Archive of SID

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]**

[۱]پژوهشکده چای، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، لاهیجان، ایران،
[۲]مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۸/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/٤/۵

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 به‌میزان 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 کافیین 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، ٤۰۰ 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 کافیین، 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 (۳٤۲٤ مترمکعب آب آبیاری) منجر به افزایش دو برابری عملکرد نسبت

* مسئول مکاتبه: k_majdsalimi@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

به شرایط بدون آبیاری گردید. در عوض، افزایش مقدار کود نیتروژنی باعث کاهش میزان پلی‌فنل‌ها و مواد جامد محلول در آب و افزایش میزان کافیین 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 فرآوری 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 (٤۳ و ٤٤). 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 فرآوری و مدیریت بستگی دارد (۱۱، ۲۳، ۲٤ 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، ۲٦ و ۲۷).

تغییرات در بهره‌وری تولید و کیفیت چای به‌علت شرایط آب و هوایی در مطالعات زیادی، گزارش شده است (٦، ۷، ۱۱، ۱۵، ۲۳ و ۳۲). کیفیت چای به سطوح نیتروژن، پلی‌فنل‌ها و کافیین اجزای تشکیل‌دهنده شاخساره‌های چای به‌شدت وابسته است (۷، ۱۷، ۳۷ و ٤٤). 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 (٦، ۳۲، ۳۳، ۳٤ 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 نیترات 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 صورتی‌که نیتروژن از دست رفته جبران نشود، خاک

www.SID.ir

Archive of SID

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، ٤۲، ٤۳ و ٤٥) در صورتی‌که پژوهشگران زیادی گزارش کردند که این عامل نمی‌تواند موجب افزایش کیفیت چای شود (۸، ۱۲، ۱۳، ٤۰ و ٤۳). بنابراین، مصرف بهینه کود نیتروژنی با هدف حفظ تعادل بین عملکرد و کیفیت محصول (۲٦ 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 در افزایش کمیت، کیفیت و بازارپسندی چای تولیدی و بازدهی اقتصادی آن است (۱۸). با توجه به این‌که 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 تک شاخه‌ای 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 ٤/۸ متری تقسیم گردید، به‌طوری‌که ۲٤ ردیف ۱۸×٤/۸ متری در طرفین لوله آبیاری تشکیل شد. ابعاد هر کرت در این آزمایش ٤/۸×۳/٦ متر در نظر گرفته شد.

www.SID.ir

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی محل آزمایش طی دوره مطالعه.

Table 1. Meteorological data of experimental site during study period.

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

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

عامل اصلی شامل شش سطح کود نیتروژن صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ ، ٤۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار (N_0 تا N_5) بود که به‌صورت تصادفی در این بلوک‌ها قرار گرفتند. کود نیتروژن در دو تقسیط مساوی از منبع کود اوره (٤٦ 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 آبده (I_4)، تیمار بدون آبیاری یا شاهد (I_0) در دورترین نقطه از لوله آبده و تیمارهای آبیاری ناقص (I_3، I_2 و I_1) بین دو تیمار مذکور تقسیم‌بندی شدند. سایر عملیات به‌زراعی مانند وجین علف‌های هرز و سرهرس بوته‌های تمامی کرت‌ها در طی سه سال به‌صورت 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 ٤۰ درصد رطوبت قابل دسترس انجام شد. در طول دوره رشد، به‌منظور تعیین میزان رطوبت حجمی در خاک تیمارهای مختلف، پایش رطوبت در عمق توسعه ریشه (۹۰ سانتی‌متری) به‌صورت هفته‌ای دو بار و با استفاده از روش انعکاس‌سنجی زمانی (Trime FM-2, Eijkelkamp Agrisearch Equipment) انجام شد.

