Archive of SID

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۵ (ص ۵۷۹-۵۷۱) DOI: 10.22059/ijhs.2016.59819

پاسخ برخی توده‌های هندوانه به سطوح مختلف تنش کم‌آبی ناشی از پلی‌اتیلن گلیکول

زهرا محمدزاده[۱] و فروزنده سلطانی[۲*]
۱ و ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۱۳- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۵/۱۶)

چکیده

به‌منظور بررسی پاسخ پنج تودهٔ هندوانه (TN.93.765، TN.93.469، TN.93.485، TN.93.425 و TN.93.330) به تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. این تحقیق در محیط آبکشت (هیدروپونیک) با چهار سطح مختلف پتانسیل اسمزی ناشی از پلی‌اتیلن گلیکول۶۰۰۰ شامل ۰ (شاهد)، ۰/۴-، ۰/۸-، ۱/۲- مگاپاسکال بررسی شد. بر پایهٔ نتایج به‌دست‌آمده در بین توده‌های هندوانه تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. توده‌های TN.93.765 و TN.93.485 کمترین کاهش وزن تر، خشک و سطح برگ و بیشترین میزان رنگیزه‌های نورساختی (فتوسنتزی) را در سطح تنش شدید (۱/۲Mpa-) به خود اختصاص دادند. میزان رنگدانه‌های سبزینه (کلروفیل) و کاروتنوئید با افزایش میزان پتانسیل اسمزی تا سطح ۰/۸- افزایش تدریجی نشان داد اما در سطح تنش ۱/۲- میزان آن‌ها کاهش یافت. در بین توده‌های موردبررسی TN.93.765 از اصفهان و TN.93.485 از خراسان بیشترین مقدار پرولین، فنل کل و ارزش پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) را در سطح تنش شدید به خود اختصاص دادند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان استنباط کرد که این توده‌ها به شرایط تنش خشکی در مقایسه با توده‌های دیگر متحمل‌تر هستند.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل اسمزی، پرولین، ترکیب‌های فنلی، رنگیزهٔ نورساختی، هندوانه.

Response of some watermelon accessions to water deficiency stress induced by poly ethylene glycol

Zahra Mohammadzadeh[1] and Forouzandeh Soltani[2*]
1, 2. Former M. Sc. Student and Assistant Professor, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, 31587, Karaj, Iran
(Received: Jan. 3, 2015 - Accepted: Aug. 7, 2015)

ABSTRACT

In order to study the response of five watermelon accessions (TN.93.765, TN.93.469, TN.93.485, TN.93.425 and TN.93.330) to drought stress an experiment was conducted as factorial experiment in Randomized Completely Block Design with three replications. This research were investigated in hydroponic system with four levels of osmotic potential induced by poly ethylene glycol 6000 (PEG) including 0 as control, -0.4, -0.8 and -1.2 MPa. Based on results among accessions remarkable differences were observed. Accessions of TN.93.765 and TN.93.485 revealed the lowest reduction in fresh and dry weight and leaf area and also the highest amount of photosynthetic pigments at severe stress condition (-1.2 Mpa). Amount of chlorophyll and carotenoid pigments gradually increased with increasing osmotic potential up to -0.8Mpa but reduced at -1.2 Mpa. Accessions of TN.93.765 from Isfahan and TN.93.485 from Khorasan obtained maximum amount of proline, total phenolic compound and antioxidant capacity in severe stress condition. Based on the results we could demonstrate that these accessions were more tolerable to drought stress in comparison with others.

Keywords: osmotic potential, phenolic compound, photosynthetic pigment, proline, watermelon.

* Corresponding author E-mail: soltanyf@ut.ac.ir Tel: +98 919 5548320, +98 26 32248721

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تغییرپذیری آب‌وهوا با توجه به گرم شدن کرهٔ زمین می‌تواند موجب کاهش جدی عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی تولیدی درمناطق مختلف جهان شود. در میان محصولات کشاورزی ازجمله محصولات زراعی و درختان میوه، سبزی‌ها بیشتر در برابر تغییرپذیری آب و هوایی آسیب‌پذیر هستند (Turkes, 1999). هندوانه (*Citrullus lanatus* L.) یکی از محصولات مهم باغبانی است که در مقایسه با دیگر گیاهان جالیزی به آب بیشتری نیاز دارد و به علت دورهٔ رشد طولانی و دمای بالا، مدیریت آبیاری و توجه به آبیاری منظم آن ضروری است (Erdem *et al*., 2001). گیاهان برای کاهش اثرگذاری منفی خشکی از سازوکارهای متنوعی استفاده می‌کنند. چنین سازوکارهایی دامنهٔ گسترده‌ای از سطح یاخته‌ای تا واکنش کلی گیاه را شامل می‌شود. سازوکارهایی مانند کاهش سطح برگ و در مقیاس یاخته‌ای، گیاه تأثیر زیانبار تنش را با افزایش سوخت‌وساز (متابولیسم) و تنظیم پتانسیل اسمزی از راه تجمع مواد آلی و کانی در یاختهٔ خود تنظیم می‌کند (Yamaguchi *et al*., 2002). غلظت اسیدهای آمینه به دنبال تنش آبی افزایش می‌یابد، اما افزایش پرولین در این میان آشکارتر است. از مهم‌ترین نقش‌های فیزیولوژیکی تجمع پرولین در واکنش به کمبود آب، نقش آن به‌عنوان یک مادهٔ تنظیم‌کنندهٔ فشار اسمزی و عامل حفاظت‌کنندهٔ آنزیم‌های سیتوپلاسمی و ساختمانی غشا است (Heuer, 1994). افزون بر این گیاهان می‌توانند با تولید ترکیب‌های پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) مانند ترکیب‌های فنلی و کاروتنوئیدها از ساختارهای یاخته‌ای خود در برابر رادیکال‌های فعال تولیدشده در شرایط تنش محافظت کنند (Bettaieb *et al*., 2010). تجمع پرولین در اثر تنش خشکی در هندوانهٔ وحشی بنا بر تحقیق Zulu (2009) گزارش شده است. در گیاهان خربزه تحت تنش خشکی دیده شده است که آنزیم ساخت (سنتز) پرولین به‌سرعت افزایش می‌یابد و تجمع پرولین در برگ‌ها، تعادل آبی گیاه را با تعدیل اسمزی حفظ می‌کند. معرفی و ترویج کشت رقم‌های مقاوم توسط بررسی‌های اصلاحی می‌تواند یک راه‌حل سودمند برای به کمینه رساندن تأثیر زیانبار تنش خشکی باشد. بررسی‌های مختلفی مربوط به غربالگری توده‌های محلی در هندوانه وجود دارد که برای شناسایی رقم‌های مقاوم این گیاه و معرفی منابع ژنی مناسب برای برنامه‌های اصلاحی کاربرد دارد. در تحقیقی هندوانه‌های وحشی و بومی ترکیه برای تعیین مقاومت به خشکی ارزیابی شدند که پانزده رقم مقاوم و هفده رقم حساس مشخص شد (Karipcin *et al*., 2010). در تحقیق دیگری پاسخ ۶۵ ژنوتیپ هندوانه به تنش خشکی و شوری در مرحلهٔ دانهالی بررسی شد که بر پایهٔ داده‌های ریخت‌شناختی (مرفولوژیکی) و فیزیولوژی ژرم پلاسم‌های هندوانه در سه گروه متحمل، نیمه حساس و حساس طبقه‌بندی شدند (Suyum *et al*., 2012).

