تأثیر آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد چای

کوروش مجد سلیمی[۱*] و سید مجید میرلطیفی[۲]

(تاریخ دریافت: ۸۵/۱۱/۲۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۷/۳)

چکیده

در بسیاری از مناطق چای‌خیز شمال کشور، انجام آبیاری تکمیلی مناسب در دوره کم‌آبی و مصرف صحیح کود نیتروژن می‌تواند منجر به افزایش قابل توجه عملکرد در واحد سطح گردد. دراین راستا، تحقیق حاضر برای بررسی تأثیر سطوح آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد و تعیین تابع تولید و ضریب گیاهی چای، در جنوب غربی شهرستان فومن(زیده) در استان گیلان انجام شد. در این تحقیق از سیستم آبیاری بارانی تک‌شاخه‌ای و طرح آزمایشی کرت‌های دوبارخرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی، استفاده گردید. عامل فرعی یعنی تیمارهای آبیاری بر اساس میزان آب دریافتی، به تیمارآبیاری کامل (I_4)، تیمارهای آبیاری ناقص (I_3 ، I_2 وI_1) و تیمار بدون آبیاری(I_0) تقسیم‌بندی و در هر تکرار به‌صورت ثابت انتخاب شدند. عامل اصلی شامل سه سطح نیتروژن N_1 ، N_2 و N_3 (۱۰۰، ۱۸۰ و۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بوده که در سه تکرار به‌صورت تصادفی قرار داده شدند. در طی دوره رشد(اواخر فروردین تا مهر ماه)، به‌صورت هفته‌ای، رطوبت موجود در خاک به روش وزنی تا عمق ۹۰ سانتی‌متری تعیین و سپس با استفاده از روش بیلان رطوبتی، تبخیر- تعرق واقعی چای محاسبه شد. با برآورد ETo از روش پنمن- مانتیث در همان دوره، ضریب گیاهی نیز محاسبه گردید. در طی دوره رشد، میانگین تبخیر- تعرق واقعی در تیمارهای I_4 و I_0 به‌ترتیب معادل با ۴۵۷ و۲۵۶ میلی‌متر حاصل گردید. ضریب گیاهی چای در دوره کم آبی (خرداد، تیر و مرداد) برای تیمار آبیاری کامل بین ۰/۸ تا ۰/۹ حاصل شد. ضریب حساسیت چای به تنش(k_y) برابر با ۱/۳۷ به‌دست آمد. نتایج نشان داد که مصرف بهینه نیتروژن (۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) همراه با آبیاری کامل، تولید محصول و کارایی مصرف آب را افزایش داده و آبیاری در مقایسه با نیتروژن، تأثیر بیشتری بر افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب داشته است. در تیمارهای I_0 وI_1، مصرف نیتروژن به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار منجر به تولید بیشترین عملکرد و کارایی مصرف آب گردید.

واژه‌های کلیدی: چای، آبیاری تکمیلی، نیتروژن، کارایی مصرف آب، ضریب گیاهی

مقدمه

چای (*Camellia sinensis* L.) گیاهی همیشه سبز از تیره *Theaceae* است که در اقلیم‌های متفاوتی، در سراسر جهان رشد می‌نماید(۱۰). حداقل بارندگی مورد نیاز سالانه برای رشد مناسب چای بین ۱۱۵۰ تا ۱۴۰۰ میلی‌متر است(۱۲). در مناطقی که میزان بارندگی و توزیع آن در دوره بهره‌برداری (رشد) مناسب نباشد، استفاده از آبیاری تکمیلی به‌منظور جبران کمبود آب مورد نیاز باغ‌های چای امری اجتناب‌ناپذیر است(۵ و ۶).

۱. محقق بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات چای کشور، لاهیجان

۲. استادیار آبیاری و زه‌کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: k_majdsalimi@yahoo.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.4.4]

در آب و هوای گرم و خشک، آب اصلی‌ترین عامل محدود کننده عملکرد بوته‌های چای است. به‌طوری‌که در نبود محدودیت‌های دیگر، آبیاری می‌تواند به‌صورت چشم‌گیری تولید محصول را افزایش دهد(۳ و۴). در مناطق مختلف چای‌خیز، میزان تأثیر آبیاری بر عملکرد فصل گرم و خشک متفاوت بوده و تحت تأثیر شدت و مدت خشک‌سالی، شرایط آب و هوایی (به‌ویژه بارندگی، دما و رطوبت موجود در هوا)، برنامه آبیاری(مقدار و دور آبیاری)، نوع سیستم آبیاری، نوع کشت(قلمه و بذری)، نوع کلون و سن بوته‌ها قرار می‌گیرد(۴).

تحقیقات انجام گرفته در جنوب تانزانیا که توسط کار و همکاران (۶) گزارش شده است، نشان می‌دهد که انجام آبیاری در دوره کم‌آبی (ماه می تا نوامبر)، تولید محصول را به میزان دو برابر افزایش داده است. به‌طوری‌که کاهش تعداد و مقدار آبیاری، موجب کاهش عملکرد به میزان قابل توجهی شده است.

در حال حاضر کشت و تولید چای، در دو استان گیلان و مازندران صورت می‌گیرد و چای تولیدی در این مناطق، تقریباً ۴۰ درصد از مصرف سرانه کشور را تأمین می‌نماید. برداشت از باغ‌های چای که بیشتر در اراضی دیم و کوهپایه‌ای قرار دارند، در ماه‌های اردیبهشت تا آبان هر سال انجام می‌گیرد و تأمین آب مورد نیاز آنها به وضعیت (مقدار و توزیع) بارندگی منطقه بستگی دارد. با توجه به افزایش دما، کاهش رطوبت هوا وکمبود ریزش باران و توزیع نامناسب آن در بعضی از ماه‌های دوره رشد، تأمین آب مورد نیاز بوته‌های چای با استفاده از آبیاری تکمیلی، مهم‌ترین و اساسی‌ترین مسأله در بهبود و تثبیت عملکرد این محصول به‌شمار می‌آید. هم‌چنین در این مناطق، با توجه به محدودیت اراضی، استفاده بهینه از آب و نیتروژن به‌عنوان دو عامل مهم مدیریتی به‌منظور افزایش تولید در واحد سطح و کاهش هزینه‌های تولید، شرط لازم برای توسعه کشاورزی پایدار است.

محصول چای شامل برگ‌های تازه آن است، بنابراین گیاه چای به کاربرد کود نیتروژن حساس می‌باشد. با توجه به دائمی بودن بوته‌های چای و برداشت بخشی از اندام‌های هوایی (شاخساره‌ها) به‌عنوان محصول، اهمیت این عنصر بیشتر می‌گردد(۱۷). به‌طورکلی واکنش چای به سطوح مختلف نیتروژن به میزان آب موجود در خاک، شرایط آب و هوایی، خاک و قابلیت جذب عناصر غذایی دیگر بستگی دارد. درصد نیتروژن در برگ‌های برداشت شده چای در حدود ۵- ۳/۵ درصد ماده خشک گیاهی است. این مقدار معادل با خروج سالانه ۵۰- ۳۵ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار به ازای تولید ۱۰۰۰ کیلوگرم چای خشک است(۲).

