زیست‌شناسی گیاهی ایران، سال ششم، شماره بیستم، تابستان ۱۳۹۳، صفحه ۱۵۵-۱۷۰
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۲/۰۷
تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۹۲/۰۶/۱۰
تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۹۲/۱۰/۰۳
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۲/۱۱/۰۹

بررسی مقاومت به خشکی در کلون‌های انتخابی چای (*Camellia sinensis* L.)

زهرا مسعودیان [۱]، اکبر نورسته‌نیا [۱]* و کوروش فلک‌رو [۲]
[۱] گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
[۲] مرکز تحقیقات چای کشور، لاهیجان، ایران

چکیده

افزایش فعالیت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی در برابر عوامل آسیب‌رسان نظیر گونه‌های فعال اکسیژن فعال ناشی از تنش خشکی، یک واکنش مرسوم در گیاهان محسوب می‌شود. در پژوهش حاضر، به منظور مطالعه این تحولات، آثار دو تیمار قطع آبیاری ۱۰ و ۲۰ روزه بر روند فعالیت ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی، محتوای مالون دی آلدهید، مقادیر کلروفیل a، کلروفیل کل و کاروتنوئید در سه کلون چای (DN، ۱۰۰ و ۲۵۸) بررسی شد. نتایج نشان داد که مقدار فنل در کلون های DN و ۱۰۰ به ترتیب در تیمارهای ۲۰ و ۱۰ روزه بیشترین افزایش را داشت اما در کلون ۲۵۸ در هیچ یک از تیمارها تغییرات معنی‌دار نبود. مقدار فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار قطع آبیاری ۲۰ روزه در کلون DN افزایش یافت در حالی که مقدار آن در کلون ۲۵۸ کاهش یافت و در کلون ۱۰۰ ثابت باقی ماند. بیشترین مقدار پرولین برای همه کلون‌ها فقط در تیمار قطع آبیاری ۲۰ روزه مشاهده شد. مقادیر مالون دی آلدهید در کلون‌های ۱۰۰ و ۲۵۸ با افزایش همراه بود اما کلون DN تغییری نشان نداد. کاهش مقادیر کلروفیل a، کلروفیل کل در تیمار ۲۰ روزه کلون DN و کلون ۱۰۰ مشاهده شد. اما این مقادیر در کلون ۲۵۸ تغییر معنی‌دار نشان نداد. مقادیر کاروتنوئید در همه کلون‌ها و تیمارها ثابت باقی ماند. بر اساس تغییرات مشاهده شده به نظر می‌رسد که کلون DN دارای قابلیت تحمل بیشتری در برابر تنش خشکی است و در اثر اعمال تیمار ۲۰ روزه مکانیسم دفاعی آن بیشتر تحریک شده است.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی، تنش اکسیداتیو، تنش خشکی، چای

مقدمه

در اثر وقوع تنش خشکی روزنه‌ها بسته می‌شوند و به علت کاهش تبادل روزنه‌ای دی اکسید کربن کافی برای اجرای چرخه کالوین در اختیار سلول‌های برگ قرار نمی‌گیرد. برآیند این عمل کاهش مصرف محصولات نوری فتوسنتز و افزایش نسبت NADPH,H+/NADP+ است. افزایش نسبت یاد شده به بسته شدن زنجیر انتقال الکترون کلروپلاستی منجر

*نویسنده مسؤول: نشانی پست الکترونیک: norasteh@guilan.ac.ir، شماره تماس: ۰۱۳۱۳۲۳۳۶۴۸

می گردد که حاصل آن افزایش تولید انواع اکسیژن فعال (Reactive Oxygen Species, ROS) در کلروپلاست و سلول‌های برگ است. انواع اکسیژن فعال تولید شده به دلیل برخورداری از پتانسیل احیای بالا، میل الکترون‌خواهی بالایی داشته، به همین علت درشت مولکول‌های زیستی نظیر: پروتئین‌ها، لیپیدها و نوکلئیک اسیدها را اکسیده می کنند که برآیند آن بروز تنش اکسیداتیو در سلول های گیاهی است. شایان ذکر است که تجمع صدمات وارده به سلول‌ها در نهایت موجب مرگ سلولی می‌شوند (Imlay and Linn, 1988).

گیاهان برای مقابله با آثار مخرب انواع اکسیژن فعال مجهز به سیستم دفاعی آنتی اکسیدانی هستند (Mittler *et al*., 2004؛ Singh *et al*., 2008) که از دو گروه آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی (آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز، گلوتاتیون ردوکتاز، گایاکول پراکسیداز و برخی دیگر) و آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی (کارتنوئیدها، آسکوربات، گلوتاتیون، ویتامین E و برخی دیگر) تشکیل شده است (Upadhyaya and Panda, 2004). پلی‌فنل‌ها نیز از انواع آنتی اکسیدان‌های غیرآنزیمی هستند که به منظور کاهش تنش، رادیکال‌های آزاد لیپیدی را غیرفعال کرده، یا از تبدیل آنها به رادیکال آزاد جلوگیری می‌کنند (Pokorny *et al*., 2001؛ Bahorun *et al*., 2004).

پرولین نیز به عنوان یک اسمولیت سازگار در تنظیم اسمزی، تأمین انرژی سلول در دوره دهیدراته شدن نقش دارد (Jaleel *et al*., 2007). همچنین، این متابولیت در سمّ‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن، پایداری ساختار غشاها، پروتئین‌ها و حفظ پتانسیل احیای سلول نقش دارد (Ashraf and Foolad, 2007). Jeyaramraja و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که با افزایش تدریجی تنش خشکی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه کاهش یافته، تولید پراکسید هیدروژن افزایش می یابد که در پی آن صدمات وارده به غشاها و پراکسیداسیون لیپیدی نیز شدت می گیرد. پراکسیداسیون لیپیدهای غشا از جمله غشاهای کلروپلاست و میتوکندری سبب از بین رفتن خاصیت نفوذپذیری انتخابی آنها شده،با تحت تأثیر قرار دادن نقش های فیزیولوژیک آنها موجب کاهش محصولات کشاورزی طی تنش خشکی می‌شود (Chen and Dai, 1994). کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی، سازگاری دیگری است که در گیاه تحت تنش صورت می‌گیرد که احتمال تولید ROS را در واکنش‌های نوری فتوسنتز کاهش می‌دهد (Kranner *et al*., 2002). همچنین، کاروتنوئیدها آنتی اکسیدان‌هایی هستند که کاهش آنها سبب ضعیف شدن مکانیسم دفاعی گیاه می گردد و شرکت انواع گزانتوفیلی آنها در چرخه گزانتوفیل موجب افزایش کارآمدی آنها برای مقابله با تولید انواع اکسیژن فعال و باز نگه داشتن زنجیر انتقال الکترون کلروپلاستی است. کاهش کلروفیل در اثر تخریب و تبدیل بعضی از کاروتنوئیدها (بتا کاروتن، نئوگزانتین و لوتئین) به انواع دیگر (ویولاگزانتین به زآگزانتین) در گیاه چای در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Munné-Bosch and Peñuelas, 2004؛ Jeyaramraja *et al*., 2005).