در بسیاری از گیاهان برای ایجاد تنش خشکی از نمک پلی‌اتیلن گلیکول استفاده شده است که به علت تحرک نداشتن، غیر یونی و غیر سمی بودن و نبود قابلیت نفوذ آن یک اسمولیت مؤثر و مناسب در مقایسه با دیگر اسمولیت‌ها ازجمله مانیتول، شکر و نمک به شمار می‌آید (Kramer & Boyer, 1995). از پلی‌اتیلن گلیکول برای ایجاد تنش خشکی در بسیاری از تحقیقات ازجمله Zgallai *et al*. (2005)، Kavas *et al*. (2013) و Demir *et al*. (2008) روی گیاهان هندوانه، خربزه و گوجه‌فرنگی استفاده شده است. شدت رخداد تغییرپذیری گونه‌ها و حتی رقم‌های مختلف متفاوت بوده و لازم است در مورد هر گیاه بررسی و تحقیق شود تا در مواقع لازم نسبت به انتخاب گونه‌ها یا رقم‌های مقاوم یا متحمل اقدام کرد. اگرچه تأثیر تنش خشکی بر رشد و عملکرد گیاهان مختلف در طول سال‌های گذشته بررسی شده است ولی تحقیقات کمی در مورد اثرگذاری‌های خشکی بر رقم‌های مختلف هندوانه در ایران انجام شده است. در ایران برخی هندوانه‌ها از گذشته‌های دور به‌صورت دیم و نیمه دیم کشت و کار می‌شده است و رقم‌های متنوعی از این محصول وجود دارد که مصارف مختلفی نیز دارند. به‌طور مثال هندوانه شریف‌آباد مصرف تازه‌خوری و آجیلی دارد و رقم‌های دیگری در مناطق سبزوار، اصفهان، خراسان، زنجان و دیگر مناطق کشت

www.SID.ir

Archive of SID

و کار می‌شوند که بذرهای درشت قرمزرنگ داشته و بیشتر مصرف آجیلی دارند (Ebadi *et al.*, 2013). در این تحقیق از رقم‌های هندوانهٔ آجیلی که به‌صورت سنتی در مناطق خشک و نیمه‌خشک در سالیان متمادی کشت و کار می‌شده، برای بررسی توان تحمل آن‌ها به سطوح مختلف تنش خشکی استفاده شده است و توده‌های مختلف با یکدیگر بر پایهٔ پاسخ‌های مختلف ریخت‌شناختی و فیزیولوژی مقایسه شدند که می‌تواند برای برنامه‌های اصلاحی و یا استفاده به‌عنوان پایه برای پیوند هندوانه بهره‌برداری شوند.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانهٔ سبزی‌کاری پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. در این آزمایش از پنج تودهٔ هندوانهٔ آجیلی (TN.93.765، TN.93.469، TN.93.485، TN.93.425 و TN.93.330) و چهار تیمار تنش کم‌آبی که توسط غلظت‌های متفاوت پلی‌اتیلن گلیکول ایجاد شد شامل ۰ (شاهد بدون تیمار با پلی‌اتیلن گلیکول)، ۰/۴-، ۰/۸- و ۱/۲- مگاپاسکال استفاده شد. معمول‌ترین معادله برای محاسبهٔ روابط بین غلظت، دما و پتانسیل اسمزی، رابطهٔ میشل کافمن به‌صورت زیر است:

$$\psi s = (1/18\times10^{-4})\,C - (-1/18\times10^{-4})\,C^2 + (2/6\times10^{-4})\,CT + (8/39\times10^{-7})\,C^2T$$

که در آن:

Ψs= پتانسیل اسمزی برحسب بار

C= غلظت PEG برحسب گرم در لیتر

T= دمای محیط برحسب سلسیوس

تودهٔ TN.93.765 از اصفهان با بذرهای به نسبت درشت سفیدرنگ با خط حاشیهٔ سیاه و دارای میوه‌ای گرد با رنگ گوشت قرمز، TN.93.469 با میوهٔ گرد و رنگ گوشت زرد و بذرهای سیاه به نسبت درشت از زنجان، TN.93.485 از خراسان دارای میوه‌ای با رنگ گوشت قرمز حاوی بذرهای درشت قهوه‌ای مایل به قرمز از خراسان، TN.93.330 از سبزوار با بذرهای درشت قرمزرنگ و گوشت میوهٔ قرمز و تودهٔ TN.93.425 از بیرجند دارای میوه‌ای با رنگ پوست سبز روشن و رنگ گوشت صورتی با بذرهای قهوه‌ای درشت است. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه با محدودهٔ دمایی ۲۴-۲۵ درجهٔ سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵ درصد انجام شد. پتانسیل‌های موردنظر با استفاده از نمک پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ در سطوح مختلف بنابر روش Michel & Kaufmann (1973) که در بالا بیان شد، ایجاد شد. بر پایهٔ رابطهٔ میزان پتانسیل اسمزی مشخص و در دمای گلخانه میزان C محاسبه و غلظت نمک به‌صورت گرم در لیتر به‌دست آمده و گیاهان با آن تیمار می‌شدند. در این آزمایش بذرها در مخلوط پرلیت و کوکوپیت به نسبت ۱:۱ در گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۱۰ سانتی‌متر کاشته شدند و تغذیهٔ گیاهان با محلول غذایی هوگلند انجام شد. یک ماه پس از رشد گیاهان و در مرحلهٔ ظهور گل نر، تیمار تنش کم‌آبی با محلول پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ به‌صورت تدریجی در سه سطح اسمزی ۰/۴-، ۰/۸- و ۱/۲- مگاپاسکال به مدت ده روز اعمال شد. در پایان آزمایش اندام هوایی و ریشه‌ها برداشت شدند و وزن تر و خشک آن‌ها با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ[1] (DELTA-T DEVICEC LTD, ENGLAND) برحسب سانتی‌متر مربع محاسبه شد. برای اندازه‌گیری رنگدانه‌های نورساختی (فتوسنتزی)، برگ‌های تازه در استن ۸۰درصد همگن (هموژن) شده و با استفاده از طیف‌سنج نوری (اسپکتروفتومتر) خوانده شد (Arnon, 1949). محتوای پرولین با استفاده از روش این هیدرین اسید (Bates *et al.*, 1973) اندازه‌گیری و برآورد شد. سنجش ترکیب‌های فنلی با استخراج فنل برگ توسط اتانول و با استفاده از روش فولین سیو کالتو انجام شد (Chun *et al.*, 2003). ظرفیت پاداکسندگی عصاره‌ها از راه خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۱-۱-دی فنیل ۲-پیکریل هیدرازین) تعیین شد (Abe *et al.*, 1998). داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و مقایسهٔ میانگین‌ها از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

1. Leaf Area meter

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ واریانس نشان داد که در همهٔ صفات به جز وزن تر ریشه، تأثیر سادهٔ سطوح تنش و نوع توده و همچنین اثر متقابل بین توده×تنش اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول۱).

وزن تر و خشک اندام هوایی

در بین توده‌های موردبررسی وزن تر توده‌ها در تیمار شاهد با هم متفاوت و بیشترین میزان آن در دو تودهٔ TN.93.425 (۴۳/۷ گرم) و TN.93.765 (۳۹/۵۳ گرم) مشاهده شد که با اعمال تنش در سطوح مختلف اسمزی روند کاهشی در این شاخص مشاهده شد به‌گونه‌ای که تودهٔ TN.93.330 کمترین وزن معادل ۱۳/۰۷گرم را در سطح تنش شدید (۱/۲- مگاپاسکال) نشان داد. افزون بر وزن تر، وزن خشک اندام هوایی نیز تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت. در گیاهان شاهد، تودهٔ TN.93.425 بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی را داشت و در سطح ۱/۲- مگاپاسکال بیشترین میزان به تودهٔ TN.93.765 اختصاص یافت. افزون بر این، بیشترین کاهش در سطح تنش شدید نسبت به گیاهان شاهد در تودهٔ TN.93.330 به میزان ۶۴درصد مشاهده شد. به همین ترتیب وزن تر و خشک ریشه در توده‌های موردبررسی تحت تأثیر سطوح مختلف پتانسیل اسمزی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌طوری‌که تودهٔ TN.93.485 بیشترین میزان وزن تر (۵گرم) و خشک (۰/۴۲گرم) ریشه را داشت و با افزایش سطوح تنش تا ۱/۲- مگاپاسکال بیشترین کاهش در تودهٔ TN.93.330 دیده شد. فراسنجه‌های وزن تر و خشک در شرایط تنش کم‌آبی تحت تأثیر قرار می‌گیرند که در تحقیقات دیگر نیز به آن اشاره شده است. کاهش زیست‌توده در اثر تنش خشکی در بسیاری از گیاهان مانند خربزه (Kusvuran *et al.*, 2010)، طالبی (Mirabad *et al.*, 2013)، لوبیا (Martinez *et al.*, 2007) و ذرت (Ashraf *et al.*, 2007) مشاهده شده است. تنش کم‌آبی تأثیر معنی‌داری بر زیست‌تودهٔ رقم‌های هندوانه در مقایسه با شرایط کنترل‌شده داشته است (Xie *et al.*, 2006). بر پایهٔ بررسی دیگر نشان داده شد که تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ روی دو کولتیوار خربزه با افزایش آن از ۰/۲- تا ۰/۴- وزن تر و خشک شاخساره و ریشه را نسبت به گیاهان شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش داد (Kavas *et al.*, 2013). کاهش میزان آب در محیط جذب، باعث اختلال در انتقال مواد غذایی لازم برای رشد و تولید نشدن مادهٔ خشک جدید شده درنتیجه کاهش رشد را به دنبال دارد. همچنین کاهش جذب آب از راه ریشه‌ها همراه با کاهش آماس (تورژسانس) یاخته بوده و موجب کاهش تقسیم یاخته‌ای و مهار رشد یاخته‌ای را فراهم می‌کند (Davis & Volkenburg, 1995).