استیفنز و کار(۱۳) در آزمایشی که روی کلون ۶/۸ در منطقه موفیندی تانزانیا انجام دادند، گزارش نمودند که رابطه بین عملکرد و تبخیر- تعرق چای به‌صورت خطی بوده و در طی فصل خشک، اثر تیمارهای آبیاری و نیتروژن بر عملکرد معنی‌دار بوده است. عملکرد تیمارهای آبیاری کامل در طی فصل خشک به ۲/۲ تن چای خشک در هکتار رسید. درحالی‌که تیمارهای بدون آبیاری(دیم) پاسخ معنی‌داری نسبت به تیمارهای نیتروژن نشان ندادند و عملکرد آنها به کمتر از ۰/۴ تن چای خشک در هکتار کاهش یافت. در این آزمایش مصرف بهینه نیتروژن برای تیمارهای آبیاری کامل، ۳۷۵ کیلوگرم در هکتار و برای تیمارهای بدون آبیاری حدود ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در طی ۱۱ ماه از فصل رشد تعیین گردید.

استیفنز و کار(۱۴) در گزارش دیگری عنوان نمودند که رابطه بین کاهش عملکرد و افزایش کمبود آب خاک، طی فصل گرم و خشک سه سال آزمایش، به‌صورت خطی یا غیر خطی تغییر می‌نمود. در طی دوره کم‌آبی و در شرایط یکسان مصرف کود نیتروژن، عملکرد تیمارهای بدون آبیاری ۴ تا ۸ درصد و تیمارهای آبیاری کامل بین ۳۲ تا ۴۹ درصد از کل عملکرد سالانه را تشکیل می‌دادند. آنها عنوان نمودند که میزان افزایش عملکرد چای در مقابل نیتروژن مصرفی وابسته به آبیاری بوده و افزایش محصول در اثر استفاده از آبیاری مؤثرتر از کاربرد نیتروژن به تنهایی است.

افت عملکرد چای تنها تحت تأثیر تنش ناشی از کمبود رطوبت در خاک نیست. نتایج تحقیقات در بعضی از کشورهای

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.4.4]

چای‌خیز نشان می‌دهد که تولید محصول چای (برگ‌ها و شاخساره‌های لطیف و تازه) هم‌زمان تحت تأثیر تنش ناشی از دمای بالا و کمبود رطوبت در هوای اطراف بوته‌ها نیز قرار می‌گیرد(۶ و۱۰). کار و همکاران(۶) بر اساس تحقیقات خود در مالاوی گزارش نمود که در فصل گرم و خشک، حتی زمانی‌که رطوبت موجود در خاک در حد ظرفیت زراعی باشد، پتانسیل آب شاخساره‌ها و رشد شاخساره‌ها (محصول) تحت تأثیر دمای بالا و کمبود رطوبت موجود در هوا، به شدت کاهش می‌یابد.

بهینه‌سازی مصرف آب و کود نیتروژن، تدوین برنامه و اعمال مدیریت صحیح آبیاری می‌تواند علاوه بر افزایش عملکرد در واحد سطح یا آب مصرفی، زیان‌های ناشی از کمبود منابع آب را نیز جبران نماید. در تدوین برنامه آبیاری مناسب و بهبود کارایی مصرف آب در آبیاری، تعیین تبخیر- تعرق، ضریب گیاهی و تابع عملکرد گیاه بسیار حائز اهمیت است. در این تحقیق تأثیر سطوح آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد چای مورد بررسی قرار گرفت و نیاز آبی، ضریب گیاهی و تابع تولید آن در منطقه زیده فومن در استان گیلان تعیین گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق روی گیاه چای در منطقه زیده واقع در جنوب غربی شهرستان فومن (استان گیلان) با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۲ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۲ دقیقه و در ارتفاع ۹۰ متری از سطح دریا در سال ۱۳۷۹ اجرا شد. برای آبیاری قطعه آزمایشی از سیستم آبیاری بارانی تک شاخه‌ای(Line source) استفاده گردید(۹ و۱۱). در این روش یک لوله آبیاری در وسط قطعه‌ای در باغ قرار گرفت و تعدادی آبپاش به فواصل معین (۶/۱ متر) از یکدیگر روی آن نصب گردید. قطعه آزمایشی در طرفین لوله آبده که همپوشانی کامل آبپاش‌ها بر روی آن صورت گرفت، انتخاب گردید. اثر سطوح مختلف آبیاری، نیمه‌های آبیاری و نیتروژن و اثر متقابل آنها بر عملکرد کرت‌ها، با استفاده از آزمایش کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی مورد بررسی قرارگرفت. آزمایش دارای سه تکرار و هر تکرار دارای دو نیمه آبیاری بود که در طرفین خط آبیاری قرار داشتند. عامل اصلی شامل سه سطح نیتروژن N_1 ، N_2 و N_3 به‌ترتیب معادل با مصرف ۱۸۰،۱۰۰ و۳۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌باشد که در سه تکرار به‌طور تصادفی قرار گرفتند. نیتروژن در دو تقسیط مساوی از منبع کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن خالص) و در دو زمان (مرحله اول اواخر فروردین و مرحله دوم اواخر خرداد ماه) به خاک کرت‌ها داده شد. عامل فرعی یعنی تیمارهای آبیاری در هر تکرار به‌صورت ثابت انتخاب گردیدند. در روش آبیاری بارانی تک‌شاخه‌ای با افزایش فاصله از لوله آبیاری، مقدار آب دریافتی توسط کرت‌ها، کاهش و تنش آبی افزایش می‌یابد. تیمارهای آبیاری بر اساس میزان آب دریافتی به مرطوب‌ترین تیمار (I_4) در مجاورت لوله آبده، تیمار بدون آبیاری یا شاهد (I_0) در دورترین نقطه از لوله آبده و تیمارهای با آبیاری ناقص(I_1، I_2 وI_3) بین دو تیمار مذکور قرار داده شدند. ابعاد هرکرت در این آزمایش ۳/۶ ×۵/۱ متر در نظر گرفته شد. به‌منظور جلوگیری از اثرات جانبی کرت‌ها در تیمارهای اصلی (نیتروژن) بر یکدیگر، فاصله‌ای به اندازه یک ردیف بوته(۱/۵متر) بین آنها لحاظ گردید. پس از استقرار سیستم آبیاری و کرت‌بندی قطعه آزمایشی، به‌منظور قطع سرشاخه‌های پنجه کلاغی و افزایش قدرت باردهی بوته‌ها، عملیات هرس سبک سطحی در زمستان انجام گردید. هم‌زمان آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تا عمق ۹۰ سانتی‌متری انجام شد و مشخص گردید که بافت خاک از نوع لومی است. نقطه ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی دائم و جرم مخصوص ظاهری خاک به‌ترتیب ۳۱ درصد حجمی، ۱۶ درصد حجمی و ۱/۴۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب و ظرفیت نگهداری آب در خاک در عمق‌های ۰-۳۰ ، ۳۰-۶۰ و۶۰-۹۰ سانتی‌متری به ترتیب معادل ۱۴/۸، ۱۴/۳ و ۱۴/۹ درصد وزنی به‌دست آمد. با توجه به عدم کمبود مواد مغذی در خاک قطعه آزمایشی، فقط کودهای سولفات پتاسیم و سوپرفسفات تریپل (به‌ترتیب به میزان ۱۰۰ و۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت یک‌نواخت روی آن پخش و با خاک مخلوط گردید. عمق ریشه‌های مویین بوته‌های چای محل آزمایش ۶۰ سانتی‌متر بود

