



Effect of light intensity and nitrogen fertilizer on some quantitative and qualitative characteristics of green tea leaves

Ehsan Kahneh^{1*}, Samar Ramzi² and Koorosh Falakro³

1*- Corresponding author, Department of Technology and Production Management, Tea Research Center, Horticultural Science Research Institute, AREEO, Lahijan, Iran, E-mail: e.kahneh@areeo.ac.ir

2- Department of Technology and Production Management, Tea Research Center, Horticultural Science Research Institute, AREEO, Lahijan, Iran

3- Department of Genetic and Plant Breeding, Tea Research Center, Horticultural Science Research Institute, AREEO, Lahijan, Iran

Received: 21/01/2025

Revised: 25/10/2025

Accepted: 11/11/2025

Abstract

Background and objectives: Color is one of the most important factors in determining the quality of tea, and it is directly influenced by the vegetative and environmental conditions of the plant, including rainfall, fertilizers, and light. Light, as one of the key environmental variables, serves as the primary factor influencing plant color by providing the energy necessary to regulate plant growth. Tea is a shade-loving plant, and reduced light can enhance the quality of the tea beverage by decreasing or slowing the formation of photosynthetic inhibitors. Consequently, the use of various tea plant shading methods to produce high-quality and high-value green tea is increasing in tea-growing regions worldwide.

Methodology: This research aims to investigate the effects of nitrogen fertilizer and light intensity on the quality of green tea leaves. The experiment was conducted as a split-plot in time within a CRBD design, with treatments including: (1) unshaded plants + 250 kg/ha of urea; (2) unshaded plants + 500 kg/ha of urea; (3) 50% shading + 250 kg/ha of urea; (4) 50% shading + 500 kg/ha of urea; (5) 90% shading + 250 kg/ha of urea; and (6) 90% shading + 500 kg/ha of urea, implemented in three replications. Each replication measured 6 × 0.7 meters, and shading was applied during the spring and summer harvests. Greenhouse shade nets of 50% and 90% density were used as covers. The nets were placed over the bushes for three weeks, ensuring that the sides were also fully covered and secured with rope. After the designated period, the shades were removed, and leaf picking was performed. In each harvest, yield (one bud and two leaves) and yield components, including shoot density and weight, chlorophyll content, concentrations of N, P, and K nutrients, and several biochemical characteristics, were measured in the harvested green leaves.

Results: Using 50% shade with 500 kg of urea increased the yield of green leaves by 14.8% compared to unshaded conditions, while the lowest yield was recorded in Treatment 1. Application of 50% shade had a significant positive effect on green leaf yield relative to unshaded conditions, whereas 90% shade did not produce a positive yield response. The use of 50% shading increased the number of harvestable shoots by 35.3% compared to unshaded plants, with the lowest shoot number observed in unshaded bushes receiving 250 kg of urea. The treatments also had a significant effect on nitrogen concentration in green tea leaves. The highest nitrogen concentration was in Treatment 4, which differed significantly from unshaded treatments and from 90% shade with 500 kg of urea. The lowest nitrogen concentration was found under 90% shade with 500 kg of urea, which did not differ significantly from the



unshaded treatments. The highest chlorophyll content and water extract values (37%, 0.68) were observed in Treatment 6, representing increases of 37.2% and 29.27%, respectively, compared to the unshaded treatment with the same fertilizer level. Overall, the results indicate that 50% shading combined with urea has a more positive effect on green leaf yield, whereas 90% shading with urea application exerts a greater influence on quality characteristics, particularly leaf chlorophyll content.

Conclusion: The results demonstrated that the quantitative and qualitative characteristics of green tea leaves are strongly influenced by changes in light availability. Given the simplicity and practicality of installing greenhouse shade nets compared to establishing different canopy trees in existing tea gardens, and based on the findings of this study, it can be concluded that 50% shade combined with nitrogen fertilizer exerts a more favorable impact on green leaf yield. However, 90% shade and nitrogen fertilizer have a superior effect on the quality attributes of green leaves, especially chlorophyll content. Therefore, considering the intended purpose of tea production, it can be suggested that 50% and 90% shade nets are more suitable for producing black tea and green tea, respectively.

Keywords: Tea, shading, yield, chlorophyll, water extract.

اثر شدت روشنایی و کود نیتروژنی بر برخی خصوصیات کمی و کیفی برگ سبز چای (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze)

احسان کهنه^{۱*}، سمر رمزی^۲ و کوروش فلک‌رو^۳

*۱- نویسنده مسئول، استادیار، گروه فناوری و مدیریت تولید، پژوهشکده چای، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، لاهیجان، ایران، پست الکترونیک: e.kahneh@areeo.ac.ir

۲- استادیار پژوهشی، گروه فناوری و مدیریت تولید، پژوهشکده چای، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، لاهیجان، ایران

۳- محقق، گروه ژنتیک و به‌نژادی، پژوهشکده چای، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، لاهیجان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۲۰

تاریخ اصلاح نهایی: ۱۴۰۴/۰۸/۰۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۱

چکیده

سابقه و هدف: رنگ یکی از مهمترین فاکتورهای تعیین کیفیت چای است که مستقیماً تحت تأثیر شرایط رویشی و محیطی گیاه از قبیل بارندگی، کودها و نور قرار می‌گیرد. نور از متغیرهای محیطی است که به‌عنوان منبع انرژی برای تنظیم رشد گیاه، مهمترین فاکتور برای رنگ گیاه است. چای گیاهی سایه‌دوست است که کمبود نور می‌تواند با کاهش یا کندی تولید بازدارنده‌های فتوسنتزی، باعث بهبود کیفیت نوشیدنی چای شود. استفاده از روش‌های مختلف سایه‌دهی بوته چای به‌منظور تولید چای سبز باکیفیت و قیمت بالا در مناطق چای‌کاری دنیا در حال افزایش است.

مواد و روش‌ها: این پژوهش باهدف بررسی آثار شدت روشنایی و کود اوره بر کیفیت برگ سبز چای، به‌صورت کرت‌های خردشده در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در باغی با سن بوته حدود ۷۰ سال با تیمارهای: ۱- عدم پوشش بوته + ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۲- عدم پوشش بوته + ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۳- پوشش بوته با سایبان با تراکم ۵۰٪ + ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۴- پوشش بوته با سایبان با تراکم ۵۰٪ + ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۵- پوشش بوته با سایبان با تراکم ۹۰٪ + ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۶- پوشش بوته با سایبان با تراکم ۹۰٪ + ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در سه تکرار اجرا شد. ابعاد هریک از تکرارها ۶×۷ متر بود و پوشش‌دهی در دو برداشت بهاره و تابستانه انجام شد. برای پوشش‌دهی از توری سایبان گلخانه‌ای ۵۰ و ۹۰٪ استفاده شد. پوشش‌ها به مدت سه هفته به نحوی روی بوته‌ها قرار گرفت که کنار بوته‌ها نیز پوشانده شود و با استفاده از طناب محکم و ثابت شد. پس از گذشت زمان مورد نظر، پوشش‌ها برداشت شده و برگ‌چینی انجام شد. در هر برداشت، عملکرد (یک غنچه و دو برگ) و اجزاء عملکرد شامل تراکم و وزن شاخساره، میزان کلروفیل، غلظت عناصر غذایی اصلی و برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی در برگ سبز تولیدی اندازه‌گیری گردید.

نتایج: استفاده از سایبان ۵۰٪ و ۵۰۰ کیلوگرم اوره در مقایسه با شرایط بدون سایبان باعث افزایش ۱۴/۸٪ عملکرد برگ سبز شد. کمترین عملکرد نیز در تیمار ۱ مشاهده شد. استفاده از توری سایبانی ۵۰٪ در مقایسه با شرایط آفتابی تأثیر مثبت معنی‌داری بر عملکرد برگ سبز داشت؛ اما توری سایبانی ۹۰٪ تأثیر مثبتی نداشت. استفاده از توری سایبانی ۵۰٪ در مقایسه با شرایط بدون سایبان باعث افزایش تقریباً ۳۵/۳ درصدی تعداد شاخساره قابل برداشت شد، کمترین تعداد شاخساره نیز در شرایط بدون سایبان با مصرف ۲۵۰ کیلوگرم کود اوره مشاهده شد. تیمارهای مورد استفاده تأثیر معنی‌داری بر غلظت نیتروژن برگ سبز چای داشت. با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که بیشترین غلظت نیتروژن در تیمار ۴ است که با تیمارهای بدون سایه و سایه ۹۰٪ و مصرف ۵۰۰ کیلوگرم کود اوره تفاوت معنی‌داری دارد. کمترین غلظت نیتروژن نیز در شرایط سایه ۹۰٪ و مصرف ۵۰۰ کیلوگرم کود اوره مشاهده شد که با تیمارهای بدون سایه تفاوت معنی‌داری نداشت. بیشترین مقدار کلروفیل و عصاره آبی (۰/۶۸ و ۳۷٪) به‌ترتیب با ۳۷/۲ و ۲۹/۲۷ درصد افزایش نسبت به تیمار بدون سایبان با مصرف کود برابر، در تیمار ۶ مشاهده شد. درمجموع با در نظر گرفتن نتایج حاصل می‌توان نتیجه‌گیری کرد که سایه‌دهی به میزان ۵۰٪ همراه با اوره تأثیر مثبت بیشتری بر عملکرد برگ سبز داشته است، در حالی که

سایه‌دهی ۹۰٪ و مصرف اوره اثر بهتری بر ویژگی‌های کیفی برگ سبز به‌ویژه مقدار کلروفیل برگ دارد. نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که با تغییر میزان نور شاخص‌های کمی و کیفی برگ سبز چای تحت تأثیر قرار می‌گیرد. به دلیل سرعت و راحتی نصب توری سایبان گلخانه‌ای در مقایسه با استقرار درختان سایبانی مختلف در باغ‌های چای موجود و نتایج حاصل از این پژوهش، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کاربرد توری سایبان ۵۰٪ و کود اوره تأثیر مثبت بیشتری بر عملکرد برگ سبز داشته ولی توری سایبان ۹۰٪ درصد و کود اوره اثر بهتری بر ویژگی‌های کیفی برگ سبز به‌ویژه مقدار کلروفیل دارد. از این رو، باتوجه به هدف از تولید نوع چای، می‌توان بیان کرد که توری سایبان ۵۰٪ و ۹۰٪ به ترتیب برای تولید چای سیاه و چای سبز مناسبتر است.

