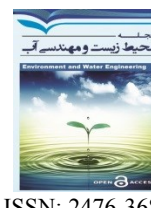




Environment and Water Engineering

Homepage: www.jewe.ir



ISSN: 2476-3683

Research Paper

Drip Irrigation, an Effective Method to Improve the Quantitative and Qualitative Characteristics of Tea Green Leaves in Water Stress Conditions

Kourosh Majd Salimi^{1*}, Reza Azadi Gonbad² and Sharzad Shaigan³

¹Research Instructor, Tea Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Lahijan, Iran

²Assist. Professor, Tea Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Lahijan, Iran

³Researcher, Guilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center., Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

Article information

Received: May 16, 2021

Revised: July 09, 2021

Accepted: July 15, 2021

Keywords:

Drip Irrigation

Drought

Soil Moisture

Tea Quality

Tea Yield

*Corresponding author:

k.majdsalimi@areeo.ac.ir



Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of different levels of drip irrigation treatment on yield, yield components and quality of green tea leaves during drought. This research was conducted for the first time during 2017 and 2018 in the tea garden in Bazkiagorab area of Lahijan in Gilan province. The experiment was performed as split plots in a randomized complete block design with three replications. Irrigation treatment considered was consisted of five levels of 0, 25, 50, 75 and 100% of irrigation needs. Drip irrigation program in the period of water stress was carried out twice a week based on monitoring soil moisture at the depth of root development. Full irrigation of 2225 and 1610 m³/ha in two successive years of experiment caused the production of harvestable shoots in summer to increase by 162 and 153%, respectively, compared with the area without irrigation. Increased water stress at incomplete irrigation levels led to an increase in solids (woodiness) of tea shoots. Conversely, as the amount of irrigation water in the drip irrigation system increased, the weight of the shoots increased. The biennial average of the highest yield of green tea leaves was equal to 9125 kg/ha with 100% irrigation requirement and the lowest yield of 3468 kg/ha was obtained from the area without irrigation. Improvement of tea quality characteristics such as total polyphenols, caffeine, total ash and nitrogen percentage of shoots was also observed by complete irrigation in the drip system.

© Authors, Published by **Environment and Water Engineering** journal. This is an open access article distributed under the CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.



Introduction

Green tea leaves are harvested in Iran from early May to November. In some months (mid-June to early September), the amount of rainfall is less than the water requirement of tea plants and the amount and quality of the product is greatly reduced due to water stress, which threatens the livelihood of farmers and the region's economy. Therefore, supplying the required water of the tea plant by using supplementary irrigation and correct principles of operation is the most important issue in increasing the quantity, quality and marketability of the tea product and its economic efficiency. The aim of study was to investigate the effect of different levels of drip irrigation treatment on yield, yield components and quality of green tea leaves during the dry period.

Materials and Methods

This research was conducted for the first time in 2017-2018 in tea plantation in Bazkiagoorab region, Lahijan (Guilan Province). The experiment was conducted as split plots in a randomized complete block design. Irrigation treatments considered included five levels of 0, 25, 50, 75 and 100 water requirement percentage. In the irrigation system of this research, on-line drippers (surface drip irrigation) of Netafim company with design flow rate of 4 l/hr were

used. Sub-pipes (laterals) approximately 5 m long were placed in the middle of every two rows of tea plants throughout the experimental plot (except plots without irrigation). Seven drippers with a distance of 0.7 m (one dripper per plant) were installed on 16 mm laterals. Drip irrigation scheduling in water stress period was twice a week based on soil moisture monitoring during growth period by fertigation at plant root depth. In order to fertilize with irrigation water (fertigation), fertilizer solution was prepared and it entered the manifold pipes through injection in each plot. For non-irrigated treatment, nitrogen fertilizer was mixed with the soil in two equal installments of urea fertilizer in two application (first mid of May and first mid of July) and was added to the soil according to the custom of tea growing region. Yield during growth period and yield components and some quality characteristics of green tea leaves during water stress period were measured.

Results

Full irrigation of 2225 and 1610 m³/ha in two years of experiment caused the production of harvestable shoots in summer to be increased by 162 and 153 percent, respectively, as compared to rainfed condition. Increased water stress at deficit irrigation levels led to increase dry matter (semi hard) of tea shoots.

Table 1 Effects of drip irrigation treatment on yield and yield components of tea in two years of experiment (2017 and 2018)

Irrigation treatment	Quantitative characteristics of tea							
	2017				2018			
	Number of shoot (n/m ²)	Dry matter (%)	Fresh weight of shoots (g)	Green leaf yield (kg/ha)	Number of shoot (n/m ²)	Dry matter (%)	Fresh weight of shoots (g)	Green leaf yield (kg/ha)
I ₀	40e	26.74b	0.393c	3106e	48.75e	25.73a	0.425e	3830e
I ₁	58d	27.44a	0.405bc	4224d	74.5d	25.56a	0.450d	6014d
I ₂	73c	26.70b	0.462abc	5310c	91.75c	25.26b	0.483c	7344c
I ₃	87b	24.39c	0.498ab	6544b	108.3b	24.19c	0.523b	8565b
I ₄	105a	24.06d	0.565a	8093a	123.5a	23.48d	0.599a	10220a
LSD(0.05)	7599.6*	28.18*	0.053**	35586231.9	8375.3**	9.83**	0.037**	61208917.4**
C.V.	9.8	3.09	6.16	11.29	16.55	3.93	6.55	17.68

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

Conversely, as the amount of irrigation water in drip irrigation system increased, the fresh weight of shoots increased. Biennial average of the highest yield of green tea leaves (9125 kg/ha) was obtained by providing 100% irrigation requirement and the lowest yield (3468 kg/ha)

was obtained from no irrigation level. Improvement of tea quality characteristics such as total polyphenols, caffeine, total ash and nitrogen percentage of shoots was also observed by full irrigation in drip system. Effects of drip irrigation treatment on yield and yield components of

tea in two years of experiment is tabulated in Table 1. In addition, Table 2 shows the Effect of drip irrigation

treatment quality characteristics of tea shoots in the summer in two years of experiment.

Table 2 Effect of drip irrigation treatment quality characteristics of tea shoots in the summer in two years of experiment (2017 and 2018)

Irrigation treatment	Qualitative characteristics of tea shoots							
	2017				2018			
	Leaf nitrogen@	Total polyphenol	Caffeine	Total Ash	Leaf nitrogen	Total polyphenol	Caffeine	Total Ash
I ₀	3.460c	10.36e	2.25d	4.18d	3.941c	11.12d	2.37d	4.28e
I ₁	3.532c	11.04d	2.26d	4.21d	4.110b	11.27d	2.35d	4.39d
I ₂	3.806b	11.62c	2.53c	4.36c	4.128b	11.77c	2.59c	4.51c
I ₃	3.914b	12.49b	2.75b	4.58b	4.433a	12.40b	2.76b	4.69b
I ₄	4.278a	12.95a	2.99a	4.74a	4.513a	13.16a	3.01a	4.84a
LSD(0.05)	1.28**	13.47**	1.20**	0.69**	0.65**	10.91**	0.74**	0.54**
C.V.	5.09	3.58	2.60	2.75	3.81	4.28	5.72	2.54

- Effects significant at $P \leq 0.05$ (*), 0.01 (**) or nonsignificant (NS); Values in each column with any letter in common not significantly different at $P \leq 0.05$; @: The numbers refer to the nitrogen in the third leaf of the shoot.

Conclusion

Due to the significant increase in yield and quality improvement of green tea leaves due to the application of drip irrigation system in the period of water stress in tea growing region of Iran, it seems to recommend and promote the use of drip irrigation system in tea plantations, especially in sloping lands, to get rid of the problem of reducing production in water stress condition and improving the living condition of the beneficiaries of this product.

Acknowledgment

We would like to express our sincere gratitude to Mr. Mohammad Reza Taherzadeh, Managing

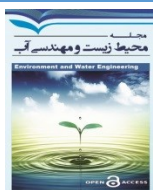
Director and Mr. Habib Jahansaz, Chairman of the Board of Directors of the Tea Industry Development Fund for the cordially support for the implementation of the project "Optimization of water and fertilizer consumption in drip irrigation in tea plantations".

Data Availability

The data used in this research are presented in the paper.

Conflicts of interest

The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.