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.4.4]

که در طی دوره رشد این عمق ثابت در نظر گرفته شد(در گیاه چند ساله چای، در شرایط ایدال و پس از رسیدن بوته‌ها به سن بلوغ و باردهی، ریشه‌ها دارای عمق ثابتی می‌باشند). در طی فصل رشد هشت مرتبه آبیاری از طریق سیستم بارانی با اعمال تنش آبی، انجام شد. مدت و زمان آبیاری بر مبنای شدت پاشش آبپاش‌ها در تیمار آبیاری کامل(I_4)، کاهش رطوبت تا ۴۰ درصد آب قابل دسترس ٪۴۰= MAD (Management Allowed Depletion) وکمبود رطوبت خاک تا عمق ۹۰ سانتی‌متری برنامه‌ریزی گردید. در هر نوبت آبیاری، ازکرت‌های آزمایشی نمونه‌گیری رطوبتی انجام شد. نمونه‌گیری در هر نوبت به‌صورت هفته‌ای و در زمان قبل آبیاری، انجام می‌گرفت و عمق رطوبت موجود در خاک با استفاده از معادله ۱ به‌دست آمد:

$$dx = \Theta_m . D . B_d \qquad [1]$$

که در آن: B_d وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، D عمق ریشه (سانتی‌متر)، dx عمق آب موجود در خاک(سانتی‌متر)، Θ_m رطوبت خاک (درصد وزنی) است.

میزان تبخیر- تعرق واقعی چای از طریق اندازه‌گیری اجزای بیلان آب بر اساس معادله ۲ محاسبه شد:

$$I+P-(ETa+Dd+Ro)=\Delta S \qquad [2]$$

که در آن: I و P به ترتیب مقدار آب آبیاری و بارندگی موثر، ETa، Dd، Ro به ترتیب مقدار تبخیر- تعرق واقعی، عمق آب زهکشی شده و رواناب و ΔS تغییرات ذخیره رطوبت خاک است (واحدها بر حسب میلی‌متر می‌باشد). با توجه به استفاده از روش آبیاری بارانی، تمهیداتی اعمال شد که از ایجاد رواناب سطحی جلوگیری گردید. هم‌چنین با اعمال آبیاری مطابق با اندازه‌گیری رطوبت خاک مزرعه، سعی گردید از وقوع نفوذ عمقی ممانعت شود. بر اساس تبخیر- تعرق واقعی چای (ETa) و تقسیم آن بر تبخیر- تعرق گیاه مرجع(ETo) که از روش پنمن- مانتیث و با کمک برنامه Cropwat به دست می‌آمد، مقدار ضریب گیاهی(Kc) چای در دوره‌های متفاوت در طی دوره رشد، محاسبه گردید. هم‌زمان ارتفاع آب آبیاری در قوطی‌های نمونه‌گیری آب که در بالای بوته‌های چای قرار داشتند، قرائت می‌شد. در هر مرحله، آبیاری به نحوی انجام گرفت که رطوبت موجود در خاک بیشتر از میزان رطوبت ظرفیت زراعی نگردد و نفوذ عمقی به صفر برسد. با اندازه‌گیری رطوبت خاک قبل و بعد از بارندگی و بررسی تغییرات رطوبت تا عمق ۹۰ سانتی‌متری و ثبت میزان بارندگی کل توسط باران‌سنج، میزان نفوذ عمقی و بارندگی موثر محاسبه گردید. برداشت برگ‌های تازه چای به‌صورت ممتاز (۲ یا ۳ برگ و یک جوانه انتهایی) از کرت‌های آزمایشی در فواصل زمانی ۱۵ تا ۲۳ روز انجام گرفت. در طی دوره رشد (۲۵ فروردین تا مهر) به‌طورکلی نه مرتبه برداشت جداگانه به‌ترتیب در تاریخ‌های ۲/۱۷ ، ۳/۴ ، ۴/۵، ۴/۲۰، ۵/۵ ، ۵/۲۰ ، ۶/۷ و ۶/۲۶ سال ۱۳۷۹ صورت گرفت. برداشت برگ سبز از تمام کرت‌های آزمایشی به‌طور هم‌زمان انجام و وزن آنها توسط ترازو تعیین شد. برای تبدیل برگ سبز چای به چای خشک از ضریب تبدیل ۰/۲۲۵ استفاده گردید. به‌منظور بررسی بهتر و دقیق‌تر میزان اثرات هر یک از سطوح نیتروژن، آبیاری و اثر متقابل آنها روی عملکرد چای، تعداد نه برداشت به سه دوره متفاوت از لحاظ زمان برداشت تقسیم‌بندی گردید. تفکیک دوره‌ها با توجه به شرایط آب و هوایی، میزان تنش و تغییرات رطوبتی درخاک و زمان تأثیر نیتروژن انجام گرفت. سه دوره عبارت است از: دوره اول (جمع برداشت‌های اول ودوم)، دوره دوم یا دوره کم آبی(جمع برداشت‌های سوم تا هفتم) و دوره آخر(جمع برداشت‌های هشتم و نهم). تجزیه و تحلیل داده‌ها در دوره‌های مذکور و جمع کل برداشت‌ها با استفاده از نرم افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

اثر آبیاری و نیتروژن برعملکرد

اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر عملکرد چای (جمع کل برداشت‌ها، برداشت‌های سوم تا هفتم و هشتم تا نهم) در سطح احتمال یک درصد دارای اختلاف معنی‌داری بود. اما اختلاف معنی‌داری بین سطوح آبیاری در جمع برداشت‌های اول و دوم

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.4.4]

