



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گیلان

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و چهارم، شماره اول، ۱۳۹۶

<http://jopp.gau.ac.ir>

بهبود عملکرد و خصوصیات کیفی چای (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) با بهینه‌سازی کاربرد کود نیتروژن و آب آبیاری

*کوروش مجد سلیمی^۱ و شهرزاد شایگان^۲

^۱پژوهشکده چای، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، لاهیجان، ایران،

^۲مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۸/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۴/۵

چکیده

سابقه و هدف: شاخساره‌های گیاه چای قسمت قابل برداشت (محصول) بوته‌های چای بوده و به‌عنوان عوامل کلیدی تعیین‌کننده کیفیت چای در نظر گرفته می‌شوند که حداقل به میزان ۷۰ درصد در ساختار کیفیت نوشابه چای، مؤثر هستند. آب و کود نیتروژنی مهم‌ترین نهاده‌های کشاورزی در تولید برگ‌ها و شاخساره‌های چای هستند و در تعیین میزان کیفیت و بازارپسندی آن نقش مهمی بر عهده دارند. کیفیت چای نیز به سطوح نیتروژن، پلی‌فنل‌ها و کافئین اجزای تشکیل‌دهنده شاخساره‌های چای به‌شدت وابسته است. در این پژوهش تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژنی و آب آبیاری بر عملکرد و برخی از شاخص‌های کیفی شاخساره‌های چای برای اولین مرتبه در ایستگاه تحقیقات چای فشالم فومن در استان گیلان بررسی شد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی و بهینه‌سازی کاربرد کود نیتروژنی و آب آبیاری بر عملکرد و برخی از شاخص‌های کیفی برگ سبز چای، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده نواری در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی (با استفاده از روش آبیاری بارانی تک‌شاخه‌ای) به‌مدت سه سال (۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹) در ایستگاه تحقیقات چای فشالم فومن در استان گیلان انجام شد. تیمارها شامل شش سطح کود نیتروژنی صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و پنج سطح آب آبیاری بودند. برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از پایش رطوبت در عمق توسعه ریشه به‌صورت هفته‌ای دو بار و با استفاده از روش انعکاس‌سنجی زمانی و معادله بیلان رطوبتی انجام شد. در این آزمایش، وزن برگ سبز برداشت شده در هر کرت اندازه‌گیری و با استفاده از ضریب ۲۲/۵ درصد به عملکرد چای فرآوری شده تبدیل گردید. هم‌چنین عوامل مؤثر بر کیفیت چای مانند مقدار کل نیتروژن موجود در برگ سوم شاخساره فعال و برخی از خصوصیات کیفی مانند درصد کافئین، درصد مواد جامد محلول در آب (عصاره آبی) و درصد پلی‌فنل‌های موجود در شاخساره‌های برداشت‌شده در شاخص سه‌چین برداشت (فصول بهار، تابستان و پاییز) اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که افزایش کاربرد کود نیتروژنی در دو تقسیط (اواخر اردیبهشت و اواسط تیر) باعث کاهش سطح کیفی چای و انجام آبیاری کامل طی ماه‌های خشک (تیر و مرداد) موجب افزایش عملکرد چای می‌شود. مصرف کود نیتروژنی به‌میزان ۳۰۰ تا ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری کامل (۳۴۲۴ مترمکعب آب آبیاری) منجر به افزایش دو برابری عملکرد نسبت

* مسئول مکاتبه: k_majdsalimi@yahoo.com

به شرایط بدون آبیاری گردید. در عوض، افزایش مقدار کود نیتروژنی باعث کاهش میزان پلی‌فنل‌ها و مواد جامد محلول در آب و افزایش میزان کافئین و نیتروژن موجود در شاخساره‌های چای گردید. تأثیر آبیاری بر بهبود وضعیت کیفی شاخساره‌های چای فقط در فصل تابستان مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: به‌منظور حفظ تعادل بین عملکرد و کیفیت چای تولیدی و با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و زیست‌محیطی، برای شرایط آبیاری کامل، کاربرد ۲۰۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در شرایط دیم کاربرد ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، کود نیتروژنی، کیفیت چای، محصول چای

مقدمه

نوشابه چای که از فراوری شاخساره‌های لطیف و جوان گونه *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze به‌دست می‌آید به‌عنوان پرمصرف‌ترین مایع پس از آب شناخته می‌شود (۳۹). شاخساره‌های گیاه چای به‌عنوان عوامل کلیدی تعیین‌کننده کیفیت چای در نظر گرفته می‌شوند که حداقل به‌میزان ۷۰ درصد در ساختار کیفیت نوشابه چای، مؤثر هستند (۴۳ و ۴۴). محصول یا عملکرد چای شامل شاخساره‌هایی است که از چندین برگ که به بلوغ مناسب رسیده‌اند (معمولاً ۲ یا ۳ برگ و یک جوانه انتهایی)، تشکیل شده که برای تولید انواع چای ساخته شده (سبز و سیاه) از آن‌ها استفاده می‌شود.

پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که تغییرات عملکرد و کیفیت چای به عواملی مانند نوع خاک، ارتفاع، فصل، شرایط آب و هوایی، موقعیت جغرافیایی تولید، نهاده‌های کشاورزی (مانند آب و کود)، روش‌های فراوری و مدیریت بستگی دارد (۱۱، ۲۳، ۲۴ و ۲۷). نوسانات فصلی و آب و هوایی تحت‌تأثیر عواملی مانند بارندگی، درجه حرارت، رطوبت نسبی و کمبود آب در خاک قرار می‌گیرند که خود بر توزیع و میزان عملکرد و کیفیت چای (ترکیبات شیمیایی) و تولید اقتصادی آن، تأثیرگذار هستند (۷، ۲۶ و ۲۷).

تغییرات در بهره‌وری تولید و کیفیت چای به‌علت شرایط آب و هوایی در مطالعات زیادی، گزارش شده است (۶، ۷، ۱۱، ۱۵، ۲۳ و ۳۲). کیفیت چای به سطوح نیتروژن، پلی‌فنل‌ها و کافئین اجزای تشکیل‌دهنده شاخساره‌های چای به‌شدت وابسته است (۷، ۱۷، ۳۷ و ۴۴). بیش‌تر مطالعات انجام‌یافته روی ارتباط اجزای دم‌کرده‌ی چای (به‌عنوان شاخص کیفیت) تحت‌تأثیر سطوح کود نیتروژنی تمرکز داشته که نمی‌تواند اهمیت کیفیت شاخساره‌های چای را در ساختار کیفی آن تشریح نماید.

