Archive of SID

Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 51, No 2, Summer 2020 (319-328)
DOI: 10.22059/ijhs.2019.273368.1581

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۹ (ص ۳۲۸-۳۱۹)

ارزیابی پاسخ به تنش کم‌آبی برخی کلون‌های انتخابی چای (*Camellia sinensis* L.) بر پایه خصوصیات رشدی

صنم صفائی چائی‌کار[1*]، کوروش فلک‌رو[2]، کوروش مجد سلیمی[3]، بهروز علی‌نقی‌پور[2] و مهدی رحیمی[4]

۱، ۲ و ۳. استادیار، محقق و مربی پژوهشی، پژوهشکده چای، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، لاهیجان، ایران

٤. استادیار، گروه بیوتکنولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۱٤)

چکیده

به‌منظور ارزیابی تحمل به تنش کم‌آبی نه کلون انتخابی چای (*Camellia sinensis* L.)، آزمایشی در کلکسیون چای ایستگاه تحقیقات چای شهید افتخاری فشالم واقع در شهرستان شفت، به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در کلون‌های انتخابی به‌عنوان کرت اصلی در نه سطح و تیمارهای آبیاری به‌عنوان کرت فرعی در دو سطح (آبیاری کامل و بدون آبیاری) در نظر گرفته شدند. مدت ٦۰ روز بعد از شروع تنش آبی، شاخص تنش آبی، محتوی نسبی آب برگ و صفات کمّی شامل تعداد شاخساره، وزن‌تر و خشک شاخساره، رشد طولی شاخساره، طول و عرض برگ پنجم و عملکرد برگ سبز در شرایط تنش آبی و بدون تنش برای غربال‌گری کلون‌های چای اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس، نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بین کلون‌ها، تیمارهای آبیاری و اثر متقابل کلون و تیمارهای آبیاری برای کلیه صفات اندازه‌گیری شده بود. با اعمال تنش آبی، محتوی نسبی آب برگ، عملکرد، اجزای عملکرد و سایر خصوصیات رشدی کلون‌ها کاهش یافت، به‌طوری که بیشترین درصد کاهش متعلق به عملکرد برگ سبز بود. نتایج حاصل از محاسبه شاخص تنش آب و درصد تغییرپذیری صفات مذکور نشان داد کلون ۲۷٦ و کلون امید بخش ۱۰۰ با دارا بودن بالاترین شاخص تنش آب و کمترین درصد تغییرپذیری صفات کمّی، پتانسیل بالاتری از نظر تحمل شرایط تنش کم‌آبی نسبت به سایر کلون‌ها داشت و می‌توان آنها را به‌عنوان کلون‌های متحمل برای انجام برنامه‌های به‌نژادی چای در نظر گرفت. همچنین با توجه به پایین‌بودن شاخص تنش آب و بالابودن درصد تغییر صفات کمّی، کلون‌های ۳۹۹ و ۲۷۸ را می‌توان به‌عنوان کلون‌های حساس به تنش کم‌آبی معرفی نمود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری گیاه چای، کلون متحمل به تنش آبی، شاخص تنش آبی، عملکرد چای، غربال‌گری کلون‌ها.

Evaluation of response to water-deficit stress in some selected tea (*Camellia sinensis* L.) clones based on growth characteristics

Sanam Safaei Chaeikar[1*], Koorosh Falakro[2], Kourosh Majd Salimi[3], Behrooz Alinaghipour[2] and Mehdi Rahimi[4]

1, 2, 3. Assistant Professor, Researcher and Instructor, Tea Research center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Lahijan, Iran

4. Assistant Professor, Department of Biotechnology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran

(Received: Jan. 15, 2019- Accepted: May 04, 2019)

ABSTRACT

In order to evaluate water deficient tolerance of nine selected tea clones, an experiment was performed in tea collections, Shahid Eftekhari Fashalam Tea Research Station in Shaft. The experiment was conducted as split plot based on randomized complete block design with three replications. Clones were considered as main plot in nine levels and irrigation treatments were as sub plot in two levels (irrigation and non-irrigation). Sixty days after the onset of water stress, water stress index, relative water content and quantitative traits included number of shoots, fresh and dry weight of shoot, length of shoot, length and width of 5th leaf and green leaf yield were evaluated in two stress and non-stress conditions for screening of tea clones. The results of variance analysis showed significant differences between clones, irrigation treatments and clone×irrigation interaction for all measured traits. Under water stress, relative water content, yield, yield components and other growth characteristics of clones decreased, so that the highest decrease belongs to green leaf yield. The results of water stress index and changing percent of measured traits showed that the clones of 276 and 100 promising clone with the highest water stress and the lowest changing percent of quantitative traits, have the higher potential to tolerate water deficit stress conditions compared with other clones and useful for tea breeding programs as tolerate clones, also because of the low water stress index and high changing percent of quantitative traits of clones 399 and 278, can be introduced them as susceptible to water deficit stress.

Keywords: Screening of clones, tea plant irrigation, tolerate clone to water stress, tea yield, water stress index.

* Corresponding author E-mail: safaei.sanam@gmail.com, s.safaie@areeo.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

آب یکی از عوامل محدودکننده مهم برای تولیدکنندگان محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان می‌باشد. این ماده از لحاظ اقتصادی در بسیاری از مناطق جهان به‌خصوص مناطق خشک و نیمه‌خشک، به یکی از منابع بسیار مهم تبدیل شده و همواره خطرات کمبود آب در جهان وجود دارد (Ahmadipour *et al*., 2019). پدیده خشکی، عارضه‌ای فوق‌العاده پیچیده است که با توجه به تغییرات اقلیمی جهانی و کاهش بارندگی‌های سالانه بیش از سایر تنش‌ها باعث کاهش عملکرد گیاهان باغی می‌شود (Ekhvaia & Akhalkatsi, 2010). چای (*Camellia sinensis* L.) دومین نوشیدنی رایج پس از آب بوده و خواص سلامتی آن در جهان شناخته شده است (Maritim *et al*., 2015).