جدول۱. نتایج تجزیهٔ واریانس تأثیر تنش خشکی و توده بر صفات موردارزیابی

Table 1. Variance analysis of the effect of drought stress and accession on the evaluated traits

Source of variation	df	Mean squares										
		Shoot fresh weight	Shoot dry weight	Root fresh weight	Root dry weight	Leaf area	Proline	Total phenol concentration	Total antioxidant capacity	Ch a	Ch b	Carotenoid
Accession	4	37.01**	0.93**	9.48**	0.12**	18246408.7**	37.40**	1862.9**	607.33**	16.24**	3.46*	2.35**
Stress	3	531.90**	3.35**	0.37^{ns}	0.033**	35441788.4**	58.55**	5817.7**	3976.1**	2.18**	10.27**	0.31**
Accession × Stress	12	169.02**	1.18**	2.23**	0.029**	1422407.4**	6.87**	143**	210.29**	7.84**	17.60**	1.36**
Error	40	2.11	0.001	0.86	0.0001	591780.0	0.014	17.13	0.86	0.005	1.69	0.002
C.V. (%)		5.63	1.21	23.25	5.21	8.29	3.25	6.93	3.95	1.49	6.21	2.68

ns,* and **: Non significant, significant at 5 and 1% levels of probability, respectively. ns، ** و *: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

Ch a: Chlorophyll a, Ch b: Chlorophyll b.

سطح برگ

با توجه به جدول ۲ بیشترین و کمترین سطح برگ در سطح شاهد به ترتیب در توده‌های TN.93.765 و TN.93.330 مشاهده شد و به موازات اعمال تنش خشکی در همهٔ توده‌ها سطح برگ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت به‌گونه‌ای که تودهٔ TN.93.330 کمترین سطح برگ را در ۱/۲- مگاپاسکال نشان داد، همچنین ازنظر آماری در این سطح تودهٔ TN.93.469 نیز کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

زیادی داشته است. یکی از پاسخ‌های مهم گیاه به تنش خشکی، کاهش سطح برگ است. بر پایهٔ گزارش‌های موجود در اثر تنش کم‌آبی، سطح کل برگ در بسیاری از گیاهان مانند هندوانه (Suyum *et al.*, 2012)، خربزه (Kusvuran, 2010) و برنج (Cabuslay *et al.*, 2002) به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. افزایش سطح برگ به آماس برگ، دما و عامل‌های رشد بستگی دارد که همهٔ آن‌ها تحت تأثیر میزان تنش خشکی قرار می‌گیرند (Margarita *et al.*, 2002).

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین صفات موردبررسی در پنج تودهٔ هندوانه تحت تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی ناشی از PEG

Table 2. Mean comparison of studied traits on five watermelon accessions under different levels of drought stress induced by PEG

Accession	Osmotic potential level (mPa)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Root fresh weight (g)	Root dry weight (g)	Leaf area (mm^2)	Chloroghyll a	Chloroghyll b	Carotenoied
TN.93.469	0	30.73 de	2.94c	3.47cdef	0.20g	10171.53cde	4.36j	2.3gh	1.11m
	-0.4	26.05 f	2.14j	3.40bcdef	0.20g	9040.30efghi	4.52i	4.86bcde	1.27k
	-0.8	21g	1.97k	3.23def	0.17i	7804.37hij	6.54d	5.92abcd	2.26d
	-1.2	15.4hi	1.16o	2.72f	0.13j	7007.13jk	3.27m	1.83gh	1.16l
TN.93.425	0	43.7a	3.51a	3.83bcdef	0.27e	12455.07b	4.51i	2.10gh	1.36j
	-0.4	16.73 h	1.36m	3.33cdef	0.25e	11123.90c	4.76h	3.83defg	2.16e
	-0.8	27.83f	2.16j	3.20cdef	0.20g	9090.00efgh	6.71c	6.06abc	2.55c
	-1.2	16.5h	1.33m	2.45f	0.14j	8999.57efgh	4.14k	2.08gh	1.54i
TN.93.485	0	33.63c	2.75e	5.00ab	0.42a	10802.37cd	5.08g	6.82ab	2.14e
	-0.4	26.47f	2.63f	5.01ab	0.33c	9471.17defg	5/93e	3.06efgh	1.76g
	-0.8	26.4f	2.34i	5.03ab	0.38b	7961.47ij	7/70a	8.01a	2.65b
	-1.2	16.3hi	1.53l	4.62bcde	0.31d	7982.40ij	5/48f	2.92abc	1.64h
TN.93.330	0	32.87 cd	2.55g	2.93ef	0.18hi	9540.37def	3/52l	1.85gh	1.05m
	-0.4	28.33 ef	2.41h	2.50f	0.17hi	8114.80fghi	2/02n	1.27h	0.78n
	-0.8	19.37 g	1.26n	2.50f	0.10k	7607.87ijk	1/77o	1.21h	0.69o
	-1.2	13.07j	0.9o	2.48f	0.10k	6241.97k	1/70o	1.18h	0.48o
TN.93.765	0	39.53 b	2.56g	3.90bcdef	0.34c	13883.13a	4/74h	4.55cdef	1.74g
	-0.4	30.57de	2.99b	3.83bcdef	0.3d	9238.38efgh	5.18g	2.76efgh	2.04f
	-0.8	28.23 ef	2.83d	3.82bcdef	0.27ef	10087.07cd	7.42b	6.68efgh	2.99a
	-1.2	20.67g	1.96k	3.70cdef	0.23e	10083.3cd	4.24k	2.45fgh	1.63h

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر میانگین‌هایی با اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ است.