مشاهده نگردید. در برداشت‌های اول و دوم با توجه به رطوبت نسبی بالا و بارندگی‌های خوب و توزیع مناسب آن، بوته‌های چای با تنش مواجه نشده و دارای عملکرد تقریباً یکسانی بودند(جدول۱). برای جمع کل برداشت‌ها، تیمار آبیاری کامل(I_4) با بیشترین میزان عملکرد، به تنهایی در رتبه a و تیمارهای بعدی به‌ترتیب در رتبه‌های پایین‌تری قرار گرفتند. نکته قابل توجه در مقایسه میانگین‌های سطوح آبیاری این است که با وجود بارندگی مناسب و تأمین رطوبت مورد نیاز تیمارهای مختلف در جمع برداشت‌های پایانی(هشتم و نهم)، عملکرد آنها دارای اختلاف معنی‌داری نسبت به هم می‌باشند. در این مورد باید عنوان نمود که خسارت وارده به بوته‌ها شامل برگ‌های مغذی (Maintenance foliage) و شاخساره‌ها تیمار شاهد و با آبیاری ناقص، ناشی از شرایط بد آب و هوایی در برداشت ششم(پنجم مرداد)، در هنگام برداشت‌های پایانی جبران نگردیده و سبب این اختلاف شده است. افت ناگهانی عملکرد این تیمارها (I_0 تا I_3) در برداشت ششم، علاوه بر کمبود رطوبت موجود در خاک، تحت تأثیر دمای بالای هوا و کاهش رطوبت موجود در هوای اطراف بوته‌ها نیز قرار داشت. افزایش دمای هوا به ۳۷ درجه سانتی‌گراد و کاهش رطوبت نسبی در ظهر به ۴۳ درصد، طی چهار روز در فاصله زمانی بین برداشت پنجم و ششم، سبب گردید تا دمای برگ‌ها و شاخساره‌ها و نیاز به تعرق در آنها افزایش یابد و چون خاک در تیمارهای شاهد و آبیاری ناقص دارای رطوبت کافی برای تامین نیاز آبی و برقراری تعادل رطوبتی بین اتمسفر و گیاه نبود، لذا شاخساره‌ها و برگ‌های سبز بوته‌های چای و دیگراندام‌های هوایی(مانند برگ‌های مغذی) تحت تأثیر این تنش‌ها، دچار سوختگی شده و عملکرد آنها در برداشت ششم، به شدت کاهش یافت. هم‌چنین خسارت ناشی از این شرایط، سبب گردید تا جمع عملکرد برداشت‌ها در دوره کم‌آبی (سوم تا هفتم) در این تیمارها نسبت به تیمار آبیاری کامل، اختلاف معنی‌داری داشته باشد. بر اساس مطالعات انجام گرفته در کنیا، زمانی‌که دمای محیط اطراف بوته‌ها به ۳۲-۳۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد، دمای برگ‌های چای که در معرض تابش خورشید قرار گرفته‌اند به ۴۵-۴۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد(۵ و۱۶). رطوبت هوا هر قدر بیشتر باشد، نمو طولی شاخساره‌ها و توسعه برگ‌ها سریع‌تر و میزان محصول چای بیشتر خواهد شد. برای این‌که چای رشد خوبی داشته باشد باید رطوبت نسبی هوا حداقل ۶۰ درصد باشد. به ازای هر ۱۰درصد کاهش رطوبت نسبی از میزان ۶۰ درصد، غلظت شیره سلولی به میزان ۶ درصد افزایش می‌یابد که در نتیجه رشد را تحت تأثیر قرار می‌دهد(۵، ۸ و۱۶). هم‌چنین زمانی‌که رطوبت نسبی هوا کمتر از ۶۰ درصد باشد، باید از مصرف کود نیز اجتناب نمود(نقل از منبع۱).

چنان‌که در جدول۲ آورده شده است تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن نیز بر عملکرد چای (جمع کل برداشت‌ها، جمع برداشت‌های سوم تا هفتم و جمع برداشت‌های هشتم و نهم) در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. قابل ذکر است که این اثر درجمع برداشت‌های اول ودوم معنی‌دار نمی‌باشد. این موضوع را می‌توان به دلیل زمان اولین مصرف نیتروژن در اواخر فروردین و فاصله زمانی کوتاه آن برای تأثیر روی این دو برداشت دانست. نیتروژن معمولا ۳ تا ۴ هفته پس از مصرف، شروع به اثرگذاری می‌نماید(۲ و۱۷). نتایج مقایسه میانگین‌ها، نشان می‌دهد که در جمع کل برداشت‌ها، مصرف نیتروژن به میزان ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار، منجر به تولید بیشترین میزان عملکرد شده است. هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد که سطوح N_1 و N_3 تفاوت معنی‌داری روی عملکرد ندارند. تیمار N_3 نه تنها افزایش عملکردی نداشته، بلکه نسبت به تیمار N_2 کاهش عملکرد را نیز سبب شده است. این مسأله علاوه بر دلایل فیزیولوژیکی، ممکن است به واسطه ایجاد محدودیت برای جذب مواد غذایی دیگر و تنش اسمزی حاصل از مصرف بالای نیتروژن باشد که در جذب آب توسط ریشه اختلال ایجاد می‌کند. ویلسون (۱۷) نیز علت کاهش عملکرد در سطوح بالاتر نیتروژن را به واسطه محدودیت جذب دیگر مواد غذایی در اثر خاصیت اسیدزایی کود نیتروژن در خاک می‌داند. هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که سطوح نیتروژن N_2 و N_3

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.4.4]

جدول۱. مقایسه میانگین سطوح آبیاری در برداشت‌های متفاوت

سطوح آبیاری	میانگین عملکرد برگ سبز(کیلوگرم در هکتار)		
	جمع کل برداشت‌ها	برداشت‌های ۳ تا ۷	برداشت‌های ۸ و ۹
I_4	۹۷۴۳[a]*	۵۶۶۴[a]	۲۲۱۳[a]
I_3	۸۰۷۱[b]	۴۹۲۲[b]	۱۷۸۵[b]
I_2	۶۳۲۲[c]	۴۰۴۴[c]	۸۵۹[c]
I_1	۴۴۵۳[d]	۲۸۲۶[d]	۳۴۱[d]
I_0	۳۹۶۸[d]	۲۵۰۳[d]	۲۷۰[e]

*: حروف نامشابه مربوط به گروه‌بندی تیمارها به کمک آزمون دانکن(احتمال ۵٪) است.

جدول۲. مقایسه میانگین سطوح نیتروژن در برداشت‌های متفاوت

سطوح ازت	میانگین عملکرد برگ سبز(کیلوگرم در هکتار)		
	جمع کل برداشت‌ها	برداشت‌های ۳ تا ۷	برداشت‌های ۸ و ۹
N_1	۶۵۸۶[b]*	۴۱۲۷[b]	۲۹۸[b]
N_2	۶۸۵۲[a]	۴۲۹۳[a]	۳۴۸[a]
N_3	۶۶۴۷[b]	۴۱۱۴[b]	۳۳۹[a]

* : حروف نامشابه مربوط به گروه‌بندی تیمارها به کمک آزمون دانکن(احتمال ۵٪) است.