ISSN: 2476-3683

محیط زیست و مهندسی آب

Homepage: www.jewe.ir



مقاله پژوهشی

آبیاری قطره‌ای، روشی مؤثر برای بهبود شاخص‌های کمی و کیفی برگ سبز چای در شرایط تنش آبی

کوروش مجدسلیمی^{۱*}، رضا آزادی گنبد^۲ و شهرزاد شایگان^۳

^۱ مربی پژوهش، پژوهشکده چای، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، لاهیجان، ایران
^۲ استادیار، پژوهشکده چای، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، لاهیجان، ایران
^۳ محقق، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: [۱۴۰۰/۰۲/۲۶]

تاریخ بازنگری: [۱۴۰۰/۰۴/۱۸]

تاریخ پذیرش: [۱۴۰۰/۰۴/۲۴]

واژه‌های کلیدی:

آبیاری قطره‌ای

خشکی

رطوبت خاک

عملکرد چای

کیفیت چای

* نویسنده مسئول:

k.majdsalimi@areeo.ac.ir

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر سطوح مختلف تیمار آبیاری قطره‌ای بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت برگ سبز چای طی دوره خشکی بود. این پژوهش برای نخستین بار طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در باغ چایی در منطقه بازکیاگوراب لاهیجان در استان گیلان اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد. تیمار آبیاری شامل پنج سطح صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ و ۱۰۰٪ نیاز آبیاری در نظر گرفته شد. برنامه‌ی آبیاری قطره‌ای در دوره‌ی تنش آبی به صورت هفته‌ای دو بار بر اساس پایش رطوبت خاک در عمق توسعه‌ی ریشه‌ها انجام گرفت. آبیاری کامل به میزان ۲۲۲۵ و ۱۶۱۰ m³/ha در دو سال آزمایش باعث شد تا تولید شاخساره قابل برداشت در فصل تابستان به ترتیب ۱۶۲ و ۱۵۳٪ نسبت به سطح بدون آبیاری افزایش داشته باشد. افزایش تنش آبی در سطوح آبیاری ناقص منجر به افزایش ماده جامد (خشبی شدن) شاخساره‌های چای شد. برعکس، با افزایش میزان آب آبیاری در سامانه آبیاری قطره‌ای، وزن تر شاخساره‌ها افزایش پیدا کرد. میانگین دوسالانه بیش‌ترین میزان عملکرد برگ سبز چای معادل ۹۱۲۵ kg/ha با تأمین ۱۰۰٪ نیاز آبیاری و کم‌ترین میزان عملکرد معادل ۳۴۶۸ kg/ha از سطح بدون آبیاری به دست آمد. همچنین بهبود خصوصیات کیفی چای مانند پلی فنل کل، کافئین، خاکستر کل و درصد نیتروژن شاخساره با انجام آبیاری کامل در سامانه‌ی قطره‌ای مشاهده شد.

۱- مقدمه

کلیدی تعیین‌کننده کیفیت چای در نظر گرفته می‌شوند که حداقل به میزان ۷۰٪ در ساختار کیفیت نوشابه چای، مؤثر هستند (Wu and Yeh 1977). تغییرات در بهره‌وری تولید و کیفیت چای به علت شرایط آب و هوایی در مطالعات زیادی

نوشابه چای که از فراوری شاخساره‌های لطیف و جوان گونه *Camellia sinensis (L.) O. Kuntze* به دست می‌آید، به عنوان پرمصرف‌ترین مایع پس از آب شناخته می‌شود (Zhen 2002). شاخساره‌های گیاه چای به عنوان عوامل

به‌منظور توسعه و ارزیابی روش‌های آبیاری کم‌هزینه با کارایی مصرف آب بالا در تانزانیا پروژه‌ای توسط فائو برای بوته‌های نابالغ چای انجام شد. نتایج نشان داد که عملکرد چای ساخته‌شده در شرایط دیم، آبیاری بارانی و قطره‌ای به‌ترتیب برابر ۵۰۰، ۴۲۰۰ و ۸۵۰۰ kg/ha و با مصرف ۱۲۰۰ و ۶۰۰ mm آب آبیاری به‌ترتیب در شرایط آبیاری بارانی و قطره‌ای به‌دست آمد (Anonymous 2011). عملکرد حاصل از کاربرد روش آبیاری قطره‌ای ۱۷ برابر عملکرد در شرایط بدون آبیاری بود. آبیاری قطره‌ای با نصف آب مصرفی در مقایسه با روش بارانی، عملکردی به میزان دو برابر تولید کرد.

در تانزانیا حدود $7 \text{ Mm}^3/\text{yr}$ آب به ارزش یک میلیون دلار برای آبیاری اراضی چای‌کاری در شرایط تنش آبی در فصل خشک پمپاژ می‌شود. نتایج بررسی‌ها نشان داد که استفاده از آبیاری قطره‌ای (با آموزش‌های صحیح بهره‌برداری) به‌جای آبیاری بارانی می‌تواند به ازای تولید هر کیلوگرم چای ساخته‌شده باعث ذخیره ۷۰ lit آب گردد (Möller and Weatherhead 2007).

گزارش‌ها نشان می‌دهد که بیش از ۶۰٪ از باغ‌های چای در استان‌های گیلان و مازندران در مناطق کوهپایه‌ای و شیب‌دار قرار دارند (Majd and Amiri 2014). هم‌اکنون، از روش‌های آبیاری بارانی برای آبیاری کم‌تر از ۵٪ از کل مناطق چای‌کاری (حدود ۲۰۰۰۰ ha)، استفاده می‌شود؛ درحالی‌که تولید در سایر مناطق به‌طور کامل وابسته به ریزش‌های جوی است (Majd Salimi et al. 2015). محدودیت فنی (مانند شیب زیاد و توپوگرافی نامنظم و نداشتن زیرساخت‌های لازم) و محدودیت‌های مربوط به طراحی و اجرای روش‌های آبیاری بارانی در این مناطق، دلایل اصلی توسعه‌نیافتگی اراضی فاریاب در مناطق چای‌کاری هستند (Majd Salimi et al. 2015). این موضوع و عدم دسترسی به منابع آبی مطمئن در این مناطق، اهمیت زیاد به‌کارگیری روش آبیاری قطره‌ای^۳ را در باغ‌های چای تحت تنش آبی مشخص می‌سازد؛ بنابراین چالش اصلی در این شرایط، اجرا و توسعه‌ی روش‌های آبیاری مؤثر و کم‌هزینه‌ای است که دارای کارایی مصرف آب بالایی هستند

گزارش شده است (Liu et al. 2005; De Costa et al. 2007; Carr 2010b). کیفیت چای به سطوح نیتروژن، پلی‌فنل‌ها و کافیین اجزای تشکیل‌دهنده شاخص‌های چای به‌شدت وابسته است (Chen et al. 2010).

محصول یا عملکرد چای، شاخص‌های لطیف شامل ۲ یا ۳ برگ و یک جوانه انتهایی تولیدشده در بالای این سطح است که به‌طور متوالی در فواصل زمانی مختلفی، برداشت (برگ‌چینی) می‌شوند (Carr 2010b; Majd Salimi 2016). عملکرد چای شامل سه جزء اصلی تعداد شاخساره قابل‌برداشت، میانگین جرم خشک شاخساره در هر برداشت (مقدار ماده خشک) و زمان لازم برای رسیدن یک جوانه‌ی جانبی به شاخساره مناسب برای برداشت با عنوان دوره جایگزینی شاخساره می‌باشد (Stephens and Carr 1994; Carr 2010b). درحقیقت، تعداد شاخساره عامل اصلی تعیین‌کننده عملکرد بوته‌های چای است.

برداشت متوالی برگ سبز چای در ایران از اوایل اردیبهشت تا آبان ماه در سه فصل بهار، تابستان و پاییز انجام می‌شود. در برخی از ماه‌ها (اواسط خرداد تا اوایل شهریور)، میزان بارندگی کم‌تر از نیاز آبی بوته‌های چای است و میزان کیفیت محصول در اثر تنش آبی، به مقدار بسیار زیادی کاهش می‌یابد که این موضوع معیشت کشاورزان و اقتصاد منطقه را با تهدید مواجه می‌سازد؛ بنابراین تأمین آب موردنیاز گیاه چای با استفاده از آبیاری تکمیلی و اصول صحیح بهره‌برداری، مهم‌ترین مسئله در افزایش کمیت، کیفیت و بازپسندی چای تولیدی و بازدهی اقتصادی آن است (Majd Salimi and Shaigan 2017).

نتایج پژوهش‌ها در کشورهایی مانند تانزانیا، کنیا، مالاوی و سریلانکا (فقط سه تا چهار مطالعه در این زمینه انجام شده است) نشان داد که کاربرد سامانه قطره‌ای در باغ‌های چای تحت تنش آبی با کاربرد ۵۰٪ آب مصرفی کم‌تر نسبت به روش بارانی موجب افزایش محصول به میزان دو برابر در مقایسه با روش آبیاری بارانی می‌شود؛ همچنین نیروی کارگری ۵۰٪ و هزینه‌ها به‌میزان ۸۰٪ در مقایسه با سامانه آبیاری بارانی کاهش می‌یابد (Cruz-de Carvalho 1998; Cheruiyot et al. 2007).