Different letters in each column show significant differences at P<0.01.

محتوای سبزینه و کاروتنوئید

تغییرپذیری رنگدانه‌های نورساختی توده‌های هندوانه به سطوح مختلف تنش متفاوت بود. این موضوع گویای آن است که تیمارهای مختلف تنش خشکی تأثیر متفاوتی بر هرکدام از توده‌های هندوانه داشته است. با افزایش سطوح پتانسیل اسمزی تا ۰/۸- مگاپاسکال به‌تدریج بر محتوای رنگیزه‌های نورساختی توده‌ها افزوده شد اما با شدیدتر شدن تنش یعنی در سطح ۱/۲- مگاپاسکال از میزان آن‌ها کاسته شد. از این نظر بیشترین میزان سبزینهٔ (کلروفیل) a در سطح ۰/۸- در تودهٔ TN.93.485 یافت شد درحالی‌که کمترین مقدار آن با شدیدتر شدن سطح تنش در تودهٔ TN.93.330 (۱/۷۰میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) دیده شد. همچنین بیشترین مقدار سبزینهٔ b در سطوح ۰/۴- و ۰/۸- مگاپاسکال به ترتیب در توده‌های TN.93.469 (۴/۸۶ mg/g FW) و TN.93.485 (۸/۰۱) مشاهده شد. در برابر در بالاترین سطح تنش (۱/۲- مگاپاسکال) تودهٔ TN.93.330 به‌طور میانگین بیشترین کاهش (۸۵درصد) را نسبت به شاهد نشان داد. به همین ترتیب، بیشترین میزان کاروتنوئید در سطح شاهد در تودهٔ TN.93.485 و کمترین میزان در TN.93.330 مشاهده شد که با اعمال تنش تا ۰/۸- مگا پاسکال میزان کاروتنوئید به‌ویژه در تودهٔ TN.93.765 افزایش شایان‌توجه ۴۱ درصدی در این توده مشاهده شد. در برابر در سطح ۱/۲- مگاپاسکال مقداری از میزان آن کاسته شد که بیشترین کاهش را تودهٔ TN.93.330 نشان داد (جدول۲). کاهش مقدار سبزینه در اثر تنش خشکی در گیاهان مختلف ازجمله خربزه (Kusvuran *et al.*, 2010)، طالبی (Mirabad *et al.*, 2013) و کدوتنبل (Yasar *et al.*, 2014) گزارش

www.SID.ir

Archive of SID

شده است. گزارش‌هایی نیز نشان می‌دهد که میزان سبزینه و کاروتنوئید در شرایط تنش خشکی کاهش نیافته و حتی در غلظت‌های کم و متوسط تنش افزایش یافته است (Estill *et al*., 1991; Hamdani *et al*., 2011). در یک تحقیق روی برنج مشخص شد که در رقم‌های متحمل به خشکی محتوای سبزینه افزایش می‌یابد درحالی‌که در رقم‌های حساس میزان آن کاهش می‌یابد (Sikuku *et al*., 2010). افزایش میزان کاروتنوئید نیز در شرایط تنش می‌تواند ناشی از نقش حفاظتی این رنگیزه‌ها باشد. بااین‌حال مشخص شده است که کاروتنوئیدها ممکن است در تنش‌های شدید به سرعت تخریب شده و نتوانند به مدت طولانی گیاه را در برابر آسیب اکسایشی محافظت کنند (Young & Britton, 1990). با توجه به نتایج آزمایش در سطوح متوسط تنش به دلیل اینکه تنش به‌صورت تدریجی به گیاه اعمال شده، موجب افزایش میزان رنگیزه‌های نورساختی و بهبود وضعیت گیاه شده است درحالی‌که تنش شدید موجب کاهش این شاخص‌ها شد.

میزان پرولین

همراه با آغاز تنش، میزان پرولین در همهٔ توده‌ها روند افزایشی و معنی‌داری (در سطح ۱درصد) نشان داد که این افزایش در سطح تنش شدید (۱/۲- مگاپاسکال) قابل‌توجه بود. کمترین میزان پرولین در سطح شاهد در تودهٔ TN.93.330 (۱/۰۸ mmol/gFW) و TN.93.469 (۲/۱۴ mmol/g FW) مشاهده شد که با افزایش سطوح اسمزی بر میزان آن افزوده شد به‌گونه‌ای که تودهٔ TN.93.765 در بالاترین سطح تنش افزایش چشمگیری در حدود ۳/۸۴ برابر نسبت به شاهد نشان داد (شکل۱). افزایش میزان پرولین در اثر تنش خشکی در دیگر تحقیقات نیز گزارش شده است. افزایش تجمع پرولین در گوجه‌فرنگی تحت تنش خشکی ناشی از PEG، ده برابر گیاهان شاهد گزارش شده است (Zgallai *et al*., 2005). در خربزه تحت تنش خشکی، آنزیم ساخت پرولین به‌سرعت بیان می‌شود و تجمع پرولین در برگ‌ها نیاز آبی گیاه را از راه تعدیل اسمزی حفظ می‌کند (Foyer *et al*., 1998). ساخت پرولین در برگ‌های بادمجان با کاهش آب به‌شدت افزایش یافت به‌طوری‌که در تنش شدید آبی، میزان آن ۵۱/۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر در مقایسه با میزان ۰/۴۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر اولیه بود (Sarker *et al*., 2005).