شرایط آب و هوایی مناسب و قابلیت دسترسی به آب، مهم‌ترین عوامل مؤثر در تولید کمی و کیفی برگ سبز چای محسوب می‌شوند. در حال حاضر بیش از ۹۵ درصد باغ‌های چای شمال کشور (استان‌های گیلان و مازندران) به‌صورت دیم (بدون آبیاری) بوده و تولید در این شرایط به‌طور کامل به ریزش‌های جوی وابسته است (Majd Salimi *et al*., 2010). از طرف دیگر به‌دلیل بالا بودن سن باغ‌های چای موجود و کاهش عملکرد آنها، جایگزینی بوته‌های قدیمی با ارقام متحمل به شرایط کم‌آبی ضروری به‌نظر می‌رسد. برداشت برگ سبز چای در ایران از اوایل اردیبهشت‌ماه شروع شده و تا آبان‌ماه ادامه می‌یابد. با توجه به طول دوره بهره‌برداری و در صورت مناسب‌بودن شرایط جوی و ریزش باران در فصل تابستان، بیشترین عملکرد و مرغوب‌ترین چای در این دوره تولید می‌شود، اما در برخی از ماه‌های رشد (به‌طور معمول در اواسط خردادماه تا اوایل شهریورماه)، میزان بارندگی کمتر از نیاز آبی بوته‌های چای بوده و کاهش شدید عملکرد و کیفیت اتفاق می‌افتد (Majd Salimi & Amiri, 2014).

به‌منظور بهره‌برداری از ژرم‌پلاسم چای برای انتخاب مواد گیاهی متحمل به خشکی، بررسی شاخص‌های رشدی کلون‌های مختلف چای مورد نیاز است (Thomas *et al*., 2004). تفاوت کلون‌های چای در پاسخ به تنش کم‌آبی توسط محققین مختلف در کنیا (Otheino, 1987; Car, 1997) و مالاوی (Nyirenda, 1988) به اثبات رسیده است. در بررسی پاسخ کلون‌های مختلف چای نسبت به تنش کم‌آبی در شرایط گلخانه مشخص گردید که تنش کمبود آب، منجر به کاهش محتوی نسبی آب برگ می‌گردد (Wijeratne *et al*., 1998). مطالعه اثر سطوح مختلف تنش کمبود آب در کلون‌های مختلف چای در شرایط گلخانه نشان داد که در تیمار کمبود شدید آب، کاهش معنی‌داری در محتوی نسبی آب برگ کلون‌ها مشاهده شد (Cheruiyot *et al*., 2008; Maritim *et al*., 2015; Rawat *et al*., 2017). همچنین ۲۰ روز عدم آبیاری در ۴ کلون چای، کاهش قابل ملاحظه‌ای در محتوی نسبی آب برگ نشان داد (Upadhyaya *et al*., 2016).

خشکی به همراه دمای بالا، تقسیم‌بندی ماده خشک را تحت تأثیر قرار داده و ماده خشک بیشتری به سمت ریشه نسبت به ساقه حرکت و تخصیص ماده خشک به برگ‌ها کاهش یافته و تعداد شاخساره‌های قابل برداشت به میزان ۹۵-۸۰ درصد کاهش می‌یابد (Burgess & Carr, 1996). کاهش تعداد شاخساره قابل برداشت و افزایش تعداد شاخساره راکد در بوته‌های چای در اثر تنش کم‌آبی توسط محققین مختلف گزارش گردیده است (Fordham, 1971; Stephenes & Carr, 1994; Carr, 2010; Majd Salimi & Shaygan, 2017). بیشتر شاخساره‌هایی که توسط کلون‌های متحمل به خشکی تولید می‌شوند، زمانی‌که به‌اندازه قابل برداشت می‌رسند، حالت خواب یا رکود رشد را نشان می‌دهند. به‌وجود آمدن شاخساره راکد بیشتر، مکانیسمی طبیعی برای تحمل خشکی است (Odhiambo *et al*., 1993)، زیرا پدیده خواب، رشد شاخساره و تولید برگ‌های تعرق‌کننده را کاهش می‌دهد.

تنش آبی در چای از طریق جذب مواد معدنی و اختصاص دادن آن به فتوسنتز، رشد را تحت تأثیر قرار داده و در نتیجه منجر به کاهش وزن شاخساره و سایر توابع رشدی می‌گردد (Puthur, 1996; Waheed *et al*., 2012; Upadhyaya *et al*., 2016; Rawat *et al*., 2017). بسته به اینکه شاخساره در مرحله رشد فعال یا راکد باشد، وزن شاخساره متفاوت است. یک شاخساره قابل برداشت چای با یک جوانه انتهایی فعال، ۱۰ تا ۱۸

www.SID.ir

Archive of SID

درصد سنگین‌تر از شاخساره دارای جوانه راکد است (Nathaniel, 1976; Wijeratne, 1994; Wijeratnr & Fordham, 1996). بررسی تأثیر تنش کمبود آب در ۷ کلون مختلف چای در شرایط باغ نشان داد که ۳۰ روز عدم آبیاری منجر به کاهش وزن شاخساره کلیه کلون‌ها گردید و در بین کلون‌ها، ۳ کلون TTL-1، TTL-6، UPASI-2 کاهش کمتری از نظر وزن شاخساره و پتانسیل آب برگ نشان دادند و به‌عنوان کلون‌های متحمل به تنش کمبود آب معرفی شدند (Netto *et al*., 2010). رشد طولی شاخساره چای تحت تنش کمبود آب به‌واسطه کاهش تقسیم سلولی، کاهش محتوی نسبی آب برگ و پتانسیل آب اتفاق می‌افتد (Mahajan & Tujeta, 2005; Cheruiyot *et al*., 2008; Maritim *et al*., 2015). کاهش ۴۰-۳۳ درصدی عملکرد برگ سبز در اثر تنش خشکی توسط محققین مختلف گزارش گردیده است (Baruwa, 1989; Sharma & Kumar, 2005; Cheruiyot *et al*., 2009; Chen *et al*., 2010).

برای اجتناب از کاهش عملکرد ناشی از تنش کمبود آب در باغ‌های چای، لازم است در انتخاب و معرفی کلون‌های مناسب برای کشت، دقت بیشتری اعمال گردد. بنابراین شناسایی کلون‌های با عملکرد بالا و متحمل به تنش آبی بسیار ضروری است. در این پژوهش، تأثیر تنش کم‌آبی بر خصوصیات رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد ۹ کلون انتخابی چای بررسی و کلون‌های متحمل و حساس به تنش آبی معرفی می‌شوند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی فصل رشد چای (بهار و تابستان) سال ۱۳۹۷ در کلکسیون چای ایستگاه تحقیقات چای شهید افتخاری فشالم (عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه و ۵۴ ثانیه، طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۵ دقیقه و ۳۸ ثانیه و ارتفاع از سطح دریا ۱۰- متر) در شهرستان شفت اجرا شد. آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری انجام و مشخص شد که بافت خاک از نوع لوم شنی است. میانگین نقطه ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی دائم و جرم مخصوص ظاهری خاک به ترتیب ۲۴/۴ درصد حجمی، ۸/۵ درصد حجمی و ۱/۱۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب به‌دست آمد. طی دوره رشد چای، اعمال تنش آبی به‌مدت ۶۰ روز از تاریخ ۱۵ خردادماه تا ۱۳ مردادماه در نظر گرفته شد. مجموع بارندگی طی این مدت برابر ۴۳/۱ میلی‌متر و حداکثر و حداقل درجه حرارت روزانه به‌ترتیب ۳۶/۴ و ۱۷/۳ درجه سانتی‌گراد در ایستگاه هواشناسی محل انجام آزمایش ثبت گردید.