شرایط آب و هوایی و دسترسی آسان به آب عاملی مؤثر در میزان تولید برگ سبز چای است. با این که اغلب باغات چای در ایران در نواحی پُر باران واقع شده‌اند اما به علت پراکندگی نامساوی بارش در فصول مختلف سال و به تبع آن عدم دسترسی کافی به آب، به ویژه در فصل رویش، عملکرد چای به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. پژوهش ها نشان داده است که در مناطقی که بارندگی سالانه کمتر از ۱۱۵۰ میلی‌متر است، رشد گیاه چای با مشکل مواجه می‌شود (Okhovat and Vakili, 1998). برای اجتناب از کاهش محصول ناشی از تنش کم آبی، لازم است در انتخاب ارقام مناسب برای کاشت در مزارع دقت بیشتری اعمال شود. ارقام کلونی (ارقام اصلاح شده با روش‌های اصلاحی متکی بر تکثیر غیر جنسی) با نیاز آبی کمتر به میزان قابل توجهی موجب ارتقا توانایی گیاه در مقاومت به تنش خشکی و تنش‌های وابسته (نظیر تنش اکسیداتیو) می‌شوند. پژوهش حاضر، با بررسی سه رقم کلونی چای (*Camellia sinensis* L.) (که به اختصار کلون نامیده می‌شود): DN، ۱۰۰ و ۲۵۸ از کلون‌های انتخابی مرکز تحقیقات چای کشور توان تحمل به خشکی آنها در اثر کاهش میزان آب در دسترس را بررسی نموده است. به این منظور، عوامل متفاوتی نظیر: غلظت برخی آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی از قبیل: مقادیر فنل کل، پرولین و همچنین مقادیر رنگیزه‌های فتوسنتزی مقایسه شدند.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش از سه ژنوتیپ (کلون) انتخابی مرکز تحقیقات چای کشور به نام‌های: DN، ۱۰۰ و ۲۵۸ استفاده شد. آزمایش به صورت طرح فاکتوریل با دو عامل ژنوتیپ (سه ژنوتیپ) و تیمارهای آبیاری (سه سطح آبیاری) در قالب طرح پایه بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار طراحی شد. هر کرت آزمایشی (مربوط به یک کلون) شامل ۹ گلدان (قطر دهانه ۳۶ سانتی متر گنجایش ۸ کیلوگرم خاک) به صورت سه گلدان در سه ردیف بود که هر ردیف برای اعمال تیمارهای قطع آبیاری بر اساس روش Chen و همکاران (۲۰۱۰) به مدت صفر، ۱۰ و ۲۰ روز در نظر گرفته شدند. پس از شش ماه استقرار نهال در گلدان، در فصول گرما (تیر و مرداد ماه) در منطقه‌ای با طول و عرض جغرافیایی: "۱۰ '۵۵ °۴۹ و "۲۰ '۸ °۳۷ و ارتفاع ۸۵ متر از سطح دریا و با شرایط محیطی آورده شده در جدول ۱، تیمار قطع آبیاری اعمال شد. به این صورت که ابتدا همه گلدان ها آبیاری شده و شاخص های رشد (وزن نهال، ارتفاع نهال، تعداد برگ، قطر طوقه، طول ریشه) از گلدان‌های ردیف اول (روز صفر) اندازه‌گیری و یادداشت‌برداری شد. یادداشت‌برداری از گلدان های ردیف دوم و سوم به ترتیب ۱۰ و ۲۰ روز پس از قطع آبیاری اولیه انجام شد. پس از هر بار یادداشت‌برداری از نمونه های گلدانی، نمونه های برگی به تعداد لازم برداشت شده و برای اندازه‌گیری‌های بعدی در دمای ۷۵- درجه سانتیگراد نگهداری شدند.

جدول ۱- میانگین دما و رطوبت نسبی محل اجرای طرح

ماه	درجه حرارت		درصد رطوبت	بارندگی
	کیمنه	بیشینه	نسبی	(میلی‌متر)
تیر	۹/۱۸	۹/۲۸	۱/۷۷	۰
مرداد	۰۳/۱۲	۱/۳۴	۱/۸۶	۶/۱۱

استخراج و سنجش میزان ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی به عنوان آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی: به منظور استخراج ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی از روش Erturk و همکاران (۲۰۱۰) با تغییرات جزیی استفاده شد. سنجش مقدار فنل کل با استفاده از معرف فولین سیو کالتئو و با روش اسپکتروفتومتری (مدل M501، شرکت Camspec، انگلستان)، با اندازه گیری جذب نمونه ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر انجام شد (Gao *et al*., 2000). برای به دست آوردن مقادیر فنل کل در نمونه ها از محلول‌های حاوی غلظت‌های متفاوت گالیک اسید (تهیه شده از شرکت Merck، آلمان) به عنوان منحنی استاندارد استفاده شد.

سنجش فلاونوئید کل با روش کلرید آلومینیوم (Lamaison and Carnet, 1990) و میزان آن بر اساس اندازه گیری روتین (rutin) و تعیین جذب نمونه ها در طول موج ۴۱۵ نانومتر انجام شد.

تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: این روش بر اساس قدرت احیایی نمونه با آهن III و کمپلکس تری پیریدیل تریازین (TPTZ) استوار است.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی (AOA) با استفاده از قدرت احیای فریک پلاسما (FRAP) و بر اساس روش Benzie و Strain (۱۹۹۶) تعیین شد. جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۹۵ نانومتر خوانده شد. ظرفیت آنتی اکسیدانی مطابق با منحنی استاندارد محلول فروس سولفات محاسبه گردید.

اندازه گیری پرولین: اندازه گیری پرولین مطابق روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) با استفاده از معرف نین‌هیدرین انجام شد. از محلول استاندارد برای تعیین مقدار پرولین موجود در نمونه‌ها استفاده گردید.

پراکسیداسیون لیپیدها: برای اندازه‌گیری پراکسیداسیون لیپیدها، غلظت مالون دی آلدهید (MDA)، با روش Heath و Packer (۱۹۶۸) به عنوان محصول واکنش پراکسیداسیون اسیدهای چرب غشا اندازه گیری گردید. برای این منظور، از محلول تری کلرو استیک اسید (وزنی-حجمی، TCA) ۲۰ درصد حاوی ۰/۵ درصد تیو بنزوئیک اسید (وزنی-حجمی، TBA) استفاده شد. جذب کمپلکس MDA+TBA با استفاده از دستگاه اسکپتوفتومتر در طول موج های ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر اندازه‌گیری و از ضریب خاموشی ۱۵۵ $mM^{-1}cm^{-1}$ برای تعیین میزان مالون دی آلدهید استفاده شد.

سنجش کلروفیل و کاروتنوئیدها: از برگ‌های موجود دیسک برگی با مساحت مشخص تهیه گردید. دیسک برگی از هر تکرار با استفاده از نیتروژن مایع در داخل هاون چینی آسیاب گردید و رنگدانه‌های فتوسنتزی با روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) استخراج شدند. شدت جذب محلول به دست آمده در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۶ و ۶۶۳ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در مقابل شاهد خوانده و در نهایت، برای تعیین مقدار کلروفیل و همچنین کاروتنوئید کل از رابطه‌های زیر استفاده شد:

$$Chl.a = (12.25\ A_{663} - 2.79\ A_{646}) \times V/A$$

$$Ch1.b = (21.50\ A_{646} - 5.1\ A_{663}) \times V/A$$

$$Chl.T = Chl.a + Chl.b\ Car. = (1000\ A_{470} - 1.82\ Chl.a - 85.02\ Chl.b) / 198 \times V/A$$

در این روابط، V حجم عصاره استونی بر حسب میلی‌لیتر و A سطح دیسک بر حسب سانتی‌متر مربع است. غلظت کلروفیل و کاروتنوئید کل بر حسب میکروگرم در سانتی‌متر مربع سطح برگ است.