میزان فنل کل

بر پایهٔ نتایج به‌دست‌آمده، تجمع ترکیب‌های فنلی تحت تأثیر تنش خشکی الگوی همسانی را با میزان پرولین نشان داد. به‌طوری‌که محتوای فنل کل توده‌ها در سطح شاهد در محدوده ۴۸/۶- ۲۵/۴ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن تازهٔ برگ بود که تا ۹۷/۶- ۶۰/۲ میلی‌گرم بر گرم در بالاترین غلظت PEG (۱/۲- مگاپاسکال) افزایش یافت. با توجه به شکل ۲ تنوع بالایی در میزان فنل کل بین توده‌ها دیده شد که بیشترین افزایش در میزان محتوای فنلی در تودهٔ TN.93.485و سپس در توده‌های TN.93.425 و TN.93.765 در سطح ۱/۲- مگاپاسکال نسبت به شاهد دیده شد و کمترین میزان آن نسبت به شاهد در توده‌های TN.93.330 و TN.93.496 مشاهده شد. این نتایج با گزارش‌های Gonzalez *et al*. (1989) و Peterlunger *et al*. (2000) همسو بود. در هر دو بررسی افزایش چند برابری ترکیب‌های فنولی در گیاه انگور تحت تنش کم‌آبی مشاهده شد.

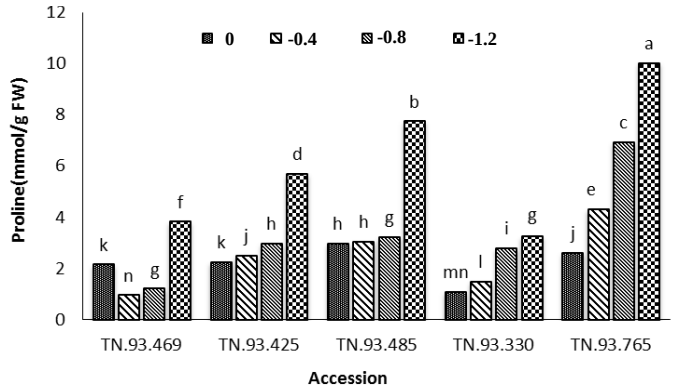
ظرفیت پاداکسندگی کل

میزان مهار فعالیت رادیکال آزاد در این بررسی با افزایش تنش خشکی افزایش معنی‌داری پیدا کرد. شکل ۳ میزان پاداکسندهٔ کل توده‌ها را نشان می‌دهد و در این شکل تودهٔ TN.93.485 با ۱۴/۰۷ درصد دارای بالاترین فعالیت پاداکسندگی و تودهٔ TN.93.330 با ۲/۶۶ درصد دارای کمترین محتوای پاداکسندگی بنابر داده‌های حاصل از گیاهان شاهد را داشتند. با کاربرد پلی‌اتیلن گلیکول در سطوح مختلف به‌عنوان تنش خشکی فعالیت پاداکسندگی در همهٔ توده‌ها افزایش یافت که بیشترین فعالیت آن در بالاترین غلظت پلی‌اتیلن گلیکول (۱/۲MPa-) در توده‌های TN.93.485 وTN.93.765 به ترتیب به میزان ۶۵/۶۳ و ۵۸/۲۷ درصد مشاهده شد. همچنین در این زمینه گزارش شده که فعالیت پاداکسندگی در شرایط تنش خشکی در شاهی (Ahmed

www.SID.ir

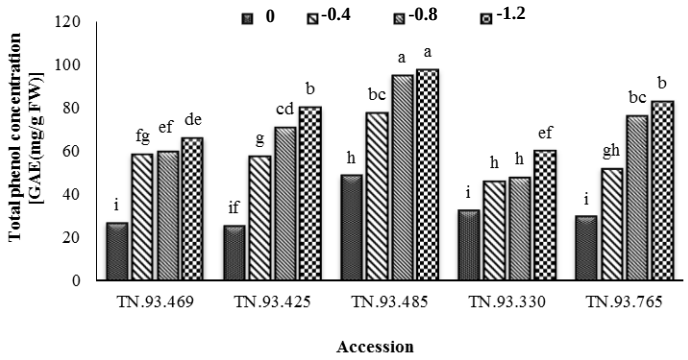
Archive of SID

(Habibi *et al.*, 2004) و آفتابگردان (*et al.*, 2012) افزایش می‌یابد. در بسیاری از گیاهان برای کاهش تأثیر زیانبار رادیکال‌های آزاد ناشی از تنش، سامانهٔ پاداکسندگی فعال می‌شود. به‌این‌ترتیب بنابر نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، با افزایش سطح تنش فعالیت پاداکسندگی گیاهان نیز افزایش می‌یابد.