واژه‌های کلیدی: چای، سایه‌دهی، عملکرد، کلروفیل، عصاره آبی.

مقدمه

چای از برگ گیاه *Camellia sinensis* طی فرایندهای پلاس، مالش و تخمیر به دست می‌آید و به دلیل فواید مفیدی که دارد بعد از آب دومین نوشیدنی پر مصرف در جهان است. این خواص مفید عموماً با متابولیت‌های ثانویه چای در ارتباط هستند. انباشت یا ساخت این متابولیت‌ها با کیفیت چشایی چای رابطه دارد (Venkata & Indra, 2011)؛ بنابراین روش‌های مختلف از قبیل تغییر شرایط محیطی برای تنظیم متابولیت‌های ثانویه در چای طی دوره رشد توسعه یافتند (Dixon et al., 2005) که کنترل عبور (انتقال) نور با تیمار سایه مؤثرترین روش برای بهبود کیفیت گیاه چای است (De Costa et al., 2005). همچنین مطالعات متعددی به‌وضوح گزارش کردند که تحریک متابولیت‌های ثانویه شامل آنتوسیانین، کاتچین و فلاون‌ها در گیاهان مختلف به تابش نور وابسته است (Albert et al., 2009).

زادگاه اصلی چای، جنوب شرقی آسیاست. چای در زیستگاه اصلی خود، سازگار به شرایط سایه است و در زیر اشکوب درختان جنگل‌های بارانی گرمسیری رشد می‌کند؛ بنابراین استفاده از درختان سایبان در چای‌کاری‌ها، نزدیک شدن به شرایط طبیعی است. در سال ۱۹۶۴ با شیوع بیماری بلیستر بلایت در جنوب هند و سریلانکا، پیشنهاد شد که ایجاد سایه در اطراف بوته چای باعث افزایش شیوع بیماری شده است؛ بنابراین به تدریج نسبت به کاهش یا حذف درختان سایبان اقدام شد (Eden, 1976). در حال حاضر بیشتر اراضی چای‌کاری در قاره آسیاست. معمولاً این

چای‌کاری‌ها به صورت تک‌کاشت و فاقد درختان سایبانی هستند که آثار منفی و مخربی بر تنوع زیستی و سلامت خاک مکان کاشت دارند (Bainard et al., 2013).

Hadfield (۱۹۷۴) تأثیر درختان سایبان و توزیع نور را بررسی و پیشنهاد داد که سایه کم تا متوسط باعث افزایش عملکرد و کیفیت چای شده است. اجرای صحیح ترکیب درختان سایبان - چای به انتخاب صحیح درخت سایبان، تراکم درخت سایبان، آرایش فضایی و مدیریت مناسب تاج‌پوشش درختان سایبان وابسته است.

Owuor و همکاران (۱۹۸۸) اثر درختان سایبان را در چای‌کاری‌های کنیا بر خصوصیات شیمیایی و کیفی چای ساخته شده بررسی کردند. آنان درخت بلوط ابریشمی را با فاصله $۱۲/۱ \times ۱۲/۱$ متر در چای‌کاری‌های با فاصله کاشت $۱/۲۱ \times ۱/۲۱$ متر کاشتند. همچنین از سایبان مصنوعی (توری مرغی با بقایای بامبو) نیز استفاده کردند. نتایج آنان نشان داد که مقدار تنافلاوین در بوته‌های چای رشد کرده زیر سایه مصنوعی بیشتر از بوته‌های زیر درخت بود و تنافلاوین در بوته‌های زیر درخت نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت؛ بنابراین سایبان اثر مفیدی بر افزایش تنافلاوین در چای ساخته شده داشته است. سایبان مصنوعی نسبت به درخت که با موقعیت خورشید، سایه نیز تغییر می‌کند، سایه‌اندازی یکنواخت و دائمی‌تری داشته و مؤثرتر است.

Lee و همکاران (۲۰۱۳) اثر تیمارهای سایه را بر کیفیت چای رقم یابوکیتا بررسی کردند. تفاوت در رنگ،

درآید. طی این مدت، افزایش مقدار کلروفیل برگ بوته‌های چای، رنگ سبز خوش‌رنگی را ایجاد می‌کند. سایه‌اندازی با تولید تتانین بیشتر باعث ایجاد عطر و طعم مطبوع آمامی (Umami) می‌شود. Chen و همکاران (۲۰۱۷) گیاه چای را با سایه ۱۰۰٪ به مدت ۲ هفته تیمار کردند و تخریب کلروفیل را در برگ‌های چای که منجر به زرد شدن برگ‌ها شد مشاهده نمودند. این یافته‌ها ثابت می‌کنند که سایه باعث تجمع کلروفیل در برگ‌های چای از جمله برگ‌های گونه‌های آلبینو می‌شود. Sano و همکاران (۲۰۱۸) مشاهده کردند که ضخامت و تراکم برگ شاخساره‌های جدید چای در کشت سایه‌دهی شده کمتر از کشت شرایط باز بود. مقادیر SPAD و محتوای کلروفیل در کشت سایه‌دهی شده بیشتر از کشت باز بود. سایه‌دهی باعث کاهش محتوای اپی‌کاتچین و اپی‌گالوکاتچین و افزایش محتوای تتانین و کافئین شد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی صفات اندام هوایی و برگ نشان داده که محتوای کلروفیل، اپی‌کاتچین و اپی‌گالوکاتچین به شدت با آثار سایه‌دهی مرتبط است. در طول کشت گیاه چای، ایجاد سایه کافی برای گیاهان می‌تواند به طور قابل توجهی کیفیت رنگ چای را بهبود ببخشد که ارزش اقتصادی آنها را افزایش می‌دهد. برای تولید چای ماچای ژاپنی، بوته‌های چای اغلب به مدت ۳۰-۱۰ روز، ۹۸-۶۰ درصد سایه‌دهی می‌شوند (Yamashita et al., 2020). در چند سال اخیر استفاده از سایبان در تعدیل شرایط محیطی برای درختان میوه و باغ‌ها رایج شده است و در ژاپن نیز از انواع سایبان طبیعی و مصنوعی برای تولید چای با ارزش افزوده بالا استفاده می‌کنند. بیش از ۱۲۰ سال از ورود و کشت چای به ایران می‌گذرد اما تنوع بخشی خاصی در تولید محصولات با ارزش افزوده بالا از برگ چای اتفاق نیفتاده است. از این رو، در این پژوهش به عنوان اولین گام تأثیر سایبان رایج بازار بر کمیت و کیفیت برگ سبز چای به منظور امکان‌سنجی در تولید چای‌های متنوع از برگ چای ایرانی بررسی شد.

ترکیب‌های رنگی و طعم چای‌های تولیدشده با تیمارهای مختلف سایه‌دهی (۰، ۱۵، ۱۸ و ۲۰ روز) ارزیابی شد. مقدار کلروفیل a و b در تیمارهای سایه افزایش یافت و در سایه‌دهی ۲۰ روزه به ترتیب ۲/۸ و ۱/۷ برابر بیشتر از کلروفیل در تیمار شاهد بود. با افزایش زمان سایه‌دهی مقدار پلی‌فنول‌های کل کاهش یافت و در تیمار ۲۰ روزه، ۱۲ درصد کمتر از تیمار شاهد بود. نمره پذیرش رنگ و شدت رنگ سبز چای تولیدشده در تیمارهای سایه ۱/۸ و ۱/۵ برابر بیشتر از کنترل بود. در مجموع نمره ارزیابی در تیمارهای سایه بیشتر از تیمار شاهد بود.