اندازه گیری شاخص های رشد: برای انطباق شاخص های اندازه گیری شده در بخش‌های پیشین با نمودار کلی رشد در نهال‌های بررسی شده، تعدادی از شاخص‌های رشد از جمله: طول ریشه، طول ساقه، وزن نهال (ریشه و ساقه)، تعداد برگ ها، طول و عرض برگ و قطر طوقه اندازه‌گیری شد.

تحلیل آماری: تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶/۰ انجام شد و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. انحراف از میانگین داده‌ها با خطای استاندارد نشان داده شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده شد.

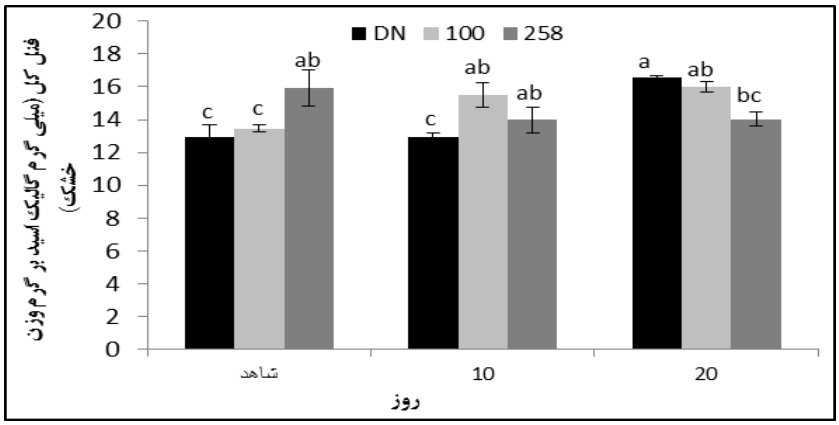
نتایج

نتایج نشان داد که قطع آبیاری ۱۰ و ۲۰ روزه سبب افزایش معنی دار میزان ترکیبات فنلی کل در کلون ۱۰۰ نسبت به شاهد گردید. در حالی که در کلون ۲۵۸ قطع آبیاری در هر دو سطح تنش تأثیر معنی‌داری بر این ترکیب در برگ های چای نداشت. اما کلون DN، تنها به قطع آبیاری ۲۰ روزه واکنش نشان داد و میزان فنل کل در برگ‌های آن به طور معنی‌داری نسبت به دو تیمار دیگر افزایش یافت (شکل ۱).

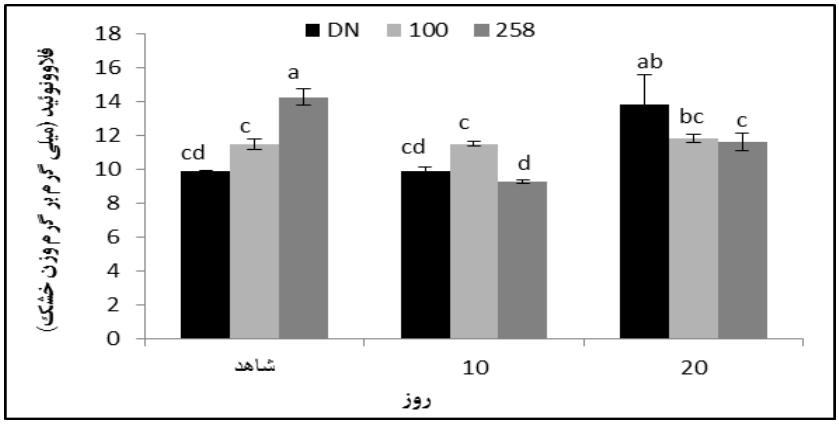
میزان ترکیبات فلاونوئیدی کل: مقادیر شکل ۲ نشان می‌دهد که محتوای فلاونوئیدی در کلون DN تنها در تیمار ۲۰ روز قطع آبیاری نسبت به شاهد افزایش یافت. در کلون ۲۵۸ نیز محتوای فلاونوئید در تیمارهای ۱۰ و ۲۰ روز قطع آبیاری دچار تغییرات معنی‌دار شد. اما این تغییرات جهت یکسانی نداشت و این مقادیر در تیمارهای ۱۰ و ۲۰ روز عدم آبیاری به ترتیب کاهش و سپس افزایش یافت. در کلون ۱۰۰، مقدار فلاونوئید کل در هر دو تیمار نسبت به شاهد ثابت باقی ماند (شکل ۲).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل: نتایج حاصل از اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل نشان داد که قطع آبیاری ۱۰ و ۲۰ روزه سبب تغییر در توان دفاعی گیاه در برابر تنش اکسیداتیو حاصل از خشکی شد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کلون ۲۵۸ در اثر قطع آبیاری به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت. اما میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در کلون‌های DN و ۲۵۸ در تیمار ۲۰ روز بدون آبیاری به طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۳).

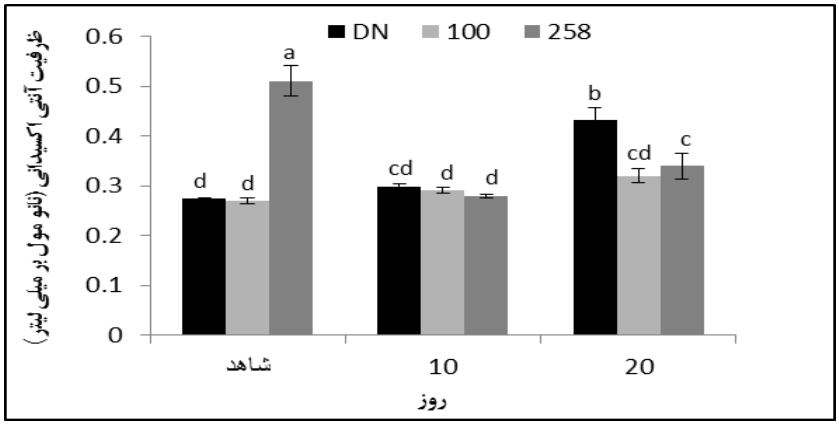
پرولین: با توجه به شکل ۴ مشاهده می‌شود که مقدار پرولین در هر سه کلون و در برابر افزایش تنش حاصل از قطع آبیاری تغییرات نسبتاً مشابهی را دنبال نمود. بر این اساس می‌توان گفت که تنش ۱۰ روز قطع آبیاری تنها در کلون ۲۵۸ موجب افزایش معنی‌دار پرولین شد. در حالی که کلون‌های DN و ۱۰۰ از این نظر عکس‌العمل متفاوتی نسبت به شاهد نداشتند. در مقابل، در تنش ۲۰ روز قطع آبیاری هر سه کلون کاملاً تحت تأثیر خشکی طولانی قرار گرفته،مقدار پرولین آنها افزایش چشمگیری به دنبال داشت. بیشترین مقدار پرولین در تیمار ۲۰ روز عدم آبیاری و در کلون ۱۰۰ مشاهده شد که نسبت به شاهد حدود سه برابر افزایش داشت (شکل ۴).