برای جمع عملکرد برداشت‌های هشتم و نهم(پایان دوره رشد)، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشته و در یک کلاس قرار می‌گیرند که توصیه مصرف نیتروژن به مقدار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار را تأیید می‌نماید. زیرا مصرف بیشتر نیتروژن جنبه اقتصادی نداشته و علاوه بر ایجاد مشکلات زیست محیطی، موجب کاهش راندمان مصرف نیتروژن نیز می‌شود. استیفنز و کار(۱۴) در سه سال اجرای تحقیق خود در تانزانیا عنوان نمودند که در سال‌های متوالی، افزایش میزان کود نیتروژن مصرفی، عملکرد سالانه را به‌صورت قابل توجهی افزایش داده، به‌طوری‌که هر چه تعداد دفعات برداشت بیشتر شود، میزان عملکرد نیز افزایش یافته و در نتیجه کود نیتروژن بیشتری مورد نیاز است.

اثر متقابل آبیاری و نیتروژن روی جمع کل عملکرد، نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد می‌باشد. بیشترین میزان عملکرد برگ سبز از تیمار آبیاری کامل و مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار(I_4N_2) به دست آمد. میانگین عملکرد تیمار I_0N_2 برابر ۳/۹۳ تن برگ سبز در هکتار و تیمار I_4N_2 برابر ۱۰/۱۴ تن در هکتار بود(جدول۳). بنابراین در سطح نیتروژن ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار و دو سطح دیگر نیتروژن به‌کار رفته، با افزایش میزان آب مصرفی تولید محصول افزایش یافت و آبیاری اثر محسوس‌تری نسبت به نیتروژن بر افزایش عملکرد داشت. با توجه به اثر کودهای نیتروژن که در شرایط مناسب رطوبتی خاک دارای تأثیر قابل توجهی بر عملکرد هستند، می‌توان نتیجه گرفت که مصرف بهینه نیتروژن همراه با آبیاری، راندمان تولید محصول را افزایش خواهد داد. استیفنز وکار(۱۴) به نتایج مشابهی در تانزانیا رسیدند. آنها عنوان نمودند که رابطه بین عملکرد و میزان آب مصرفی به میزان نیتروژن مصرفی بستگی دارد. هم‌چنین استیفنز و کار(۱۵) در یک تحقیق دیگر در تانزانیا عنوان نمودند که اثر آبیاری و نیتروژن روی عملکرد در فصول مختلف متفاوت است و نتیجه گرفتند

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.4.4]

جدول۳. آب مصرفی، عملکرد و کارایی مصرف آب در تیمارهای متقابل آبیاری و کود نیتروژن

تیمار	آب مصرفی[1] (mm)	عملکرد برگ سبز(kg/ha)	عملکرد چای خشک(kg/ha)	کارایی مصرف آب(kg/m^3)
I_0N_1	۲۵۶	۴۰۸۹	۹۲۰	۰/۳۵۹
I_1N_1	۳۱۵	۵۳۷۸	۱۲۱۰	۰/۳۸۴
I_2N_1	۳۶۳	۶۱۸۵	۱۳۹۱	۰/۳۸۳
I_3N_1	۴۰۲	۷۸۶۳	۱۷۶۹	۰/۴۴
I_4N_1	۴۵۴	۹۵۸۹	۲۱۵۷	۰/۴۷۵
I_0N_2	۲۵۵	۳۹۲۹	۸۸۴	۰/۳۴۷
I_1N_2	۳۱۸	۴۷۷۹	۱۰۷۵	۰/۳۳۸
I_2N_2	۳۶۱	۶۷۹۶	۱۵۲۹	۰/۴۲۳
I_3N_2	۴۰۹	۸۶۱۲	۱۹۳۸	۰/۴۷۴
I_4N_2	۴۵۸	۱۰۱۴۴	۲۲۸۲	۰/۴۹۸
I_0N_3	۲۵۹	۳۸۸۸	۸۷۴	۰/۳۳۸
I_1N_3	۳۱۶	۴۴۰۴	۹۹۲	۰/۳۱۴
I_2N_3	۳۵۷	۵۹۹۰	۱۳۴۸	۰/۳۷۷
I_3N_3	۴۰۵	۷۷۳۷	۱۷۴۱	۰/۴۳۰
I_4N_3	۴۵۹	۹۴۹۳	۲۱۳۶	۰/۴۶۵

۱. آب مصرفی = آب آبیاری + بارندگی مؤثر

که تفاوت بین اجزای عملکرد چای به علت اثر متقابل آبیاری و نیتروژن روی آنها می‌باشد.

تیمار I_0N_3 با کمترین میزان محصول در پایین‌ترین رتبه قرارگرفت و دارای اثر متقابل بسیار پایینی است. در این رتبه‌بندی(شکل۱)، تیمارهای I_0N_1 و I_0N_2 به‌ترتیب با عملکرد ۴/۱ و ۳/۹۳ کیلوگرم در هکتار دارای عملکرد بیشتری نسبت به تیمار I_0N_3 بودند. این موضوع نشان می‌دهد که در دو تیمار I_0 و I_1، مصرف نیتروژن به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار موثرتر از سطوح دیگر نیتروژن است. در شکل۱ مشاهده می‌شود که تیمارهای I_4N_1 و I_4N_3 ضمن عدم اختلاف معنی‌دار با یکدیگر بعد از تیمار I_4N_2 قرار گرفته‌اند. از این مطلب می‌توان استنباط نمود که نیتروژن مازاد در این تیمار نه تنها تأثیر مثبتی نداشته بلکه سبب شده که علاوه بر مشکلات زیست محیطی و ضرر احتمالی به ریشه‌های مویین چای، میزان عملکرد نیز کاهش یابد.

ضریب گیاهی و روند تغییرات رطوبت خاک

در این تحقیق، رطوبت موجود در خاک با استفاده از روش وزنی، در دوره‌های مشخصی اندازه‌گیری شد. در طی دوره رشد، میزان بارندگی به‌صورتی نبود که سبب به‌وجود آوردن نفوذ عمقی شود. فقط در دو زمان(۱۵ اردیبهشت و۱۴ شهریور) به‌ترتیب به میزان ۱۵/۹ و۱۰ میلی‌متر نفوذ عمقی ثبت گردید. بررسی تغییرات ضریب گیاهی(K_C) نشان می‌دهد(شکل۲) که در ابتدای دوره بهره‌برداری(رشد) با توجه به تعداد برگ‌ها و شاخساره‌های کمتر نسبت به برداشت‌های دیگر، ضریب گیاهی دارای کمترین میزان و برابر با ۰/۵۸ بوده است و با گذشت زمان و بهبود شرایط آب و هوایی به ویژه دما و ساعات آفتابی و افزایش تعداد برگ‌ها و شاخساره‌ها چای در هر بوته، میزان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.4.4]