^۱ Axillary bud^۲ Shoot replacement cycle^۳ Drip irrigation

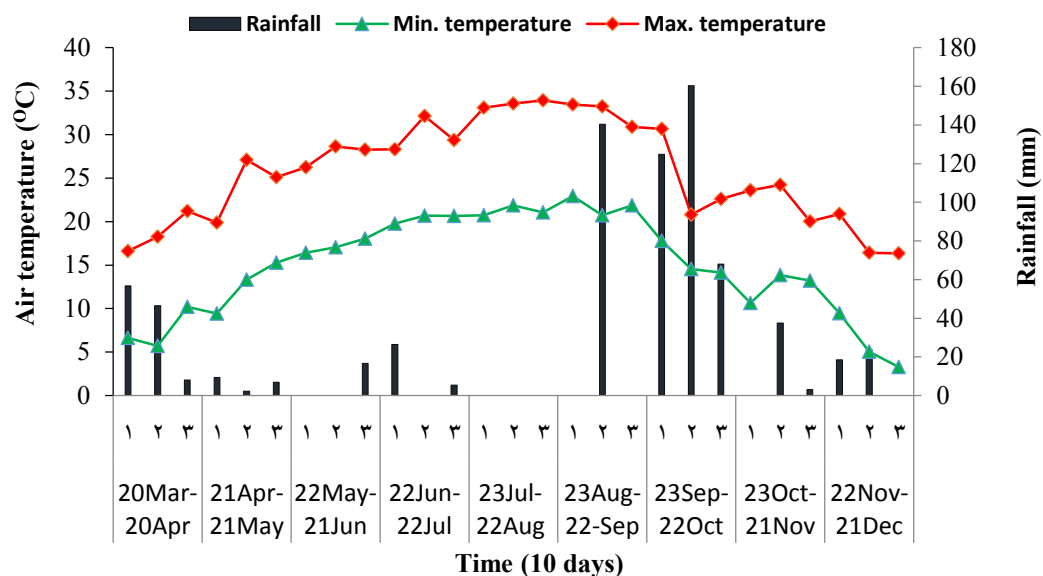
شد. ارتفاع منطقه، ۹ m بالاتر از سطح دریای آزاد و دارای آب‌وهوای مرطوب و معتدل بود. اطلاعات هواشناسی ثبت‌شده در ایستگاه کلیما تولوژی شهرستان لاهیجان برای دوره‌ی رشد چای (فروردین تا آبان ماه) طی سال‌های آزمایش شامل تغییرات دمای حداکثر، دمای حداقل و جمع میزان بارندگی در دوره‌های ۱۰ روزه (شکل‌های ۱ و ۲) و تغییرات روزانه کمبود فشار بخار اشباع هوا و حداکثر درجه حرارت هوا (شکل‌های ۳ و ۴) درکل دوره رشد سال‌های آزمایش ارائه شده است.

و برای کشاورزان مقرون به صرفه باشد. در این پژوهش، تأثیر سطوح مختلف تیمار آبیاری قطره‌ای بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های کیفی برگ سبز چای طی دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ بررسی شد.

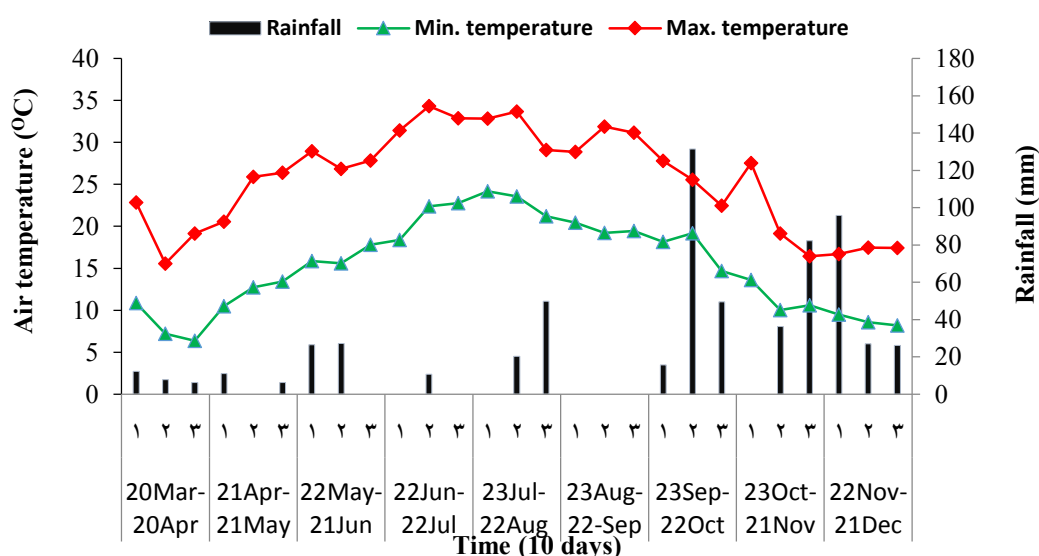
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

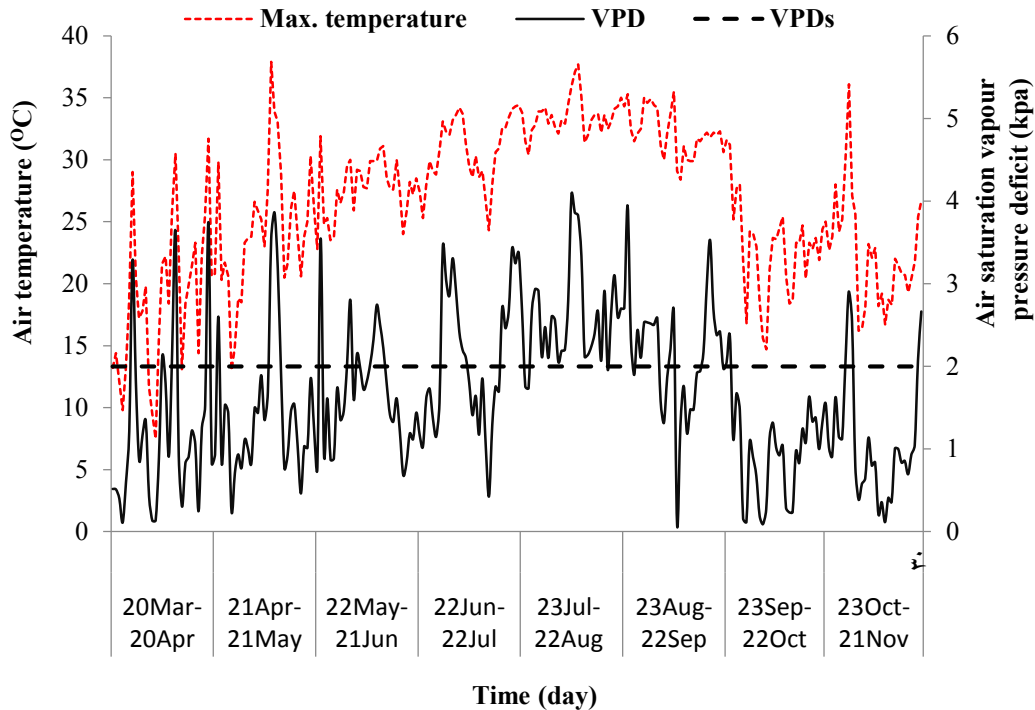
پژوهش حاضر طی دوره‌ی رشد سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در باغ چایی در منطقه‌ی بازکیاگوراب شهرستان لاهیجان با عرض جغرافیایی ۲۲° ۳۷' و طول جغرافیایی ۴۹° ۹۴' اجرا



شکل ۱- نوسانات حداکثر و حداقل درجه حرارت هوا و میزان بارندگی در دوره‌های ۱۰ روزه (فروردین تا آذر) در سال ۱۳۹۶
Fig. 1 Max. and Min. air temperature and rainfall fluctuation in 10 days period (20 Mar. to 21 Dec.) in 2017