آب و کود نیتروژنی مهم‌ترین نهاده‌های کشاورزی در تولید برگ‌ها و شاخساره‌های چای به‌عنوان عملکرد هستند (۶، ۳۲، ۳۳، ۳۴ و ۳۵). از عوامل اصلی کمبود نیتروژن در خاک اراضی چای‌کاری می‌توان برداشت متوالی برگ و شاخساره‌های چای (محصول)، انجام هرس‌های مختلف و تلفات زیاد این عنصر به‌علت تصعید و آبشویی یون نترات در اثر بارندگی و یا بیش آبیاری را نام برد (۵ و ۳۵). به‌طورکلی، واکنش چای به سطوح مختلف نیتروژن به‌میزان رطوبت موجود در خاک، شرایط آب و هوایی، خصوصیات خاک و قابلیت جذب عناصر غذایی دیگر بستگی دارد (۱۰، ۲۷ و ۲۸). در صورتی که نیتروژن از دست رفته جبران نشود، خاک

در افزایش کمیت، کیفیت و بازارپسندی چای تولیدی و بازدهی اقتصادی آن است (۱۸). با توجه به این که رابطه بین مقدار نیتروژن و آب آبیاری روی کیفیت شاخساره‌های چای در فصول مختلف تاکنون در ایران مشخص نشده است. بنابراین در این پژوهش تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژنی و آبیاری تکمیلی بر عملکرد و برخی از شاخص‌های کیفی شاخساره‌های چای در ایستگاه تحقیقات چای فشالم فومن (گیلان) بررسی شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات چای فشالم در شهرستان فومن (استان گیلان) اجرا گردید. ارتفاع منطقه از سطح دریای آزاد ۱۰- متر بوده و دارای آب و هوای مرطوب و معتدل می‌باشد. اطلاعات هواشناسی ثبت شده در این ایستگاه در جدول ۱ ارائه شده است. آزمون خاک محل آزمایش نشان داد که بافت خاک تا عمق توسعه ریشه (۹۰ سانتی‌متری) یکنواخت و از نوع لومی-رسی-شنی بود.

روش آبیاری مورد استفاده در این طرح از نوع آبیاری بارانی تک‌شاخه‌ای (Line source) بود (۱۸). در روش آبیاری بارانی تک‌شاخه‌ای با افزایش فاصله از لوله‌ی آبیاری، مقدار آب دریافتی به‌وسیله کرت‌ها کاهش (الگوی پاشش مثلثی) و تنش آبی، افزایش می‌یابد. به‌منظور اعمال تیمارهای مختلف آبیاری و کود نیتروژنی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده نواری (Strip plot design) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد (۲۰). طول قطعه آزمایشی به ۱۲ قسمت $\frac{4}{8}$ متری تقسیم گردید، به‌طوری‌که ۲۴ ردیف $\frac{18 \times 4}{8}$ متری در طرفین لوله آبیاری تشکیل شد. ابعاد هر کرت در این آزمایش $\frac{4}{8} \times \frac{3}{6}$ متر در نظر گرفته شد.

به‌تدریج حاصل‌خیزی خود را از دست داده و کاهش در رشد بوته‌ها و میزان محصول اتفاق می‌افتد. مصرف زیاد نیتروژن در صورتی‌که مقدار سایر عناصر غذایی کافی نباشد، دوره رشد گیاه را طولانی‌تر کرده و میزان عملکرد و کیفیت کاهش می‌یابد (۲۷).

بهبود کیفیت چای در اثر افزایش مقدار نیتروژن مصرفی فقط در چند آزمایش در دنیا گزارش شده است (۱۲، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۴۳ و ۴۵) در صورتی‌که پژوهشگران زیادی گزارش کردند که این عامل نمی‌تواند موجب افزایش کیفیت چای شود (۸، ۱۲، ۱۳، ۴۰ و ۴۳). بنابراین، مصرف بهینه کود نیتروژنی با هدف حفظ تعادل بین عملکرد و کیفیت محصول (۲۶ و ۲۷) در مناطق مختلف چای‌کاری، بسیار دارای اهمیت است. به‌عنوان مثال در شرق آفریقا، استفاده بیش‌تر از ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در یک سال حتی برای ارقام با عملکرد بالای چای، توصیه نمی‌شود (۲۷). پاسخ‌های متفاوت عملکرد و کیفیت چای به افزایش مقدار کود نیتروژنی، نشان‌دهنده اهمیت بهینه‌سازی این دو ویژگی برای تولید اقتصادی چای است.

برداشت متوالی برگ سبز چای در ایران از اوایل اردیبهشت تا آبان‌ماه در سه فصل بهار، تابستان و پاییز انجام می‌شود. با توجه به طول دوره بهره‌برداری و شرایط آب و هوایی تقریباً مناسب در ماه‌های گرم، انتظار می‌رود که بیش‌ترین عملکرد و مرغوب‌ترین چای در این دوره به‌دست آید اما در برخی از ماه‌ها (اواسط خرداد تا اوایل شهریور)، میزان بارندگی کم‌تر از نیاز آبی بوته‌های چای است و میزان و کیفیت محصول در اثر تنش ناشی از کم‌آبی، به مقدار بسیار زیادی کاهش می‌یابد که این مسأله معیشت کشاورزان و اقتصاد منطقه را با تهدید مواجه می‌سازد بنابراین، تامین آب مورد نیاز گیاه چای با استفاده از آبیاری تکمیلی و اصول صحیح بهره‌برداری، مهم‌ترین مسأله

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی محل آزمایش طی دوره مطالعه.
Table 1. Meteorological data of experimental site during study period.

بارندگی (میلی متر) Rainfall (mm)	2010			2009			2008			ماه‌ها Months		
	حداقل رطوبت نسبی RH(%)	دما Temp.(°C)	بارندگی (میلی متر) Rainfall (mm)	حداقل رطوبت نسبی RH(%)	دما Temp.(°C)	بارندگی (میلی متر) Rainfall (mm)	حداقل رطوبت نسبی RH(%)	دما Temp.(°C)				
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.				
61.6	67.5	15.9	8.5	99.9	63.4	15.7	7.4	11.3	61.9	22.2	10.9	فروردین 20Mar-20Apr
109.2	71.3	20.8	13.9	30.3	63.9	21.2	13.2	16.3	64.4	22.8	14.1	اردیبهشت 21Apr-21May
11.3	59.3	29.8	20.6	27.7	59.5	26.6	18.2	40.8	59.6	26.2	18.3	خرداد 22May-21Jun
2	58.4	32.3	23.1	0	52.3	31	22.3	69.2	66.3	28.3	20.6	تیر 22Jun-22Jul
1	45.7	33.9	21.9	68	66.4	28.7	21	17	53.3	32	22.1	مرداد 23Jul-22Aug
47.5	64	29.7	19.8	75.2	66.6	27	19.1	40.1	63.9	30	21.4	شهریور 23Aug-22-Sep
161.8	77.6	25.2	18.3	212.9	70.4	24	14.9	98.1	74.4	24	17.2	مهر 23Sep-22Oct
153	74.4	19.7	10.8	175.9	70.6	21	12.4	247.5	76.1	16.6	9.7	آبان 23Oct-21Nov
68.4	64.8	25.9	17.1	86.2	64.1	24.4	16.1	67.5	65.0	25.3	16.8	میانگین Average

عامل اصلی شامل شش سطح کود نیتروژن صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار (N_0 تا N_5) بود که به صورت تصادفی در این بلوکها قرار گرفتند. کود نیتروژن در دو تقسیط مساوی از منبع کود اوره (۴۶ درصد نیتروژن) و در دو زمان (اواخر اردیبهشت و اواسط تیرماه) به خاک کرتها اضافه شد. عامل فرعی، یعنی سطوح آبیاری شامل پنج سطح بود. تیمارهای آبیاری بر اساس میزان آب دریافتی به مرطوبترین تیمار در مجاورت لوله آبد (I₄)، تیمار بدون آبیاری یا شاهد (I₀) در دورترین نقطه از لوله آبد و تیمارهای آبیاری ناقص (I₁، I₂، I₃) بین دو تیمار مذکور تقسیمبندی شدند. سایر عملیات بهزراعی مانند وجین علفهای هرز و سرهرس بوتههای تمامی کرتها در طی سه سال به صورت معمول و رایج ایستگاه صورت گرفت.

