Horticulturae*. 7(5): 107-130.
 11. Gunathilaka R.P.D. and Tularam G. A. 2015. The Tea Industry and a Review of Its Price Modelling in Major Tea Producing Countries. 2015. *Management and Strategy*. 7(1): 21-36.
 12. Hong N. B. and Yabe M. 2017. Improvement in irrigation water use efficiency: a strategy for climate change adaptation and sustainable development of Vietnamese tea production. *Environment. Development and Sustainability*. 19(4): 1247-1263.
 13. Luk H. Y. Appell C. Chyu M. C. Chen C. H. Wang C. Y. Yang R. S. and Shen C. L. 2020. Impacts of Green Tea on Joint and Skeletal Muscle Health: Prospects of Translational Nutrition. *Antioxidants* 9(11): 1050-1078.
 14. Kigalu J. M. Kimambo E. I. Msite I. and Gembe M. 2008. Drip irrigation of tea (*Camellia sinensis* L.): 1. Yield and crop water productivity responses to irrigation. *Agricultural water management*. 95(11): 1253-1260.
 15. Kigalu J.M. 2007. Effects of planting density and drought on the productivity of tea clones (*Camellia sinensis* L.): Yield responses. *Physics and Chemistry of the Earth*. 32(15): 1098-1106.
 16. Panda P. K. Stephens W. and Carr R. 2003. Modelling the influence of irrigation on the potential yield of tea (*Camellia sinensis*) in north-east India. *Experimental Agriculture*. 39(2): 181-198.
 17. Stephens W. and Carr M. K. V. 1991. Responses of tea (*Camellia sinensis* L.) to irrigation and fertilizer. I. Yield. *Experimental Agriculture*. 27(2): 177-191.

آبیاری قطره‌ای (موضعی و نواری) بیشترین عملکرد (برگ سبز و خشک) و بیشترین کارایی مصرف آب (بر پایه برگ سبز و خشک) را با سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به همراه داشت؛ بنابراین روش آبیاری بارانی (SI) با سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (I2) به دلیل عملکرد و کارایی مصرف آب بالا و سهولت اجرای این روش آبیاری در مقایسه با روش آبیاری قطره‌ای می‌تواند گزینه مناسبی برای باغات چای منطقه فومن باشد.

منابع

۱. سپاسخواه ع. ر. توکلی ع. ر. و موسوی س. ف. ۱۳۸۵. اصول کاربردی کم‌آبیاری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. چاپ اول. ۲۸۸ ص.
۲. علیزاده ا. ۱۳۸۵. طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار. انتشارات آستان قدس رضوی مشهد. ۳۶۷ ص.
۳. مجدسلیمی ک. باقری ف. و صلواتیان س. ب. ۱۳۸۹. تأثیر بهره دوره‌های مختلف آبیاری بارانی بر بهره‌وری آب و خصوصیات کیفی گیاه چای و ارزیابی اقتصادی آن. نشریه آب و خاک. ۲۴(۵): ۸۴۵-۸۵۴.
۴. مجدسلیمی ک. باقری ف. و صلواتیان س. ب. ۱۳۹۳. ارزیابی عملکرد و کارایی مصرف آب در تولید اقتصادی چای تحت تأثیر تیمارهای آبیاری تکمیلی و کود نیتروژن. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۲۸(۳): ۵۷۲-۵۸۳.
5. Corbo M. R. Bevilacqua A. Petruzzi L. Casanova F.P. and Sinigaglia M. 2014. Functional beverages: the emerging side of functional foods. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 13(6): 1192-1206.
6. Carr M. K. V. 1974. Irrigating seedling tea in Southern Tanzania: effects on total yields, distribution of yield and water use. *The Journal of Agricultural Science*. 83(2): 363-378.
7. Carr M. K. V. 2010. The role of water in the growth of the tea (*Camellia sinensis* L.) crop: a synthesis of research in eastern Africa. II. Water productivity. *Experimental Agriculture*. 47(3): 1-29.
8. Chen Zhuang C. He Y. Wang L. and Han G. 2010. Photosynthesis, yield, and chemical composition of Tieguany in tea plants (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) in