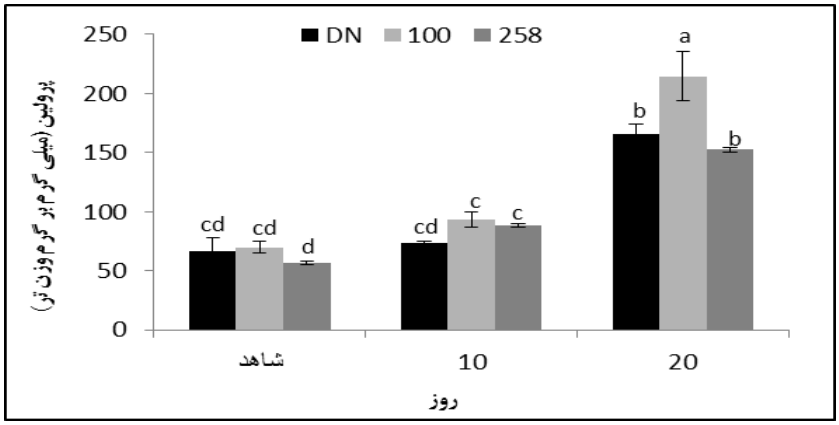
شکل ۱- تغییرات فنل کل در برگ‌های سه کلون چای (DN، ۱۰۰ و ۲۵۸) در نمونه‌های شاهد و تیمارهای ۱۰ و ۲۰ روز قطع آبیاری. مقادیر مربوط به هر ستون، میانگین مقادیر سه تکرار ± SE و حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.



شکل ۲- تغییرات فلاونوئید در برگ‌های سه کلون چای (DN، ۱۰۰ و ۲۵۸) در نمونه‌های شاهد و تیمارهای ۱۰ و ۲۰ روز قطع آبیاری. مقادیر مربوط به هر ستون، میانگین مقادیر سه تکرار ± SE و حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.



شکل ۳- تغییرات ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در برگ‌های سه کلون چای (DN، ۱۰۰ و ۲۵۸) در نمونه‌های شاهد و تیمارهای ۱۰ و ۲۰ روز قطع آبیاری. مقادیر مربوط به هر ستون، میانگین مقادیر سه تکرار ± SE حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.



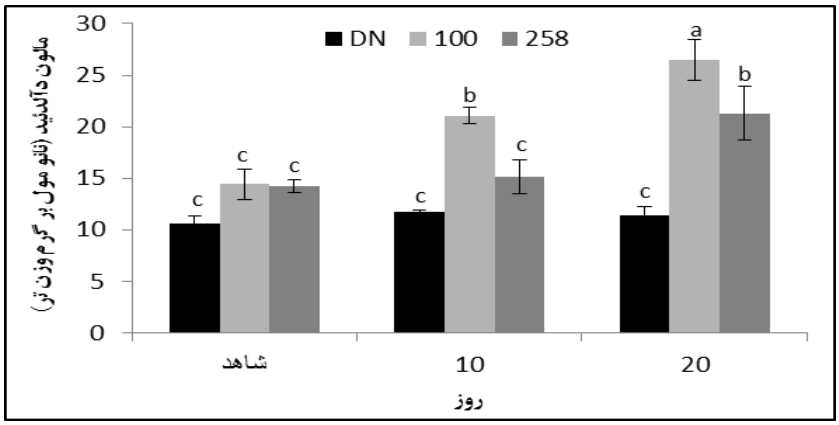
شکل ۴-تغییرات پرولین در برگ‌های سه کلون چای (DN، ۱۰۰ و ۲۵۸) در نمونه‌های شاهد و تیمارهای ۱۰ و ۲۰ روز قطع آبیاری. مقادیر مربوط به هر ستون، میانگین مقادیر سه تکرار ± SE وحروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

پراکسیداسیون لیپیدی: مقادیر مالون دی آلدهید (MDA) ظرفیت تأثیر پذیری متفاوتی را برای کلون‌های مورد بررسی در شدت‌های مختلف تنش نشان می‌دهد. بدین ترتیب که کلون DN در هیچ یک از سطوح تنش، افزایش مالون دی آلدهید را نشان نداد. در صورتی که کلون ۲۵۸ فقط در تنش حاصل از قطع آبیاری ۲۰ روزه و کلون ۱۰۰ در هر دو سطح تنشی قطع آبیاری ۱۰ و ۲۰ روزه روند افزایشی مالون دی آلدهید را نشان داد (شکل ۵).

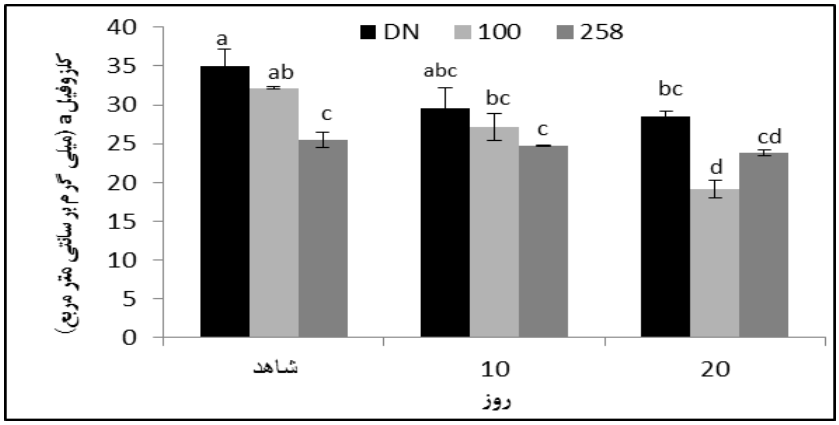
رنگیزه‌های فتوسنتزی: همان طور که شکل ۶ نشان می‌دهد، تنش عدم آبیاری به مدت ۱۰ روز کاهش چشمگیری در مقادیر کلروفیل a را موجب نشد و آنالیز داده‌ها گویای عدم معنی‌دار بودن تغییرات کلروفیل a در این سطح از تنش است. در تنش عدم آبیاری به مدت ۲۰ روز کلروفیل a در کلون DN و ۱۰۰ به طور معنی داری نسبت به شاهد کاهش یافت و در کلون ۲۵۸ باز هم بدون تغییر قابل توجه آماری باقی ماند. با این وجود، ارتقا سطح تنش از قطع آبیاری ۱۰ روزه به قطع آبیاری ۲۰ روزه موجب تغییر بیشتر مقدار کلروفیل a در کلون ۱۰۰ شد به طوری که این تغییر نسبت به تیمار سطح قبلی خود نیز معنی‌دار است. در حالی که در دو کلون دیگر تغییرات مقدار کلروفیل بین دو سطح تنشی ۱۰ و ۲۰ روزه معنی‌دار نیست.

شکل ۷ نشان می‌دهد که تغییرات مقادیر کلروفیل کل نیز در سطوح مختلف تنش خشکی و در کلون های سه‌گانه نسبت به کلروفیل a از روند مشابهی برخوردار است. یعنی ابتدا تغییرات محدود و غیر معنی‌دار در تنش ۱۰ روز عدم آبیاری برای هر سه کلون رخ داد و در ادامه با افزایش روزهای قطع آبیاری افت معنی‌دار مقادیر کلروفیل کل در کلون های DN و ۱۰۰ مشاهده شد. مطابق با آنچه که در مورد کلروفیل a نیز بیان شد، در این جا نیز کاهش مقادیر کلروفیل کل در تیمار قطع آبیاری ۲۰ روزه نسبت به تیمار قطع آبیاری ۱۰ روزه فقط برای کلون ۱۰۰ معنی‌دار است.