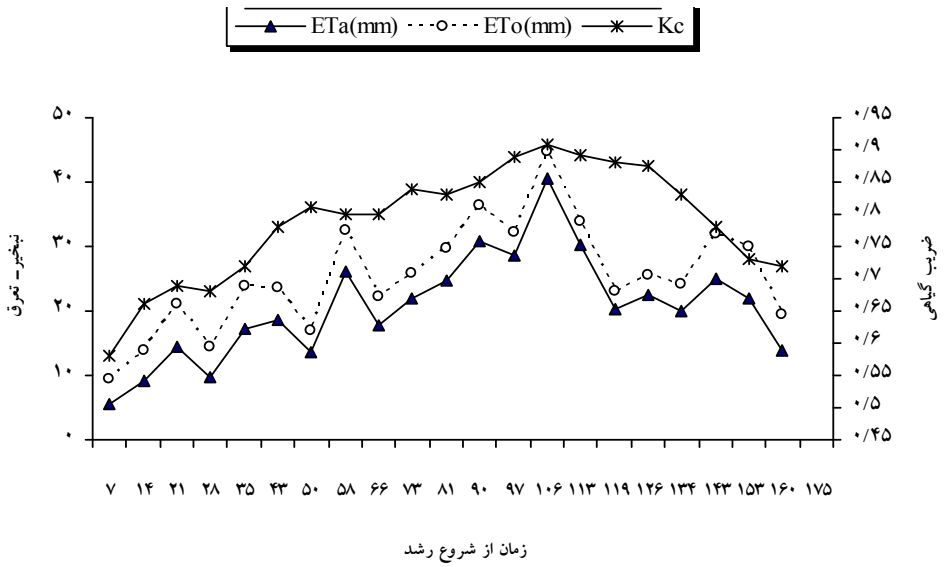
شکل۱. میانگین کل عملکرد برگ سبز چای در تیمارهای متقابل آبیاری و نیتروژن

این ضریب در تیمار آبیاری کامل، افزایش یافت. به‌طوری‌که در سه ماه خرداد، تیر و مرداد تغییرات این ضریب برای تیمار مذکور بین ۰/۸ تا ۰/۹ بود. با کاهش نسبی دما، ساعات آفتابی و در نتیجه میزان محصول در شهریور ماه، ضریب گیاهی کاهش یافته و در برداشت‌های پایانی به مقدار ۰/۷۲ تنزل پیدا کرد. با افزایش میزان کمبود آب خاک از نیمه اول خرداد تا اوایل شهریور ماه، روند تغییرات ضریب گیاهی برای تیمار بدون آبیاری و با آبیاری ناقص به‌صورت نزولی بود. به‌طوری‌که در اواخر مرداد ماه (دوره‌کم‌آبی)، مقدار این ضریب برای تیمارهای I_0، I_1 ، I_2 و I_3 به‌ترتیب برابر با ۰/۲۷، ۰/۳۹، ۰/۶۰ و۰/۷۷ به‌دست آمد. استیفنز و کار(۱۴)، ضریب گیاهی چای در تانزانیا را در فصل گرم و مرطوب برای تیمارهای با آبیاری کامل بین ۰/۸ تا ۰/۹ و در پایان فصل گرم و خشک و برای تیمارهای بدون آبیاری بین ۰/۳ تا ۰/۴ گزارش نمودند. در شرق آفریقا نیز برای تخمین تبخیر- تعرق چای از روش پنمن و ضریب گیاهی برابر ۰/۸۵، استفاده می‌شود(۱۳).

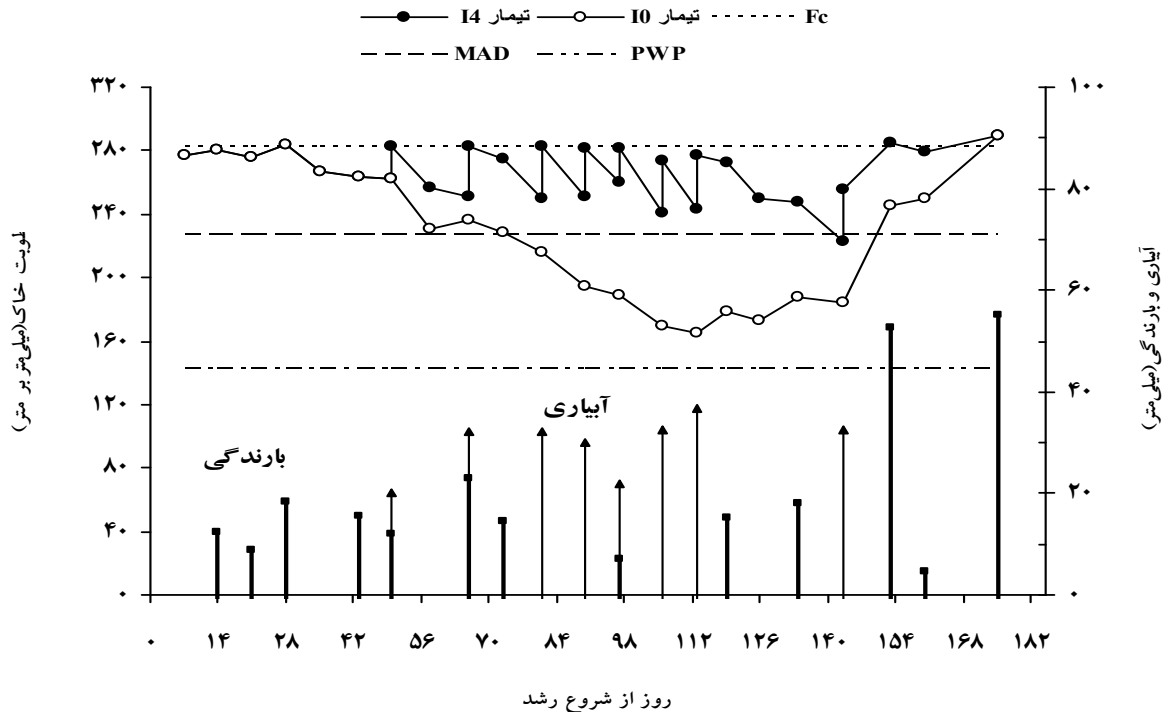
تغییرات رطوبت موجود در خاک و میزان آبیاری و بارندگی موثر در طی دوره رشد برای تیمار آبیاری کامل (I_4) و بدون آبیاری(I_0) در شکل۳ نشان داده شده است. در این شکل مشاهده می‌شود که در دوره کم‌آبی و در تیمار(I_4)، آبیاری به‌صورت مداوم، همراه با بارندگی‌های کم سبب گردید تا تغییرات رطوبت موجود در خاک در محدوده تخلیه مجاز (MAD = ٪ ۴۰) صورت گیرد. در نتیجه در این تیمار، تنش آبی رخ نداده و عملکرد آن تحت تأثیر این پدیده قرار نگرفت. شکل۳ و آمار بارندگی‌های طولانی مدت در منطقه نشان می‌دهد که اوایل دوره رشد چای، با زمان بارش‌های فصلی مطابقت دارد و چای در این دوره معمولا نیاز به آبیاری ندارد. در این آزمایش، اولین آبیاری در تاریخ ۱۲ خرداد و پنجاه روز پس از شروع رشد (۲۵ فروردین)، انجام گرفت. به‌طورکلی در شرایط کم آبی(نیمه اول خرداد تا شهریورماه) طی هشت مرتبه آبیاری بارانی، به میزان ۲۵۰ میلی‌متر آب به تیمار I_4 داده شد. در این دوره، تیمارهای I_1 تا I_3 به‌ترتیب ۴۴، ۱۰۵ و۱۷۰ میلی‌متر آب آبیاری دریافت نمودند. آزمایش‌هایی که در کشورهای آفریقایی طی سال‌های مختلف صورت گرفته، نشان می‌دهد که میزان آب آبیاری در طی فصل خشک برای تیمارهای آبیاری کامل بین۵۵۰ تا ۷۵۰ میلی‌متر بوده است(۴، ۱۳ و۱۴). روند تغییرات رطوبت خاک در تیمار بدون آبیاری (شکل۳) و تیمارهای با آبیاری ناقص، تا زمان اولین آبیاری مشابه با تیمار I_4 بود. از این زمان تا ۱۳ شهریور ماه، میزان رطوبت خاک در این تیمارها کاهش پیدا کرده و به‌تدریج پایین‌تر از میزان تخلیه مجاز قرار گرفته، به‌طوری‌که بوته‌های چای تحت شرایط تنش رطوبتی قرار گرفتند و بدین خاطر