مدت زمان آبیاری در این آزمایش، بر مبنای شدت پاشش آبپاشها در تیمار آبیاری کامل و کاهش رطوبت موجود در خاک تا ۴۰ درصد رطوبت قابل دسترس انجام شد. در طول دوره رشد، به منظور تعیین میزان رطوبت حجمی در خاک تیمارهای مختلف، پایش رطوبت در عمق توسعه ریشه (۹۰ سانتی متری) به صورت هفتهای دو بار و با استفاده از روش انعکاس سنجی زمانی (Trime FM-2, Eijkelkamp Agrisearch Equipment) انجام شد.

در دوره رشد سالهای ۸۷، ۸۸ و ۸۹ به ترتیب هفت، هشت و هشت مرتبه برداشت جداگانه برگ سبز در فواصل زمانی مختلف انجام گرفت. در این آزمایش، برداشت برگ سبز چای به صورت شاخساره‌های استاندارد (۲ یا ۳ برگ و یک جوانه انتهایی) به طور هم‌زمان در تمام کرتها انجام و وزن آنها به وسیله ترازو تعیین شد. برای تبدیل وزن برگ سبز چای به عملکرد چای ساخته شده از ضریب تبدیل ۲۲/۵ درصد (۳) استفاده گردید.

آزمون‌های کیفی شامل اندازه‌گیری عوامل مؤثر بر کیفیت چای مانند مقدار کل نیتروژن موجود در برگ سوم شاخساره فعال و برخی از خصوصیات کیفی مانند درصد کافیین، درصد مواد جامد محلول در آب (عصاره آبی) و درصد پلی‌فنل‌های موجود در شاخساره‌های برداشت شده در شاخص سه‌چین برداشت (فصول بهار، تابستان و پاییز) نمونه‌ها بود.

مقدار کل نیتروژن موجود در برگ سوم شاخساره فعال به روش کج‌دال (۳۸)، درصد مواد جامد محلول در آب با استخراج عصاره آبی از چای به صورت تقطیر برگشتی و خشک کردن روی بن‌ماری و در آون (۳۸) انجام شد. مقدار پلی‌فنل‌ها با استخراج و تشکیل کمپلکس توسط استات مس و سپس جمع‌آوری و توزین رسوب حاصل، میزان کافیین با عصاره‌گیری در مجاورت آمونیاک با حلال کلروفرم و خشک و صاف کردن آن با محلول پتاس و سولفات سدیم و تعیین میزان جذب محلول در طول موج ۲۷۶ نانومتر با اسپکتروفتومتر و در نهایت درصد کافیین نمونه‌ها از طریق مقایسه با منحنی استاندارد کافیین محاسبه گردید (۱۶).

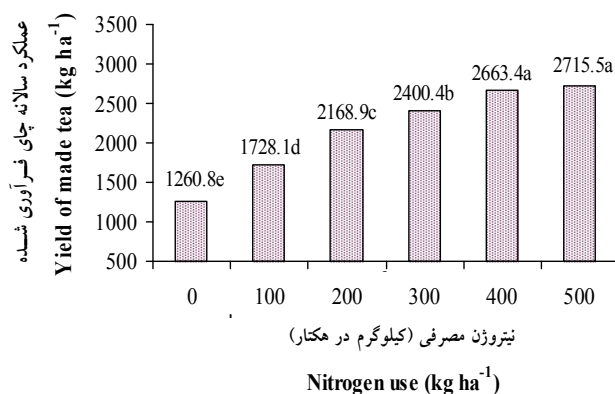
تجزیه واریانس عملکرد و خصوصیات کیفی چای برای سال‌های ۸۷ تا ۸۹ پس از اطمینان از یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی (آزمون بارتلت) و نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام گرفت. در این مقاله، مقایسه میانگین‌ها بر اساس تجزیه مرکب سه سال برای عملکرد به صورت مجموع برداشت سه سال و برای خصوصیات کیفی به صورت مجموع صفات کیفی هر فصل در سه سال با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد چای: نتایج تجزیه واریانس مرکب سه سال (۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹) عملکرد چای نشان داد که اثر تیمارهای کود نیتروژن و آبیاری بر عملکرد کرت‌های

کیلوگرم نیتروژن در هکتار در یک سطح قرار داشتند. بنابراین، کاربرد کود نیتروژن به میزان ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار بهترین شرایط برای دستیابی به بیشترین میزان عملکرد است.

آزمایشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌های عملکرد (شکل ۱) نشان داد که با افزایش نیتروژن کاربردی، مقدار عملکرد نیز افزایش می‌یابد. عملکرد چای حاصل از مصرف ۴۰۰ و ۵۰۰

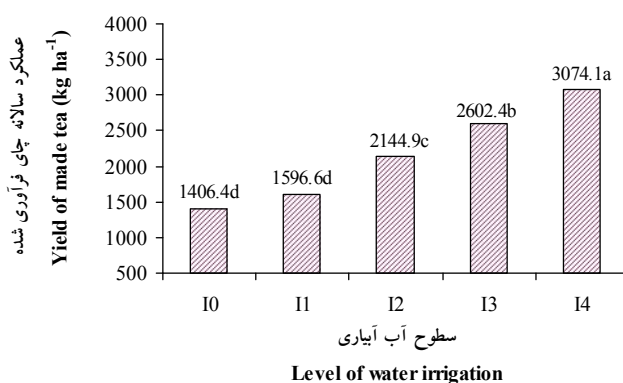


شکل ۱- اثرات کود نیتروژن بر میانگین عملکرد چای فرآوری شده در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹.

Figure 1. Effects of nitrogen fertilizer on average of yield of made tea in 2008 to 2010 years.

تولیدی در وضعیت آبیاری کامل به میزان ۲۱۸ درصد نسبت به سطح بدون آبیاری (۱۴۰۶ کیلوگرم در هکتار) افزایش داشته باشد. در این شرایط، اگرچه آبیاری ناقص (I₁، I₂، I₃) به ترتیب به میزان ۲۵۸۰، ۱۸۵۰ و ۸۵۰ مترمکعب در هکتار سبب شد تا عملکرد چای نسبت به وضعیت دیم افزایش یابد اما عملکرد تولیدی به مراتب کمتر از شرایط آبیاری کامل بود.

هم‌چنین، بررسی مقایسه میانگین عملکرد بر اساس سطوح آبیاری در دوره سه‌ساله (شکل ۲) نشان می‌دهد که آبیاری کامل (میانگین ۳۴۲۴ مترمکعب در هکتار) منجر به تولید بیشترین میزان عملکرد چای فرآوری شده (۳۰۷۴ کیلوگرم در هکتار) از سطح برگ‌چینی بوته‌های چای شد. تامین نیاز آبی بوته‌های چای در دوره کم‌آبی (اواسط خرداد تا اواخر مرداد) به‌وسیله سامانه آبیاری بارانی باعث شد تا عملکرد



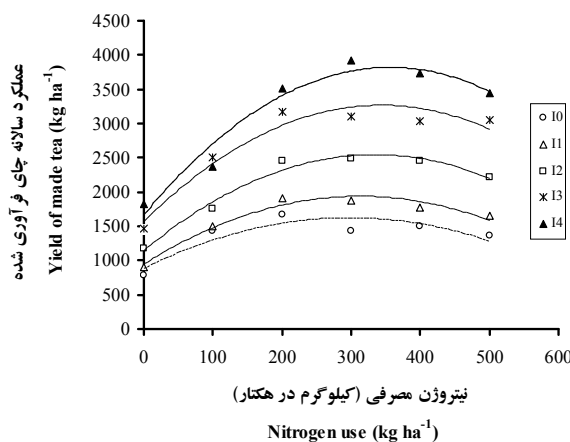
شکل ۲- اثرات آب آبیاری بر میانگین عملکرد چای فرآوری شده در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹.