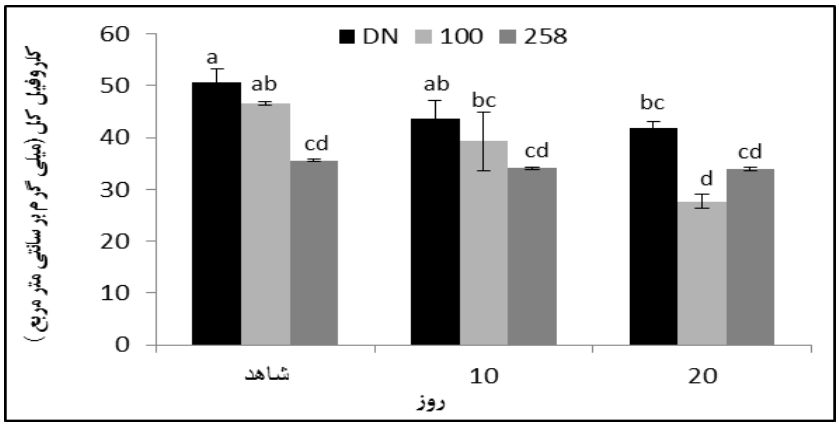
محتوای کاروتنوئیدی کلون‌های مطالعه شده در شکل ۸ نشان می‌دهد که نه تنها در شرایط طبیعی و غیر تنشی مقادیر این ترکیبات بسیار نزدیک به یکدیگر است بلکه با شروع تنش خشکی و حتی افزایش شدت آن نیز شرایط به گونه‌ای تغییر یافت که این مقادیر تقریباً نسبت به حالت شاهد ثابت باقی ماند و در هیچ یک از سطوح تنش تغییرات مقادیر کاروتنوئیدها معنی‌دار نبود.



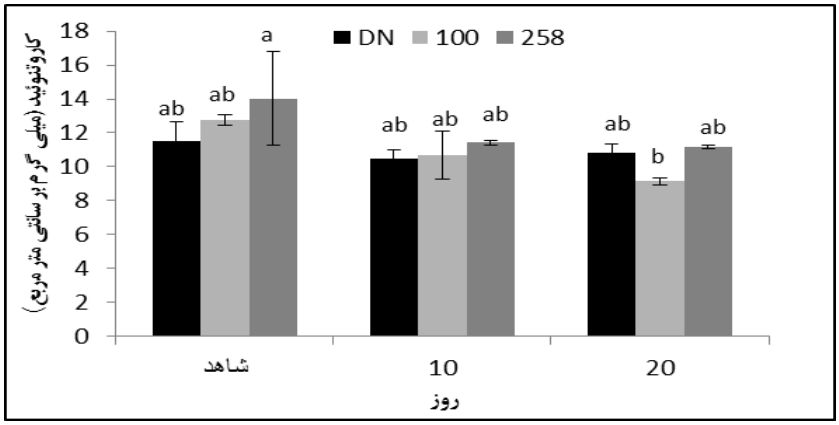
شکل ۵-تغییرات مالون دی آلدهید در برگ‌های سه کلون چای (DN، ۱۰۰ و ۲۵۸) در نمونه‌های شاهد و تیمارهای ۱۰ و ۲۰ روز قطع آبیاری. مقادیر مربوط به هر ستون، میانگین مقادیر سه تکرار ± SE و حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.



شکل ۶-تغییرات کلروفیل a در برگ‌های سه کلون چای (DN، ۱۰۰ و ۲۵۸) در نمونه‌های شاهد و تیمارهای ۱۰ و ۲۰ روز قطع آبیاری. مقادیر مربوط به هر ستون، میانگین مقادیر سه تکرار ± SE و حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

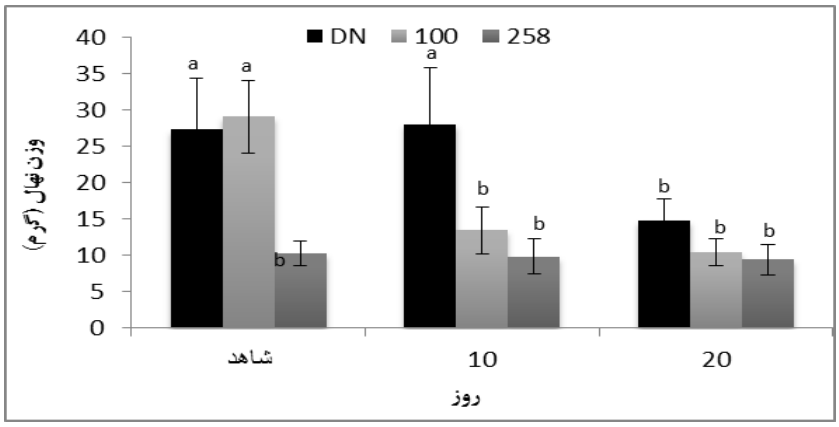


شکل ۷-تغییرات کلروفیل کل در برگ‌های سه کلون چای (DN، ۱۰۰ و ۲۵۸) در نمونه‌های شاهد و تیمارهای ۱۰ و ۲۰ روز قطع آبیاری. مقادیر مربوط به هر ستون، میانگین مقادیر سه تکرار ± SE و حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است



شکل ۸-تغییرات کاروتنوئید در برگ‌های سه کلون چای (DN، ۱۰۰ و ۲۵۸) در نمونه‌های شاهد و تیمارهای ۱۰ و ۲۰ روز قطع آبیاری. مقادیر مربوط به هر ستون، میانگین مقادیر سه تکرار ± SE و حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

اندازه‌گیری وزن تر نهال: با بررسی وزن تر نهال‌های استفاده شده در ابتدای آزمایش و انتهای هر دوره تنش مشخص شد که تغییرات وزن تر نهال‌ها چندان محسوس نبوده و در اغلب موارد بدون تغییر معنی داری نسبت به شاهد باقی مانده است. تنها در کلون ۱۰۰ و در پایان تنش ۲۰ روزه قطع آبیاری، کاهش وزن تر به اندازه‌ای بود که تفاوت معنی داری را با نمونه های شاهد نشان داد (شکل ۹). تعدادی از شاخص های رشد از جمله: طول ریشه، طول ساقه، وزن نهال، تعداد برگ ها، طول و عرض برگ و قطر طوقه نیز اندازه‌گیری شد که تفاوت های به دست آمده در تیمارهای مختلف معنی‌دار نبود (داده‌ها نشان داده نشده‌اند).