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.4.4]



شکل۲. تغییرات تبخیر- تعرق و ضریب گیاهی در دوره رشد برای تیمار آبیاری کامل



شکل۳. تغییرات رطوبت خاک و میزان آبیاری و بارندگی طی دوره رشد

میزان عملکرد به شدت کاهش یافت. سپس با شروع بارندگی در تاریخ ۱۴ شهریور، کمبود رطوبت موجود در خاک جبران گردیده و به حد ظرفیت زراعی رسید. بنابراین کل دور کم آبی در این تحقیق، در حدود نود روز می‌باشد.

کارایی مصرف آب که بیانگر راندمان تولید آب مصرفی(آبیاری و بارندگی موثر) است در شرایط کم آبی، بسیار

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.4.4]

حائز اهمیت بوده و در شرایط فوق وقتی حداکثر باشد، مقدار حداکثر محصول را به ازای آب مصرفی عاید می‌سازد. نتایج نشان داد (جدول۳) که بیشترین کارایی مصرف آب معادل با ۰/۴۹۸ کیلوگرم چای خشک بر متر مکعب مربوط به تیمار I_4N_2 و کمترین آن مربوط به تیمارهای I_1N_3، I_0N_3 و I_1N_2 می‌باشد. کارایی مصرف آب این تیمارها به ترتیب معادل با ۰/۳۱۴ و ۰/۳۳۸ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. روند تغییرات کارایی مصرف آب با افزایش مقدار آب مصرفی گیاه از I_0 به I_4 روند صعودی داشت(بجز تیمار I_1N_2 و I_1N_3). هم‌چنین کارایی مصرف آب در هر تیمار آبیاری به میزان نیتروژن مصرفی وابسته بود، به‌طوری‌که برای تیمارهای آبیاری I_2 ، I_3 و I_4 بیشترین کارایی مصرف آب برای نیتروژن مصرفی به میزان ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. هم‌چنین در تیمارهای آبیاری I_0 و I_1 ، بیشترین کارایی مصرف آب مربوط به کاربرد نیتروژن به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و به ترتیب برابر با ۰/۳۵۹ و ۰/۳۸۴ کیلوگرم برمترمکعب می‌باشد. این موضوع نشان می‌دهد که در شرایط آزمایش، بیشترین کارایی مصرف آب در شرایط آبیاری کامل و مصرف بهینه کود نیتروژن به‌دست می‌آید.

استیفنز و کار(۱۴) در تانزانیا گزارش نمودند که کارایی مصرف آب در فصول و سال‌های مختلف بهره‌برداری برای تیمارهای بدون آبیاری و مصرف نیتروژن، بین ۰/۱۵ تا ۰/۲۵کیلوگرم برمترمکعب و در تیمارهای آبیاری کامل و مصرف ۳۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بین ۰/۵ تا ۰/۹کیلوگرم بر متر مکعب تغییر می‌نماید.

رابطه تبخیر- تعرق با عملکرد

شکل ۴، تغییرات عملکرد چای خشک را در مقابل تبخیر- تعرق واقعی نشان می‌دهد. تابع رگرسیونی خطی حاصل از متوسط داده‌های سه تکرار بین عملکرد چای و ETa نشان می‌دهدکه هم‌بستگی بالایی(R^2= ۰/۹۵) بین دو متغیر وجود دارد. متوسط ضریب رگرسیون بین عملکرد چای خشک و ETa برابر ۰/۰۰۶۷ است. هم‌چنین برای هر سه سطح نیتروژن مصرفی، تابع رگرسیونی خطی بین عملکرد چای خشک و تبخیر- تعرق واقعی نشان می‌دهد که هم‌بستگی بالایی بین دو متغیر برای تمام سطوح نیتروژن مصرفی وجود دارد. با توجه به بالاترین ضریب هم‌بستگی (۹۸ درصد) بین دو متغیر می‌توان گفت که بهترین رابطه بین تبخیر- تعرق واقعی و عملکرد چای خشک مربوط به مصرف کود نیتروژن به میزان۱۸۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (معادله۳). بر اساس این معادله با افزایش میزان تبخیر- تعرق واقعی، عملکرد چای افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که در شرایط آزمایش، بیشترین میزان عملکرد چای در تبخیر- تعرق معادل با ۴۵۸ میلی‌متر و مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن حاصل شده است.

$$Y(N_2) = ۶/۸۰۳(ETa) - ۸۹۲/۴۲ \quad ، \quad R^2 = ۰/۹۸ \qquad [۳]$$

که در آن: Y عملکرد چای خشک(کیلوگرم در هکتار)، ETa تبخیر- تعرق واقعی (میلی‌متر) است.

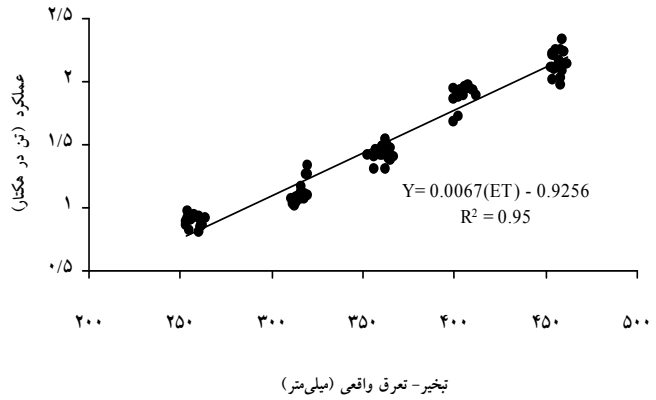
بر اساس مدل استورات و همکاران (۷)، تغییرات افت نسبی عملکرد در مقابل تغییرات افت نسبی تبخیر- تعرق ترسیم گردید(شکل۵). در این مدل با استفاده از معادله۴ می‌توان میزان مقاومت گیاهان مختلف به تنش آبی را با استفاده از ضریب تنش (K_y) محاسبه نمود.