Mortimer و همکاران (۲۰۱۵) اثر کشت مخلوط ۶۶۰ اصله توسکا (*Alnus nepalensis*) هفت‌ساله با چای را بر عملکرد محصول و بیوماس میکروبی خاک بررسی کردند. نتایج نشان داد که میانگین عملکرد چای در تیمارهای کشت مخلوط بیشتر است. Fu و همکاران (۲۰۱۵) اثر رنگ‌های مختلف نور را بر تنظیم و تشکیل ترکیب‌های معطر در چای بررسی کردند. نتایج آنان نشان داد که کاربرد نور آبی (۴۷۰ نانومتر) و نور قرمز (۶۶۰ نانومتر) قبل از برگ چینی در مقایسه با نور طبیعی یا پوشش تیره مقدار ترکیب‌های معطر را در چای افزایش داد اما کاربرد این نورها پس از برگ چینی تأثیر چندانی بر مقدار ترکیب‌های معطر نداشت. Wang و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که سایه‌اندازی اثر قابل توجهی بر بیوسنتز فلاونوئیدها و لیگنین در برگ‌های چای دارد اما تأثیر معنی‌داری بر تجمع آنتوسیانین‌ها در برگ ندارد. Ozdemir و همکاران (۱۹۹۲) گزارش کردند که در یک فصل چای حداقل سه بار برداشت می‌شود که با توجه به شرایط آب و هوایی متفاوت در طول دوره برداشت، چای تولیدی می‌تواند در هر برداشت کیفیتی متفاوت داشته باشد. اما با استفاده از پوشش‌ها می‌توان کیفیت یکنواختی در محصول تولیدی به دست آورد. در ژاپن با کاهش رسیدن نور خورشید به گیاهان، فتوسنتز را کاهش داده تا محصولی شیرین‌تر با تلخی کمتر تولید شود. این کمبود نور باعث می‌شود که برگ سطح پهن‌تری، ضخامت کمتر و بافت نرم‌تر داشته و ظاهر آنها به رنگ سبز روشن

مواد و روش‌ها

طرح آزمایشی

بوته‌ها قرار گرفت که کنار بوته‌ها نیز پوشانده شود و با استفاده از طناب محکم و ثابت شد. پس از ۲۱ روز از سایه‌دهی، پوشش‌ها را برداشته و برگ‌چینی انجام شد.

جدول ۱- تیمارهای آزمایشی

Table 1. Experimental treatments

Treatment	Composition
1	No shade+250 kg.ha ⁻¹ Urea
2	No shade +500 kg.ha ⁻¹ Urea
3	50%Shade+250 kg.ha ⁻¹ Urea
4	50%Shade+500 kg.ha ⁻¹ Urea
5	90%Shade+250 kg.ha ⁻¹ Urea
6	90%Shade+500 kg.ha ⁻¹ Urea

تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک

برای اندازه‌گیری برخی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی، نمونه خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک برداشت شد (Motsara & Roy, 2008). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۲ و خلاصه اطلاعات هواشناسی در سال انجام آزمایش در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش

Table 2. Physicochemical properties of experimental soil

Location	Depth (cm)	pH	EC (dS.m ⁻¹)	O.C. (%)	N (%)	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	Sand (%)	Clay (%)	Silt (%)	Texture
Lahijan	0-30	5.11	0.201	1.72	0.12	2.6	249.2	42	28	30	Clay-loam

جدول ۳- پارامترهای آب و هوایی ایستگاه هواشناسی لاهیجان در سال ۱۳۹۹

Table 3. Weather parameters of Lahijan meteorological station in 2019

Month	Temperature (Min.)	Temperature (Max.)	Humidity (Min.)	Humidity (Max.)	Precipitation	Sunshine	Daily evaporation
	Celsius	Celsius	%	%	mm	hour	mm
Mar21-Apr20	7.8	16.6	69	100	6.3	3.2	1.3
Apr21-May21	12.1	22.9	61	100	2.7	5.8	2.8
May22-Jun21	16.5	30.7	48	100	0.1	9.4	5.2
Jun22-Jul22	19.9	31.7	48	99	0.6	7.8	5.1
Jul23-Aug22	20.9	29.4	63	100	4.4	4.5	3.2
Aug23-Dec22	18.1	29.2	58	100	3.6	6.5	2.8
Dec23-Oct22	14.0	24.5	63	100	2.7	4.4	1.8

این پروژه به صورت کرت‌های خردشده در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار (جدول ۱) شامل ۱- عدم پوشش بوته + ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۲- عدم پوشش بوته + ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره - پوشش بوته با سایبان با تراکم ۵۰٪ + ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۴- پوشش بوته با سایبان با تراکم ۵۰٪ + ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۵- پوشش بوته با سایبان با تراکم ۹۰٪ + ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۶- پوشش بوته با سایبان با تراکم ۹۰٪ + ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در سه تکرار در روستای سوسستان پشته شهرستان لاهیجان اجرا شد. کود اوره براساس حداقل و حداکثر مقادیر توصیه شده در باغ‌های چای دیم ایران انتخاب شد. ابعاد هریک از تکرارها ۷/۶×۰/۷ متر و شامل ۷ بوته چای بود و پوشش‌دهی در دو برداشت بهار و تابستانه انجام شد. برای پوشش‌دهی از توری سایبان گلخانه‌ای ۵۰ و ۹۰ درصد استفاده شد. سه روز پس از رخنه‌زنی جوانه‌ها، پوشش‌ها به مدت سه هفته به نحوی روی

تجزیه شیمیایی برگ و شاخساره

غلظت نیتروژن کل موجود در نمونه‌های برگ و شاخساره بوته‌ها به روش کج‌لدال اندازه‌گیری شد. برای تعیین غلظت فسفر و پتاسیم پس از هضم خشک نمونه‌ها و عصاره‌گیری با اسیدکلریدریک ۲ نرمال، مقدار فسفر به روش رنگ‌سنجی با وانادات فسفو مولیبدات، مقدار پتاسیم با قرائت با دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد (Motsara & Roy, 2008).

عملکرد و اجزای آن

تعداد شاخساره قابل‌برداشت

تعداد شاخساره قابل‌برداشت به روش کادراندازی (۰/۳ × ۰/۳ متر مربع) اندازه‌گیری شد. در هر کرت، کادر به‌طور تصادفی روی سطح برگ‌چینی پرتاب شد و تعداد شاخساره داخل کادر شمارش گردید. شاخساره‌های شمارش‌شده شامل یک غنچه و ۲ و ۳ برگ (شاخساره استاندارد قابل‌برداشت) در برداشت بهاره (نیمه اول خرداد) و

تابستانه (نیمه اول مرداد) بود. کادر در هر کرت ۳ بار پرتاب شد و میانگین تعداد شاخساره محاسبه گردید.

وزن تر برگ سبز

با توجه به اینکه محصول نهایی و قابل‌عرضه یک چای‌کار برگ سبز است، محاسبات مربوط به وزن خشک ارائه نشده است. بدین منظور شاخساره‌های قابل‌برداشت به‌صورت دستی برداشت شد. شاخساره‌های استاندارد (۲ یا ۳ برگ و یک غنچه) در برداشت بهاره و تابستانه به‌طور همزمان در تمام کرت‌ها برداشت و وزن آنها به‌وسیله ترازو تعیین شد.

اندازه‌گیری کلروفیل

برگ سبز برای اندازه‌گیری مقادیر کلروفیل براساس روش Arnon (۱۹۴۹) آماده‌سازی شد. سپس جذب مایع رویی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر ساخت شرکت Hanon اندازه‌گیری گردید و مقادیر هریک با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد.

$$a \text{ مقدار کلروفیل } (Ca) = 13.95A_{665} \text{ nm} - 6.88A_{649} \text{ nm}$$

$$b \text{ مقدار کلروفیل } (Cb) = 24.96A_{649} \text{ nm} - 7.32A_{665} \text{ nm}$$

عصاره آبی و تانن

مقدار ۲ گرم چای خشک داخل ارلن مایر توزین و به آن ۲۰۰ میلی‌لیتر آب داغ اضافه شد، سپس میرد برگردان در دهانه ارلن قرار گرفت و ارلن به مدت یک ساعت روی اجاق برقی با حرارت ملایم قرار داده شد و در پایان محتویات داخل ارلن صاف شد. بوته چینی حاوی محتویات صاف شده به مدت ۱۶ ساعت با دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس در آن قرار داده شد. بوته چینی حاوی نمونه پس از خنک شدن در دسیکاتور، توزین و با استفاده از اختلاف وزن بوته‌های خالی و بوته‌های محتوای چای، درصد عصاره آبی محاسبه شد (ISRI 3320). غلظت تانن در برگ براساس خارج شدن تانن (مجموعه پلی‌فنول‌ها) از

شاخص‌های کیفی برگ سبز چای

آزمون‌های کیفی بر روی شاخساره‌های برگ‌چینی شده در برداشت فصل تابستان سال ۱۳۹۹ انجام شد.

خاکستر کل

میزان خاکستر کل نمونه چای خشک با قراردادن نمونه چای خشک داخل کوره الکتریکی به مدت حداقل ۲ ساعت با دمای ۵۲۵ درجه سلسیوس به روش استاندارد (ISRI 3273) و درصد رطوبت چای خشک با قراردادن نمونه چای خشک به مدت ۱۶ ساعت در آن با دمای ۱۰۳ درجه سلسیوس به روش استاندارد (ISRI 3276) تعیین شد.

تجزیه آماری

تجزیه واریانس خصوصیات رویشی و تغذیه‌ای گیاهان، به صورت کرت‌های خردشده در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در صورت معنی‌دار بودن F، میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی مقایسه شدند. همبستگی بین مشخصه‌های اندازه‌گیری شده نیز تعیین گردید. کلیه تجزیه‌های آماری با نرم‌افزار 9.0 SAS انجام شد.