شکل۹-تغییرات وزن نهال در سه کلون چای (DN، ۱۰۰ و ۲۵۸) در نمونه های شاهد و تیمارهای ۱۰ و ۲۰ روز قطع آبیاری. مقادیر مربوط به هر ستون، میانگین مقادیر سه تکرار ± SE و حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است

بحث

نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد که میزان ترکیبات فنلی کل، بسته به نوع کلون و درجه تنش تغییرات محدودی را می‌پذیرد. به طوری که افزایش مقادیر آن تنها در دو کلون DN و ۱۰۰ و طی تنش طولانی معنی‌دار بوده و در کلون ۲۵۸ تغییر معنی‌داری

از نظر این ترکیب مشاهده نشده است. از آنجا که مقدار ترکیبات فنلی در گیاه تحت تأثیر عوامل نظیر: ژنوتیپ، شرایط محیطی، نوع بافت گیاهی و نوع خاک تغییر می‌کند (Ksouri *et al*., 2007) انتظار می‌رود که این تفاوت به قابلیت گیاه (نوع کلون) برای سنتز این ترکیبات در شرایط نامساعد فیزیولوژیکی مربوط باشد. چنان که نتایج بررسی‌های Cheruiyot و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان می‌دهد که مقدار پلی فنل‌های ساقه چای تحت تأثیر مقدار آب خاک بوده و در حال نوسان است. همچنین، در کلون هایی که مقدار پلی فنل آنها طی تنش ثابت‌تر است یا مقدار پلی‌فنل بیشتری دارند به خشکی مقاوم‌تر هستند.

نتایج مربوط به محتوای ترکیبات فلاونوئیدی نمونه‌ها هماهنگی خوبی با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تیمارها دارد به نحوی که در کلون DN هر دو این عوامل افزایش معنی داری را متحمل می‌شوند. در حالی که به نظر می‌رسد تنش اعمال شده در هیچ یک از سطوح نتوانسته سنتز فلاونوئیدها و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را در دو کلون دیگر تحریک نماید (شکل ۳). در پژوهش‌های پیشین نیز وجود همبستگی بین محتوای ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نشان داده شده است (Luximon-Ramma *et al*., 2005). فلاونوئیدها به عنوان بازدارنده‌های آنزیم‌های مسؤول تولید آنیون‌های سوپر اکسید معرفی شده‌اند (Pietta, 2000) و قادر هستند از طریق برقراری پیوند با یون‌های فلزی در این آنزیم‌ها و دریافت الکترون از فعالیت آنها و تشکیل شکل‌های فعال اکسیژن جلوگیری کنند (Pourcel *et al*., 2007). گزارش‌های متعددی مبنی بر تغییرات غلظت درون‌زاد ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و پلی فنل‌ها در برابر تنش خشکی در گونه‌های مختلف گیاهی وجود دارد که نشان دهنده افزایش، پایداری یا کاهش این ترکیبات در شرایط تنش خشکی است (Jeyaramraja *et al*., 2003؛ Kirakosyan *et al*., 2003؛ Herna´ndez *et al*., 2004؛ Navarro *et al*., 2006؛ Ksouri *et al*., 2007؛ Chen *et al*., 2010؛ Bettaieb *et al*., 2011؛ Rebey *et al*., 2012). افزایش فنل کل در هنگام تنش خشکی را می‌توان به تحریک فعال شدن آنزیم‌های مسیر بیوسنتز آنها نسبت داد که پاسخی هدفمند به شرایط تنشی است.

افزایش سریع‌تر پرولین نسبت به سایر آمینو اسیدها در گیاهان تحت تنش آبی، علت انتخاب این اسید آمینه به عنوان گزینه‌ای مناسب‌تر برای ارزیابی برنامه آبیاری و انتخاب ارقام مقاوم به خشکی است (Bates *et al*., 1973). تنش طولانی مدت، مقدار پرولین را در تمامی ارقام نسبت به شاهد و حتی نسبت به تنش قطع آبیاری ۱۰ روزه به طور معنی‌داری افزایش داد. Ghorbanli و Niakan (۲۰۰۵) نیز اشاره کرده‌اند که مقدار پرولین فقط در تنش شدید در برگ‌ها افزایش یافته، تنش ملایم نتوانست افزایش معنی‌داری را در برگ‌ها القا نماید. بیوسنتز افزایش یافته پرولین، کاهش تجزیه آن و تجزیه برخی پروتئین‌ها به آمینو اسیدهای سازنده آنها موجب افزایش و تجمع پرولین در گیاهان تحت تنش می‌شود (Levitt, 1980؛ Nakashima *et al*., 1998؛ Pirooz and Manouchehri Kalantari, 2012). در پژوهش‌های پیشین نیز افزایش پرولین در تنش خشکی در گونه‌های دیگر گیاهان گزارش شده است (Fujita *et al*., 2003؛ Upadhyaya and Panda, 2004؛

(Manivannan *et al*., 2007). طولانی شدن تنش و افزایش میزان تولید گونه‌های فعال اکسیژن در گیاه، فرآیندهای مخربی همچون پراکسیداسیون لیپیدی را در پی خواهد داشت و مالون دی آلدهید می‌تواند شاخص مناسبی برای اندازه‌گیری پراکسیداسیون لیپیدی غشا محسوب شود (Sofo *et al*., 2004). غلظت مالون دی آلدهید درکلون های ۱۰۰ و ۲۵۸ با افزایش سطح تنش افزایش یافت. برخی از عوامل آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری شده مانند میزان ترکیبات فلاونوئیدی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در هر دو کلون ۱۰۰ و ۲۵۸ ثابت باقی ماند یا کاهش یافت. همچنین، فنل کل در کلون ۲۵۸ فاقد افزایش معنی دار است که همگی از کارآیی کمتر سیستم دفاع آنتی اکسیدانی غیرآنزیمی در این دو کلون حکایت دارد. در حالی که در کلون DN تغییرات غلظت MDA در مدت تنش معنی‌دار نبود که به نظر می‌رسد با دارا بودن بالاترین میزان فنل کل، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و همچنین افت کمتر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی نسبت به سایر کلون‌ها توجیه‌پذیر باشد. Upadhyaya و Panda (۲۰۰۴)، Jeyaramraja و همکاران (۲۰۰۵)، Nair و همکاران (۲۰۰۸) و Gallea و همکاران (۲۰۰۹) افزایش پراکسیداسیون لیپیدی را در گیاهان تحت تنش خشکی گزارش کرده اند. اگر چه گزارش‌های محدودی برای کاهش مقدار MDA برای نهال‌های چای نیز وجود دارد که علت آن را افزایش سنتز کتچین‌های کوئینون با قابلیت آنتی‌اکسیدانی فراوان ذکر کرده‌اند (Herna´ndez *et al*., 2006).