در این پژوهش طرح آزمایشی به‌صورت طرح کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کرت اصلی شامل نه کلون انتخابی (جدول ۱) و کرت فرعی شامل تیمارهای آبیاری کامل (شاهد) و بدون آبیاری (تنش آبی) در نظر گرفته شد. کلون‌های انتخابی طبق برنامه بهنژادی گزینش کلونی از باغ‌های مختلف مناطق غرب گیلان گزینش شده و در سال ۱۳۸۵ در کرت‌هایی به طول ۵ و عرض ۴ متر (شامل ۴ ردیف و در هر ردیف ۶ بوته) کشت شدند. فاصله بین بوته‌ها در هر ردیف ۷۰ سانتی‌متر و فاصله بین هر دو ردیف برابر ۱۰۰ سانتی‌متر بود. به‌منظور جلوگیری از نفوذ آب بین کرت‌های فرعی، فاصله‌ای به اندازه یک ردیف بوته (۲ متر) بین آنها لحاظ گردید.

برای اندازه‌گیری تمامی صفات، از یک ردیف بوته در هر کرت استفاده شد. آبیاری کرت‌های مورد نظر با استفاده از سامانه آبیاری مه‌پاش انجام شد. مدت و زمان آبیاری بر مبنای شدت پاشش مه‌پاش‌ها در تیمار آبیاری کامل و کاهش رطوبت خاک تا ۴۰ درصد آب قابل دسترس (Management Allowed Depletion=0.4) (Majd Salimi *et al*., 2010) انجام شد. در هر نوبت آبیاری، از کرت‌های آزمایشی نمونه‌گیری رطوبتی انجام شد. رطوبت خاک به روش وزنی در عمق ۳۰ سانتی‌متری هر ۱۰ روز یک‌بار انجام گردید و عمق رطوبت موجود در خاک با استفاده از رابطه (۱) به‌دست آمد:

$$dx = \theta_m . D . B_d \qquad (1)$$

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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. اسامی و مشخصات کلون‌های انتخابی چای

Table 1. Names and characteristics of selected tea clones

Row	Clone name	Type	Origin	Row	Clone name	Type	Origin
1	272	Chinese	West of Guilan	6	399	Chinese	West of Guilan
2	277	Chinese	West of Guilan	7	276	Chinese	West of Guilan
3	100	Chinese	West of Guilan	8	278	Chinese	West of Guilan
4	285	Chinese	West of Guilan	9	269	Chinese	West of Guilan
5	74	Chinese	West of Guilan				

ارتفاع آب آبیاری در قوطی‌های نمونه‌گیری آب که در بالای بوته‌های چای قرار داشتند، اندازه‌گیری شد. در هر مرحله، آبیاری به نحوی انجام گرفت که رطوبت موجود در خاک بیشتر از میزان رطوبت ظرفیت زراعی نگردد.

تیمار بدون آبیاری (تنش آبی) بعد از دور اول برگ‌چینی و از تاریخ ۱۵ خردادماه که میزان بارندگی‌ها بسیار کمتر از نیاز آبی بوته‌های چای بود، اعمال گردید.

شاخص تنش آب (Water Stress Index) بر اساس عملکرد برگ سبز، به‌صورت نسبت میانگین عملکرد تحت شرایط تنش به حداکثر عملکرد تحت شرایط بدون تنش با استفاده از رابطه Y_{actual}/Y_{max} محاسبه شد (Younis *et al*., 2000).

برای محاسبه محتوی نسبی آب برگ از رابطه زیر استفاده شد (Milnes *et al*., 1998):

$$RWC=[(FW-DW)/(TW-DW)]\times 100 \qquad (۲)$$

که در آن: FW وزن تر برگ (گرم)، DW وزن خشک برگ (گرم) و TW وزن برگ در حالت آماس است.

برای اندازه‌گیری صفات مورد بررسی از جمله تعداد شاخساره در واحد سطح بوته، کادرهای ۲۵×۲۵ سانتی‌متر به‌طور تصادفی در سه مکان در هر کرت قرار گرفته و تعداد شاخساره‌هایی که شامل یک جوانه و دو تا سه برگ بودند شمارش و سپس به واحد سطح تبدیل گردیدند (IPGRI, 1997). رشد طولی شاخساره با اندازه‌گیری طول از ابتدای رشد شاخساره تا انتهای آخرین جوانه انتهایی بر حسب سانتی‌متر به‌دست آمد (IPGRI, 1997). به‌منظور اندازه‌گیری وزن‌تر و خشک شاخساره در واحد سطح برحسب گرم، وزن تر و خشک کلیه شاخساره‌های برداشت‌شده در کادر ۲۵×۲۵ (شامل یک جوانه و دو تا سه برگ) محاسبه و سپس به واحد سطح تبدیل گردید (Netto *et al*., 2010). همچنین طول برگ پنجم (اندازه‌گیری از قسمت پایه برگ تا نوک برگ) و عرض برگ پنجم (اندازه‌گیری پهن‌ترین قسمت برگ) بر حسب سانتی‌متر به‌دست آمد (IPGRI, 1997). به‌منظور تعیین میزان عملکرد برگ سبز در واحد سطح، شاخساره‌های لطیف چای به‌صورت استاندارد (دو یا سه برگ و یک جوانه انتهایی) از کرت‌های آزمایشی برداشت و وزن آنها توسط ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد (IPGRI, 1997).

تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS 9.4 انجام و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

درصد رطوبت حجمی خاک

طی فصل رشد، میزان رطوبت خاک در کرت‌های تحت تنش آبی با افزایش مدت زمان تنش کاهش یافت، درحالی‌که میزان رطوبت خاک در کرت‌های آبیاری شده به‌طور ثابت در حد ظرفیت زراعی خاک (۲۴/۴ درصد حجمی) باقی ماند (جدول ۲). طی ۶۰ روز تنش آبی حدود ۴۶/۵ میلی‌متر آب در عمق توسعه ریشه گیاه (۳۰ سانتی‌متر) کاهش یافته است.