در دوره رشد سال‌های ۸۷، ۸۸ و ۸۹ به‌ترتیب هفت، هشت و هشت مرتبه برداشت جداگانه برگ سبز در فواصل زمانی مختلف انجام گرفت. در این آزمایش، برداشت برگ سبز چای به‌صورت شاخساره‌های استاندارد (۲ یا ۳ برگ و یک جوانه انتهایی) به‌طور هم‌زمان در تمام کرت‌ها انجام و وزن آن‌ها به‌وسیله ترازو تعیین شد. برای تبدیل وزن برگ سبز چای به عملکرد چای ساخته‌شده 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 برداشت‌شده در شاخص سه‌چین برداشت (فصول بهار، تابستان و پاییز) نمونه‌ها بود.

مقدار کل نیتروژن موجود در برگ سوم شاخساره فعال به روش کجلدال (۳۸)، درصد مواد جامد محلول در آب با استخراج عصاره آبی از چای به‌صورت 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 ۲۷٦ نانومتر با اسپکتروفتومتر و در نهایت درصد کافیین نمونه‌ها از طریق مقایسه با منحنی استاندارد کافیین محاسبه گردید (۱٦).

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 به‌صورت مجموع برداشت سه سال و برای خصوصیات کیفی به‌صورت مجموع صفات کیفی هر فصل در سه سال با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

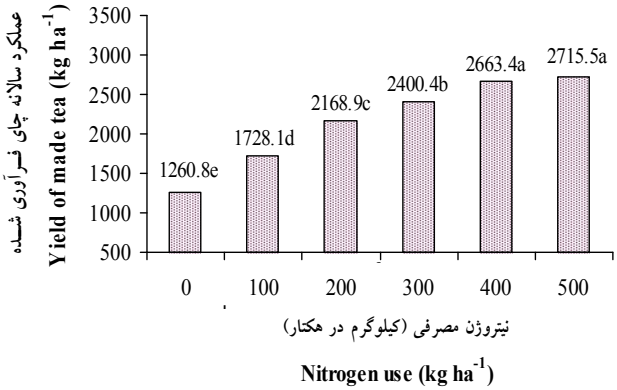
نتایج و بحث

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

www.SID.ir

Archive of SID

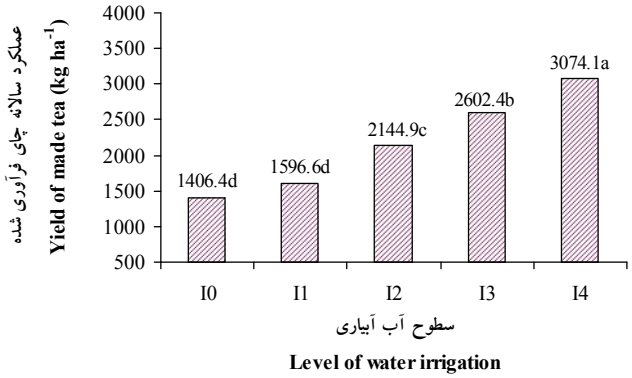
آزمایشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌های عملکرد (شکل ۱) نشان داد که با افزایش نیتروژن کاربردی، مقدار عملکرد نیز افزایش می‌یابد. عملکرد چای حاصل از مصرف ٤۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در یک سطح قرار داشتند. بنابراین، کاربرد کود نیتروژن به‌میزان ٤۰۰ کیلوگرم در هکتار بهترین شرایط برای دستیابی به بیش‌ترین میزان عملکرد است.



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

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

هم‌چنین، بررسی مقایسه میانگین عملکرد بر اساس سطوح آبیاری در دوره سه‌ساله (شکل ۲) نشان می‌دهد که آبیاری کامل (میانگین ۳٤۲٤ مترمکعب در هکتار) منجر به تولید بیش‌ترین میزان عملکرد چای فرآوری‌شده (۳۰۷٤ 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 تولیدی در وضعیت آبیاری کامل به‌میزان ۲۱۸ درصد نسبت به سطح بدون آبیاری (۱٤۰٦ کیلوگرم در هکتار) افزایش داشته باشد. در این شرایط، اگرچه آبیاری ناقص (I_3، I_2 و I_1) به‌ترتیب به‌میزان 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.