محتوای کاروتنوئیدی کلون‌های بررسی شده در هیچ یک از سطوح تنش تغییر محسوسی را متحمل نشدند. به نظر می‌رسد روند تغییرات انواع کاروتنوئیدها در مقابل تنش اکسیداتیو کاملاً یکسان و هماهنگ نباشد. زیرا برخی از انواع آنها نسبت به سایرین از حساسیت متفاوتی برخوردار هستند. به طوری که در بررسی‌های مختلف، هم به افزایش تعدادی از کاروتنوئیدها مثل زآگزانتین و هم به کاهش انواعی مثل بتا کاروتن، لوتئین (Munné-Bosch and Peñuelas, 2004) و آستاگزانتین (Schroeder and Johnson, 1995) اشاره شده است. گزانتوفیل‌ها به عنوان بخشی از انواع کاروتنوئیدها، با شرکت در چرخه گزانتوفیل و کاروتن‌ها به عنوان بخش دیگر کاروتنوئیدها با دریافت مستقیم الکترون‌های اضافی در کاهش آثار اکسیداسیونی شکل‌های فعال اکسیژن نقش به سزایی دارند (Demmig-Adams and Adams, 1996). از این جهت، به نظر می‌رسد گیاهان به گونه‌ای عمل می‌کنند که سنتز کاروتنوئیدها را در بالاترین سطح ممکن حفظ کنند. بنابراین، در پژوهش حاضر نیز مشاهده می‌شود که حتی کلون های حساس‌تر به تنش اکسیداتیو نیز عدم کاهش در مقادیر کل کاروتنوئیدها را نشان می‌دهند. اما روند کاهش محتوای کلروفیلی به ویژه تیمار ۲۰ روز عدم آبیاری در کلون‌های DN و ۱۰۰ کاملاً معنی دار بود. اما محتوای رنگیزه‌ای کلون ۲۵۸ طی تنش ثابت ماند. به نظر می‌رسد کاهش مقادیر کلروفیل‌ها در شرایط تنش آبی ناشی از افزایش سرعت تخریب این رنگیزه‌ها یا کاهش سنتز آنها به علت اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسؤول باشد (Volti *et al*., 1998). کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی در گندم (Gallea *et al*., 2009)، زیتون (Ben Ahmed *et al*., 2009) و ذرت (Efeoğlu *et al*., 2009) نیز گزارش شده است.

جمع‌بندی

کلون های ۲۵۸ و ۱۰۰ در مقایسه با کلـون DN و در پاسخ به تنش خشکی بـا تولیـد کمتـر فنـل و فلاونوئیـد مقاومت کمتری از خود نشان دادند کـه بـه تـوان کمتـر ایـن کلـون‌هـا در مواجهـه بـا شـرایط کـم آبـی مربـوط می‌شود. همبستگی مثبت بین ظرفیـت آنتـی‌اکسـیدانی و مقـادیر مربـوط بـه فلاونوئیـدها ایـن موضـوع را تأییـد می‌کند. از سوی دیگر، اگر چه ممکن است کلـون DN مقاومت بیشتری در برابر تنش خشـکی داشـته باشـد امـا رفتـار رنگیـزه‌هـا در بافـت‌هـای فتوسـنتزی ایـن کلـون همچون سایر کلون‌ها و حتـی حسـاس‌تـر از کلـون ۲۵۸ بوده و کاهش آنها طی تنش بیشتر است. بر این اسـاس، به نظر می‌رسد کلون های مقاوم را نمی‌توان الزاماً از هـر جهت نسبت به سایرین متفاوت دانست. بـه بیـان دیگـر، سازوکارهای متعدد دفاعی در کلـون هـا و ارقـام مقـاوم همگی در یک جهت و یکسان متحول نمی‌شوند.

سپاسگزاری

نگارندگان این مقاله ضمن سـپاس فـراوان از مرکـز تحقیقات چای کشور بابت تأمین نمونـه‌هـای گیـاهی از دانشـگاه گـیلان بـه خـاطر حمایـت مـالی قـدردانی می‌نمایند.

منابع

Ashraf, M. and Foolad, M. R. (2007) Roles of glycine betaine and proline in improving plant a biotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany 59: 206-216.

Bahorun, T., Luximon-Ramma, A., Crozier, A. and Aruoma, O. I. (2004) Total phenol, flavonoid, proanthocyanidins and vitamin C levels and antioxidant activities of mauritian vegetables. Journal of the Science of Food and Agriculture 84: 1553-1561.

Bates, L. S., Waldren, R. P. and Teare, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Ben Ahmed, C., Ben Rouin, B., Sensoyc, S., Boukhrisa, M. and Ben Abdallaha, F. (2009) Changes in gas exchange, proline accumulation and antioxidative enzyme activities in three olive cultivars under contrasting water availability regimes. Environmental and Experimental Botany 67: 345-352.

Benzie, I. F. F. and Strain J. J. (1996) The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power, the FRAP assay. Analytical Biochemistry 239: 70-76.

Bettaieb, I., Knioua, S., Hamrouni, I., Limam, F. and Marzouk, B. (2011) Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. Industrial Crops and Products 36: 238-245.

Chen, J. and Dai, J. Y. (1994) Correlation among photosynthesis, lipid peroxidation and ultra structural changes of mesophyll cells in corn leaves under water stress. Maize Science (in Chinese) 2: 36-40.

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.) O. Kuntze) in response to irrigation treatments. Agricultural Water Management 97: 419-425.

Cheruiyot, E. K., Mumera, L. M, Ngetich, W. K., Hassanali, A. and Wachira, F. (2007) Polyphenol as potential for drought tolerance in tea (*Camellia sinensis* L.). Bioscience Biotechnology Biochemistry 71(9): 2190-2197.

Demmig-Adams, B. and Adams, W. W. III (1996) Xantophyl cycle and light stress in nature: uniform

response to excess direct sun- light among higher plant species. Planta 198: 460-470.

Efeoğlu, B., Ekmekçi, Y. and Çiçek, N. (2009) Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. South African Journal of Botany 75(1): 34-42.

Erturk, Y., Ercisli, S., Sengul, M., Eser, Z., Hanznedar, A. and Turan, M. (2010) Seasonal variation of total phenolic, antioxidant activity and minerals in fresh tea shoots (*Camellia sinensis* var *sinensis*). Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences 23(1): 69-74.

Fujita, T., Maggio, A., Rios, M. G., Stauffache, C., Bressan, R. A. and Csonka, L. N. (2003) Identification of regions of the tomato glutamyl kinase that are involved in allosteric regulation by proline. Journal Environmental and Experimental Botany 278: 14203-14210.

Gallea, A., Csiszar, J., Secenji, M., GuothaLaszlo, A., Cseuzc, L., Taria, I., Györgyey, J. and Erdei, L. (2009) Glutathione transferase activity and expression patterns during grain filling in flag leaves of wheat genotypes differing in drought tolerance Response to water deficit. Journal of Plant Physiology 166: 1878-1891.

Gao, X., Ohlander, M., Jepsson, N., Bjork, L. and Trajkovski, V. (2000) Changes in antioxidamt effects and their relationship to phytonutrients in fruits of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) during maturation. Journal of Agricultural and Food Chemistry 48: 1485-1490.

Ghorbanli, M. L. and Niakan, M. (2005) Effects of drought stress on the contents of soluble sugars, protein, proline phenolic component and nitrate reductase activity in soybean var. Gorgan. Journal of Science Kharazmi University 5(1): 537-550.

Heath, R. L. and Packer, L. (1968) Photoperoxidation in isolated chloroplast kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics 125: 189-198.

Herna´ndez, I., Alegre, L. and Munne´-Bosch, S. (2004) Drought-induced changes in flavonoids and other low molecular weight antioxidants in *Cistus clusii* grown under mediterranean field conditions. Tree Physiology 24: 1303-1311.

Herna´ndez, I., Alegre, L. and Munne´-Bosch, S. (2006) Enhanced oxidation of flavan-3-ols and proanthocyanidin accumulation in water-stressed tea plants. Phytochemistry 67: 1120-1126.

Imlay, J. A. and Linn, S. (1988) DNA damage and oxygen radical toxicity. Science 240(4857): 1302-1309.

Jaleel, C. A., Gopi, R., Sankar, B., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Sridharan, R. and Anneerselvam, R. P. (2007) Studies on germination, seedling vigour, lipid peroxidation and proline metabolism in *Catharanthus roseus* seedlings under salt stress. South African Journal of Botany 73(2): 190-195.