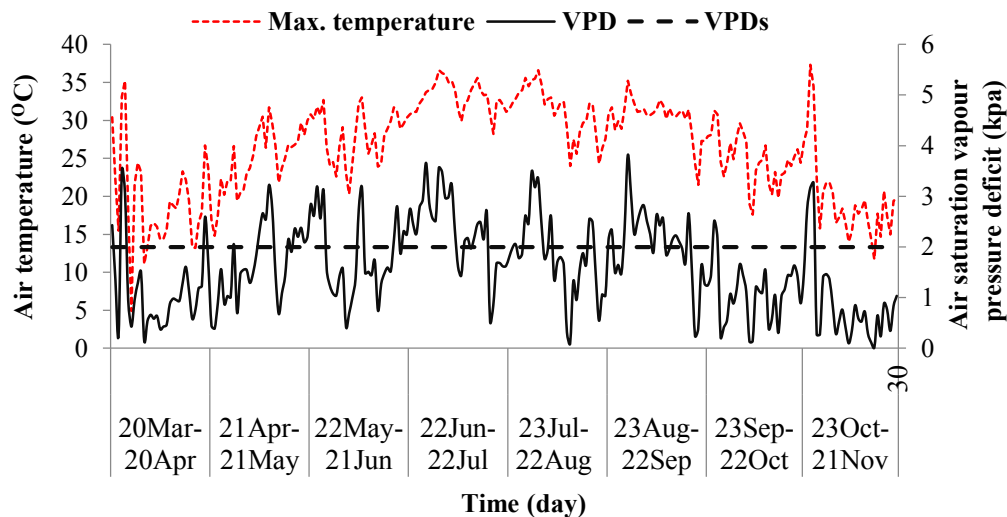


شکل ۲- نوسانات حداکثر و حداقل درجه حرارت هوا و میزان بارندگی در دوره‌های ۱۰ روزه (فروردین تا آذر) در سال ۱۳۹۷
Fig. 2 Max. and Min. air temperature and rainfall fluctuation in 10 days period (20 Mar. to 21 Dec.) in 2018



شکل ۳- نوسانات روزانه کمبود فشار بخار اشباع و حداکثر درجه حرارت هوا (فروردین تا مهرماه) در سال ۱۳۹۶

Fig. 3 Daily fluctuation of saturation vapour pressure deficit and Max. air temperature (20 Mar. to 21 Nov.) in 2017



شکل ۴- نوسانات روزانه کمبود فشار بخار اشباع و حداکثر درجه حرارت هوا (فروردین تا مهرماه) در سال ۱۳۹۷

Fig. 4 Daily fluctuation of saturation vapour pressure deficit and Max. air temperature (20 Mar. to 21 Nov.) in 2018

برای محاسبه کمبود فشار بخار اشباع هوا، از روابط (۱) تا (۳) استفاده شد.

که، e_a فشار بخار اشباع هوا (kPa)، e_d فشار بخار واقعی

$T_{\min}$ و $T_{\max}$ به ترتیب حداقل و حداکثر دما (°C)،

دمای هوا $RH_{\max}$ و $RH_{\min}$ به ترتیب حداکثر و

$$e_a = 0.6108 \exp \left(\frac{17.27T}{T+237.3} \right) \quad (1)$$

$$e_d = 0.5 \left\{ \left[e(T_{\min}) \frac{RH_{\max}}{100} \right] + \left[e(T_{\max}) \frac{RH_{\min}}{100} \right] \right\} \quad (2)$$

براین اساس و با توجه به پراکنش نامناسب بارندگی در سال اول در مقایسه با سال دوم (شکل‌های ۱ و ۲) و در نظر گرفتن تغییرات سایر فراسنجه‌های آب و هوایی مانند درجه حرارت هوا و کمبود فشار بخار هوا (شکل‌های ۳ و ۴) می‌توان نتیجه گرفت که در سال اول آزمایش (سال ۱۳۹۶)، میزان تنش آبی بیشتر و شرایط آب و هوایی برای رشد شاخساره‌های چای نامناسب‌تر در مقایسه با سال دوم (یعنی ۱۳۹۷) بود.

آزمون خاک محل آزمایش نشان داد که بافت خاک تا عمق توسعه‌ی ریشه (۶۰ cm) یکنواخت و از نوع لومی-شنی بود (جدول ۱). همچنین آب آبیاری بر اساس روش آزمایشگاه شوری خاک آمریکا دارای شوری بسیار کم و کیفیت مناسب بود (جدول ۲).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل پژوهش

Table 1 Physicochemical characteristics of research soil

Soil depth (cm)	pH (1:1)	OC (%)	EC (dS/m)	Total N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Soil texture
0-20	4.3	1.5	0.38	0.165	165	160	S. L.
20-40	4.4	1.1	0.25	0.14	101	130	S. L.
40-60	4.3	0.8	0.18	0.093	20	120	S. L.

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده

Table 2 Chemical characteristics of irrigation water used

Chemical Compounds (meq/l)										
EC ₂₅ (dS/m)	pH	Chlorine	Sulfate	Carbonate	Bicarbonate	Potassium	Magnesium	Calcium	Sodium	SAR
C1-S1	0.82	1.13	2.63	1.14	0.05	2.2	0.21	0.9	0.39	0.82

¹The method is based on soil classification laboratory of America

نیاز آبیاری (I_0 تا I_4) از اواسط خرداد تا شهریورماه در نظر گرفته شد.

۲-۳- مشخصات سامانه کودآبیاری قطره‌ای

در این پژوهش از سامانه آبیاری قطره‌ای با قطره‌چکان‌های روی خط شرکت نتافیم با دبی طراحی، ۴ l/hr، استفاده شد. لوله‌های فرعی به طول تقریبی ۵ m در وسط هر دو ردیف بوته چای در کل قطعه آزمایشی قرار داده شد (به جز کرت‌های بدون آبیاری). تعداد هفت عدد قطره‌چکان با فاصله ۰/۷ m (یک عدد قطره‌چکان برای هر بوته)، روی لوله‌های فرعی ۱۶ mm نصب شد. کنترل فشار و جریان ورودی آب به هر کرت با استفاده از یک عدد شیر کنترل در ابتدای

حداقل رطوبت نسبی هوا (%)، VPD کمبود فشار بخار اشباع هوا (kPa) است.

براین اساس، جمع کل بارندگی در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ به ترتیب ۱۰۸۲ و ۱۰۹۵ mm بود که نشان داد بارش باران در طول سال‌های آزمایش دارای مقادیر تقریباً یکسان اما پراکنش نامناسب و غیریکنواخت به‌ویژه در طی دوره رشد چای (فروردین تا پایان مهرماه) بود.

در زمان اجرای پژوهش، حداکثر بارندگی در پایان دوره رشد (ماه‌های مهر و آبان) و حداقل بارندگی براساس نیاز گیاه در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد سال ۱۳۹۶ و ماه‌های اردیبهشت، تیر و شهریور سال ۱۳۹۷ ثبت شد (شکل‌های ۱ و ۲). میزان آب بارندگی مؤثر طی دوره رشد چای در دو سال آزمایش به ترتیب ۱۵۲/۵ و ۲۳۳ mm اندازه‌گیری شد.

۲-۲- مشخصات طرح آزمایشی

طرح آزمایشی در زمینی به ابعاد ۷۵×۲۴ m² اجرا شد. طول قطعه آزمایشی به ۱۵ قسمت ۵ m تقسیم گردید؛ به‌طوری‌که چهار ردیف ۲۵×۶ m² در هر تکرار و در مجموع ۱۲ ردیف ۲۵×۶ m² در سه تکرار تشکیل شد. هر ردیف برای اختصاص یک سطح کود نیتروژنی در هر بلوک به‌طور تصادفی انتخاب شد. هر کرت (۵ × ۶ m²) شامل شش ردیف بوته و در مجموع تعداد ۴۲ بوته بالغ از نوع هیبرید بود. فاصله ردیف‌های بوته‌های چای از یکدیگر ۱/۲ m و فاصله بوته‌ها در هر ردیف ۰/۷ m اندازه‌گیری شد. تیمار آبیاری در این پژوهش شامل پنج سطح صفر (شاهد)، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪

درصد ماده خشک^۱ و میانگین وزن تازه شاخساره‌ها^۲ در برداشت فصل تابستان دو سال آزمایش، اندازه‌گیری شدند.

آزمون‌های کیفی شامل اندازه‌گیری عوامل مؤثر بر کیفیت چای نظیر مقدار کل نیتروژن موجود در برگ سوم شاخساره فعال و برخی از خصوصیات کیفی برگ سبز نظیر درصد کافیین، درصد پلی‌فنل‌ها و درصد خاکستر کل موجود در شاخساره‌های در نمونه‌های برداشت‌شده در فصل تابستان بود.