نتایج

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر تیمارهای آزمایشی در سطوح آماری پنج و یک درصد بر عملکرد و اجرای عملکرد و خصوصیات تغذیه‌ای پوته‌ها به جز غلظت فسفر برگ معنی‌دار بود (جدول ۴)، در ادامه هریک از پارامترها مورد بحث قرار گرفت.

چای، تشکیل رسوب با مس، سوزاندن رسوب حاصل در کوره الکتریکی و کاهش وزن بدست‌آمده اندازه‌گیری شد (Cheraghi et al., 2019).

ساخت چای سبز

برگ‌های برداشت شده در کمترین زمان برای تولید چای سبز فراوری شد. برای آنزیم‌بری از روش بخاردهی استفاده شد. بدین منظور برگ‌ها به مدت ۲ دقیقه در معرض بخار آب قرار گرفت. سپس هوادهی شده تا سرد شده و برای مالش آماده شوند. پس از مالش، برگ‌ها با استفاده از خشک‌کن خانگی با منبع لامپ هالوژنی به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. پس از خشک شدن ساقه‌های باقیمانده جدا شده و چای خشک شده با استفاده از آسیاب دستی گرانیتی پودر و بعد آزمایش شد.

جدول ۴- تجزیه واریانس تأثیر اوره و شدت نور بر صفات برگ سبز چای (*Camellia sinensis*)Table 4. ANOVA of urea and light intensity effects on *Camellia sinensis* green leaf traits

S.O.V.	d.f	M.S.									
		Shoot fresh weight	Number of shoots	N	P	K	Water extract	Tanin	Total ash	Chlorophyll a	Chlorophyll b
Block (B)	2	4.75 ^{n.s}	1056.6 ^{n.s}	0.3 ^{n.s}	0.001 ^{n.s}	0.012 ^{n.s}	0.38 ^{n.s}	0.24 ^{n.s}	0.095 ^{n.s}	0.045 ^{n.s}	0.006 ^{n.s}
Treatment (T)	5	69.9 ^{**}	380.5 ^{**}	0.29 ^{**}	0.001 ^{n.s}	0.0176 ^{**}	62.14 ^{**}	3.03 ^{**}	0.49 ^{**}	0.13 ^{**}	0.013 ^{n.s}
Error-a	10	15.42	31.65	0.04	0.001	0.0061	2.09	0.43	0.033	0.039	0.003
Harvest (H)	1	53.63 ^{**}	152.11 ^{n.s}	1.2 ^{**}	0.001 ^{n.s}	0.117 ^{**}	7.02 ^{n.s}	0.15 ^{n.s}	0.015 ^{n.s}	0.076 ^{n.s}	0.008 ^{n.s}
T×H	5	0.44 ^{n.s}	53.44 ^{n.s}	0.003 ^{n.s}	0.001 ^{n.s}	0.0035 ^{n.s}	0.67 ^{n.s}	0.02 ^{n.s}	0.004 ^{n.s}	0.006 ^{n.s}	0.001 ^{n.s}
B×H	2	0.35 ^{n.s}	225.03 ^{n.s}	0.007 ^{n.s}	0.0002 ^{n.s}	0.0042 ^{n.s}	0.33 ^{n.s}	0.01 ^{n.s}	0.005 ^{n.s}	0.009 ^{n.s}	0.001 ^{n.s}
Error-b	10	0.53	60.16	0.001	0.0001	0.0014	2.15	0.062	0.004	0.0176	0.007
C.V. (%)		1.66	11.21	1.06	4.10	2.05	4.64	3.15	1.10	18.18	26.31

n.s., *, and **: non-significant, significant at 5, and 1% probability levels, respectively.

عملکرد برگ سبز

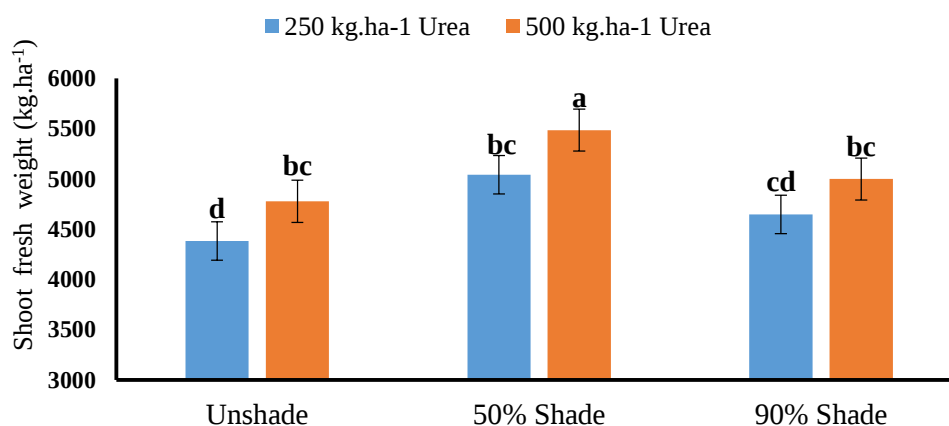
وزن تر برگ چای

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که تیمارهای مورد استفاده تأثیر معنی‌داری بر وزن تر برگ سبز چای داشته است. با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که بیشترین وزن برگ سبز در تیمار ۴ است که با سایر تیمارها تفاوت

آماري معنی‌داری دارد. در این تیمار استفاده از توری سایبانی ۵۰٪ در مقایسه با شرایط بدون سایبان باعث افزایش تقریباً ۱۴/۸ درصدی عملکرد برگ سبز شد. کمترین عملکرد نیز در شرایط بدون سایبان و مصرف ۲۵۰ کیلوگرم کود اوره مشاهده شد (شکل ۱). استفاده از توری سایبانی ۵۰٪ در مقایسه با شرایط آفتابی تأثیر مثبت

در برداشت بهاره میانگین عملکرد برگ سبز ۴۵/۲۱ گرم در پلات است که با عملکرد برگ سبز برداشت دوم (۴۲/۷۷ گرم در پلات) تفاوت معنی داری دارد.

معنی داری بر عملکرد برگ سبز داشت اما توری سایبانی ۹۰٪ در مقایسه با شرایط آفتابی تأثیر مثبتی بر عملکرد برگ سبز نداشته است (شکل ۱). تأثیر زمان برداشت آزمایش بر عملکرد برگ سبز نیز معنی دار است (جدول ۴).



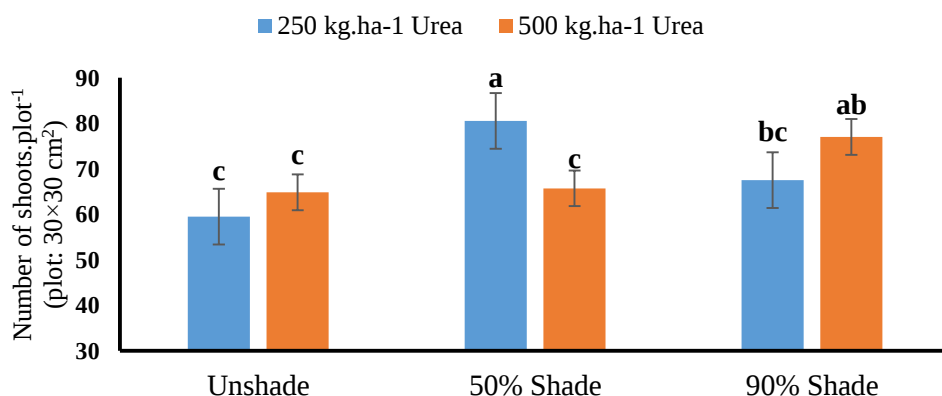
شکل ۱- مقایسه میانگین تأثیر اوره و شدت نور بر وزن تر شاخساره چای (*Camellia sinensis*)

Figure 1. Means comparison of urea and light intensity effects on *Camellia sinensis* shoot fresh weight

Means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (Tukey test).

بجز تیمار ۶ تفاوت آماری معنی داری دارد. در این تیمار استفاده از توری سایبانی ۵۰٪ در مقایسه با شرایط بدون سایبان باعث افزایش تقریباً ۳۵/۳ درصدی تعداد شاخساره شده است. کمترین عملکرد نیز در شرایط بدون سایبان و مصرف ۲۵۰ کیلوگرم کود اوره مشاهده شد (شکل ۲).

تعداد شاخساره قابل برداشت چای
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که تیمارهای مورد استفاده تأثیر معنی داری بر تعداد شاخساره قابل برگ چینی داشته است. با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که بیشترین تعداد شاخساره در تیمار ۳ است که با سایر تیمارها



شکل ۲- مقایسه میانگین تأثیر اوره و شدت نور بر تعداد شاخساره در بوته‌های چای (*Camellia sinensis*)

Figure 2. Means comparison of urea and light intensity effects on number of *Camellia sinensis* shoots

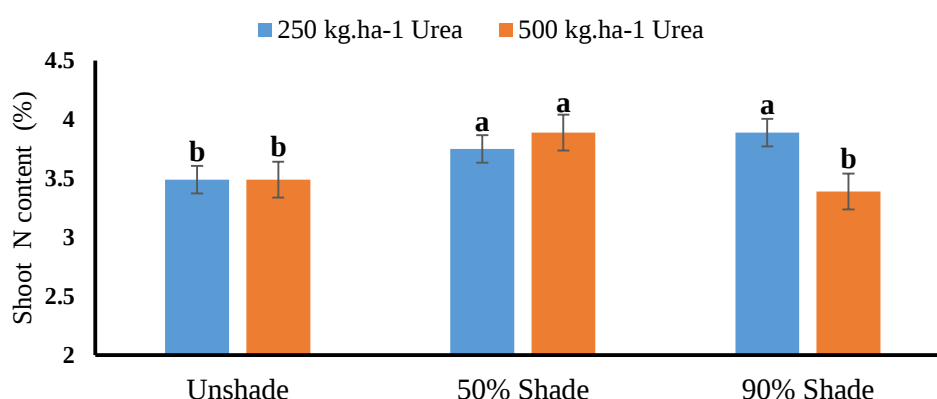
Means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (Tukey test).