جدول ۲. درصد رطوبت حجمی خاک در کرت‌های بدون تنش (آبیاری کامل) و تنش آبی

Table 2. Soil moisture percentage in non-stress and water stress plots

	Days without irrigation						
	0	10	20	30	40	50	60
Irrigated	24.54	24.51	24.49	24.44	24.54	24.45	24.40
Water stress	24.51	19.29	11.90	9.46	9.12	13.09	10.74

شاخص تنش آب

شاخص تنش آب در کلون‌های ۲۷۶ و ۱۰۰ به‌ترتیب

www.SID.ir

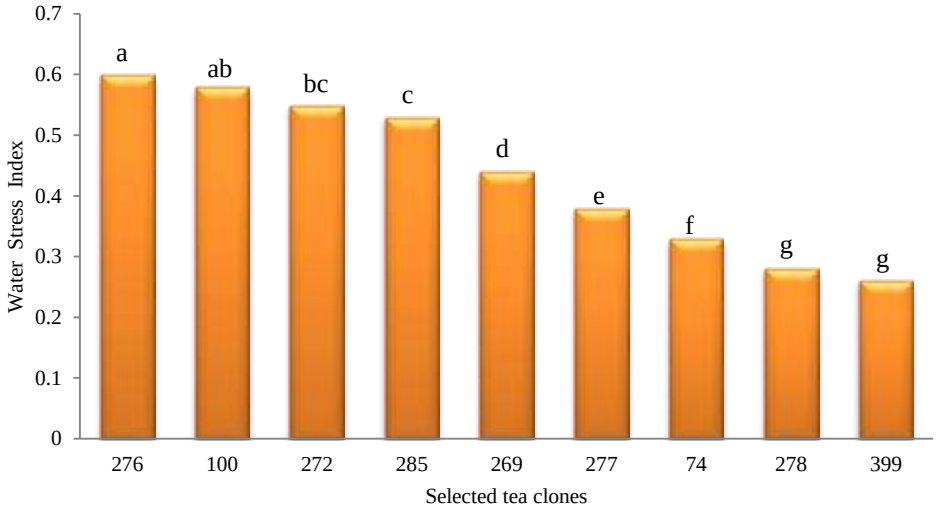
Archive of SID

۰/۶۰ و ۰/۵۸ به‌دست آمد که نسبت به سایر کلون‌ها، تحمل به خشکی بالاتری را نشان دادند (شکل ۱). شاخص تنش آب هر چه به عدد صفر نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده تحمل پایین کلون و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده تحمل کلون نسبت به تنش کمبود آب است (Younis *et al*., 2000; Cheruiyot *et al*., 2007).

پایین‌بودن شاخص تنش آب در کلون‌های ۳۹۹ و ۲۷۸ (به‌ترتیب ۰/۲۶، و ۰/۲۸) حاکی از آن است که در این کلون‌ها تولید عملکرد واقعی در شرایط تنش آبی به‌دلیل کاهش جذب عناصر غذایی و میزان فتوسنتز و در نتیجه کاهش رشد شاخساره‌ها و عملکرد در مقایسه با عملکرد پتانسیل کاهش یافته است. Cheruiyot *et al*. (2007) گزارش کردند که پس از ۲۸ روز تنش خشکی در شرایط گلخانه، شاخص تنش آب برای کلون‌های TRFK 311/287 و TRFK 395/2 تقریبا صفر و نشان دهنده حساسیت این کلون‌ها به تنش بود، درحالی‌که این شاخص در کلون‌های TRFK 6/8 و TRFK 31/30 بیشتر از ۰/۴ گزارش شد که تحمل به‌طور نسبی بالای آنها را نسبت به تنش خشکی نشان می‌داد.

محتوی نسبی آب برگ

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳)، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین کلون‌ها و تیمارهای آبیاری (آبیاری کامل و بدون آبیاری) از نظر صفت محتوی نسبی آب برگ است، همچنین اثر متقابل کلون× تیمارهای آبیاری نیز برای این صفت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). محتوی نسبی آب برگ در کلیه کلون‌ها با اعمال تنش آبی کاهش یافت به‌طوری‌که بیشترین درصد کاهش در کلون‌های ۲۷۸، ۲۶۹ و ۳۹۹ به ترتیب ۲۰/۳۱، ۱۹/۹۰ و ۱۷/۷۲ درصد و کمترین درصد کاهش در کلون‌های ۲۷۶، ۲۷۲، ۲۸۵ و ۱۰۰ به‌ترتیب با ۶/۶۳، ۸/۵۰، ۹/۶۵ و ۱۱/۰۵ درصد مشاهده گردید (جدول ۵)، بنابراین کلون‌های ۲۷۸، ۲۶۹ و ۳۹۹ حساسیت بیشتری در مقایسه با سایر کلون‌ها نسبت به تنش کمبود آب داشتند و در طی تنش، محتوی نسبی آب برگ آن‌ها به‌شدت کاهش یافت. کاهش محتوی نسبی آب برگ گیاه چای با افت میزان رطوبت خاک در آزمایش‌های زیادی تایید شده است (Cheruiyot *et al*., 2008; Maritim *et al*., 2015). در تحقیق Upadhyaya *et al*. (2008) گزارش شد که کلون‌های مختلف چای نسبت به تنش آبی، پاسخ‌های متفاوتی از نظر محتوی نسبی آب برگ داشتند. در بررسی واکنش پایه‌های مختلف مرکبات به تنش خشکی نشان داده شد که محتوی نسبی آب برگ در همه پایه‌ها کاهش یافت و پایه ترویرسیترنج با نشت یونی کم‌تر، پایه شانگشا با نگهداری بیشتر آب در برگ‌ها و پونسیروس با وزن خشک ریشه به شاخه بیشتر، تحمل بیشتری به خشکی از خود نشان دادند (Fifaei & Ebadi, 2019).