Jeyaramraja, P. R., Meenakshi, S. N., Kumar, R. S., Joshi, S. D. and Ramasubramanian, B. (2005) Water deficit induced oxidative damage in tea (*Camellia sinensis*) plants. Journal of Plant Physiology 162: 413-419.

Jeyaramraja, P. R., Rajkumar, R. and Jayakumar, D. (2003) Soil moisture stress-induced alterations in bioconstituents determining tea quality. Journal of the Science of Food and Agriculture 83: 1187-1191.

Kirakosyan, A., Seymour, E., Kaufman, P. B., Warbe, S., Bolling, S. and Chang, S. C. (2003) Antioxidant capacity of phenolic extracts from leaves of Crataegus laevigata and *Crataegus monogyna* (Hawthorn) subjected to drought and cold stress. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51: 3973-3976.

Kranner, I., Beckett, R. P., Wornik, S., Zorn, M. and Pfeifhofer, H. W. (2002) Revival of a resurrection

plant correlates with its antioxidant status. The Plant Journal 31: 13-24.

Ksouri, R., Megdiche, W., Debez, A., Falleh, H., Grignon, C. and Abdelly, C. (2007) Salinity effects on polyphenol content and antioxidant activities in leaves of the halophyte *Cakile maritime*. Plant Physiology and Biochemistry 45: 244-249.

Lamaison, J. L. C. and Carnet, A. (1990) Teneurs en principaux flavonoids des fleurs de *Crataegus monogyna* Jacq et de *Crataegus laevigata* (Poiret DC) en fonction de la periode de vegetation. Plant Medicinales et Phytotherapies XXV: 12-16.

Levitt, J. (1980) Responses of plants to environmental stresses. vol. 2, 2nd edition. Academic Press, New York.

Lichtenthaler, H. K. (1987) Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology 148: 350-382.

Luximon-Ramma, A., Bahorun, T., Crozier, A., Zbarsky, V., Datla, K. P., Dexter, D. T and Aruoma, O. I. (2005) Characterization of the antioxidant functions of flavonoids and proanthocyanidins in mauritian black tea. Food Research International 38: 357-367.

Manivannan, P., Jaleel, C., A. and Sankar, B. (2007) Growth, biochemical modifications and proline metabolism in *Helianthus annuus* L. as induced by drought stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 59(2): 141-149.

Mittler, R., Vanderauwera, S., Gollery, M. and Van Breusegem, F. (2004) Reactive oxygen gene network of plants. Trends in Plant Science 9(10): 490-498.

Munné-Bosch, S. and Peñuelas, J. (2004) Drought-induced oxidative stress in strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) growing in mediterranean field conditions. Plant Science 166: 1105-1110.

Nair, A. S., Abraham, T. K. and Jaya, D. S. (2008) Studies on the changes in lipid peroxidation and antioxidants in drought stress induced cowpea (*Vigna unguiculata* L.) varieties. Journal of Environmental Biology 29(5): 689-691.

Nakashima, K., Satoh, R., Kiyosue, T., Yamaguchi-Shinozaki, K. and Shinozaki, K. (1998) A gene encoding proline dehydrogenase is not only induced by proline and hypoosmolarity, but is also developmentally regulated in the reproductive organs of Arabidopsis. Plant Physiology 118: 1233-1241.

Navarro, J. M., Flores, P., Garrido, C. and Martinez, V. (2006) Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at ripening stages, as affected by salinity. Food Chemistry 96: 66-73.

Okhovat, S. and Vakili, D. (1998) Tea (planting and harvesting). Farabi Press, Tehran (in Persian).

Pietta, P. G. (2000) Flavonoids as antioxidants. Journal of Natural Products 63: 1035-1042.

Pirooz, P. and Manouchehri Kalantari, K. (2012) Effect of the heavey metal of chromium on growth, bioaccumulation and oxidative stress induction on shoots of sunflower (*Helianthus annuus*). Iranian Journal of Plant Biology 4(13): 97-114.

Pokorny, J., Yanishlieva, N. and Gordon, M. H. (2001) Antioxidants in food: practical applications. CRC Press, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge.

Pourcel, L., Routaboul, J. M., Cheynier, V., Lepiniec, L. and Debeaujon, I. (2007) Flavonoid oxidation in plants: from biochemical properties to physiological functions. Trends in Plant Science 12(1): 29-36.

Rebey, I., Jabri-Karoui, I., Hamrouni-Sellami, I., Bourgou, S., Limam, F. and Marzouk, B. (2012) Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum*

cyminum L.) seeds. Industrial Crops and Products 36: 238-245.

Schroeder, W. A. and Johnson, E. A. (1995) Singlet oxygen and peroxyl radicals regulate carotenoid biosynthesis in *Phaffia rhodozyma*. Journal of Biological Chemistry 270: 18374-18379.

Singh, S., Anjum, N. A., Khan, N. A. and Nazar R. (2008) Metal-binding peptides and antioxidant defense system in plants: significance in cadmium tolerance. In: Abiotic stress and plant responses (Eds. Khan, N. A. and Singh, S.) 159-189. I.K International Publishing House Pvt. Ltd., New Delhi.

Sofo, A., Dichio, B., Xiloyannis, C. and Masia, A. (2004) Effects of different irradiance levels on some antioxidant enzymes and on malondialdehyde content during rewatering in olive tree. Plant Science 166: 293-30.

Upadhyaya, H. and Panda, S. K. (2004) Responses of *Camellia sinensis* to drought and rehydration. Biologyic Plantarumal 48(4): 597-600.

Volti, S. R., Singh, V. P. and Uprety, P. C. (1998) Chlorophyll and proline as affected by moisture stress in young and mature leaf tissues of *Brassica carinata* hybrids and their plants. Journal of Agronomy and Crop Science 180(2): 123-126.

Study of drought tolerance in selective clones of tea (*Camellia sinensis* L.)

Zahra Masoudian [1], Akbar Norastehnia [1]* and Kourosh Falakroo [2]

[1] Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
[2] Tea Research Institute of Iran, Lahijan, Iran

Abstract

Increasing the activity of antioxidant defense system against harmful agents such as reactive oxygen species, resulting from drought, is a common response in plants. In order to study these responses, the effects of two withholding irrigation in treatments (10 and 20 days) on the progress of the phenolic and flavonoid compounds activity malondialdehyde rate and also the amounts of chlorophyll a, total and carotenoids in three clone of tea (DN, 100 and 258) were investigated. Results showed that the amounts of phenol had the most increase in clones DN and 100 in 20 and 10 day-treatments respectively. However, changes in neither of the treatments had no significant effect in clone 258. The amounts of flavonoid and antioxidant capacity increased in clone DN with 20 day-treatment however; it decreased in clone 258 and stayed constant in clone 100. The most values of proline appeared in 20 day-treatments in all clones. Results of malondialdehyde contents were increased in clones 258 and 100, but it did not change in clone DN. Decreasing in amount of chlorophyll a and total chlorophyll were observed in clones DN and 100 with 20 day-treatments and remained unchanged in clone 258. Carotenoids remained constant in clones and treatments. On the basis of obtained data it seemed that clone DN had more ability against drought and consequently its defense mechanism was excited more than others.

Key words: Non-enzymatic antioxidant, Oxidative stress, Drought stress, *Camellia sinensis*

*Corresponding Author: norasteh@guilan.ac.ir