غلظت عناصر غذایی در شاخساره

غلظت نیتروژن در شاخساره چای

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که تیمارهای مورد استفاده تأثیر معنی‌داری بر غلظت نیتروژن برگ سبز چای داشته است. با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که بیشترین غلظت نیتروژن در تیمار ۴ است که با تیمارهای بدون سایه و سایه نود درصد و مصرف ۵۰۰ کیلوگرم کود

اوره تفاوت آماری معنی‌داری دارد. در این تیمار استفاده از توری سایبانی ۵۰٪ در مقایسه با شرایط بدون سایبان باعث افزایش تقریباً ۹ درصدی غلظت نیتروژن برگ سبز شده است، به‌نحوی که کمترین غلظت نیتروژن نیز در شرایط سایه ۹۰ درصد و مصرف ۵۰۰ کیلوگرم کود اوره مشاهده شد که با تیمارهای بدون سایه تفاوت آماری معنی‌داری ندارد (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین تأثیر اوره و شدت نور بر مقدار نیتروژن شاخساره در بوته‌های چای (*Camellia sinensis*)

Figure 3. Means comparison of urea and light intensity effects on *Camellia sinensis* shoot nitrogen content
Means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (Tukey test).

مورد استفاده تأثیر معنی‌داری بر غلظت پتاسیم برگ سبز چای داشت. با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که بیشترین غلظت پتاسیم در تیمار ۱ است که با سایر تیمارها به‌جز تیمار ۳ و ۶ تفاوت آماری معنی‌داری ندارد. کمترین غلظت پتاسیم نیز در شرایط سایه ۹۰ درصد و مصرف ۵۰۰ کیلوگرم کود اوره مشاهده شد (شکل ۴).

زمان برگ‌چینی نیز بر غلظت پتاسیم برگ سبز تأثیر معنی‌دار دارد (جدول ۴). در برداشت اول میانگین غلظت پتاسیم برگ سبز ۱/۹۲ درصد است که با غلظت پتاسیم برگ سبز در زمان برداشت دوم (۱/۷۹ درصد) تفاوت معنی‌داری دارد.

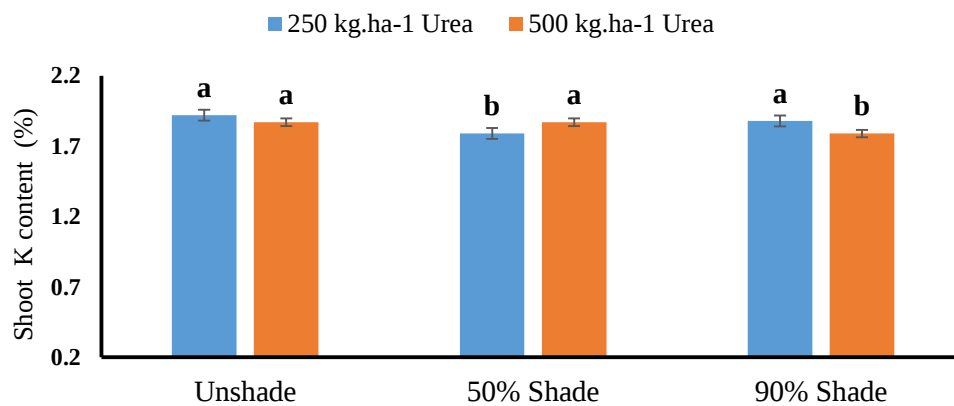
تأثیر برداشت آزمایش بر غلظت نیتروژن برگ سبز نیز معنی‌دار است (جدول ۴). در برداشت اول میانگین غلظت نیتروژن برگ سبز ۳/۸۳ درصد است که با غلظت نیتروژن برگ سبز برداشت دوم (۳/۴۷ درصد) تفاوت معنی‌داری دارد.

غلظت فسفر در شاخساره چای

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که تیمارهای مورد استفاده تأثیر معنی‌داری بر غلظت فسفر برگ سبز چای نداشته است.

غلظت پتاسیم در شاخساره چای

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که تیمارهای



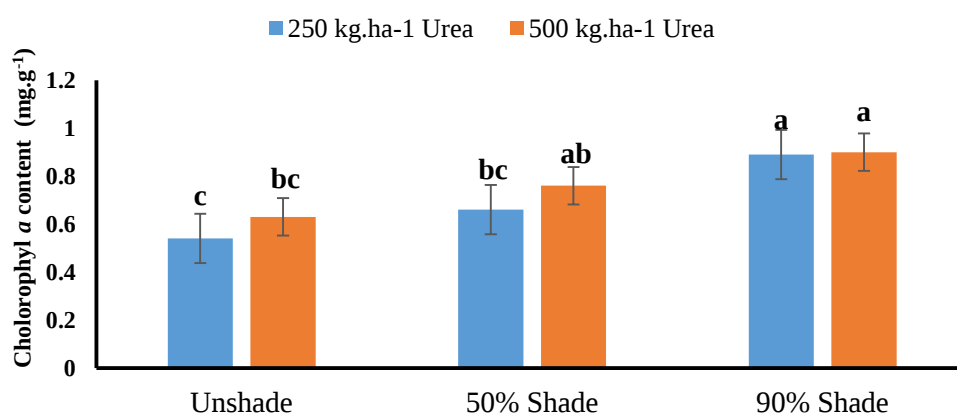
شکل ۴- مقایسه میانگین تأثیر اوره و شدت نور بر مقدار پتاسیم شاخساره در بوته‌های چای (*Camellia sinensis*)

Figure 4. Means comparison of urea and light intensity effects on *Camellia sinensis* shoot potassium content
Means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (Tukey test).

۵۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار مشاهده شد، در مجموع سایه‌دهی باعث افزایش ۳۷/۲ درصدی مقدار کلروفیل a نسبت به تیمار بدون سایه‌دهی شد (شکل ۵). زمان برداشت آزمایش نیز بر مقدار کلروفیل a برگ سبز تأثیر معنی‌دار ندارد (جدول ۴). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای مورد استفاده تأثیر معنی‌داری بر کلروفیل b برگ سبز چای نداشته است (جدول ۴).

کلروفیل برگ سبز

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که تیمارهای مورد استفاده تأثیر معنی‌داری بر مقدار کلروفیل a برگ سبز چای داشته است. با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که افزایش درصد سایه‌دهی و مصرف کود اوره تأثیر مثبت معنی‌داری بر مقدار کلروفیل a دارد. بیشترین مقدار کلروفیل a در تیمار پوشش سایه‌بانی ۹۰ درصد و مصرف



شکل ۵- مقایسه میانگین تأثیر اوره و شدت نور بر مقدار کلروفیل a شاخساره در بوته‌های چای (*Camellia sinensis*)

Figure 5. Means comparison of urea and light intensity effects on *Camellia sinensis* shoot chlorophyll a content
Means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (Tukey test).

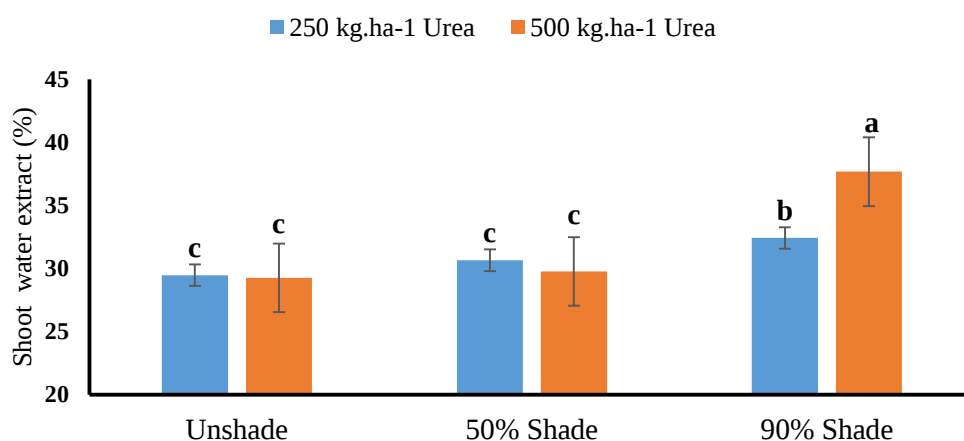
ویژگی‌های بیوشیمیایی برگ سبز

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثر تیمارها بر ویژگی‌های بیوشیمیایی برگ سبز چای معنی‌دار است که در ادامه ارائه شده است.