شکل ۱. شاخص تنش آب اندازه‌گیری‌شده نه کلون انتخابی چای
Figure 1. Water stress index for nine selected tea clones

www.SID.ir

Archive of SID

تراکم شاخساره (تعداد شاخساره)

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد اثر کلون و تیمارهای آبیاری و همچنین اثر متقابل کلون و تیمارهای آبیاری بر صفت تعداد شاخساره قابل برداشت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است. بیشترین میانگین تعداد شاخساره در واحد سطح در شرایط بدون تنش متعلق به کلون‌های ۳۹۹ و ۲۸۵ به‌ترتیب با ۲۳۸ و ۲۳۱ شاخساره و در وضعیت تنش نیز با ۱۲۶ شاخساره متعلق به کلون ۲۸۵ بود. درحالی‌که در شرایط بدون تنش و تنش آبی، کلون ۲۷۲ کم‌ترین میانگین تعداد شاخساره را به‌ترتیب با ۸۶ و ۵۰ شاخساره دارا بود (جدول ۴). همچنین محاسبه درصد تغییرپذیری تراکم شاخساره قابل برداشت در واحد سطح نشان داد که بالاترین درصد تغییر در صفت تعداد شاخساره در کلون‌های ۳۹۹ و ۲۶۹ به‌ترتیب با ۶۴/۱۳ و ۶۲/۲۲ درصد، وجود دارد (جدول ۵). درحالی‌که کمترین درصد تغییر تعداد شاخساره در کلون ۲۷۶ با ۱۸/۷۲ درصد به‌دست آمد (جدول ۵). به‌عبارت دیگر می‌توان نتیجه گرفت که هرچه میزان و شدت تنش بیشتر و کلون حساس‌تر باشد، درصد این تغییرات بیشتر است و هر قدر این درصد در کلونی کمتر باشد، کلون متحمل‌تر خواهد بود (Zeinali Khanghah *et al*., 2004). در مطالعات زیادی اثر تنش آبی بر کاهش تعداد شاخساره قابل برداشت و افزایش تعداد شاخساره راکد در بوته‌های چای گزارش شده است (Fordham, 1971; Stephens & Carr, 1994; Car, 2010; Majd Salimi & Shaygan, 2017).

وزن‌تر و خشک شاخساره

وزن تر و خشک شاخساره تمامی کلون‌ها در شرایط تنش آبی در این آزمایش کمتر از کلون‌های مشابه در شرایط آبیاری کامل بود (جدول ۴). اثر متقابل کلون× تیمارهای آبیاری برای صفات وزن تر و خشک شاخساره در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). تنش آبی به‌طور مستقیم از طریق کاهش جذب مواد معدنی و اختصاص دادن آن به فتوسنتز، رشد را تحت تأثیر قرار داده و در نتیجه منجر به کاهش وزن شاخساره خواهد شد (Puthur, 1996). بالاترین درصد تغییر وزن تر شاخساره در کلون‌های ۲۷۸، ۳۹۹، ۲۷۷ و ۷۴ به‌ترتیب با ۷۳/۹۴، ۷۲/۵۵، ۶۴/۸۱ و ۶۲/۸۷ درصد مشاهده شد. درحالی‌که، کمترین درصد تغییر وزن تر شاخساره مربوط به کلون‌های ۱۰۰ و ۲۷۶ به ترتیب با ۱۳/۶۸ و ۲۵/۹۴ درصد بود (جدول ۵).

روند تغییرات وزن خشک شاخساره نیز مشابه وزن تر شاخساره بود. به‌طوری‌که بالاترین درصد تغییر وزن خشک شاخساره در کلون‌های ۲۷۸ و ۳۹۹ به‌ترتیب با ۶۴/۷۵ و ۶۳/۸۴ درصد و کمترین درصد تغییر وزن خشک شاخساره در کلون‌های ۱۰۰ و ۲۷۶ به‌ترتیب با ۱۴/۶۲ و ۲۰/۰۱ درصد مشاهده شد (جدول ۵). در شرایط بدون تنش بیشترین وزن تر شاخساره متعلق به کلون‌های ۲۸۵ و ۳۹۹ و در شرایط تنش آبی متعلق به کلون‌های ۲۸۵ و ۱۰۰ بود. بیشترین وزن خشک شاخساره در شرایط بدون تنش و تنش آبی متعلق به کلون ۲۸۵ بود (جدول ۵). نتایج پژوهش حاضر با تحقیقی که توسط Netto *et al.* (2011) بر روی ۷ کلون سه ساله در شرایط باغ انجام شد، مطابقت داشت.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس تأثیر نوع کلون و آبیاری بر برخی خصوصیات رشدی چای

Table 3. Results of variance analysis effect of clones and irrigation on some growth characteristics of tea

Source of variation	d.f	Mean of squares							
		Number of shoot	Fresh weight of shoot	Dry weight of shoot	Length of shoot	Length of 5th leaf	Width of 5th leaf	Green leaf yield	Relative water content
Block	2	$61.40^{n.s}$	$21.91^{n.s}$	$2.38^{n.s}$	$0.12^{n.s}$	$0.28^{n.s}$	$0.06^{n.s}$	$70.84^{n.s}$	$4.99^{n.s}$
Clones	8	9097.97^{**}	4802.92^{**}	183.34^{**}	2.84^{**}	3.64^{**}	0.40^{**}	158594.00^{**}	43.40^{**}
Error (a)	16	$40.57^{n.s}$	$27.38^{n.s}$	$1.72^{n.s}$	$0.45^{n.s}$	$0.49^{n.s}$	$0.09^{n.s}$	100.01^{*}	$5.74^{n.s}$
Irrigation	1	70272.29^{**}	28665.44^{**}	731.14^{**}	78.74^{**}	91.33^{**}	16.18^{**}	609995.97^{**}	1608.29^{**}
Clone×Irrigation	8	3273.33^{**}	1419.15^{**}	34.31^{**}	1.52^{**}	4.36^{**}	0.65^{**}	23010.86^{**}	26.44^{**}
Block×b	2	$40.51^{n.s}$	$20.08^{n.s}$	$0.72^{n.s}$	$0.04^{n.s}$	$0.06^{n.s}$	$0.03^{n.s}$	$18.15^{n.s}$	$3.38^{n.s}$
Error (b)	16	46.43	33.17	2.19	0.22	0.27	0.08	32.55	3.73
Total	53	-	-	-	-	-	-	-	-
C.V. (%)		6.02	8.71	11.12	7.36	8.28	11.77	12.09	2.57

n.s و **: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

Ns, **: Non-significant and significantly differences at 1% probability levels, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل کلون و آبیاری بر برخی خصوصیات رشدی چای

Table 4. Mean comparison interaction effect of clone and irrigation on some growth characteristics of tea