Figure 2. Effects of irrigation water on average of yield of made tea in 2008 to 2010 years.

عملکرد برای شرایط بدون آبیاری (با عملکرد ۱۴۰۳ کیلوگرم چای فرآوری شده در هکتار) در نظر گرفته می شود.

این نوع واکنش و تغییرات را می توان به علت کارایی پایین مصرف نیتروژن (تلفات زیاد) ناشی از نبود رطوبت مناسب در خاک طی ماه های خشک (تیر و مرداد) دانست که با وجود افزایش کاربرد نیتروژن، باعث تغییرات اندک در عملکرد بوته های چای می شود (۶). علاوه بر تنش رطوبتی موجود در خاک به علت کمبود بارندگی، عوامل تنش زای محیطی مانند دمای بالای هوا (بیش تر از ۲۵ درجه سانتی گراد) و کمبود فشار بخار اشباع بیش تر از ۲/۱ کیلو پاسکال (۵ و ۳۶) در ماه های تیر و مرداد (جدول ۱) باعث شد تا تولید محصول (برگ و شاخساره های چای) در این وضعیت کاهش بسیار زیادی پیدا کند.

برهمکنش کود نیتروژن و آبیاری بر عملکرد: با توجه به معنی دار بودن اثر متقابل کود نیتروژن و آبیاری بر عملکرد چای در تجزیه مرکب سه ساله (۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹) و ترسیم منحنی تغییرات عملکرد با سطوح کود نیتروژنی برای تمام سطوح آبیاری (شکل ۳)، مشاهده می شود که منحنی تغییرات برای سطوح آبیاری به صورت تابع درجه دوم است. با این تفاوت که تغییرات برای سطوح آبیاری I_0 و I_1 با میانگین صفر و ۸۵ میلی متر آب مصرفی با شیب ملایم شروع شده و تا محدوده ۳۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ادامه سپس به طور جزئی کاهش می یابد. با توجه به اختلاف کم عملکرد حاصل از مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در مقایسه با ۳۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۸۰ کیلوگرم چای در هکتار)، مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به عنوان بهترین سطح از لحاظ تولید



شکل ۳- اثرات کود نیتروژن و آبیاری بر میانگین عملکرد سه سال (۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹).

Figure 3. Effects of nitrogen fertilizer and irrigation on average yield of three years (2008-2010).

پس از آن به طور جزئی، کاهش پیدا کرد. به طور مشابه، واکنش و تغییرات عملکرد در این سطوح نیز تابعی از میزان رطوبت موجود در خاک و در نتیجه کارایی مصرف کود نیتروژن بود (۶).

منحنی تغییرات عملکرد با مقادیر مختلف نیتروژن در سطوح آبیاری ناقص I_2 ، I_3 با میانگین ۱۸۵ و ۲۵۸ میلی متر آب آبیاری و سطح آبیاری کامل I_4 در ابتدا با شیب زیاد شروع شده و تا محدوده ۳۲۰ تا ۳۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ادامه داشت (شکل ۳) و

آزمایش معنی‌دار است (به‌جز مقدار پلی‌فنل‌ها در فصل بهار و مواد جامد محلول در آب در فصل پاییز). افزایش مقدار کود نیتروژن کاربردی از صفر تا ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش درصد کافین شاخساره‌های چای در سه فصل بهار، تابستان و پاییز شد (جدول ۲). افزایش مقدار کافین شاخساره‌های چای با کاربرد بیش‌تر کود نیتروژنی توسط پژوهشگران زیادی گزارش شده است (۵، ۱۵، ۱۹ و ۲۵). بیش‌ترین درصد کافین نیز به‌ترتیب در فصول تابستان (۲/۶۳ درصد)، بهار (۲/۵۶ درصد) و پاییز (۱/۵۹ درصد) مشاهده گردید.

همان‌طوری‌که از جدول ۲ مشاهده می‌شود اگرچه مقادیر پلی‌فنل اندازه‌گیری‌شده در شاخساره‌های چای اختلاف معنی‌داری را با افزایش سطوح کود نیتروژن در فصل بهار سه سال آزمایش نشان ندادند اما افزایش مقدار کود نیتروژن سبب کاهش نسبی درصد پلی‌فنل شاخساره‌های چای در این فصل گردید. اثر کود نیتروژن و فصل برداشت بر تغییرات مقدار پلی‌فنل‌های شاخساره‌های چای در فصول تابستان و پاییز در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). شاخساره‌های چای در فصل بهار دارای میانگین بیش‌ترین درصد پلی‌فنل‌ها (۱۲/۴۹ درصد) بودند و این مقدار در فصول تابستان و پاییز به‌ترتیب به سطح ۱۲/۲۹ و ۱۰/۷۳ درصد کاهش می‌یافت. کاهش چشمگیر مقدار پلی‌فنل در فصل پاییز به‌دلیل کاهش تشعشعات خورشیدی است که در سوخت‌وساز ثانویه در گیاهان نقش دارد (۲۹).

به‌طورکلی، مدیریت آبیاری ناقص در صورت وجود منابع آب کافی و مطمئن، مطلوب و ایده‌آل نبوده و توصیه نمی‌شود اما در شرایطی که راه‌حلی جز به‌کارگیری آبیاری ناقص (کم‌تر از نیاز آبی واقعی) در باغ‌های چای وجود ندارد، مصرف نیتروژن کم‌تر از ۳۲۰ کیلوگرم در هکتار، بهترین گزینه برای دستیابی به تولید بیش‌تر است.

بررسی میانگین عملکرد چای ساخته‌شده در سطح آبیاری کامل طی سه سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹ نشان‌دهنده این واقعیت است که آبیاری کامل با حدود ۴۳۴۲ مترمکعب آب آبیاری و مصرف ۳۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بیش‌ترین میزان برگ و شاخساره‌های چای (عملکرد) را تولید می‌کند (شکل ۳). به‌طورکلی می‌توان بیان کرد که آبیاری کامل طی دوره کم‌آبی هر سه سال موجب شد تا عملکرد در این سطح از آبیاری برای تمام سطوح نیتروژن مصرفی (هم‌چنین بدون مصرف کود نیتروژن) بالاتر از سایر سطوح آبیاری × نیتروژن قرار گیرد. بهبود سرعت فتوسنتز، پتانسیل آب، هدایت روزنه‌ای و در نهایت رشد و نمو شاخساره‌های چای به‌دلیل اثر متقابل بین آب آبیاری و کود نیتروژنی در فصل خشک از دلایل عمده افزایش عملکرد در این شرایط است (۵ و ۳۳).

اثر کود نیتروژن و آبیاری بر خصوصیات کیفی چای: تجزیه واریانس مرکب خصوصیات کیفی شاخساره‌های چای (کافین، پلی‌فنل‌ها و مواد جامد محلول در آب) و مقدار نیتروژن موجود در برگ سوم شاخساره نشان داد که اثر تیمار کود نیتروژن بر تمام خصوصیات کیفی شاخساره و مقدار نیتروژن برگ سوم چای در سه فصل بهار، تابستان و پاییز سه سال

جدول ۲- اثرات کود نیتروژن بر مقادیر نیتروژن، مواد جامد محلول در آب، پلی فنل و کافئین برگ در فصول مختلف (۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹).

Table 2. Effects of nitrogenous fertilizer on leaf nitrogen, total soluble solid, polyphenol and caffeine contents in different seasons(2008-2010).