عصاره آبی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که تیمارهای مورد استفاده تأثیر معنی‌داری بر مقدار عصاره آبی برگ سبز چای داشته است. با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که بیشترین مقدار عصاره آبی در تیمار ۹۰ درصد پوشش

سایبانی و مصرف ۵۰۰ کیلوگرم کود اوره است که با سایر تیمارها تفاوت آماری معنی‌داری دارد و نسبت به تیمار بدون سایبان با مقدار مصرف کود برابر توانسته مقدار عصاره آبی را ۲۸/۷ درصد افزایش دهد، بعد از آن تیمار سایبان ۹۰ درصد و ۲۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن قرار دارد. براساس نتایج مقایسه میانگین، استفاده از پوشش سایبانی ۵۰٪ تأثیر معنی‌داری بر مقدار عصاره آبی برگ نداشته است (شکل ۶). البته زمان برگ‌چینی نیز بر عصاره آبی برگ سبز تأثیر معنی‌دار ندارد (جدول ۴).



شکل ۶- مقایسه میانگین تأثیر اوره و شدت نور بر مقدار عصاره آبی شاخساره در بوته‌های چای (*Camellia sinensis*)

Figure 6. Means comparison of urea and light intensity effects on *Camellia sinensis* shoot water extract
Means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (Tukey test).

نیز بر تانن برگ سبز تأثیر معنی‌دار ندارد (جدول ۴).

تانن

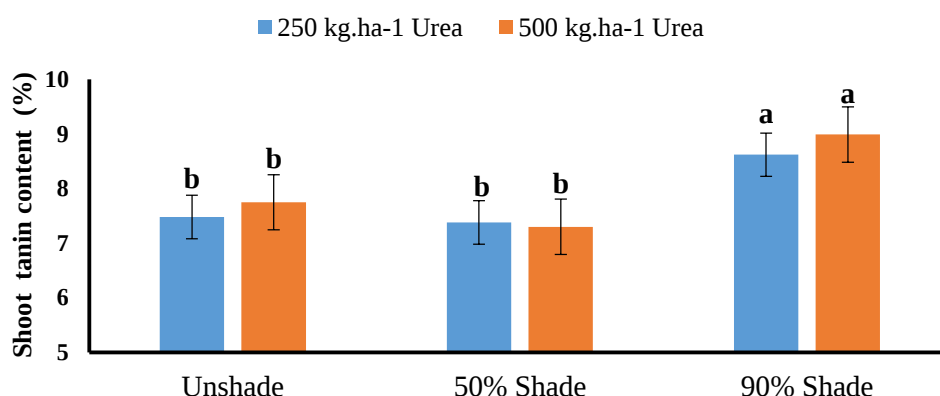
خاکستر کل

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که تیمارهای مورد استفاده تأثیر معنی‌داری بر مقدار خاکستر کل برگ سبز چای داشته است. با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که بیشترین مقدار خاکستر کل در تیمارهای بدون پوشش سایبانی با مصرف کود اوره است که با سایر تیمارها تفاوت آماری معنی‌داری دارد. با توجه به نتایج مقایسه میانگین، استفاده از پوشش‌های سایبانی توانسته تا حدود ۷ درصد مقدار خاکستر کل برگ را نسبت به تیمار بدون سایبان

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که تیمارهای مورد استفاده تأثیر معنی‌داری بر مقدار تانن برگ سبز چای داشته است. با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که بیشترین مقدار تانن در تیمار ۹۰ درصد پوشش سایبانی و مصرف کود اوره است که با سایر تیمارها تفاوت آماری معنی‌داری دارد و نسبت به تیمار بدون سایبان با مقدار مصرف کود برابر توانسته مقدار تانن را ۱۶ درصد افزایش دهد، براساس نتایج مقایسه میانگین، استفاده از پوشش سایبانی ۵۰٪ تأثیر معنی‌داری بر مقدار تانن برگ نداشته است (شکل ۷). البته زمان برگ‌چینی

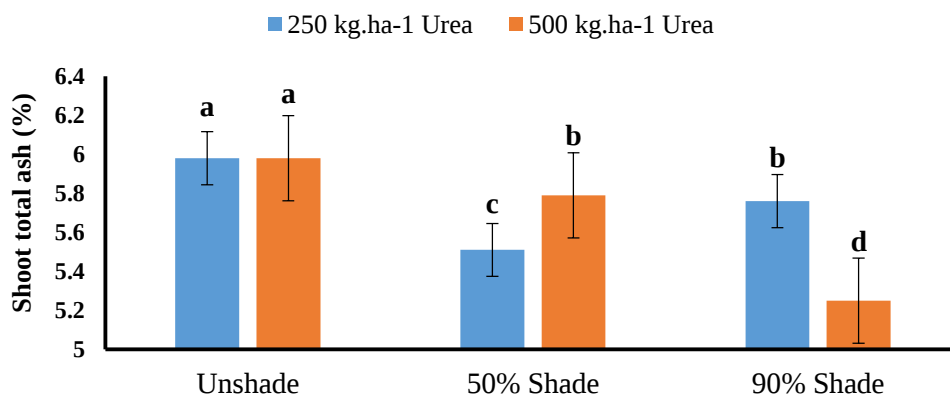
توانسته مقدار خاکستر را ۱۳/۹ درصد کاهش دهد (شکل ۸). البته زمان برگ‌چینی نیز بر خاکستر برگ سبز تأثیر معنی‌داری ندارد (جدول ۴).

کاهش دهد، به‌طوری‌که کمترین مقدار خاکستر کل در تیمار با پوشش سایبانی ۹۰ درصد و مصرف ۵۰۰ کیلوگرم کود اوره مشاهده شده است که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری دارد و نسبت به تیمار بدون سایبان با مقدار مصرف کود برابر



شکل ۷- مقایسه میانگین تأثیر اوره و شدت نور بر مقدار تانن شاخساره در بوته‌های چای (*Camellia sinensis*)

Figure 7. Means comparison of urea and light intensity effects on *Camellia sinensis* shoot tannin content
Means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (Tukey test).



شکل ۸- مقایسه میانگین تأثیر اوره و شدت نور بر مقدار خاکستر کل شاخساره در بوته‌های چای (*Camellia sinensis*)

Figure 8. Means comparison of urea and light intensity effects on *Camellia sinensis* shoot total ash content
Means with common letters are in the same statistical group at 5% probability level (Tukey test).

آمینو آزاد کل مرتبط است (Watanabe, 1995). قیمت چای تهیه‌شده نیز با کیفیت بسیار مرتبط است، بنابراین عملکرد و کیفیت، سود نهایی چای‌کاران را تعیین می‌کند. براساس نتایج این پژوهش، سایه‌دهی تا سطح ۵۰٪ باعث افزایش معنی‌دار عملکرد برگ سبز شده است و

بحث

عملکرد، کیفیت و سود اقتصادی سه جنبه مهم در تولید برگ سبز چای هستند. معمولاً مقادیر زیادی از کودهای نیتروژن در کشت چای استفاده می‌شود، زیرا کیفیت چای سبز به‌طور قابل‌توجهی با محتوای نیتروژن کل یا اسیدهای

(۲۰۰۰) مطابقت دارد. نتایج Xiao و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که سطح کود نیتروژنی $3/88$ نسبت به $5/82$ گرم اوره در کیلوگرم در گلدان برای رشد، کیفیت و عملکرد چای بهتر بود که می‌تواند مبنایی نظری برای مدیریت کوتاه‌مدت کوددهی نیتروژن در بوته چای فراهم کند. سطوح نیتروژن بر بیوماس و مقدار نیتروژن برگ معنی‌دار نبود ولی بین زمان‌های برداشت، بیوماس و نیتروژن معنی‌دار بود. فسفر یک عنصر کم‌تحرک در خاک است و جذب آن توسط گیاه بیشتر تحت تأثیر pH خاک، نوع کانی‌های رسی و میزان ماده آلی قرار دارد. ممکن است تأثیر سایبان و نیتروژن بر عوامل خاکی مرتبط با فسفر محدود بوده باشد. همچنین جذب فسفر توسط گیاه تحت تأثیر تعادل عناصر دیگر از جمله نیتروژن است. در صورتی که سطح نیتروژن به دلیل تیمار افزایش یابد، ممکن است بر جذب فسفر تأثیر متقابل گذاشته و مانع افزایش آن در برگ‌ها شود.