Clone×Irrigation Treatment	Number of shoot (n/m^2)	Fresh weight of shoot (g/m^2)	Dry weight of shoot (g/m^2)	Length of shoot (cm)	Length of 5th leaf (cm)	Width of 5th leaf (cm)	Green leaf yield (g/m^2)	Relative water content (%)
272×Irrigated	86.6 f-h	41.08 g-i	6.82 ij	8.37 a	8.38 ab	3.12 a-c	157 g	77.76 b-d
277×Irrigated	141.66 c	83.05 b-d	15.29 de	7.72 a-d	7.83 a-c	3 a-d	218.80 f	71.11 e-g
100×Irrigated	102.66 ef	73.58 c-e	14.20 d-f	8.16 ab	7.28 a-c	3.36 ab	647.73 b	81.21 ab
285×Irrigated	231.33 ab	155.54 a	29.97 a	8.27 a	5.65 e-h	2.50 b-f	705.33 a	82.23 ab
74×Irrigated	125.33 c-e	66.04 de	14.66 de	7.64 a-d	6.47 c-f	2.61 a-e	297.42 e	79.08 a-c
399×Irrigated	238 a	141.37 a	23.58 b	7.19 a-e	8.76 a	3.36 ab	583.33 c	79.95 a-c
276×Irrigated	91.33 fg	45.80 f-h	9.56 f-i	6.64 b-f	7.41 a-d	2.51 b-e	143.71 gh	81.57 ab
278×Irrigated	116 de	95.45 b	20.73 bc	6.44 d-g	8.77 a	3.54 a	379.25 d	78.87 a-c
269×Irrigated	210 b	100.36 b	18.16 cd	8.05 a-c	8.16 a-c	3.39 ab	281.04 e	84.48 a
272×Water-stress	50.66 i	26.37 i	4.21 j	5.02 g-i	5.27 f-h	1.52 fg	218.80 f	71.11 e-g
277×Water-stress	73.33 g-i	28.54 hi	7.09 h-j	4.16 i	4.25 hi	1.47 g	83.16 k	66.02 f-h
100×Water-stress	66 hi	63.08 ef	12.02 e-h	5.38 f-i	6.04 d-g	2.35 c-g	378.80 d	72.22 d-f
285×Water-stress	126.66 cd	92.78 bc	20.37 bc	6.55 c-g	4.57 g-i	2.05 d-g	374.88 d	74.29 c-e
74×Water-stress	70 g-i	24.37 i	7.49 g-j	3.83 i	4.20 hi	1.93 e-g	100.98 jk	70.08 e-g
399×Water-stress	85.33 f-h	38.78 g-i	8.48 g-j	5.21 f-i	3.27 i	1.45 g	151.83 g	65.74 gh
276×Water-stress	74.33 fg	33.76 hi	7.62 g-j	5.77 e-h	6.82 b-f	2.57 a-e	87.50 k	76.11 b-e
278×Water-stress	68 hi	24.90 i	7.32 g-j	4.32 hi	4.16 hi	1.78 e-g	109.69 ij	62.80 h
269×Water-stress	79.33 gh	54.97 e-g	12.14 e-g	5.66 e-h	6.71 b-f	2.43 b-g	125.84 hi	67.67 f-h

حرف‌های همسان در هر ستون نشان‌دهنده نبود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Means within a column followed by the same letter are not significant at the level of 5%.

جدول ۵. مقایسه میانگین درصد تغییرات میانگین صفات تحت شرایط بدون تنش و تنش کم‌آبی در نه کلون چای

Table 5. Mean comparison of the changing percent of mean traits in non-stress and stress conditions in nine tea clones

Clone	The changing percent of							
	Number of shoot (n/m^2)	Fresh weight of shoot (g/m^2)	Dry weight of shoot (g/m^2)	Length of shoot (cm)	Length of 5th leaf (cm)	Width of 5th leaf (cm)	Green leaf yield (g/m^2)	Relative water content (%)
272	41.46 bc	35.41 bc	36.23 b-d	40.27 e-g	37.11 b	50.72 c	44.16 bc	8.50 a
277	47.72 c	64.81 d	52.51 d-e	45.92 fg	44.32 bc	50.27 c	61.90 e	16.53 bc
100	35.48 b	13.68 a	14.62 a	34 d-f	16.87 a	29.70 b	41.52 ab	11.05 ab
285	45.17 bc	40.20 c	31.66 a-c	20.78 a-c	18.81 a	17.73 b	46.86 c	9.65 a
74	44.06 bc	62.87 d	48.81 c-e	49.24 g	34.76 b	25.42 b	66.04 f	11.23 ab
399	64.13 d	72.55 d	63.84 e	26.68 b-d	62.69 d	56.31 c	73.96 g	17.72 c
276	18.72 a	25.94 ab	20.01 ab	13.18 a	7.76 a	62.51 a	39.10 a	6.63 a
278	41.40 bc	73.94 d	64.75 e	32.76 c-e	52.36 cd	48.76 c	71.07 g	20.31 c
269	62.22 d	45.23 c	33.11 bc	19.23 ab	17.80 a	27.92 b	55.21 d	19.90 c

حرف‌های همسان در هر ستون نشان‌دهنده نبود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

Means within a column followed by the same letter are not significant at the level of 5%.

رشد طولی شاخساره

از لحاظ صفت رشد طولی شاخساره، بین کلون‌ها و تیمارهای آبیاری تفاوت بسیار معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد، همچنین اثر متقابل کلون×تیمارهای آبیاری نیز برای این صفت معنی‌دار است (جدول ۳). بیشترین میزان رشد طولی شاخساره تحت تیمار آبیاری در کلون‌های ۲۷۲، ۲۸۵ و ۱۰۰ به‌ترتیب با ۸/۳۷، ۸/۲۷ و ۸/۱۶ سانتی‌متر مشاهده شد، در حالی‌که کلون ۲۷۸ پایین‌ترین میزان رشد طولی شاخساره را با ۶/۴۴ سانتی‌متر داشت. کلون ۲۸۵ تحت شرایط تنش آبی با ۶/۵۵ سانتی‌متر، بالاترین مقدار رشد طولی شاخساره را دارا بود (جدول ۴). پایین‌ترین درصد تغییر در صفت رشد طولی شاخساره در کلون ۲۷۶ با ۱۳/۱۸ درصد مشاهده گردید (جدول ۵). کاهش رشد طولی شاخساره بر اثر کاهش میزان رطوبت خاک (حدود ۱۴٪) در ۶ کلون چای طی آزمایشی در شرایط گلخانه، گزارش گردید (Cheruiyot *et al*., 2008). در پژوهش انجام یافته توسط Maritim *et al*. (2015) روی ۸ کلون چای تأثیر ۳ سطح رطوبت خاک (۳۴٪، ۲۶٪ و ۱۸٪) بررسی و اختلاف معنی‌داری بین کلون‌ها از نظر صفت رشد طولی شاخساره در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده شد.