خصوصیات کیفی Quality parameters (%)				نیتروژن کاربردی Applied nitrogen (kg ha ⁻¹)	فصل برداشت Harvest season
کافئین Caffeine	پلی فنلها Polyphenol	مواد جامد محلول در آب Total soluble solid	نیتروژن برگ Leaf nitrogen		
2.39 ^c	12.90	39.92 ^a	3.21 ^d	0	بهار Spring
2.55 ^b	12.83	39.10 ^{ab}	3.51 ^c	100	
2.59 ^b	12.57	34.78 ^{bc}	3.94 ^b	200	
2.56 ^b	12.31	38.09 ^c	3.99 ^b	300	
2.61 ^b	12.18	38.19 ^{bc}	4.10 ^{ab}	400	
2.70 ^a	12.24	38.48 ^{bc}	4.23 ^a	500	
2.56	12.49	38.75	3.83	Mean	
0.025**	ns	0.879**	0.175**	LSD (0.05)	
5.39	8.52	5.78	7.78	C.V. (%)	
2.41 ^c	12.86 ^a	40.08 ^a	3.01 ^d	0	تابستان Summer
2.57 ^c	12.54 ^b	39.01 ^b	3.47 ^c	100	
2.65 ^c	12.22 ^c	38.33 ^b	3.84 ^b	200	
2.69 ^{bc}	12.09 ^d	38.10 ^b	3.97 ^{ab}	300	
2.72 ^{ab}	12.06 ^d	38.44 ^b	3.99 ^{ab}	400	
2.79 ^a	11.97 ^d	37.85 ^b	4.13 ^a	500	
2.63	12.29	38.63	3.73	Mean	
0.035**	0.036*	1.073*	0.186**	LSD (0.05)	
11.71	9.12	5.93	6.90	C.V. (%)	
1.39 ^c	11.42 ^a	33.82	3.02 ^e	0	پاییز Autumn
1.50 ^b	11.07 ^{ab}	33.29	3.24 ^d	100	
1.64 ^a	10.42 ^b	33.71	3.45 ^c	200	
1.64 ^a	10.62 ^b	33.45	3.53 ^c	300	
1.68 ^a	10.42 ^b	33.64	3.67 ^b	400	
1.68 ^a	10.45 ^b	33.51	3.76 ^a	500	
1.59	10.73	33.57	3.44	Mean	
0.032**	0.675*	ns	0.008**	LSD (0.05)	
5.98	8.37	7.57	8.55	C.V. (%)	

ns، ** و * به ترتیب به مفهوم غیرمعنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد است. حروف مشابه در هر ستون نشانه عدم وجود اختلاف آماری در سطح ۵ درصد است.

Effects significant at P≤0.05 (*), 0.01 (**), or non significant (NS). Values in each column with any letter in common not significantly different at P≤0.05.

روند تغییرات مقدار نیتروژن برگ با افزایش کاربرد کود نیتروژن در فصول تابستان و پاییز مشابه با فصل بهار بود. با این تفاوت که میانگین مقدار نیتروژن برگ در تمام سطوح کود نیتروژن از فصل بهار به پاییز کاهش پیدا می‌کرد (به ترتیب مقادیر ۳/۸۳، ۳/۷۳ و ۳/۴۴ درصد). این موضوع را می‌توان به دلیل تخلیه نیتروژن خاک در اثر برداشت متوالی عملکرد (برگ سبز) از ابتدا تا پایان دوره رشد دانست. کاهش دمای هوا و شروع دوره خواب بوته‌ها و تمایل ریشه برای ذخیره نیتروژن موجود، یکی دیگر از دلایل کاهش درصد نیتروژن برگ در برداشت‌های پایانی در فصل پاییز بود.

با توجه به کمبود بارندگی در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد (جدول ۱) و ضرورت تامین نیاز آبی بوته‌های چای از طریق آبیاری بارانی تکمیلی، اعمال تیمار آبیاری فقط در دو ماه تیر و مرداد (فصل تابستان) سه سال آزمایش انجام شد، بنابراین معنی‌دار نبودن اثر تیمار آبیاری بر مقدار نیتروژن برگ در فصول بهار و پاییز به دلیل عدم اعمال تیمار آبیاری بوده است اما تامین نیاز آبی چای به وسیله آبیاری بارانی در فصل تابستان سبب شد تا بیش‌ترین مقدار نیتروژن برگ با آبیاری کامل به دست آید (جدول ۳). انجام آبیاری و تامین رطوبت کافی در منطقه توسعه ریشه گیاه چای باعث شد تا جذب و انتقال نیتروژن در بوته‌ها و در نتیجه در برگ سوم شاخساره (به عنوان منبع ذخیره و تغذیه‌کننده برگ‌های اول و دوم و جوانه انتهایی در یک شاخساره) افزایش یابد.

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نشان داد که با افزایش آب آبیاری، مقدار کافین، پلی‌فنل‌ها، مواد جامد محلول در شاخساره‌ها و نیتروژن برگ افزایش پیدا می‌کند. چن و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که فواصل آبیاری بیش‌تر (افزایش تنش) موجب کاهش مقدار کافین و پلی‌فنل‌های چای می‌شود (۱۰).

اعمال سطوح کود نیتروژن موجب اختلاف معنی‌داری در میزان مواد جامد محلول در آب برای شاخساره‌های چای در فصول بهار (احتمال یک درصد) و تابستان (احتمال ۵ درصد) شد (جدول ۲) به طوری که بیش‌ترین درصد مواد جامد محلول در سطح بدون نیتروژن (صفر کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین آن در سطح ۵۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده گردید. شاخساره‌های چای در فصول بهار (۳۸/۷۵ درصد)، تابستان (۳۸/۶۳ درصد) و پاییز (۳۳/۵۷ درصد) به ترتیب دارای بیش‌ترین درصد مواد جامد محلول در آب بودند. نتایج مشابهی از کاهش مقدار پلی‌فنل‌ها و مواد جامد محلول در آب با افزایش کود نیتروژنی توسط پژوهشگران زیادی گزارش شده است (۱، ۴، ۹، ۱۱، ۲۷ و ۳۱).

با توجه به معنی‌دار شدن اثر تیمار کود نیتروژن بر میزان نیتروژن موجود در برگ سوم چای در نمونه‌های برداشت‌شده در سه فصل بهار، تابستان و پاییز (احتمال یک درصد) و بررسی نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲)، مشاهده می‌شود که استفاده از کود نیتروژن در همان تقسیم اول (اواخر اردیبهشت) در فصل بهار هر سه سال باعث شد تا کاربرد بیش‌تر کود نیتروژن اثر خود را بر گیاه به صورت افزایش در مقدار نیتروژن برگ سوم نشان دهد. کاربرد مقادیر ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث شد تا میزان نیتروژن برگ (به ترتیب ۴/۱۰ و ۴/۲۳ درصد) در آستانه حد بحرانی ۴ درصد (۲۸) قرار گیرد. علی‌نقی‌پور (۲۰۱۱) و باقری (۲۰۱۱) نتایج مشابهی را از افزایش میزان نیتروژن برگ با افزایش کاربرد کود نیتروژن برای گیاه چای گزارش کردند (۱ و ۴).

جدول ۳- اثرات آب آبیاری بر مقادیر نیتروژن، مواد جامد محلول در آب، پلی فنل و کافئین برگ در فصل تابستان (۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹).

Table 3. Effects of irrigation water on leaf nitrogen, total soluble solid, polyphenol and caffeine contents in summer season (2008-2010).