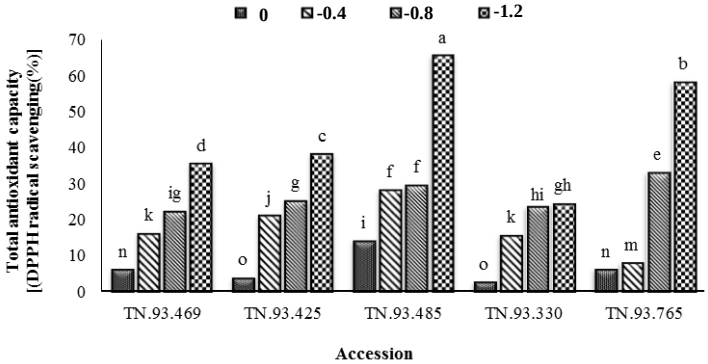
شکل ۱. میانگین پرولین توده‌های هندوانه در سطوح مختلف تنش خشکی ناشی از PEG

Figure 1. Means proline means of Watermelon accessions at different levels of drought stress by PEG



شکل ۲. میانگین ترکیب‌های فنلی کل توده‌های هندوانه در سطوح مختلف تنش خشکی ناشی از PEG

Figure 2. Total phenolic compounds means of Watermelon accessions at different levels of drought stress by PEG



شکل ۳. میانگین ظرفیت پاداکسندگی کل توده‌های هندوانه در سطوح مختلف تنش خشکی ناشی از PEG

Figure 3. Total antioxidant capacity means in Watermelon accessions at different levels of drought stress by PEG

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق توده‌های مورداستفاده از مناطق مختلف با شرایط اقلیمی متفاوت گردآوری شده بودند و بذرهای درشت و به نسبت درشت داشتند که ازنظر مصرف گوشت میوه و بذر در کشور موردتوجه هستند. انتظار می‌رفت که برخی از توده‌ها مانند TN.94.330 و TN.94.425 به‌ترتیب از سبزوار و بیرجند با مصرف آجیلی نسبت به تنش کم‌آبی متحمل باشند اما به‌رغم

www.SID.ir

Archive of SID

شرایط اقلیمی منطقهٔ گردآوری‌شدهٔ توده‌ها حساس‌تر از انواع دیگر بودند. این امر نشان‌دهندهٔ آن است که قابلیت و ظرفیت واقعی توده‌ها را نمی‌توان بر پایهٔ پراکنش جغرافیایی داوری کرد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق مشاهده شد که تنش خشکی ناشی از نمک پلی‌اتیلن گلیکول موجب کاهش برخی صفات ریخت‌شناختی مانند سطح برگ، وزن تر و خشک شاخساره و ریشهٔ توده‌های هندوانه شد. افزایش میزان رنگیزه‌های سبزینه و کاروتنوئید در سطوح متوسط تنش نسبت به سطح شاهد مشاهده شد. به دلیل اینکه تنش به‌صورت تدریجی به گیاه اعمال‌شده تا حدودی باعث بهبود وضعیت گیاه در این شرایط شده بود درحالی‌که در سطح تنش شدید این شاخص‌ها کاهش یافتند. در این تحقیق میزان ترکیب‌های فنولی و میزان پرولین در شرایط تنش متوسط و بالا در توده‌های TN.93.765 و TN.93.485 افزایش یافت که می‌توان این توده‌ها را متحمل به شمار آورد و از این منابع ژنتیکی در برنامه‌های اصلاحی و یا کاربرد به شکل پایه برای رقم‌های تجارتی هندوانه استفاده کرد. با توجه به پاسخ‌های متفاوت توده‌ها ضروری است توده‌های بیشتری از مناطق دیگر برای بررسی و ارزیابی به تنش خشکی گردآوری و از روش‌های مولکولی دقیق برای تأیید مقاومت یا حساسیت آن‌ها استفاده شود.

REFERENCES

1. Abe, N., Murata, T. & Hirota, A. (1998). Novel 1, 1-diphenyl-2-picryhy- drazyl- radical scavengers, bisorbicillin and demethyltrichodimerol, from a fungus. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 62, 661-662.
2. Ahmed, A.R., Gabr, A.M.M., AL-Sayed, H.M. & Smetanska, I. (2012). Effect of Drought and Salinity Stress on Total Phenolic, Flavonoids and Flavonols Contents and Antioxidant Activity in in vitro Sprout cultures of Garden cress (*Lepidium sativum*). *Journal of Applied Sciences Research,* 8(8), 3934-3942.
3. Arnon, D.T. (1949). Copper enzymes in isolation chloroplast phenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24, 1-15.
4. Ashraf, M., Nawazish, SH. & Athar, H. (2007). Are chlorophyll fluorescence and photosynthetic capacity potential physiological determinants of drought tolerance in maize (*Zea mays* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 39, 1123-1131.
5. Bates, L.S., Waldren, R.P. & Tevre, I. V. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil*, 39, 205- 207.
6. Bettaieb, I., Hamrouni-Sellami, I., Bourgou, S., Limam, F. & Marzouk, B. (2011). Drought effects on polyphenol composition and antioxidant activities in aerial parts of *Salvia officinalis* L. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33(4), 1103-1111.
7. Cabuslay, G.S., Ito, O. & Alejar, A.A. (2002). Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa L.*) to coater deficit. *Plant Science*, 163, 815-827.
8. Davis, W. J. & Volkenburg, E. (1995). The influence of water deficit on the factors controlling the daily pattern of growth of Bean. *Journal of Experimental Botany*, 54, 987-999.
9. Demir, I. & Mavi, K.(2008). Effect of salt and osmotic stresses on the germination of pepper seeds of different maturation stages. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51(5), 897-902.
10. Ebadi, M., Soltani, F. & Mostoufi, Y. (2013). *Evaluation of genetic diversity of watermelon accessions (Citrullus lanatus L.) by morphological and molecular markers and study on storage life of some accessions*, M.Sc. thesis, University of Tehran, Iran.
11. Erdem Y., Yuksel, AN. & Orta, AH. (2001) .The effects of defiect irrigation on watermelon yield, water use, and quality characteristics. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4(7), 785-78
12. Estill, K., Delaney, R.H., Smith, W.K., Ditterline, R.L. (1991). Water relations and productivity of alfalfa leaf chlorophyll variants, *Crop Science*, 31, 1229-1233.
13. Foyer, C. H., Valadier, M., Migge, A. & Becker, T. (1998). Drought-induced effects on nitrate reductase fruit quality of melon cultivars (*Cucumis melo* L.). *Iranian Journal of Agricultural Science*, 29(3), 619-626.
14. Gonzalez, M.L. (1989). *Comportamin to de compuestos de metabolismosecandario en lumaduracian de La uva de Vitis vinifera L*. Ph.D. Thesis. Universidad Autonoma de Madrid.
15. Habibi, D., Boojar, M.M.A., Mahmoudi,A., Ardakani, M.R. &Taleghani, D.F. (2004). Antioxidative enzymes in sunflower subjected to drought stress. In: Proceeding of *the 4th International Crop Science Congress*, 26 Sep.-10 Oct, Brisbane, Australia,pp. 357-362