مقدار کل نیتروژن موجود در برگ سوم شاخساره فعال به روش کل‌دال (Thompson 2000) 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 سدیم سولفات و تعیین میزان جذب محلول در طول موج ۲۷۶ nm با اسپکتروفتومتر و در نهایت درصد کافیین نمونه‌ها از طریق مقایسه با منحنی استاندارد کافیین محاسبه گردید (Lakin 1989). برای تعیین میزان خاکستر کل، مقدار ۲ g چای خشک‌شده داخل ظرف چینی که قبلاً به وزن ثابت رسیده، ریخته و به مدت دو ساعت در دمای ۵۵۰ °C در کوره قرار داده شد. ظرف چینی حاوی خاکستر پس از خنک شدن در خشکانه، توزین گردید. با استفاده از اختلاف وزن ظرف خالی و ظرف محتوی خاکستر، درصد خاکستر کل محاسبه شد (Thompson 2000).

۲-۶- روش تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه واریانس ساده شاخص‌های کمی و کیفی برگ سبز چای برای سال‌های آزمایش به‌صورت جداگانه و پس از اطمینان از یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی (آزمون بارلت)، تجزیه مرکب دو سال برای عملکرد با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9.4 و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- اثر سطوح آبیاری بر عملکرد برگ سبز چای

تجزیه واریانس ساده تعداد شاخساره‌ی قابل‌برداشت، ماده جامد، وزن‌تر شاخساره و عملکرد برگ سبز چای نشان داد

لوله‌ی مانیفلد، انجام شد. همچنین در این سیستم برای اندازه‌گیری میزان جریان آب ورودی به لوله‌های فرعی در کرت‌ها، از چهار عدد کنتور حجمی ۵/۰ اینچ برای چهار کرت استفاده شد (هر کنتور در ابتدای لوله‌ی مانیفلد و بعد از شیر کنترل نصب شد).

کوددهی برای هر سطح کودی با تقسیط مساوی از ابتدای دوره رشد در فروردین‌ماه تا پایان دوره رشد در مهرماه به‌صورت هفته‌ای یک‌بار وارد منطقه توسعه‌ی ریشه بوته‌های بالغ چای شد. به‌منظور کوددهی همراه با آب آبیاری (کودآبیاری قطره‌ای)، محلول کودی مناسب تهیه و از طریق تزریق، وارد لوله‌های مانیفلد در هر کرت شد. برای سطح بدون آبیاری، کود نیتروژنی به‌صورت مخلوط با خاک در دو تقسیط مساوی از منبع کود اوره و در دو زمان (نیمه اول اردیبهشت و نیمه اول تیرماه) براساس عرف کارشناسی مناطق چای‌کاری به خاک کرت‌ها اضافه شد.

۲-۴- روش اندازه‌گیری و تعیین آب مصرفی

در طول دوره‌ی رشد، به‌منظور تعیین میزان رطوبت حجمی و تنش در خاک تیمارهای آبیاری، پایش رطوبت در خاک در سه عمق ۰ تا ۲۰، ۲۰ تا ۴۰ و ۴۰ تا ۶۰ cm از پروفیل خاک و با استفاده از روش انعکاس‌سنجی زمانی انجام شد. تعداد ۱۰ عدد لوله‌ی یک متری مخصوص قرائت دستگاه مذکور در تمامی کرت‌های بلوک دوم و سوم قرار داده شد. قرائت دستگاه به‌صورت هر هفته دو بار و در صورت نیاز قبل و بعد از آبیاری و بارندگی انجام گرفت. براساس تغییرات رطوبت خاک، مقادیر آب آبیاری و بارندگی و با استفاده از معادله‌ی بیلان رطوبتی، میزان تبخیر- تعرق واقعی چای و در نتیجه میزان آبیاری موردنیاز در هر هفته، محاسبه شد.

۲-۵- اندازه‌گیری خصوصیات عملکرد کمی و کیفی

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. در دوره رشد سال ۱۳۹۶ چهار مرتبه و در سال ۱۳۹۷ پنج مرتبه برداشت جداگانه برگ سبز در فواصل زمانی مختلف انجام گرفت.

اجزای عملکرد گیاه بالغ چای نظیر تعداد شاخساره قابل‌برداشت به روش کادراندازی (به ابعاد ۰/۵ × ۰/۵ m²،

¹Dry matter

²Fresh shoots weight

که سطح آبیاری بر این صفات کمی در دو سال آزمایش (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) با احتمال ۱٪، معنی‌دار شد (جدول ۳).

۱-۳- تعداد شاخساره قابل برداشت

مقایسه میانگین تعداد شاخساره قابل برداشت چای تحت تأثیر سطوح مختلف تیمار آبیاری قطره‌ای در هر دو سال آزمایش (جدول ۳) نشان داد که کاهش درصد نیاز آبیاری بوته‌های چای (به‌صورت ۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵ و ۰٪ نیاز آبیاری) باعث کاهش تعداد شاخساره قابل برداشت چای شد. به عبارت دیگر تأمین نیاز آبیاری بوته‌های چای به‌طور کامل منجر به تولید بیش‌ترین تعداد شاخساره در برداشت تابستانه دو سال آزمایش به ترتیب ۱۰۵ و ۱۲۳/۵ شاخساره در 1 m^2

سطح برداشت در این سطح آبیاری شد. آبیاری کامل به میزان ۲۲۲۵ و $1610 \text{ m}^3/\text{ha}$ به ترتیب در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ باعث شد تا تولید شاخساره قابل برداشت (در یک برداشت فصل تابستان) در تیمار آبیاری کامل به ترتیب ۱۶۲ و ۱۵۳٪ نسبت به تیمار بدون آبیاری افزایش داشته باشد. نتایج مشابهی از افزایش تعداد شاخساره قابل برداشت (149 n/m^2) در شرایط آبیاری کامل با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای در تانزانیا گزارش شد؛ که تأثیر درجه حرارت مطلوب هوا بر افزایش سرعت اولیه رشد و سرعت رشد طولی شاخساره‌ها در قابلیت دسترسی به رطوبت در خاک اهمیت زیادی داشته است (Carr 2010b; Msomba 2018).

جدول ۳- اثرات تیمار آبیاری قطره‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد چای در دو سال آزمایش (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷)

Table 3 Effects of drip irrigation treatment on yield and yield components of tea in two years of experiment (2017 and 2018)

Irrigation treatment	Quantitative characteristics of tea							
	2017				2018			
	Number of shoot (n/m^2)	Dry matter (%)	Fresh weight of shoots (g)	Green leaf yield (kg/ha)	Number of shoot (n/m^2)	Dry matter (%)	Fresh Weight of shoots (g)	Green leaf yield (kg/ha)
I ₀	40e	26.74b	0.393c	3106e	48.75e	25.73a	0.425e	3830e
I ₁	58d	27.44a	0.405bc	4224d	74.5d	25.56a	0.450d	6014d
I ₂	73c	26.70b	0.462abc	5310c	91.75c	25.26b	0.483c	7344c
I ₃	87b	24.39c	0.498ab	6544b	108.3b	24.19c	0.523b	8565b
I ₄	105a	24.06d	0.565a	8093a	123.5a	23.48d	0.599a	10220a
LSD(0.05)	7599.6*	28.18*	0.053**	35586231.9	8375.3**	9.83**	0.037**	61208917.4**
C.V.	9.8	3.09	6.16	11.29	16.55	3.93	6.55	17.68

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

کم‌ترین میزان تعداد شاخساره در هر دو سال آزمایش به ترتیب ۴۰ و $48/75 \text{ n/m}^2$ از سطح بدون آبیاری به دست آمد. تنش آبی باعث تأخیر یا توقف شکفتن جوانه (ظهور برگ‌های فلسی) و در نتیجه منجر به تجمع جوانه‌های به خواب رفته (راکد) در بوته چای (Carr 2010b) برای محدود کردن تقاضای بیش‌تر برای تبخیر می‌شود (Msomba 2018). تعداد شاخساره کم‌تر در سطح بدون آبیاری می‌تواند به دلیل کاهش ظرفیت فروغ‌آمایی و هدایت روزنه‌ای باشد که باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش شدت تعرق می‌شود (Netto 2010; Msomba 2018).