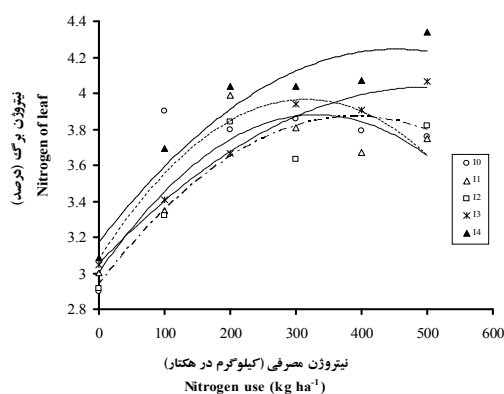
خصوصیات کیفی Quality parameters (%)				آب آبیاری	فصل برداشت
نیتروژن برگ	مواد جامد محلول در آب	پلی فنل ها	کافئین	Irrigation water	Harvest season
Leaf nitrogen	Total soluble solid	Polyphenols	Caffeine		
3.60 ^{bc}	38.12 ^b	12.18 ^c	2.31 ^c	I ₀	تابستان Summer
3.62 ^{bc}	38.10 ^b	12.19 ^c	2.30 ^c	I ₁	
3.67 ^b	38.15 ^b	12.22 ^c	2.49 ^b	I ₂	
3.67 ^b	38.49 ^b	12.35 ^b	2.64 ^b	I ₃	
3.88 ^a	39.26 ^a	12.43 ^a	2.89 ^a	I ₄	
0.1430*	0.5904**	ns	0.013**	LSD (0.05)	
8.55	5.93	9.12	11.71	C.V. (%)	

ns, **, * و به ترتیب به مفهوم غیرمعنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد است. حروف مشابه در هر ستون نشانه عدم وجود اختلاف آماری در سطح ۵ درصد است.

Effects significant at $P \leq 0.05$ (*), 0.01 (**) or non significant (NS). Values in each column with any letter in common not significantly different at $P \leq 0.05$.

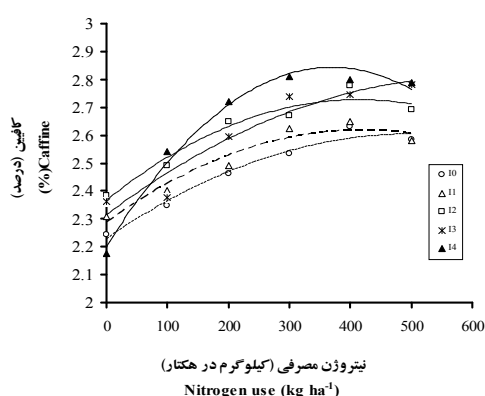
شاخساره در هر سه فصل اثر معنی داری را نشان نداد. با توجه به کمبود بارندگی در تابستان و انجام آبیاری در این فصل، روند تغییرات تیمارهای ترکیبی کود نیتروژن و آبیاری بر خصوصیات کیفی چای فقط در فصل تابستان بررسی شد (شکل های ۴ تا ۷).

برهمکنش کود نیتروژن و آبیاری بر خصوصیات کیفی چای: در این آزمایش، اثر متقابل تیمارهای کود نیتروژن و آبیاری بر مقدار مواد جامد محلول در آب و پلی فنل های شاخساره و نیتروژن موجود در برگ سوم شاخساره فعال فقط در فصل تابستان سه سال آزمایش معنی دار شد و بر سایر خصوصیات کیفی



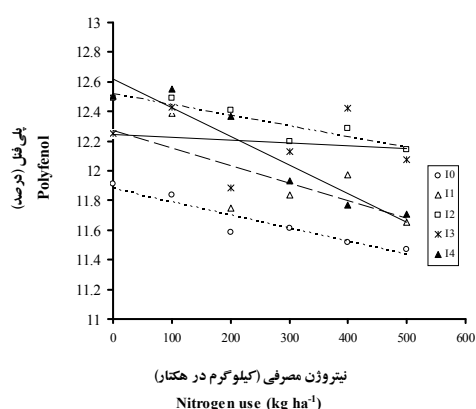
شکل ۴- اثرات تیمارهای نیتروژن و آبیاری بر مقدار نیتروژن برگ سوم شاخساره در فصل تابستان سه سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹.

Figure 4. Effects of nitrogen and irrigation treatments on nitrogen of three leaf in summer in 2008 to 2010 years.



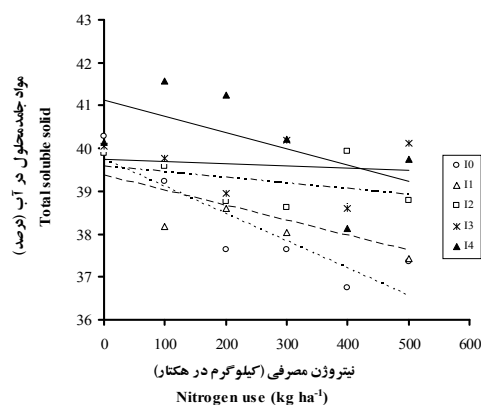
شکل ۵- اثرات تیمارهای نیتروژن و آبیاری بر مقدار کافئین شاخساره در فصل تابستان سه سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹.

Figure 5. Effects of nitrogen and irrigation treatments on caffeine of shoots in summer in 2008 to 2010 years.



شکل ۶- اثرات تیمارهای نیتروژن و آبیاری بر مقدار پلی‌فنل شاخساره در فصل تابستان سه سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹.

Figure 6. Effects of nitrogen and irrigation treatments on polyphenol of shoots in summer in 2008 to 2010 years.



شکل ۷- اثرات تیمارهای نیتروژن و آبیاری بر مقدار مواد جامد محلول در آب شاخساره در فصل تابستان سه سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹.

Figure 7. Effects of nitrogen and irrigation treatments on total soluble solid of shoots in summer in 2008 to 2010 years.

همان‌طور که از شکل ۴ مشاهده می‌شود با افزایش مقدار کود نیتروژنی در سطوح I_0 ، I_1 و I_2 ، مقدار نیتروژن برگ سوم شاخساره فعال تا مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار دارای روند افزایشی بود سپس با افزایش آن، درصد نیتروژن برگ کاهش پیدا می‌کرد اما در سطوح آبیاری I_3 و I_4 این روند افزایش تا مقدار ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار ادامه داشت. با در نظر گرفتن میزان ۴ درصد به‌عنوان آستانه مجاز نیتروژن در برگ سوم شاخساره فعال (۲۸)، حداکثر مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برای تمام سطوح آبیاری به‌دست می‌آید. با توجه به این‌که افزایش مصرف کود نیتروژنی باعث افزایش مقدار نیتروژن برگ، افت کیفیت و بازارپسندی چای می‌شود (۲۳ و ۲۷) کاربرد کود نیتروژنی را می‌توان از این لحاظ تا سطوح بسیار پایین‌تر کاهش داد.