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

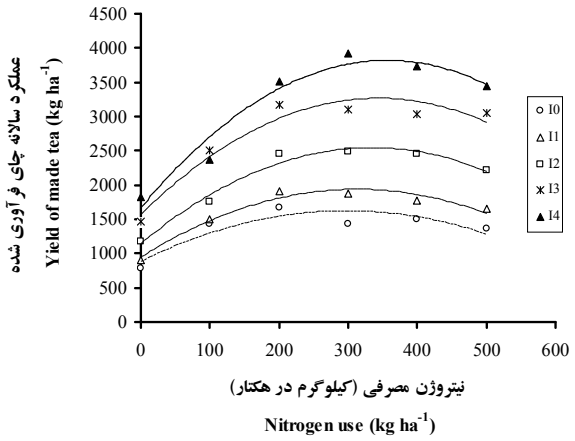
Figure 2. Effects of irrigation water on average of yield of made tea in 2008 to 2010 years.

www.SID.ir

Archive of SID

برهمکنش کود نیتروژن و آبیاری بر عملکرد: با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل کود نیتروژن و آبیاری بر عملکرد چای در تجزیه مرکب سه‌ساله (۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹) و ترسیم منحنی تغییرات عملکرد با سطوح کود نیتروژنی برای تمام سطوح آبیاری (شکل ۳)، مشاهده می‌شود که منحنی تغییرات برای سطوح آبیاری به‌صورت تابع درجه دوم است. با این تفاوت که تغییرات برای سطوح آبیاری I_0 و I_1 با میانگین صفر و ۸۵ میلی‌متر آب مصرفی با شیب ملایم شروع شده و تا محدوده ۳۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ادامه سپس به‌طور جزئی کاهش می‌یابد. 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 به‌عنوان بهترین سطح از لحاظ تولید عملکرد برای شرایط بدون آبیاری (با عملکرد ۱۴۰۳ کیلوگرم چای فرآوری‌شده در هکتار) در نظر گرفته می‌شود.

این نوع واکنش و تغییرات را می‌توان به‌علت کارایی پایین مصرف نیتروژن (تلفات زیاد) ناشی از نبود رطوبت مناسب در خاک طی ماه‌های خشک (تیر و مرداد) دانست که با وجود افزایش کاربرد نیتروژن، باعث تغییرات اندک در عملکرد بوته‌های چای می‌شود (۶). علاوه بر تنش رطوبتی موجود در خاک به‌علت کمبود بارندگی، عوامل تنش‌زای محیطی مانند دمای بالای هوا (بیش‌تر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و کمبود فشار بخار اشباع بیش‌تر از ۲/۱ کیلوپاسکال (۵ و ۳۶) در ماه‌های تیر و مرداد (جدول ۱) باعث شد تا تولید محصول (برگ و شاخساره‌های چای) در این وضعیت کاهش بسیار زیادی پیدا کند.



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).

منحنی تغییرات عملکرد با مقادیر مختلف نیتروژن در سطوح آبیاری ناقص I_2، I_3 با میانگین ۱۸۵ و ۲۵۸ میلی‌متر 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 پس از آن به‌طور جزئی، کاهش پیدا کرد. به‌طور 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).

www.SID.ir

Archive of SID

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 ٤۳٤۲ 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 (کافیین، 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 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 کافیین شاخساره‌های چای در سه فصل بهار، تابستان و پاییز شد (جدول ۲). افزایش مقدار کافیین شاخساره‌های چای با کاربرد بیش‌تر کود نیتروژنی توسط پژوهشگران زیادی گزارش شده است (۵، ۱۵، ۱۹ و ۲۵). بیش‌ترین درصد کافیین نیز به‌ترتیب در فصول تابستان (۲/٦۳ درصد)، بهار (۲/۵٦ 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 (۱۲/٤۹ 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 تشعشات خورشیدی است که در سوخت‌وساز ثانویه در گیاهان نقش دارد (۲۹).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- اثرات کود نیتروژن بر مقادیر نیتروژن، مواد جامد محلول در آب، پلی‌فنل و کافیین 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).