رشد طولی شاخساره در چای وابستگی زیادی به نوع ژنوتیپ، رطوبت خاک و اثرات متقابل آن‌ها دارد (Maritim *et al*., 2015). کاهش رشد طولی شاخساره تحت تنش کمبود آب ممکن است با فعالیت آنزیم کیناز وابسته با سایکلین (Cyclin-dependent kinase) در

www.SID.ir

Archive of SID

ارتباط باشد، که در پی آن منجر به کاهش تقسیم سلولی می‌گردد (Mahajan & Tujeta, 2005)، همچنین با کاهش محتوی آب و پتانسیل آب در بافت‌های مختلف گیاه به‌واسطه تنش خشکی نیز کاهش رشد طولی شاخساره اتفاق می‌افتد (Maritim *et al*., 2015).

طول و عرض برگ پنجم

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در این آزمایش نشان داد، اثر کلون، تیمارهای آبیاری و اثر متقابل کلون× تیمارهای آبیاری بر طول و عرض برگ پنجم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین کاهش طول و عرض برگ پنجم ناشی از تنش کمبود آب در کلون ۳۹۹ به ترتیب با ۶۲/۶۹ و ۵۶/۳۱ درصد و کمترین کاهش طول برگ پنجم در کلون ۱۰۰ با ۱۶/۸۷ درصد و کمترین کاهش عرض برگ پنجم در کلون ۲۷۶ با ۲/۵۱ درصد مشاهده گردید (جدول ۵).

عملکرد برگ سبز

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کلون‌های انتخابی در این آزمایش از لحاظ عملکرد برگ سبز اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشتند. تیمار آبیاری نیز سبب ایجاد اثر معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) بر عملکرد برگ سبز چای شد. اثر متقابل کلون× تیمارهای آبیاری نیز برای این صفت معنی‌دار گردید (جدول ۳).

مقایسه میانگین تیمارهای آبیاری نشان داد که با بروز تنش آبی، عملکرد برگ سبز کاهش یافت (جدول ۵). به‌طوری‌که بیشترین عملکرد برگ سبز در واحد سطح (متر مربع) در تیمار تنش آبی متعلق به کلون‌های ۱۰۰ و ۲۸۵ به‌ترتیب با ۳۷۸/۸۰ و ۳۷۴/۸۸ گرم و کمترین عملکرد برگ سبز متعلق به کلون ۲۷۷ (۸۳/۱۶ گرم) بود (جدول ۴). بالاترین درصد تغییر در صفت عملکرد برگ سبز به‌واسطه تنش آبی در کلون‌های ۳۹۹ و ۲۷۸ به‌ترتیب با ۷۳/۹۶ و ۷۱/۰۷ درصد مشاهده گردید. در حالی‌که، کمترین درصد تغییر عملکرد برگ سبز در کلون‌های ۲۷۶ و ۱۰۰ به‌ترتیب با ۳۹/۱۰ و ۴۱/۵۲ درصد بود (جدول ۵). کاهش عملکرد چای در اثر تنش خشکی توسط محققین مختلف گزارش شده است (Barua, 1989; Sharma & Kumar, 2005; Cheruiyot *et al*., 2010). کاهش محتوی نسبی آب برگ تحت تنش خشکی منجر به کاهش میزان هدایت روزنه‌ای، مهار ورود دی‌اکسیدکربن به برگ و در نتیجه باعث کاهش سرعت فتوسنتز به علت کمبود دی‌اکسید کربن و در نهایت کاهش عملکرد می‌گردد (Reddy *et al*., 2004).

نتیجه‌گیری کلی

در شرایط چای‌کاری در ایران که چای با کمبود بارندگی، توزیع (پراکنش و میزان) نامناسب بارندگی و تنش آبی در فصل برداشت مواجه می‌شود، ضروری است که نسبت به ارزیابی و شناسایی کلون‌های متحمل به تنش کمبود آب اقدام شود. بر پایه نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق بر اساس شاخص تنش آب و کمترین درصد تغییر صفات محتوی نسبی آب برگ، تعداد شاخساره، وزن تر و خشک شاخساره، رشد طولی شاخساره، طول و عرض برگ پنجم و عملکرد برگ سبز در شرایط بدون تنش و تنش آبی می‌توان بیان کرد که کلون ۲۷۶ و کلون امیدبخش ۱۰۰ سازگاری نسبی خوبی با شرایط تنش آبی داشتند و می‌توانند به‌عنوان کلون‌های متحمل به تنش کمبود آب و همچنین به عنوان ارقام جدید با دارا بودن سایر مشخصات مناسب یک رقم تجاری معرفی و در برنامه‌های به‌نژادی استفاده شوند. همچنین بر اساس شاخص‌های مذکور، کلون‌های ۳۹۹ و ۲۷۸ را می‌توان به‌عنوان کلون‌های حساس به تنش آبی معرفی کرد.

REFERENCES

1. Ahmadipour, S., Arji, I., Ebadi, A. & Abdosi, V. (2019). Morphological, physiological and biochemical changes of young plants of some olive cultivars (*Olea europaea* L.) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 50(2), 275-286. (in Farsi)
2. Baruwā, D. (1989). *Science and practice in tea culture*. Tea Research Association
3. Burgess, P. J. & Carr, M. K. V. (1997). Responses of young tea (*Camellia sinensis*) clones to drought and temperature. 3. Shoot extension and development. *Experimental Agriculture*, 33(3), 367-383.
4. Carr, M. K. V. (1977). Changes in the water status of tea clones during dry weather in Kenya. *The Journal of Agricultural Science*, 89(2), 297-307.