به‌طور مشابه، با افزایش مقدار آب آبیاری و کود نیتروژنی در فصل تابستان، درصد کافئین شاخساره (تا حد ۳۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) افزایش پیدا می‌کرد (شکل ۵). کم‌ترین میزان کافئین در تیمارهای بدون آبیاری و آبیاری جزئی با مصرف ۳۰۰ تا ۳۵۰

کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد. نتایج مشابهی توسط باقری (۲۰۱۱) و ونکاتسان و گاناپاتی (۲۰۰۴) ارائه شده است (۴ و ۴۱). آن‌ها گزارش کردند که با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، درصد کافئین چای ابتدا افزایش و سپس کاهش پیدا کرده و بیش‌ترین مقدار کافئین در مقادیر ۳۰۰ تا ۴۰۰ کیلو نیتروژن در هکتار به‌دست می‌آید. آبیاری در فصل تابستان باعث شد تا میزان کافئین شاخساره‌های چای، افزایش یابد. افزایش مقدار کافئین شاخساره‌های چای از شاخص‌های کیفی در تولید چای محسوب می‌شود. با آبیاری کامل بوته‌های چای در دوره کم‌آبی می‌توان مقدار این شاخص کیفی را تا حد زیادی بهبود بخشید، اما افزایش بیش از حد کافئین باعث کاهش شاخص طعم چای می‌شود بنابراین، آبیاری کامل با مصرف کم‌تر کود نیتروژن سبب افزایش شاخص کیفی چای خواهد شد.

تغییرات درصد پلی‌فنل شاخساره‌های چای تحت تأثیر تیمارهای کود نیتروژن و آبیاری روند کاهشی داشت (شکل ۶). در تمام سطوح آبیاری با افزایش کود نیتروژن، مقدار پلی‌فنل شاخساره‌ها به‌طور خطی

می‌دهد که کاهش مصرف کود نیتروژن تا حد مشخصی می‌تواند به منظور حفظ تعادل بین عملکرد و کیفیت، مؤثر واقع شود در نتیجه در شرایط دیم کاربرد ۱۵۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنی (با منبع اوره) در باغ‌های چای توصیه می‌شود.

به‌طور کلی، مدیریت آبیاری ناقص در صورت وجود منابع آب کافی و مطمئن، مطلوب و ایده‌آل نبوده و پیشنهاد نمی‌شود اما در شرایطی که راه‌حلی جز به‌کارگیری آبیاری ناقص (کم‌تر از نیاز آبی واقعی) در باغ‌های چای وجود ندارد، مصرف ۱۵۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بهترین گزینه برای دستیابی به تولید بیش‌تر و کیفیت بالاتر است.

بیش‌ترین میزان عملکرد چای در شرایط آبیاری کامل با کاربرد ۳۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. آبیاری در فصل کم‌آبی سبب شد تا میزان پلی‌فنل‌ها، کافیین، مواد جامد محلول در آب و نیتروژن در برگ سبز چای افزایش یابد اما کاربرد هم‌زمان کود نیتروژن باعث افزایش میزان نیتروژن برگ و کاهش پلی‌فنل‌ها، کافیین و مواد جامد محلول در آب شد که در نهایت منجر به افت کیفیت و بازارپسندی چای می‌شود. بنابراین با پذیرش مقدار کمی کاهش محصول با هدف دستیابی به کیفیت بیش‌تر و در نظر گرفتن جنبه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی و به‌منظور حفظ تعادل بین عملکرد و کیفیت چای در شرایط آبیاری کامل بوته‌های بالغ چای (عملکرد بالای ۳۴۰۰ تا ۳۷۸۰ کیلوگرم در هکتار)، مصرف ۲۰۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار توصیه می‌شود.

کاهش پیدا می‌کرد. بیش‌ترین مقدار پلی‌فنل موجود در شاخساره‌های چای در تیمارهای آبیاری کامل I_4 و I_3 با کاربرد حدود ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن به‌دست آمد. در تیمارهای دیم، I_1 و I_2 کاهش پلی‌فنل موجود در شاخساره‌های چای تا حد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار قابل‌قبول بوده و مصرف کود نیتروژن بیش‌تر از این مقدار باعث کاهش مقدار پلی‌فنل و در نتیجه کاهش کیفیت (خواص درمانی) چای می‌شود. کاهش پلی‌فنل‌ها در شاخساره‌های جوانی که تحت کاربرد نیتروژن هستند، می‌تواند به‌دلیل کاهش هیدرات‌های کربن در دسترس ناشی از کاهش مواد فتوسنتزی از منبع باشد (۳۰).

هم‌چنین تغییرات درصد مواد جامد محلول در آب برای تمام تیمارهای ترکیبی آبیاری و کود نیتروژنی دارای شیب کاهش بود (شکل ۷). شیب کاهش مقدار ماده جامد محلول در آب برای وضعیت دیم و سطوح آبیاری ناقص بیش‌تر از سایر سطوح آبیاری بود. بنابراین کاهش مصرف کود نیتروژن سبب افزایش مواد جامد محلول در آب و در نتیجه بهبود کیفیت چای می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

کشت دیم در باغ‌های چای موجب می‌شود تا میزان عملکرد و شاخص‌های کیفی برگ سبز چای نسبت به شرایط آبیاری کاهش یابد. بنابراین تامین نیاز آبی بوته‌های چای در فصل کم‌آبی برای بهبود عملکرد کمی و کیفی (تولید اقتصادی) این محصول ضروری است. بیش‌ترین میزان عملکرد در شرایط بدون آبیاری (دیم)، با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژنی در هکتار به‌دست می‌آید اما نتایج نشان

منابع

1. Alinaghipoor, B. 2011. The Effect of amounts and split application of urea on tea green leaf yield. Final Report. Agriculture Research, Education and Extension Organization, Tea Research Institute of Iran, 38p. (In Persian)
2. Anan, T. and Nakagawa, M. 1974. Effect of light on chemical constituents in tea leaves. J. Agric. Chem. Soc. Jpn. 48: 91-96.
3. Anonymous. 2008. Tea- Black Tea- Specifications and test methods. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. No. 623, 9p. (In Persian)
4. Bagheri, F. 2011. The effect of soil and foliar application of nitrogen on yield and quality of tea. Final Report. Agriculture Research, Education and Extension Organization, Tea Research Institute of Iran, 58p. (In Persian)
5. Carr, M.K.V. and Stephens, W. 1992. Climate, weather and yield of tea. In: K.C. Willson and M.N. Clifford (Eds.), Tea cultivation to consumption, (pp: 87-135). U.K.: Chapman & Hall.
6. Carr, M.K.V. 2010a. The role of water in the growth of the tea (*Camellia sinensis* L.) crop: a synthesis of research in eastern Africa. 1. water relations. Exper. Agric. 46: 3. 327-349.
7. Carr, M.K.V. 2010b. The role of water in the growth of the tea (*Camellia sinensis* L.) crop: a synthesis of research in eastern Africa. 2. water productivity. Exper. Agric. 46: 3). 351-379.
8. Chang, F.P. and Lin, M.L. 1991. Effect of chemical components on the Paochung tea quality. In: Taiwan Tea Experiment Station Annual Report 1990. Taiwan Tea Experiment Station, Yangmei, Taiwan, Pp: 25-27.
9. Chen, X.H., Zhuang, C.G., He, Y.F., Wang, L., Han, G.Q., Chen, C. and He, H.Q. 2010. Photosynthesis, yield and chemical composition of Tieguanyin tea plants (*Camellia sinensis* L.) in response to irrigation treatments. Agri. Water Manag. 97: 419-425.
10. Chen, P.A., Lin, S.Y., Liu, C.F., Su, Y.S., Cheng, H.Y., Shiau, J.H. and Chen, I.Z. 2015. Correlation between nitrogen application to tea flushes and quality of green and black teas. Sci. Hort. 181: 102-107.
11. Cheruiyot, E.K., Mumeraa, L.M., Ng'etichb, W.K., Hassanalic, A. and Wachirad, F.N. 2010. High fertilizer rates increase susceptibility of tea to water stress. J. Plant Nutr. 33: 1. 115-129.
12. Chiu, T.F. and Tsai, C.M. 1987. Effect of foliar fertilization on growth of tea plant. In: Taiwan Tea Experiment Station Annual Report 1986. Taiwan Tea Experiment Station, Yangmei, Taiwan, Pp: 15-18.
13. Chu, H.M. 1977. The effects of nitrogens from various sources on the tea yield and quality. In: Taiwan Tea Experiment Station Annual Report 1976. Taiwan Tea Experiment Station, Yangmei, Taiwan, Pp: 50-51.
14. Hanks, R.J., Keller, J., Rasmussen, V.P. and Willson, G.D. 1976. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. Soil Sci. Soc. Amer. J. 40: 426-429.
15. Janendra, W.A., De Costa, M., Mohotti, A.J. and Wijeratne, M.A. 2007. Ecophysiology of tea. Braz. J. Plant Physiol. 19: 4. 299-332,
16. Lakin, A. 1989. Food Analysis, Practical Handout. Reading University, UK.
17. Liang, Y.R., Lu, J.L., Zhang, L.Y., Wu, S. and Wu, Y. 2003. Estimation of black tea quality by analysis of chemical composition and colour difference of tea infusions. Food Chem. 80: 283-290.
18. Majd Salimi, K., Salvatian, S.B. and Rezaei, M. 2011. Effects of sprinkler irrigation intervals on yield and water use efficiency of tea fields in Giulan Province, Iran, J. Water Soil. 24: 6. 1129-1141. (In Persian)
19. Manivel, L., Marimuthu, S. and Raj Kumar, R. 1997. Physico chemical studies on nutrition of tea. Scientific Publication Series, Tea Board, India, 9: 1-13.
20. Morgan, D.D.V. and Carr, M.K.V. 1989. Analyzing line source irrigation experiments. Exper. Agric. 91: 4-11.