علاوه بر کمبود رطوبت در خاک، افزایش نسبی خشکی هوا به‌ویژه هوای پیرامونی بوته‌های چای یا به عبارت دیگر کمبود فشار بخار هوا (کمبود رطوبت نسبی) در اواسط روز در بیش-

تر روزهای ماه‌های تیر و مرداد در دو سال آزمایش (شکل‌های ۳ و ۴) نیز از دلایل مهم کاهش تولید شاخساره فعال و در نتیجه عملکرد بود. برای مثال، تعداد روزها و مقدار کمبود فشار بخار هوا یا خشکی هوای پیرامونی گیاه چای در وضعیت بحرانی (بیش‌تر از آستانه‌ی بحرانی حدود 2 kPa) Carr (2010a) در سال ۱۳۹۶ بیش‌تر از سال ۱۳۹۷ بود (شکل‌های ۳ و ۴). بیش‌ترین مقدار کمبود فشار بخار هوا در مردادماه دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ به ترتیب برابر $4/1 \text{ kPa}$ و $3/8$ ثبت شد. همچنین بالاترین میانگین حداکثر درجه حرارت هوا در ماه‌های تیر و مرداد به ترتیب معادل $33/55$ و $32/54$ °C در سال ۱۳۹۶ و دمای $32/88$ و $31/87$ °C در سال ۱۳۹۷ ثبت شد. بر این اساس و مشاهده روند تغییرات حداکثر درجه حرارت هوا (شکل‌های ۱ تا ۴) می‌توان بیان

این موضوع را می‌توان به دلیل وجود تنش آبی و کمبود رطوبت خاک همراه با تنش‌های محیطی دیگر مانند دمای بالا بیش‌تر از 30°C (Carr 2010a; Hajiboland 2017) و کمبود فشار بخار هوا بیش‌تر از 2 kPa (De Costa 2010a; Carr 2010a) در بیش‌تر روزهای فصل تابستان دانست که باعث کاهش رطوبت محتوی شاخساره و افزایش ماده جامد آن شد. به عبارت دیگر، افزایش ماده‌ی جامد به مفهوم افزایش میزان مواد جامد غیرمحلول در آب در برگ‌های چای یا خشبی شدن برگ‌ها و در نتیجه کاهش کیفیت و مطلوبیت برگ برای چای‌سازی است.

تأثیر کمبود رطوبت موجود در خاک و هوای خشک اطراف پوشش سبز بوته‌های چای روی افزایش ماده جامد شاخساره‌های چای در مطالعات زیادی گزارش شده است (Stephens and Carr 1990; Cheruiyot et al. 2008; 1994).

۳-۱-۳- وزن تر شاخساره

در هر دو سال آزمایش، بیش‌ترین وزن شاخساره در سطح بدون تنش با تأمین 100% نیاز آبیاری به ترتیب با میانگین 0.56 g و 0.06 g وجود داشت. سطوح آبیاری 75% (I_3)، 50% (I_2) و 25% (I_1) نیاز آبیاری، به ترتیب در رتبه‌های پایین‌تری قرار داشتند. تیمار شاهد (بدون آبیاری) دارای کم‌ترین میانگین وزن شاخساره قابل برداشت بود و پایین‌ترین رتبه را به خود اختصاص داد (به ترتیب با میانگین 0.393 g و 0.425 g). آبیاری کامل به میزان $2225\text{ m}^3/\text{ha}$ و $1610\text{ m}^3/\text{ha}$ در سال‌های 1396 و 1397 باعث شد تا وزن شاخساره‌های قابل برداشت (در یک برداشت در فصل تابستان) در تیمار آبیاری کامل به طور میانگین 42% نسبت به تیمار بدون آبیاری افزایش داشته باشد (جدول ۳).

تأمین رطوبت مورد نیاز در عمق توسعه ریشه بوته‌های چای باعث افزایش تعرق و فروغ‌آمایی و افزایش رشد و نمو شاخساره‌های چای و در نتیجه افزایش وزن تر شاخساره‌های چای شد (Cheruiyot et al. 2008; Qian et al. 2018; De Costa 2007).

۳-۱-۴- عملکرد برگ سبز چای

همان‌طور که از جدول (۳) مشاهده می‌شود؛ سطح آبیاری کامل (I_4) در سال‌های آزمایش، بیش‌ترین عملکرد سالانه برگ سبز به ترتیب 8039 kg/ha و 10220 kg/ha را تولید کرده و در بالاترین رتبه قرار گرفت. در آزمایشی برای بررسی تأثیر

کرد که این میزان درجه حرارت هوا بیش‌تر از حد مطلوب گیاه چای برای رشد، فروغ‌آمایی و تولید عملکرد (دمای 30°C) است و باعث به خواب رفتن یا بنجی شدن شاخساره‌های چای می‌شود (Carr 2010a; Hajiboland 2017).

مطالعات نشان داد که علاوه بر کمبود آب در خاک، کمبود فشار بخار هوای محیط نیز باعث کاهش قابل توجه رشد و تراکم شاخساره‌های چای در شرایط تنش آبی و حتی گاهی اوقات در شرایط آبیاری می‌شود (Carr 2010a; Hajiboland 2017).

نتایج مطالعه‌ای در ایران نشان داد تأمین نیاز آبی بوته‌های بالغ چای در دوره کم‌آبی (اواخر خرداد تا اوایل شهریور) با استفاده از سامانه‌ی آبیاری بارانی در سه سال دوره آزمایش باعث شد تا بیش‌ترین تعداد شاخساره قابل برداشت برای هر سال در تیمار آبیاری کامل و کم‌ترین آن در تیمار شاهد (بدون آبیاری) تولید شود (Majd Salimi 2016). نتایج مشابهی از کاهش تعداد شاخساره چای در اثر کاهش رطوبت موجود در خاک (تنش آبی) توسط پژوهش‌گران زیادی گزارش شده است (Carr 2010b; Chen et al. 2010; Cheruiyot et al. 2008).

۳-۱-۲- ماده جامد شاخساره

روند تغییرات ماده جامد شاخساره‌ها با افزایش میزان آب آبیاری، برعکس بود. به طوری که مقایسه میانگین درصد ماده جامد شاخساره‌های چای در کرت‌های آزمایشی (جدول ۳) نشان داد که با افزایش میزان تنش آبی و کمبود آب در خاک، درصد ماده‌ی جامد شاخساره (خشبی شدن برگ‌ها) در هر دو سال آزمایش، افزایش می‌یابد؛ به طوری که میانگین دوسالانه سطوح آبیاری I_1 (25% نیاز آبیاری) و I_0 (بدون آبیاری) بیش‌ترین درصد ماده جامد شاخساره را به خود اختصاص دادند (به ترتیب $27/44\%$ و $26/74\%$ در سال 1396 و $25/56\%$ و $25/73\%$ در سال 1397). تأمین نیاز آبیاری بوته‌های چای به ویژه در سطوح 75% و 100% نیاز آبیاری در هر دو سال آزمایش باعث شد تا کم‌ترین مقادیر ماده‌ی جامد شاخساره‌ها به آن‌ها تعلق داشته باشد. براین اساس می‌توان گفت که تنش آبی در سامانه‌ی قطره‌ای موجب افزایش درصد ماده جامد شاخساره‌های چای در شرایط آزمایش شد. کم‌ترین میزان ماده جامد شاخساره در هر دو سال آزمایش (به ترتیب $24/06\%$ و $23/48\%$) در سطح 100% تأمین نیاز آبیاری به دست آمد.

۳-۲-۱- نیتروژن برگ

تأمین ناقص آب موردنیاز بوته‌های چای در سامانه آبیاری قطره‌ای (۲۵، ۵۰ و ۷۵٪ نیاز آبیاری کامل) باعث شد تا مقدار نیتروژن برگ سوم شاخساره‌های چای به‌ترتیب ۳/۵۳۲، ۳/۸۰۶ و ۳/۹۱۴٪ در سال اول آزمایش و ۴/۱۱۰، ۴/۱۲۸ و ۴/۴۳٪ در سال دوم به‌دست آید (جدول ۴). به‌عبارت‌دیگر، با افزایش میزان آب آبیاری در کرت‌های آزمایشی، میزان نیتروژن موجود در برگ سوم شاخساره‌های چای در فصل تابستان افزایش پیدا کرد؛ به‌طوری‌که تأمین کامل نیاز آبیاری (۱۰۰٪ آب آبیاری موردنیاز) بوته‌های چای باعث شد تا بیش‌ترین میزان نیتروژن برگ چای، ۴/۲۷۸ و ۴/۵۱۳٪ به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در این سطح آبیاری به‌دست آید. مقادیر نیتروژن برای سطوح آبیاری کامل نزدیک به غلظت مناسب نیتروژن در برگ یعنی حد ۴ تا ۴/۵٪ (Owuor and Wanyoko 1983) بود.

کم‌ترین میزان نیتروژن برگ در سال اول آزمایش مربوط به سطوح بدون آبیاری و ۲۵٪ نیاز آبیاری به‌ترتیب ۳/۴۶۰ و ۳/۵۳۲٪؛ بین آستانه مطلوب ۴٪ و حد بحرانی ۳٪ (Owuor and Wanyoko 1983) و در سال دوم کم‌ترین مقدار مربوط به سطح بدون آبیاری (۳/۹۴۱٪) بود. این مقدار کمتر از آستانه غلظت بحرانی نیتروژن ۴٪ (Owuor and Wanyoko 1983) بود. میزان بالاتر غلظت نیتروژن برگ در سطح بدون آبیاری و سایر سطوح آبیاری در سال دوم در مقایسه با سال اول به‌نظر می‌رسد به‌علت مقدار و پراکنش بارندگی مناسب‌تر و محدودیت کم‌تر شرایط آب و هوایی برای جذب نیتروژن خاک توسط ریشه‌های گیاه بود.