$$K_y = (۱-Y_a / Y_m) / (۱-ET_a / ET_m) \qquad [۴]$$

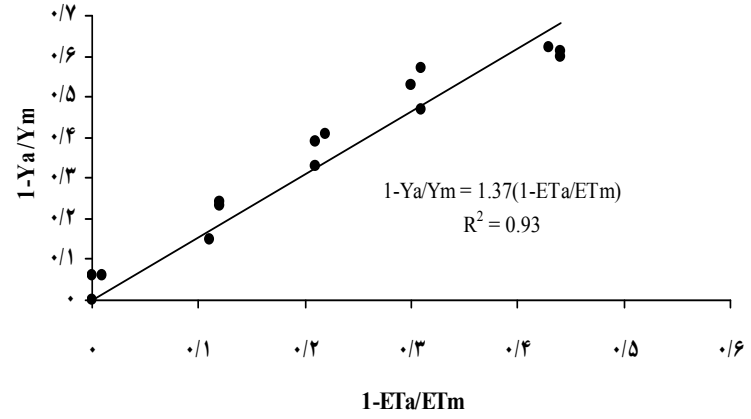
که در آن: Y_a و ET_a به‌ترتیب برابر عملکرد واقعی (کیلوگرم در هکتار) و تبخیر- تعرق واقعی (میلی‌متر) و Y_m وET_m به‌ترتیب برابر عملکرد پتانسیل(کیلوگرم درهکتار) و تبخیر- تعرق پتانسیل (میلی‌متر) می‌باشند. در این بررسی بیشترین عملکرد (۲۲۸۲/۴ کیلوگرم چای خشک) را به‌عنوان عملکرد حداکثر(Y_m) و ET مطابق با آن، ۴۵۸ میلی‌متر به‌عنوان ET_m در نظر گرفته شد. ضریب حساسیت عملکرد (K_y) برای چای برابر ۱/۳۷ با ضریب تغییرات ۰/۹۳ به‌دست آمد. نشریه ۳۳ فائو برای چای، ضریب K_y را ارائه نکرده است ولی برای گیاهان حساس مانند موز و ذرت این ضریب بیشتر از یک گزارش شده است(۷). با توجه به مقدار به‌دست آمده برای K_y مشخص گردید که در شرایط آزمایش، به ازای هر ۱۰ درصد کاهش

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.4.4]



شکل۴. تغییرات عملکرد چای خشک در مقابل تبخیر- تعرق



شکل۵. تغییرات افت نسبی عملکرد در مقابل افت نسبی تبخیر- تعرق

تبخیر- تعرق نسبت به تبخیر- تعرق پتانسیل، تولید محصول چای نسبت به تولید پتانسیل، ۱۳/۷ درصد کاهش می‌یابد. این نتیجه منطبق با نتایج تحقیق استیفنز و کار (۱۴ و۱۵) در کشور تانزانیا می‌باشد. آنها عنوان نمودند که در سال‌های مختلف، ضریب حساسیت چای به تنش برای فصول و کلون‌های متفاوت بین ۱/۲ تا ۱/۷ تغییر می‌کند. بنابراین چای نسبت به تنش رطوبتی حساس بوده و مدیریت آبیاری چای از اهمیت قابل توجهی برخوردار می‌باشد.

نتیجه‌گیری

توصیه می‌گردد کشاورزان در دوره‌های کم آبی (نیمه دوم خرداد تا اوایل شهریور) از روش آبیاری بارانی برای آبیاری باغ‌های چای استفاده نمایند. بر اساس مشاهدات تحقیق حاضر، آبیاری بارانی علاوه بر تأمین رطوبت مورد نیاز چای در دوره‌های کم‌آبی، می‌تواند از برگ سوختگی بوته‌ها در ایامی که دمای هوا از حد قابل تحمل برگ‌ها بالاتر می‌رود، جلوگیری نماید. هم‌چنین مصرف کود نیتروژن همراه با آبیاری تکمیلی، افزایش قابل توجهی در میزان محصول تولیدی خواهد داشت.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.4.4]

منابع مورد استفاده

۱. اخوت، م. و د. وکیلی.۱۳۷۷. چای (*کاشت ـ داشت و برداشت*). انتشارات فارابی، تهران.

2. Bonheure, D. and K. C. Willson. 1992. Mineral nutrition and fertilizers. PP: 290-296. *In:* K. C.Willson and M.N.Clifford (Eds.), Tea Cultivation and Consumption. Chapman& Hall,U.K.
3. Burgess, P.J. 1994. Methods of determining the water requirements of mature tea. Ngwazi Tea Research Unit, Quarterly Rep. 17: 11-21.
4. Burgess, P. J., A. M. Whittle and F. R. B. Khumalo. 1996. Evalution of irrigation needs and benefits. Proceedings of the First Regional Tea Research Seminar, Malawi, 226-235.
5. Carr, M. K.V. 1972. The climate requirement of the tea plant, A review. Experim. Agric. 8: 1-14.
6. Carr, M.K.V., M. D. Dale and W . Stephens. 1987. Yield distribution in irrigated tea (*Camellia sinensis*) at two sites in Eastern Africa. Experim. Agric. 23:75-85.
7. Doorenbos, J. and A. H. Kassam. 1979. Yield response to water. Irrigation and Drainage. Paper 33. FAO, Rome.
8. Hadfield, W. 1968. Leaf temperatures, leaf pose and productivity of the tea bush. Nature 219: 282-284.
9. Hanks, R.J., J. Keller, V.P. Rasmussen and G.D. Willson. 1976. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. Soil Sci. Soc. Am. J. 40: 426-429.
10. Hussain, S.A., T. Sarwar, M. I. Lone and F.S. Hamid. 2003. Effect of different soil moisture conservation practices on evapotranspiration and growth of young tea plants. Asian. J. Pla. Sci. 2(12):188-191.
11. Morgan, D.D.V. and M.K.V. Carr. 1989. Analyzing line source irrigation experiments. Experim. Agric. 91:4-11.
12. Panda, P. K., W. Stephens and R. Carr. 2003. Modelling the influence of irrigation on the potential yield of tea(*Camellia sinensis*) in north-east India. Experim. Agric. 39: 181-198.
13. Stephens, W. and M. K. V. Carr. 1991a. Responses of tea (*Camellia sinensis*) to irrigation and fertilizer. I. Yield. Experim. Agric. 27:177-191.
14. Stephens, W. and M. K.V. Carr. 1991b. Responses of tea (*Camellia sinensis*) to irrigation and fertilizer. II. Water use. Experim. Agric. 27: 193-210.
15. Stephens, W. and M. K. V. Carr. 1994. Responses of tea (*Camellia sinensis*) to irrigation and fertilizer. IV. Shoot population density, size and mass. Experim. Agric. 33:189-205.
16. Tanton, T.W. 1982. Environmental factors affecting the yield of tea (*Camellia sinensis*). I. Effects of air temperature. Experim. Agric. 18:47-52.
17. Willson, K. C. 1999. Coffee, Cocoa and Tea. CAB Publishing, U.K.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.4.4]