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

ns، ** و * به‌ترتیب به مفهوم غیرمعنی‌دار و معنی‌دار 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.

www.SID.ir

Archive of SID

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) به‌طوری‌که 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 (۳۸/٦۳ درصد) و پاییز (۳۳/۵۷ درصد) به‌ترتیب 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، ٤، 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 تقسیط اول (اواخر اردیبهشت) در فصل بهار هر سه سال باعث شد تا کاربرد بیش‌تر کود نیتروژن اثر خود را بر گیاه به‌صورت افزایش در مقدار نیتروژن برگ سوم نشان دهد. کاربرد مقادیر ٤۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث شد تا میزان نیتروژن برگ (به‌ترتیب ٤/۱۰ و ٤/۲۳ درصد) در آستانه حد بحرانی ٤ 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 ٤).

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 (به‌ترتیب مقادیر ۳/۸۳، ۳/۷۳ و ۳/٤٤ درصد). این موضوع را می‌توان به‌دلیل 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 به‌دلیل عدم اعمال تیمار آبیاری بوده است اما تامین نیاز آبی چای به‌وسیله آبیاری بارانی در فصل تابستان سبب شد تا بیش‌ترین مقدار نیتروژن برگ با آبیاری کامل به‌دست 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 (به‌عنوان 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 کافیین، 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 کافیین و پلی‌فنل‌های چای می‌شود (۱۰).

www.SID.ir

Archive of SID

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

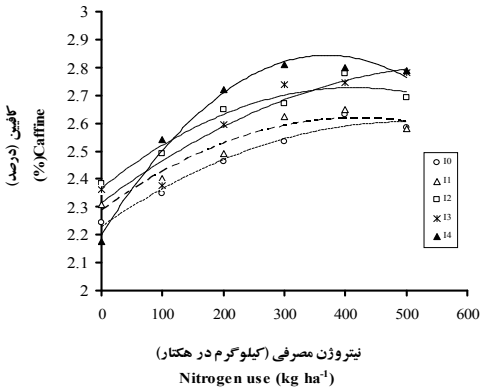
Table 3. Effects of irrigation water on leaf nitrogen, total soluble solid, polyphenol and caffeine contents in summer season (2008-2010).

فصل برداشت Harvest season	آب آبیاری Irrigation water	خصوصیات کیفی Quality parameters (%)			
		کافیین Caffeine	پلی‌فنل‌ها Polyphenols	مواد جامد محلول در آب Total soluble solid	نیتروژن برگ Leaf nitrogen
تابستان Summer	I_0	2.31^{c}	12.18^{c}	38.12^{b}	3.60^{bc}
	I_1	2.30^{c}	12.19^{c}	38.10^{b}	3.62^{bc}
	I_2	2.49^{b}	12.22^{c}	38.15^{b}	3.67^{b}
	I_3	2.64^{b}	12.35^{b}	38.49^{b}	3.67^{b}
	I_4	2.89^{a}	12.43^{a}	39.26^{a}	3.88^{a}
	LSD (0.05)	0.013**	ns	0.5904**	0.1430*
	C.V. (%)	11.71	9.12	5.93	8.55

ns، ** و * به‌ترتیب به مفهوم غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد است. حروف مشابه در هر ستون نشانه عدم وجود اختلاف آماری در سطح ۵ درصد است.

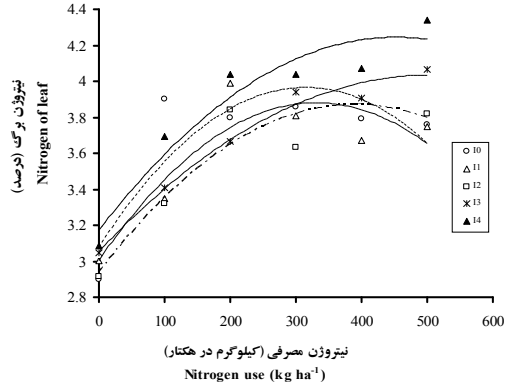
Effects significant at P≤0.05 (*), 0.01 (**) or non significant (NS). Values in each column with any letter in common not significantly different at P≤0.05.