مطالعه‌ای در ایران نشان داد که آبیاری بارانی تکمیلی باعث افزایش نیتروژن برگ سوم شاخساره‌های چای می‌شود (Majd Salimi and Shaigan 2017). انجام آبیاری و تأمین 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 (Majd Salimi and Shaigan 2017).

۳-۲-۲- پلی‌فنل کل شاخساره

براساس جدول (۴)، تأمین ۱۰۰٪ نیاز آبیاری بوته‌های چای (I_4) توسط سامانه آبیاری قطره‌ای باعث شد تا بیش‌ترین میزان پلی‌فنل شاخساره‌های چای در سال‌های ۱۳۹۶ و

آبیاری قطره‌ای روی کلون‌های مختلف در تانزانیا نتیجه گرفته شد که میانگین بیش‌ترین میزان عملکرد برگ سبز حدود ۵۲۰۰ kg/ha با تأمین ۱۰۰٪ نیاز آبیاری به‌دست آمد (Msomba 2018). سطوح کم‌آبیاری (I_1 و I_2 و I_3) به‌ترتیب دارای عملکرد سالانه کمتری بودند و رتبه‌های بعدی b، c و d را در هر دو سال به خود اختصاص دادند.

در آزمایش‌های مختلف، بالاترین میزان عملکرد چای ساخته‌شده حاصل از تأثیر آبیاری قطره‌ای بین ۴۰۰۰ تا ۸۵۰۰ kg/ha در سال گزارش شد که تغییرات آن بستگی به نوع کلون، سن بوته‌ها، اقلیم و شرایط آب و هوایی، شدت و مدت خشک‌سالی، مدیریت و برنامه‌ریزی آبیاری، مدیریت تغذیه گیاه داشت (Möller and Weatherhead 2007; Kigalu et al. 2008).

سطح بدون آبیاری (I_0) در هر دو سال به‌ترتیب با عملکرد برگ سبز ۳۱۰۶ و ۳۸۳۰ kg/ha، کم‌ترین میزان عملکرد را داشت. نتایج مشابهی از تأثیر منفی تنش آبی روی عملکرد چای در پژوهش‌های مختلف گزارش شده است (Cheruiyot De Costa 2007; et al. 2008; Chen et al. 2010; Stephens and Carr 1994).

میزان آب بارندگی مؤثر طی دوره رشد چای در دو سال آزمایش به‌ترتیب ۱۵۲/۵ و ۲۳۳ mm اندازه‌گیری شد؛ بنابراین مجموع آب مصرفی سطوح آبیاری I_0 ، I_1 ، I_2 ، I_3 و I_4 در سال اول آزمایش به‌ترتیب ۲۱۷۵، ۲۷۰۰، ۳۲۲۵، ۳۷۵۰ و ۱۵۲۵ m³ و در سال دوم آزمایش به‌ترتیب ۳۹۴۰، ۳۵۳۵، ۳۱۳۵، ۲۷۳۳ و ۲۳۳۰ m³ برآورد گردید. مصرف آب آبیاری بیش‌تر در سال دوم نسبت به سال اول آزمایش در تمام سطوح آبیاری با وجود میزان بارندگی زیاده‌تر به پراکنش بارندگی و شرایط مساعدتر آب و هوایی برای تولید شاخساره، عملکرد (تعداد پنج برداشت در سال دوم در مقایسه با چهار برداشت در سال اول) و تعرق بیش‌تر و در نتیجه مصرف آب آبیاری بیش‌تر ارتباط داشت.

۳-۲-۳- اثر سطوح آبیاری بر شاخص‌های برگ سبز چای

تجزیه واریانس ساده مقدار نیتروژن موجود در برگ سبز چای، مقدار پلی‌فنل کل، کافئین و خاکستر کل نشان داد که اثر آب آبیاری در هر دو سال آزمایش (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) بر این صفات کیفی با احتمال ۱٪، معنی‌دار شد (جدول ۴).

۳-۲-۳- کافیین شاخساره

مقایسه میانگین مقادیر کافیین موجود در شاخساره‌های چای تحت تأثیر سطوح مختلف تیمار آبیاری قطره‌ای در هر دو سال آزمایش (جدول ۴) نشان داد که بیش‌ترین میزان کافیین شاخساره‌های چای در هر دو سال آزمایش مربوط به سطح آبیاری کامل به‌ترتیب با مقادیر ۲/۹۹ و ۳/۰۱٪ بود. پس‌از آن، سطوح ۷۵ و ۵۰٪ نیاز آبیاری باعث شد تا بیش‌ترین میزان کافیین از شاخساره‌های چای به‌دست آید؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با کاهش درصد نیاز آبیاری بوته‌های چای در این آزمایش، مقدار کافیین شاخساره‌های چای کاهش پیدا کرد. کم‌ترین میزان کافیین در هر دو سال آزمایش از سطح بدون آبیاری (به‌ترتیب ۲/۲۵ و ۲/۳۷٪) و ۲۵٪ نیاز آبیاری (به‌ترتیب ۲/۲۶ و ۲/۳۷٪) به‌دست آمد. گزارش شده که فواصل آبیاری بیش‌تر (Chen et al. 2010) و دوره‌های خشک طولانی (Nalina et al. 2018; Qian et al. 2018) موجب کاهش مقدار کافیین چای می‌شود.

۱۳۹۷ (به‌ترتیب ۱۲/۹۵ و ۱۳/۱۶٪) در این سطح آبیاری به‌دست آید. مطالعه‌ای در ایران نشان داد که آبیاری بارانی تکمیلی باعث افزایش پلی‌فنل کل شاخساره‌های چای می‌شود (Majd Salimi and Shaigan 2017; Majd Salimi et al. 2014). کم‌ترین میزان پلی‌فنل در هر دو سال آزمایش به‌ترتیب ۱۰/۳۶ و ۱۱/۱۲٪ مربوط به سطح بدون آبیاری بود. گزارش شده است که فواصل آبیاری بیش‌تر (افزایش تنش) موجب کاهش مقدار پلی‌فنل‌های چای می‌شود (Chen et al. 2010; Nalina et al. 2018). با کاهش میزان آب آبیاری (آبیاری ناقص بوته‌های چای) در سطوح ۷۵، ۵۰ و ۲۵٪ نیاز آبیاری در هر دو سال، درصد پلی‌فنل کل کاهش نشان داد. نتایج مشابهی توسط Majd Salimi et al. (2014) گزارش شده است. همچنین پژوهش‌ها نشان داد که تغییرات میزان پلی‌فنل کل به‌میزان رطوبت موجود در خاک بستگی دارد و کلون‌های متحمل به تنش در رطوبت خاک پایین، درصد پلی‌فنل بیش‌تری را حفظ می‌کنند (Cheruiyot et al. 2007; Qian et al. 2018).

جدول ۴- اثرات تیمار آبیاری قطره‌ای بر خصوصیات کیفی شاخساره‌های چای در فصل تابستان دو سال آزمایش (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷)

Table 4 Effect of drip irrigation treatment quality characteristics of tea shoots in the summer in two years of experiment (2017 and 2018)

Irrigation treatment	Qualitative characteristics of tea shoots							
	2017				2018			
	Leaf nitrogen@	Total polyphenol	Caffeine	Total Ash	Leaf nitrogen	Total polyphenol	Caffeine	Total Ash
I ₀	3.460c	10.36e	2.25d	4.18d	3.941c	11.12d	2.37d	4.28e
I ₁	3.532c	11.04d	2.26d	4.21d	4.110b	11.27d	2.35d	4.39d
I ₂	3.806b	11.62c	2.53c	4.36c	4.128b	11.77c	2.59c	4.51c
I ₃	3.914b	12.49b	2.75b	4.58b	4.433a	12.40b	2.76b	4.69b
I ₄	4.278a	12.95a	2.99a	4.74a	4.513a	13.16a	3.01a	4.84a
LSD(0.05)	1.28**	13.47**	1.20**	0.69**	0.65**	10.91**	0.74**	0.54**
C.V.	5.09	3.58	2.60	2.75	3.81	4.28	5.72	2.54

- Effects significant at $P \leq 0.05$ (*), 0.01 (**) or nonsignificant (NS). Values in each column with any letter in common not significantly different at $P \leq 0.05$; @: The numbers refer to the nitrogen in the third leaf of the shoot.