www.SID.ir

Archive of SID

5. Carr, M. K. V. (2010). The role of water in the growth of the tea (*Camellia sinensis*) crop: a synthesis of research in Eastern Africa. 1. Water relations. *Experimental Agriculture*, 46(3), 327-349.
6. Chen, X. H., Zhuang, C. G., He, Y. F., Wang, L., Han, G. Q., Chen, C. & He, H. Q. (2010). Photosynthesis, yield, and chemical composition of Tieguanyin tea plants (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) in response to irrigation treatments. *Agricultural Water Management*, 97(3), 419-425.
7. Cheruiyot, E. K., Mumera, L. M., Ng'etich, W. K., Hassanali, A. &Wachira, F. (2007). Polyphenols as potential indicators for drought tolerance in tea (*Camellia sinensis* L.). *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 71(9), 2190-2197.
8. Cheruiyot, E. K., Mumera, L. M., Ng'etich, W. K., Hassanali, A., Wachira, F. &Wanyoko, J. K. (2008). Shoot epicatechin and epigallocatechin contents respond to water stress in tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze]. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 72(5), 1219-1226.
9. Cheruiyot, E. K., Mumera, L. M., Ng'etich, W. K., Hassanali, A. &Wachira, F. N. (2009). High fertilizer rates increase susceptibility of tea to water stress. *Journal of Plant Nutrition*, 33(1), 115-129.
10. Ekhvaia, J. & Akhalkatsi, M. (2010). Morphological variation and relationships of Georgian populations of Vitisvinifera L. subsp. sylvestris (CC Gmel.) Hegi. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 205(9), 608-617.
11. Fifaei, R. & Ebadi, H. (2019). The role of drought in change of some morphological and physiological charachteristics in citrus rootstocks. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 49(4), 949-958. (in Farsi)
12. Fordham, R. (1971). Stomatal physiology and the water relations of the tea bush. *Water and the Tea Plant*, 21-47.
13. IPGRI. (1997). *Descriptors for tea* (*Camellia sinensis* L.). International plant genetic resources Institute, Rome, Italy.
14. Mahajan, S. &Tuteja, N. (2005). Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444(2), 139-158.
15. Majd Salimi, K. &Amiri, E. (2014). Economic productivity analysis of water and nitrogen fertilizer for tea production with sprinkler irrigation system. *Water and Soil Conservation Journal*, 3 (3), 36-47. (in Farsi)
16. Majd Salimi, K. &Shaygan, S. (2017). Improving the yield and quality of tea (*Camellia sinensis*) by optimizing application of nitrogen fertilizer and irrigation water. *Journal of Plant Production Research*, 24 (1), 1-16. (in Farsi)
17. Majd Salimi, K., Bagheri, F. &Salavatian, S. B. (2010). The economical assessment of irrigation interval on water producing and quality of tea. *Journal of Water and Soil*, 24 (5), 845-854. (in Farsi)
18. Maritim, T. K., Kamunya, S. M., Mireji, P., Mwendia, C., Muoki, R. C., Cheruiyot, E. K. &Wachira, F. N. (2015). Physiological and biochemical response of tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] to water-deficit stress. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 90(4), 395-400.
19. Milnes, K. J., Davies, W. J., Rodwell, J. S. & Francis, B. J. (1998). The responses of Briza media and Koeleriamacrantha to drought and re-watering. *Functional Ecology*, 12(4), 665-672.
20. Nathaniel, R. K. (1976). Some observations on the growth of clonal tea under low country conditions in Sri Lanka. *In: Proceedings of 22th Scientific Conference*, Bulletin, United Planters Association of Southern India, 33, 173-183.
21. Netto, L. A., Jayaram, K. M. &Puthur, J. T. (2010). Clonal variation of tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] in countering water deficiency. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 16(4), 359-367.
22. Ng'etich, W. K. &Wachira, F. N. (1992). Use of a non-destructive method of leaf area estimation in triploid and diploid tea plants (*Camellia sinensis*). *Tea*, *13*, 11-17.
23. Nyirenda, H. E. (1988). Performance of new clones. *Tea Research Foundation of Central Africa Quarterly Newsletter*, 91, 4-11.
24. Odhiambo, H. O., Nyabundi, J. O. & Chweya, J. (1993). Effects of soil moisture and vapour pressure deficits on shoot growth and the yield of tea in the Kenya highlands. *Experimental Agriculture*, 29(3), 341-350.
25. Othieno, C. O. (1978). Supplementary irrigation of young clonal tea in Kenya. I. Survival, growth and yield. *Experimental Agriculture*, 14(3), 229-238.
26. Puthur, J. T., Sharmila, P., Prasad, K. V. S. K. & Saradhi, P. P. (1996). Proline overproduction: a means to improve stress tolerance in crop plants. *Botanica*, 46, 163-169.
27. Rawat, J. M., Rawat, B., Tewari, A., Joshi, S. C., Nandi, S. K., Palni, L. M. S. & Prakash, A. (2017). Alterations in growth, photosynthetic activity and tissue-water relations of tea clones in response to different soil moisture content. *Trees*, 31(3), 941-952.
28. Reddy, A.R., Chaitanya, K. V. & Vivekanandan, M. (2004). Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology*, 161(11), 1189-1202.
29. Sharma, P. & Kumar, S. (2005). Differential display-mediated identification of three drought-responsive expressed sequence tags in tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze]. *Journal of Biosciences*, 30(2), 231-235.

www.SID.ir

Archive of SID

30. Stephens, W. & Carr, M. K. V. (1994). Responses of tea (*Camellia sinensis*) to irrigation and fertilizer. IV. Shoot population density, size and mass. *Experimental Agriculture*, 30(2), 189-205.
31. Thomas, J., Kumar, R. R. & Pius, P. K. (2004). Screening of tea germplasm under soil moisture stress for productivity. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 32, 50-53.
32. Upadhyaya, H., Dutta, B. K. & Panda, S. K. (2016). Drought induced physiological and biochemical changes in leaves of developing seedlings of tea [*Camellia sinensis* (L) O. Kuntze] cultivars. *Journal of Tea Science Research*, 6 (12), 1-11.
33. Upadhyaya, H., Panda, S. K. & Dutta, B. K. (2008). Variation of physiological and antioxidative responses in tea cultivars subjected to elevated water stress followed by rehydration recovery. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30(4), 457-468.
34. Waheed, A., Hamid, F. S., Shah, A. H., Ahmad, H., Khalid, A., Abbasi, F. M. & Sarwar, S. (2012). Response of different tea (*Camellia sinensis* L.) clones against drought stress. *Journal of Materials Environmental Science*, *3*(2), 395-410.
35. Wijeratne, M. A. (1994). *Effect of climatic factors on the growth of tea (Camellia Sinensis L.) in the low country wet zone of Sri Lanka*. Ph.D. thesis. University of London.
36. Wijeratne, M. A. & Fordham, R. (1996). Effects of environmental factors on growth and yield of tea (*Camellia sinensis* L.) in the low-country wet zone of Sri Lanka. *Sri Lanka Journal of Tea Science*, 64, 21-34.
37. Wijeratne, M. A., Fordham, R. &Anandacumaraswamy, A. (1998). Water relations of clonal tea (*Camellia sinensis* L.) with reference to drought resistance: II. Effect of water stress. *Tropical Agricultural Research and Extension*, 1, 74-80.
38. Younis, M. E., El-Shahaby, O. A., Abo-Hamed, S. A. & Ibrahim, A. H. (2000). Effects of water stress on growth, pigments and 14CO2 assimilation in three sorghum cultivars. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 185(2), 73-82.
39. Zeinali Khanghah, H., Izanloo, A., Hoseinzadeh, A. H. &Majnoon Hoseini, N. (2004). Determination of the suitable drought resistance indices in commercial soybean varieties. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 35, 875-885. (in Farsi)

www.SID.ir