www.SID.ir

Archive of SID

16. Hamdani, Gauthier, S., Msilini, A., Carpentier, N. R. (2011). Positive charges of polyamines protect PSII in isolated thylakoid membranes during photoinhibitory conditions, *Plant Cell Physiology*, 52, 866-873.
17. Heuer, B. (1994). Osmoregulatory role of proline in water-and salt -stressed plants. (Pp, 363-481). In: M. Pessarakli (Ed.), *Handbook of Plant and Crop Stress*. Marcel Dekker pub., New York.
18. Karipcin, Z.M., Sari, N. & Kirnak, H. (2010). Effects of drought on yield and pomological features of Wild and domestic Turkish watermelon genotypes. *Acta Horticulture*, 871, 259-266.
19. Kavas, M., Cengiz, M. & Akca, O. (2013). Effect of drought stress on oxidative damage and antioxidant enzyme activity in melon seedlings. *Turkish Journal of Biology*, 37, 491-498.
20. Kramer, P. J. & Boyer, J. S. (1995). *Water relation of plant and soil*. Academic Press. San Diego, USA. PP 1495.
21. Kusvuran, S. (2010). *Relationships between physiological mechanisms of tolerances to drought and salinity in melons*. Ph.D. thesis, Department of Horticulture Institute of Natural and Applied Sciences University of Çukurova, Turkey.
22. Margarita, M., Crosby, K. M. & Eliezer, S. (2002). Differential gene expression analysis in melon roots under drought stress conditions. *Subtropical Plant Science*, 54, 6-10.
23. Martinez, J.P., Silva, H., Ledent, J.F. & Pinto, M. (2007). Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell Volume of six cultivars of common beans. *Journal of Agronomy*, 26, 30-38.
24. Michel, B.F. & Kaufmann, M.R. (1973). The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 57, 914-916.
25. Mirabad, A. H., Lotfi, A & Roozban, M.R. (2013). Impact of Water-Deficit Stress on Growth, Yield and Sugar Content of Cantaloupe (*Cucumis melo* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(22), 2778-2782.
26. Peterlunger, E., Siviloti, P., Celoti, E. & Zironi, R. (2000).Water stress and polyphenolic quality in red grapes.*6th International symposium on grapevine physiology and biotechnology*, Heraklion, Greece.
27. Sarker, B.C., Hara, M. & Uemura, M. (2005). Proline synthesis, physiological responses and biomass yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress, *Scientia Horticulturae*, 130, 387-402.
28. Sikuku, P. A., Netondo, G. W., Onyango, J. C. & Musyimi, D. M. (2010). Chlorophyll fluorescence, protein and chlorophyll content of three Nericarainfed rice varieties under varying irrigation regimes. *Journal of Agricultural Science*, 5, 19-25.
29. Suyum, K., Dasgan, H. Y., Sari, N. & Kusvuran, S. (2012). Genotypic variation in the response of watermelon genotypes to salinity and drought stresses. In: Proceedings of *the 15th National Vegetable* Symposium. Konya-Turkey.pp.225-230.
30. Turkes, M. (1999). Vulnerability of Turkey to desertification with respect to precipitation and aridity conditions. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 23, 363-380.
31. Xie, Z., Wang, Y., Jiang, W. & Wei, X. (2006). Evaporation and evapotranspiration in a watermelon field mulched with gravel of different sizes in northwest China. *Agricultural Water Management*, 81, 173-184.
32. Yamaguchi-Shinozaki, K., Kasuga, M., Liu, Q., Nakashima, K., Sakuma, Y., Abe, H., Shinwari, Z.K., Seki, M. & Shinozaki, K. (2002). Biological mechanisms of drought stress response. *JIRCAS Working Report*, 23, 1-8.
33. Yasar, F., Uzal, O., Kose, S., Yasar, O. & Ellialtioglu, S. (2014). Enzyme activities of certain pumpkin (*Cucurbita* spp) species under drought stress. *Fresenius Environmental Bulletion*, 23(4), 1093-1099.
34. Young, A. & Britton, G. (1990). *Carotenoids and stress. In: Alscher RG, Cummings JR (Ed) Stress responses in plants: adaptation and acclimation mechanisms*. (pp. 87-112) Wiley-Liss, NY.
35. Zgallai, H., Steppe, K. & Lemeur, R. (2005). Photosynthetic, Physiological and Biochemical Responses of Tomato Plants to Polyethylene Glycol Induced water deficit. *Journal of Integrative Plant Biology*, 47, 1470-1478.
36. Zulu, NS. (2009). *Wild watermelon (Citrullus lanatus L.) landrace production in response to three seedling growth media and field planting dates*. M.Sc. thesis. Faculty of Agriculture KwaZulu-Nata University, Pietermaritzburg.

www.SID.ir