21. Morita, A. and Tuji, M. 2002. Nitrate and oxalate contents of tea plants (*Camellia sinensis* L.) with special reference to types of green tea and effect of shading. *Soil Sci. Plant Nutr.* 48: 547-553.
22. Okano, K., Chutani, K. and Matsuo, K. 1997. Suitable level of nitrogen fertilizer for tea (*Camellia sinensis* L.) plants in relation to growth, photosynthesis, nitrogen uptake and accumulation of free amino acids. *Jpn. J. Crop Sci.* 66: 279-287.
23. Owuor, P.O. and Wanyoko, J.K. 1983. Fertilizer use advisory service. A reminder to farmers. *Tea.* 4: 1. 3-7.
24. Owuor, P.O. and Odhiambo, H.O. 1994. Response of some black tea quality parameters to nitrogen-fertilizer rates and plucking frequencies. *J. Sci. Food Agric.* 66: 555-561.
25. Owuor, P.O., Othieno, C.O., Kamau, D.M., Wanyoko, J.K. and Ng'etich, W.K. 2008a. Effects of long term fertilizer use on a high yielding tea clone AHP S15/10: yields. *Tea Sci.* 7: 19-31.
26. Owuor, P.O., Obanda, M., Nyirenda, H.E. and Mandala, W.L. 2008b. Influence of region of production on clonal black tea chemical characteristics. *Food. Chem.* 108: 263-271.
27. Owuor, P.O., Kamau, D.M., Kamunya, S.M., Msomba, S.W., Uwimana, M.A., Okal, A.W. and Kwach, B.O. 2011. Effects of genotype, environment and management on yields and quality of black tea. *Genetics, Biofuels and Local Farming Systems.* 7: 277-307.
28. Owuor, P.O. and Bowa, O.K. 2012. Quality and yields of black tea *Camellia sinensis* L. O. Kuntze in responses to harvesting in Kenya: a review. *Asian J. Biol. Life Sci.* 1: 1. 1-7.
29. Rozema, J., van de Staaij, J., Bjorn, L.O. and Caldwell, M.M. 1997. UV-B as an environmental factor in plant life: stress and regulation. *Trends in Ecology and Evolution,* 12: 22-28.
30. Ruan, J. 2005. Quality-related constituents in tea (*Camellia sinensis*) as affected by the form and concentration of nitrogen and the supply of chloride. M.Sc. Thesis, Christian Albrechts University, China.
31. Sedaghatpour, S., Torkashvand, A.M., Hashemabadi, D. and Kaviani, B. 2009. Yield and quality response of tea plant to fertilizers. *Afric. J. Agric. Res.* 4: 6. 568-570.
32. Stephens, W. and Carr, M.K.V. 1991a. Responses of tea (*Camellia sinensis* L.) to irrigation and fertilizer. I. Yield. *Exper. Agric.* 27: 177-191.
33. Stephens, W. and Carr, M.K.V. 1991b. Responses of tea (*Camellia sinensis* L.) to irrigation and fertilizer. Water use. *Exper. Agric.* 27: 193-210.
34. Stephens, W. and Carr, M.K.V. 1993. Responses of tea (*Camellia sinensis* L.) to irrigation and fertilizer. III. Shoot extension and development. *Exper. Agric.* 29: 323-339.
35. Stephens, W. and Carr, M.K.V. 1994. Responses of tea (*Camellia sinensis* L.) to irrigation and fertilizer. IV. Shoot population density, Size and Mass. *Exper. Agric.* 33: 189-205.
36. Tanton, T.W. 1982. Environmental factors affecting the yield of tea (*Camellia sinensis*). I. Effects of air temperature. *Exper. Agric.* 18: 47-52.
37. Taylor, S., Baker, D., Owuor, P., Orchard, J., Othieno, C. and Gay, C. 1992. A model for predicting black tea quality from the carotenoid and chlorophyll composition of fresh green tea leaf. *J. Sci. Food Agric.* 58: 185-191.
38. Thompson, R.D. 2000. Coffee and Tea. *JAOAC,* 30: 1-12.
39. Topuz, A., Dincer, C., Torun, M., Tontul, I., Sahin-Nadeem, H., Haznedar, A. and Ozdemir, F. 2014. Physicochemical properties of Turkish green tea powder: effects of shooting period, shading, and clone. *Turk. J. Agric. For.* 38: 233-241.
40. Tsai, C.M., Lee, S.M., Chen, I.Z. and Chang, C.K. 2004. Effect of foliar spray urea on nitrogen fertilizer requirement and tea quality. *Taiwan Tea Res. Bull.* 23: 45-56.
41. Venkatesan, S. and Ganapathy, M.N.K. 2004. Impact of nitrogen and potassium fertilizer application on quality of CTC teas. *Food Chem.* 84: 325-328.
42. Watanabe, I. 1995. Effect of nitrogen-fertilizer application at different stages on the quality of green tea. *Soil Sci. Plant Nutr.* 41: 763-768.

43. Wu, C.T. and Yeh, S.C. 1977. Studies on the amino acid constituents and crop quality of semi-fermented tea. In: Taiwan Tea Experiment Station Annual Report 1976. Taiwan Tea Experiment Station, Yangmei, Taiwan, Pp: 95-97.
44. Wu, C.T. and Wu, J.C. 1979. Studies on the contents of the total catechins and the total nitrogen in different new strains (or varieties) of growing tea plants and the effect on the quality of green tea. In: Taiwan Tea Experiment Station annual report 1978. Taiwan Tea Experiment Station, Yangmei, Taiwan, Pp: 91-97.
45. Yang, D., Liu, X., Liu, H.G., Zhang, Y.B. and Yin, P. 2013. Effect of the near infrared spectrum resolution on the nitrogen content model in green tea. *Spectrosc. Spectr. Ana.* 33: 1786-1790.