در این پژوهش مقادیر کلروفیل a با سایه‌دهی افزایش یافت اما زمان برداشت تأثیر قابل‌توجهی بر کلروفیل a و کلروفیل b نداشت. اگرچه محتوای کلروفیل a با افزایش سطوح نیتروژن افزایش یافت اما میزان مصرف نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر محتویات کلروفیل a ندارد. براساس نتایج Li (۲۰۰۵) مقدار کلروفیل برگ براساس واحد سطح برگ به‌طورکلی تمایل به افزایش در زیر سایه را نشان می‌دهد. افزایش مقدار کلروفیل در این تحقیق با نتایج Anderson (۱۹۸۶)، Chartzoulakis و همکاران (۱۹۹۳) و Li (۲۰۰۵) مطابقت دارد. افزایش محتوای کلروفیل ممکن است یک عادت به محیط کم‌نور برای افزایش کارایی استفاده از نور باشد. افزایش غلظت کلروفیل، به‌ویژه کلروفیل b در برگ‌های سایه‌دهی شده ممکن است با سازگاری برگ‌ها به محیط کم‌نور همراه باشد (Zhao & Oosterhuis, 2000). علاوه بر این، افزایش نسبی کلروفیل b ممکن است توانایی برگ‌های سایه‌دار را برای جذب و استفاده از نور حاوی طول‌موج‌هایی که در ناحیه مادون‌قرمز غنی‌شده است، افزایش دهد (Chartzoulakis et al., 1993). Matsunaga و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که سایه‌دهی بر

سایه‌دهی ۹۰ درصد تأثیر مثبتی بر عملکرد برگ سبز چای نداشته است. براساس گزارش Liu و Shi (۱۹۸۷) سایه‌دهی با افزایش مقدار اسیدهای آمینه و کاهش نسبت پلی‌فنل کل به اسیدهای آمینه که رابطه خطی منفی معنی‌داری با کیفیت چای سبز دارد باعث کاهش عملکرد و بهبود کیفیت می‌شود. Sano و همکاران (۲۰۱۸) نیز گزارش کردند که استفاده از تیمار سایه در هر دو فصل زراعی اول و دوم برای چندین سال متوالی تأثیر منفی بر بوته‌های چای و کاهش عملکرد شاخساره چای داشته است (Takemoto & Hayashi, 2019). مصرف کود اوره نیز تأثیر مثبتی بر افزایش عملکرد برگ سبز داشته است؛ اما نتایج پژوهش Li (۲۰۰۵) نشان داد که سایه‌دهی به‌طور معنی‌داری باعث کاهش عملکرد برگ سبز چای در دو تابستان پیاپی شده و سطوح مختلف نیتروژن اثر معنی‌داری بر عملکرد نداشته است.

تأثیر سایه‌دهی و مصرف کود اوره بر مقدار مواد معدنی شاخساره نشان داد که سایه‌دهی تا حدودی باعث افزایش مقدار عناصر غذایی نیتروژن و پتاسیم روی شاخساره می‌شود؛ اما سایه‌دهی تأثیر منفی بر مقدار آهن شاخساره دارد. این تأثیر در سایه‌دهی ۵۰٪ بیشتر است. سایه‌دهی باعث کاهش تعرق گیاه و افزایش جذب نیتروژن به دلیل کاهش نیاز آبی و تغییر در نسبت کربن به نیتروژن می‌شود. همچنین سایه‌دهی می‌تواند با تحریک فعالیت ریشه، جذب عناصری مانند فسفر و پتاسیم را افزایش دهد، زیرا تعرق کمتر باعث حفظ انرژی برای جذب مؤثرتر می‌شود؛ اما آهن در شرایط کم‌نور، با کاهش قابلیت انتقال در شاخساره روبرو است، زیرا فرایند فتوسنتز و نیاز به آنزیم‌های آهن‌محور کاهش می‌یابد. این آثار در سایه‌دهی ۵۰٪ معمولاً به دلیل تعادل بین کاهش تنش نوری و حفظ فتوسنتز بهینه قابل مشاهده است. تحقیقات مشابه مانند Hadfield (۱۹۷۴) این روند را تأیید کرده‌اند. نتایج مقدار عناصر غذایی در آزمایش Li (۲۰۰۵) در شاخساره چای نشان داد که سایه‌دهی تأثیر معنی‌داری بر مقدار نیتروژن کل ندارد، اما سایه‌دهی می‌تواند مقدار پتاسیم کل را در شاخساره چای افزایش دهد که با نتایج حاصل از این پژوهش و نتایج Zhao و Oosterhuis

رشد می‌کند دارای برگ‌های کوچک و ضخیم، میان‌گره‌های کوتاه و برگ‌های سخت و شکننده است. گیاه چای در زیر سایه دارای برگ‌های بزرگ و نازک، میان‌گره‌های بلند و برگ‌های نرم است. هنگامی که گیاه چای در سایه متوسط قرار می‌گیرد، ترکیب‌های فیزیکی و شیمیایی موجود در گیاه چای نیز تغییر می‌کند. پس از سایه، مقدار ترکیب‌های حاوی نیتروژن مانند کافئین و اسیدهای آمینه افزایش می‌یابد، در حالی که متابولیت‌های کربن مانند پلی‌فنول‌های چای، فیبر خام و کربوهیدرات‌ها کاهش می‌یابد. سایه‌دهی مناسب می‌تواند ضخامت لایه مومی و بافت پالیزید را کاهش دهد و بافت اسفنجی شل‌تر شود (Wan, 2008). استفاده از LEDهای تک‌رنگ مختلف در قبل از برداشت و پیش از برداشت برگ‌های تازه گیاه چای باعث بهبود طعم چای حاصل شده است (Ai et al., 2017).

Owuor و همکاران (۱۹۸۸) شاخساره‌های رشد کرده در کرت‌های بدون سایه، سایه‌دهی مصنوعی و سایه‌دهی با درخت گرویلاروبوستا با چهار سطح مختلف کاربرد نیتروژن (۰ تا ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار در سال) را برای تولید چای سیاه فراوری کردند. بوته چای کشت‌شده در سایه مصنوعی نسبت به چای بدون سایه، چای سیاه با تتافلاوین بالاتر و تئاروبیجین کمتر و با شاخص طعم بهتر و نمره حسی بالاتر تولید می‌کند. چای حاصل از شاخساره با سایه‌دهی سنگین‌تر (مصنوعی) بهتر از چای‌های تولیدشده از شاخساره‌های زیر درخت گرویلاروبوستا ارزیابی شد. هیچ اثر آماری معنی‌داری بر محتوای کافئین مشاهده نشد. داده‌های ارائه‌شده نشان داده که حذف سایه از باغ‌های چای منجر به از دست دادن کیفیت می‌شود ولی ارزیابی اقتصادی کامل‌تر مورد نیاز است. استفاده از درختان سایبان اگر قبل و یا همزمان با احداث باغ چای در سال‌های اولیه باشد تا بتواند با ایجاد سایه مانع از تأثیرات منفی تابش‌های خورشیدی بر بوته شود مفیدتر است، اما از آنجا که گونه‌های درختی مختلف می‌توانند میزبان آفات و بیماری‌های مختلفی باشند، همانند آنچه حدود سال ۱۹۶۰ میلادی در هند مشاهده شد که درختان سایبان میزبان بلایت

ویژگی‌های ساختاری، رنگ و اجزای شیمیایی شاخساره‌های جدید چای تأثیر می‌گذارد. علاوه بر این، می‌تواند منجر به کاهش عملکرد و افزایش سریع نسبت شاخساره‌های خمیده رو به پایین شود. محتوای کلروفیل a و کلروفیل b پس از شروع سایه‌دهی برای همه تیمارها در هر دو فصل زراعی اول و دوم افزایش یافته است.

نتایج ارائه‌شده نشان داد که سایه‌دهی ۹۰٪ باعث افزایش ۱۹ و ۱۵٪ در عصاره آبی و مقدار تانن شده است. سایه‌دهی ۵۰٪ تأثیر معنی‌داری بر مقادیر این خصوصیات نداشت. Chen و همکاران (۲۰۲۱) نیز گزارش کردند که علاوه بر عطر و طعم، رنگ برگ‌های خشک چای، دم‌کرده چای و برگ‌های چای دم‌کرده نیز شاخص مهمی برای کیفیت چای است. سایه‌دهی می‌تواند محتوای کلروفیل برگ چای را به میزان قابل‌توجهی افزایش دهد و منجر به افزایش رنگ برگ چای شود. رنگ برگ‌های خشک چای و دم‌کرده حاصل بر ترجیحات مصرف‌کننده و تصمیمات خریدار تأثیر می‌گذارد (Yue et al., 2021). رنگدانه‌هایی که به رنگ چای کمک می‌کنند عموماً شامل کلروفیل، کاروتنوئیدها و آنتوسیانین‌ها هستند که کلروفیل مهمترین رنگدانه برای تعیین کیفیت چای سبز است (Suzuki & Shioi, 2003). به‌عنوان یک عمل سنتی زراعی، سایه‌دهی به‌طور گسترده در کشورهای تولیدکننده چای مانند چین و ژاپن استفاده می‌شود. تجربه عملی قابل‌توجه و تحقیقات علمی تأیید کرده است که سایه‌دهی می‌تواند کمیت و کیفیت برگ سبز و چای ساخته‌شده را افزایش دهد (Chen et al., 2017). علاوه بر این، سایه‌دهی، طعم و عطر چای را با تأثیر بر سنتز اسیدهای آمینه آزاد، فلاونوئیدها و ترکیب‌های معطر افزایش می‌دهد، در حالی که با تأثیر بر فراوانی کلروفیل و سایر رنگدانه‌های گیاهی و اجزای ساختاری، ظاهر چای را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Chen et al., 2020; Zhang et al., 2020; Teng et al., 2021).