۳-۲-۴- خاکستر کل شاخساره

بوته‌های چای در هر دو سال آزمایش با ۷۵ و ۵۰٪ نیاز آبیاری باعث شد تا درصد این شاخص کیفی به‌ترتیب ۴/۵۸ و ۴/۳۶٪ در سال ۱۳۹۶ و ۴/۶۹ و ۴/۵۱٪ در سال ۱۳۹۷ دارای مقادیر کمتری نسبت به سطح آبیاری کامل باشند. کمترین میزان خاکستر کل در سال اول آزمایش از سطح بدون آبیاری (۴/۱۸) و ۲۵٪ نیاز آبیاری (۴/۲۱) و در سال دوم به‌ترتیب از این دو سطح با مقادیر ۴/۲۸ و ۴/۳۹٪

نتایج مقایسه میانگین مقادیر خاکستر کل موجود در شاخساره‌های چای تحت تأثیر سطوح مختلف تیمار آبیاری قطره‌ای در هر دو سال آزمایش (جدول ۴) نشان داد که این شاخص کیفی در سطح ۱۰۰٪ نیاز آبیاری در دو سال آزمایش به‌ترتیب با مقادیر ۴/۷۴ و ۴/۸۴٪ دارای بیش‌ترین میزان در شاخساره‌های چای بود. تأمین ناقص آب موردنیاز

چای و در نتیجه مطلوبیت و بازارپسندی برگ سبز چای برای خرید و فروش و افزایش درآمد چای کاران شود.

۴- برنامه‌ی آبیاری با سامانه‌ی قطره‌ای در شرایط تنش آبی به صورت هفته‌ای دو بار توصیه می‌شود. لوله‌های فرعی باید در بین هر دو ردیف بوته چای قرار داده شوند.

سیاسگزاری

بدین وسیله از جناب آقای مهندس محمدرضا طاهرزاده، مدیرعامل محترم و جناب آقای مهندس حبیب جهانساز رئیس محترم هیئت مدیره صندوق حمایت از توسعه صنعت چای به منظور حمایت‌های لازم برای اجرای پروژه "بهینه‌سازی مصرف آب و کود در روش آبیاری قطره‌ای در باغ‌های چای"، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

دسترسی به داده‌ها

داده‌های استفاده‌شده (یا تولیدشده) در این پژوهش، در متن مقاله ارائه شده است.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافی در رابطه با نوشتن و یا انتشار این مقاله ندارند.

References

- Anonymous. (2011). Netafim's advanced nutrigation solutions in tea cultivation. Available on: <http://www.Netafimindia.com>.
- 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. *Exp. Agric.*, 46(3), 327-349. DOI: 10.1017/S001447 9710000293
- 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. *Exp. Agric.*, 46(3), 351-379. DOI: 10.1017/S001 4479710000281
- 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 Manage.*, 97(3), 419-425. DOI: 10.1016/j. agwat. 2009.10.015
- Cheruiyot, E. K., Mumera, L. M., Ng'etich, W. K., Hassanali, A. and Wachira, F.N. (2007). Polyphenols as potential indicators for drought tolerance in tea (*Camellia sinensis* L.). *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 71(9), 2190-2197. DOI: 10.1271/bbb.70156
- Cheruiyot, E. K., Mumera, L. M., Ng'etich, W. K., Hassanali, A. and Wachira, F. N. (2008). Threshold soil water content for growth of tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze]. *Tea*, 29(2), 29-38.
- Cruz-de Carvalho, M. H., Laffray, D. and Louguet, P. (1998). Comparison of the physiological responses of *Phaseolus vulgaris* and *Vigna unguiculata* cultivars when submitted to drought conditions. *Environ. Exp. Bot.*, 40(3), 197-207. DOI: 10.1016/S0098-8472 (98) 00037-9

- De Costa, M., Mohotti, A. J. and Wijeratne, M. A. (2007). Ecophysiology of tea. *Braz. J. Plant Physiol.*, 19(4), 299-332. DOI. 10.1590/S1677-04202007000400005
- Hajiboland, R. (2017). Environmental and nutritional requirements for tea cultivation. *Folia Hort.*, 29(2), 199-220. DOI. 10.1515/fhort-2017-0019
- Kigalu, J. M., Kimambo, E. I., Msite, I. and Gembe, M. (2008). Drip irrigation of tea (*Camellia sinensis* L.) 1. Yield and crop water productivity responses to irrigation. *Agric. Water Manage.*, 95(11), 1253-1260. DOI. 10.1016/j.agwat.2008.05.004
- Lakin, A. (1989). Food Analysis, Practical Handout. Reading University, U. K.
- Liu, F., Jensen, C. R., Shahanzari, A., Andersen, M. and Jacobsen, S. E. (2005). ABA regulated stomatal control and photosynthetic water use efficiency of potato (*Solanum tuberosum* L.) during progressive soil drying. *Plant Sci.*, 168(3), 831-836. DOI. 10.1016/j.plantsci.2004. 10.016
- Majd Salimi K. (2016). Effect of nitrogen fertilizer on tea yield and yield components in supplemental irrigation and rainfed conditions. *J. Plant Product. Res.*, 23(2), 145-163 [In Persian].
- Majd Salimi, K. and Amiri, E. (2014). Economic productivity analysis of water and nitrogen fertilizer for tea production with sprinkler irrigation system. *Water Soil Conserv. J.*, 3(3), 36-47 [In Persian].
- Majd Salimi, K., Amiri, E. and Salvatian, S. B. (2014). Yield assessment and water use efficiency in economical tea production affected by nitrogen fertilizer and supplemental irrigation treatments. *J. Water Res. Agri.*, 28(3), 571-583 [In Persian].
- Majd Salimi, K., Amiri, E. and Shaygan, S. (2015). Assessment of agricultural water productivity for tea production in tea fields of Guilan province. *J. Agroecol.*, 7(2), 190-201 [In Persian].
- Majd Salimi, K. and Shaygan, S. (2017). Improving the yield and quality of tea (*Camellia sinensis*) by optimizing application of nitrogen fertilizer and irrigation water. *J. Plant Product. Res.*, 24(1), 1-16 [In Persian].
- Msomba S. W., Reuben S. O. W. M., Rweyemamu C. L. and Kamunya S. M. (2018). Evaluation of improved tea (*Camellia sinensis* L.) genotypes to differential drip-irrigation levels in Tanzania. *Res. J. Agri. Forest. Sci.*, 6(6), 1-13. DOI.
- Möller, M. and Weatherhead, E. K. (2007). Evaluating drip irrigation in commercial tea production in Tanzania. *Irrig. Drain. Sys.*, 21(1), 17-34. DOI. 10.1007/s10795-006-9016-9
- Nalina, M., Saroja, S., Rajkumar, R., Radhakrishnan, B., Nagarathan, K. and Chandrashekara, K. N. (2018). Variations in quality constituents of green tea leaves in response to drought stress under south Indian condition. *Scientia Hort.* 233, 359-369. DOI. 10.1016/j.scienta.2018.02.009
- Netto, L. A., Jayaram, K. M. and Puthur, J. T. (2010). Clonal variation of tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] in countering water deficiency. *Physiology. Mol. Biol. Plants*, 16(4), 359-367. DOI. 10.1007/s12298-010-0040-8
- Owuor, P. O. and Wanyoko, J. K. (1983). Fertilizer use advisory service. A reminder to farmers. *Tea*, 4(1), 3-7. DOI. 10.1017/S001447970001543X
- 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. Dissertation, Christian Albrechts University, China.
- Stephens, W. and Carr, M. K. V. (1990). Seasonal and clonal differences in shoot extension rates and numbers in tea (*Camellia sinensis*). *Exp. Agri.*, 26(1), 83-98. DOI. 10.1017/ S00144 7970001543X
- Stephens, W. and Carr, M. K. V. (1994). Responses of tea (*Camellia sinensis*) to irrigation and fertilizer. IV. Shoot population density, Size and Mass. *Exp. Agri.*, 30(2), 189-205. DOI. 10.1017/S001447 9700024133
- Thompson, R. D. (2000). Coffee and tea. *J. Assoc. Official Agr. Chem.*, 30, 1-12.
- Qian, W. Hu, J. Zhao, L. and Zhang, X. (2018). Response of Tea Plants to Drought Stress. In book: *Stress Physiology of Tea in the Face of Climate Change*. 63-81 pp.

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.

Zhen, Y. S. (2002). Tea: bioactivity and therapeutic potential. Taylor & Francis, New York, USA. 280 pp.