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 پلی‌فنل‌های شاخساره و نیتروژن موجود در برگ سوم شاخساره فعال فقط در فصل تابستان سه سال آزمایش معنی‌دار شد و بر سایر خصوصیات کیفی شاخساره در هر سه فصل اثر معنی‌داری 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 (شکل‌های ٤ تا ٧).



شکل ٥- اثرات تیمارهای نیتروژن و آبیاری بر مقدار کافیین شاخساره در فصل تابستان سه سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹.

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

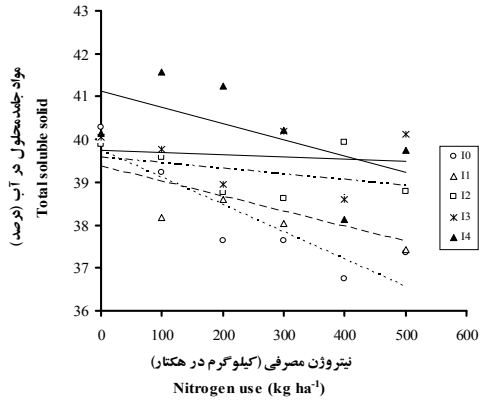


شکل ٤- اثرات تیمارهای نیتروژن و آبیاری بر مقدار نیتروژن برگ سوم شاخساره در فصل تابستان سه سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹.

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

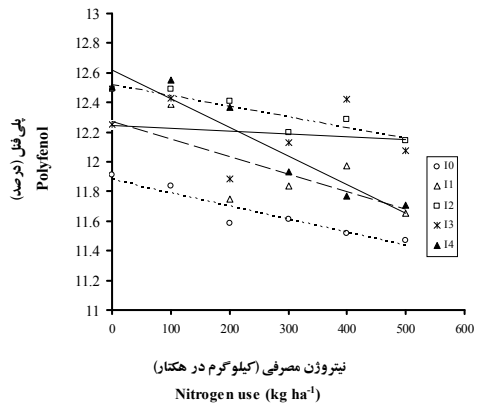
www.SID.ir

Archive of SID



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.



شکل ٦- 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 polyfenol of shoots in summer in 2008 to 2010 years.

همان‌طور که از شکل ٤ 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 ٤۰۰ کیلوگرم در هکتار ادامه داشت. با در نظر گرفتن میزان ٤ 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 کافیین شاخساره (تا حد ۳۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) افزایش پیدا می‌کرد (شکل ۵). کم‌ترین میزان کافیین 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 (۲۰۰٤) ارائه شده است (٤ و ٤۱). آن‌ها گزارش کردند که با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، درصد کافیین چای ابتدا افزایش و سپس کاهش پیدا کرده و بیش‌ترین مقدار کافیین در مقادیر ۳۰۰ تا ٤۰۰ کیلو نیتروژن در هکتار به‌دست می‌آید. آبیاری در فصل تابستان باعث شد تا میزان کافیین شاخساره‌های چای، افزایش یابد. افزایش مقدار کافیین 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 کافیین 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 تحت‌تأثیر تیمارهای کود نیتروژن و آبیاری روند کاهشی داشت (شکل ٦). در تمام سطوح آبیاری با افزایش کود نیتروژن، مقدار پلی‌فنل شاخساره‌ها به‌طور خطی

www.SID.ir

Archive of SID

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 می‌دهد که کاهش مصرف کود نیتروژن تا حد مشخصی می‌تواند به‌منظور 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.

به‌طورکلی، 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 سب 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.

www.SID.ir

Archive of SID

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 qualityby analysis of chemical composition and colour difference of tea infusions. Food Chem. 80: 283-290.

18.Majd Salimi, K., Salvatian, S.B. and Rezaeii, 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.

www.SID.ir

Archive of SID

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 fortea (*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 tonitrogen-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, WK. 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 Albrechets University, China.
31.Sedaghathoor, 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. Experl. 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.

www.SID.ir

Archive of SID

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.

www.SID.ir