صفات زراعی، خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی و ساختار داخلی گیاه چای به‌راحتی تحت تأثیر نور قرار می‌گیرند (Yue et al., 2021). گیاه چای که در نور کامل

به هدف از تولید چای ساخته شده، می‌توان با تنظیم میزان نور و کود اوره برگ با کمیت و کیفیت بالاتری برداشت کرد.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل از نتایج پروژه تحقیقاتی به شماره ۹۹۰۰۸۸-۰۳۰-۳۳-۲۱-۲۴ در پژوهشکده چای، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، است، بدین وسیله از مسئول محترم شرکت تیمن و همه همکاران پژوهشکده چای برای کمک در اجرای این پروژه سپاسگزاری می‌شود.

References

- Ai, Z., Zhang, B., Chen, Y., Yu, Z., Chen, H. and Ni, D., 2017. Impact of light irradiation on black tea quality during withering. *Journal of Food Science and Technology*, 54(5): 1212-1227. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-017-2558-z>
- Albert, N.W., Lewis, D.H., Zhang, H., Irving, L.J., Jameson, P.E. and Davies, K.M., 2009. Light-induced vegetative anthocyanin pigmentation in *Petunia*. *Journal of Experimental Botany*, 60(7): 2191-2202. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp097>
- Anderson, J.M., 1986. Photoregulation of the composition, function, and structure of thylakoid membranes. *Annual Review of Plant Physiology*, 37(1): 93-136. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.37.060186.000521>
- Arnon, D.I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1):1. <https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1>
- Bainard, L.D., Koch, A.M., Gordon, A.M. and Klironomos, J.N., 2013. Growth response of crops to soil microbial communities from conventional monocropping and tree-based intercropping systems. *Plant and Soil*, 363: 345-356. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-012-1321-5>
- Chartzoulakis, K., Therios, I. and Noitsakis, B., 1993. Effects of shading on gas exchange, specific leaf weight and chlorophyll content in four kiwifruit cultivars under field conditions. *Journal of Horticultural Science*, 68(4): 605-611. <https://doi.org/10.1080/00221589.1993.11516391>
- Chen, M., Zhu, Y., Liu, B., Chen, Z., Zheng, J., Guan, M. and Yang, W., 2017. Changes in the volatiles, chemical components, and antioxidant activities of Chinese jasmine tea during the scenting processes. *International Journal of Food Properties*, 20(3): 681-693. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1177542>
- Chen, J., Wu, S., Dong, F., Li, J., Zeng, L., Tang, J. and Gu, D., 2021. Mechanism underlying the shading-induced chlorophyll accumulation in tea leaves. *Frontiers in Plant Science*, 12: 779819. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2021.779819>
- Cheraghi, K., Haghighat, Sh., Motavalli Jalali, M. and Mohebbian, S., 2019. Qualitative analysis methods of tea: tests: 1. Chemical analysis. Publication No. 57213. Tea Research Center, Horticultural Science Research Institute, Agricultural Research, Education & Extension Organization, 31p. (In persian). https://agrilib.areeo.ac.ir/book_8031.pdf
- De Costa, W.A.J.M. and Surethran, P., 2005. Tree-crop interactions in hedgerow intercropping with different tree species and tea in Sri Lanka: 1. Production and resource competition. *Agroforestry Systems*, 63(3):199-209. <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-005-1090-8>
- Dixon, R.A., Xie, D.Y. and Sharma, S.B., 2005. Proanthocyanidins-a final frontier in flavonoid research? *New Phytologist*, 165(1): 9-28. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01217.x>
- Eden, T., 1976. Tea. Longman Group Limited, London, England. <https://kutuphane.tarimorman.gov.tr/vufind/Record/4049>
- Fu, X., Chen, Y., Mei, X., Katsuno, T., Kobayashi, E., Dong, F. and Yang, Z., 2015. Regulation of formation of volatile compounds of tea (*Camellia sinensis*) leaves by single light wavelength. *Scientific Reports*, 5(1): 1-11. <http://dx.doi.org/10.1038/srep16858>
- Hadfield, W., 1974. Shade in north-east Indian tea plantations. I. The shade pattern. *Journal of Applied Ecology*, 11(1): 151-178. <https://doi.org/10.2307/2402012>

- Lee, L.S., Choi, J.H., Son, N., Kim, S.H., Park, J.D., Jang, D.J., Jeong, D.J. and Kim, H.J., 2013. Metabolomic analysis of the effect of shade treatment on the nutritional and sensory qualities of green tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(2): 332-338. <http://dx.doi.org/10.1021/jf304161y>
- Li, J., 2005. The effect of plant mineral nutrition on yield and quality of green tea (*Camellia sinensis* L.) under field conditions. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades, 173p. https://macau.uni-kiel.de/receive/diss_mods_00001374?lang=en
- Matsunaga, A., Sano, T., Hirono, Y. and Horie, H., 2016. Effects of various directly covered shading levels on chemical components in tea new shoots of the first flush. *Chagyo Kenkyu Hokoku* (Tea Research Journal), 122: 1-7. http://dx.doi.org/10.5979/cha.2016.122_1
- Mortimer, P.E., Gui, H., Xu, J., Zhang, C., Barrios, E. and Hyde, K.D., 2015. Alder trees enhance crop productivity and soil microbial biomass in tea plantations. *Applied Soil Ecology*, 96: 25-32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.05.012>
- Motsara, M.R. and Roy, R.N., 2008. Guide to laboratory establishment for plant nutrient analysis (19): Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. FAO Viale delle Terme di Caracalla, 153. <https://www.fao.org/4/i0131e/i0131e00.htm>
- Owuor, P.O., Othieno, C.O., Howard, G.E., Robinson, J.M. and Cooke, R.D., 1988. Studies on the use of shade in tea plantations in Kenya: Effects on chemical composition and quality of made tea. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 46(1): 63-70. <https://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2740460107>
- Ozdemir, F., Gokalp, H.Y. and Nas, S., 1992. Influence of flushing period, different times within each flushing period and different processing methods on some quality parameters of black tea. *Tea*. https://www.researchgate.net/publication/289111036_Influence_of_flushing_period_different_times_within_each_flushing_period_and_different_processing_methods_on_some_quality_parameters_of_black_tea
- Sano, T., Horie, H., Matsunaga, A. and Hirono, Y., 2018. Effect of shading intensity on morphological and color traits and on chemical components of new tea (*Camellia sinensis* L.) shoots under direct covering cultivation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15): 5666-5676. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.9112>
- Shi, Z.P. and Liu, Z.H., 1987. Probe into mathematical model of chemical essence of bitterness and astringency in summer green tea. *Journal of Tea Science*, 2: 7-12.
- Suzuki, Y. and Shioi, Y., 2003. Identification of chlorophylls and carotenoids in major teas by high-performance liquid chromatography with photodiode array detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(18): 5307-5314. <http://dx.doi.org/10.1021/jf030158d>
- Takemoto, T. and Hayashi, K., 2019. Effect of the difference in the covering methods on growth of tea tree and the canopy surface temperature in summer based on thermal images. *Tea Research Journal*, 127: 1-10. http://dx.doi.org/10.5979/cha.2019.127_1
- Teng, R.M., Wang, Y.X., Li, H., Lin, S.J., Liu, H. and Zhuang, J., 2021. Effects of shading on lignin biosynthesis in the leaf of tea plant (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze). *Molecular Genetics and Genomics*, 296: 165-177. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00438-020-01737-y>
- Venkata, S.P.C. and Indra, P., 2011. The aroma, taste, color and bioactive constituents of tea. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(11): 2110-2124. https://www.researchgate.net/publication/234129299_Tea-Aroma_Taste_Color_and_Bioactive_Constituents
- Wan, X., 2008. *Biochemistry of tea*. China Agriculture Press, Beijing,
- Wang, Y., Gao, L., Shan, Y., Liu, Y., Tian, Y. and Xia, T., 2012. Influence of shade on flavonoid biosynthesis in tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze). *Scientia Horticulturae*, 141: 7-16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2012.04.013>
- Watanabe, I., 1995. Effect of nitrogen fertilizer application at different stages on the quality of green tea. *Soil Science and Plant Nutrition*, 41(4): 763-768. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1060/1/012102>
- Xiao, F., Yang, Z., Huang, H., Yang, F., Zhu, L. and Han, D., 2018. Nitrogen fertilization in soil affects physiological characteristics and quality of green tea leaves. *Horticultural Science (American Society for Horticultural Science)*, 53(5): 715-722. <http://dx.doi.org/10.21273/HORTSCI12897-18>
- Yamashita, H., Tanaka, Y., Umetsu, K., Morita, S., Ono, Y., Suzuki, T. and Ikka, T., 2020. Phenotypic markers reflecting the status of overstressed tea plants subjected to repeated shade cultivation. *Frontiers in Plant Science*, 11: 556476. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2020.556476>
- Yue, C., Wang, Z. and Yang, P., 2021. The effect of

- light on the key pigment compounds of photosensitive etiolated tea plant. Botanical Studies, 62(1): 1-15. <https://doi.org/10.1186/s40529-021-00329-2>
- Zhang, X., Xiong, L., Wen, B., Wang, K., Liu, Z., Huang, J. and Li, J., 2020. Advances in leaf color variation of tea plant (*Camellia sinensis*). Journal of Plant Physiology, 56(4): 643-653.
 - Zhao, D. and Oosterhuis, D.M., 2000. Cotton responses to shade at different growth stages: growth, lint yield and fibre quality. Experimental Agriculture, 36(1): 27-39. <http://dx.doi.org/10.1017/S0014479700361014>