تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد یازدهم، شماره سوم، پائیز ۱۳۹۷
۶۷۴-۶۶۱
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2017.720.1146

تأثیر سطوح آبیاری و محلول‌پاشی (سولفات روی، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک) بر خصوصیات رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.)

امین فتحی[۱]، صادق بهامین[۲*]
۱. باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد آیت‌الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.
۲. دانشجوی دکتری آگرواکولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد.

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۳/۰۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۶/۰۴

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات سطوح آبیاری و محلول‌پاشی (سولفات روی، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک) بر روی چای ترش آزمایشی در سال ۱۳۹۲ در مزرعه‌ای در سرابله از توابع شهرستان سیروان واقع در استان ایلام در قالب طرح بلوک کامل تصادفی به‌صورت اسپلیت پلات با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل عامل اصلی آبیاری با سه سطح ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A و عامل فرعی محلول‌پاشی با چهار سطح شامل اسید هیومیک، سولفات روی، اسید سالیسیلیک و شاهد بودند. نتایج به‌دست‌آمده در تیمار سطوح آبیاری نشان داد که بیشترین تعداد میوه در بوته در تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر به میزان ۵۶/۳۴ و کمترین تعداد میوه در بوته در تیمار ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر به میزان ۴۵/۲۷ به دست آمد. با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بیشترین میزان آنتوسیانین به میزان ۰/۲۶ (میکروگرم بر میلی‌لیتر) و کمترین میزان هم در حالت عدم محلول‌پاشی (شاهد) به میزان ۰/۲ (میکروگرم بر میلی‌لیتر) به دست آمد. نتایج به‌دست‌آمده در تیمار آبیاری نشان داد که بیشترین اسانس در تیمار ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر به میزان ۲/۲۱ درصد و کمترین اسانس در تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر به میزان ۱/۹۸ درصد به دست آمد. به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشـان داد تنش خشکی سبب کاهش عملکرد کمی و کیفی در چای ترش می‌شود. همچنین استفاده از محلول‌پاشی (اسید سالیسیلیک و سولفات روی و اسید هیومیک) در بهبود اثرات تنش خشکی و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی چای ترش نقش بسزایی دارد. محلول‌پاشی سولفات روی به‌عنوان بهترین تیمار برای افزایش اسانس مشخص شد، از طرف دیگر سالیسیلیک اسید بیشترین تأثیر را بر افزایش وزن میوه داشت ولی ازآنجاکه اختلاف معنی‌داری با سولفات روی نداشت، لذا سولفات روی به‌عنوان بهترین تیمار مشخص شد.

***واژه‌های کلیدی*: آنتوسیانین، تنش کم آبی، سرعت رشد محصول، طول گل‌آذین، وزن خشک کاسبرگ.**

مقدمه

چای ترش با نام علمی *Hibiscus sabdariffa* از خانواده ختمی (Malvaceae) است و بومی آفریقا بوده و در تمامی مناطق استوایی و گرم کشت می‌شود. چای ترش گیاهی یک‌ساله، روزکوتاه و خودگشن است. این گیاه که به سرما و یخبندان خیلی حساس است، گیاهی دومنظوره بوده و اجزای مختلف آن مورداستفاده قرار می‌گیرد. به‌طورکلی در بسیاری از کشورها، کاسبرگ این گیاه به دلیل خواص دارویی و همچنین در صنایع غذایی استفاده می‌شود و الیاف و چوب آن در تولید خمیرکاغذ مورداستفاده قرار می‌گیرد (Duke, 2006).

در بین عوامل بازدارنده محیطی بر رشد و عملکرد گیاهان، خشکی مهم‌ترین عامل کاهش تولید بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود (Fathi and Tari, 2016; Mohammadkhani and Heidari, 2007). کاشت گیاهان مقاوم به خشکی، به‌منظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک ازجمله اقدامات مؤثر برای افزایش بازدهی مصرف آبیاری و درنتیجه بهبود

* نگارنده پاسخگو: صادق بهامین. پست الکترونیک: bahamin.sadegh@mail.um.ac.ir

بهره‌برداری از منابع محدود آب کشور است (Seghatoleslami et al., 2013). امروزه کشت گیاهان مقاوم به خشکی به‌عنوان راهکاری برای مقابله با خشکی مطرح شده است (Jaberi et al., 2015).

محققان در آزمایشی بر روی چای ترش با ۵ دور آبیاری ۳، ۵، ۷، ۹ و ۱۱ روز گزارش کردند با افزایش عمق آب آبیاری عملکرد افزایش پیدا کرد و بالاترین عملکرد کاسبرگ ۶۸۲ کیلوگرم در هکتار را از آبیاری هر هفته یک‌بار بود (Babatunde and Mofoke, 2006). پژوهشگران در یک آزمایش برای تعیین مناسب‌ترین برنامه آبیاری برای حداکثر راندمان مصرف آب در چای ترش در مصر گزارش کردند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد شاخه‌های چای ترش و کاهش تراکم بوته وجود داشت. کمترین ارتفاع گیاه زمانی که آبیاری بر اساس ۸۰٪ تبخیر و تعرق و در تراکم بالا ۸۴۰۰۰ بوته در هکتار به دست آمد و همچنین بالاترین عملکرد کاسبرگ تر و خشک از تیمار آبیاری بر اساس ۱۰۰٪ تبخیر و تعرق و تراکم ۲۸۰۰۰ بوته در هکتار، ۵۳۱۹ و ۶۹۵۲ در هر دو فصل و خشک ۱۰۵۷ و ۱۲۱۴ کیلوگرم در هکتار بود (EL-Boraie et al., 2009).

اسید سالیسیلیک نقش محوری در تنظیم فرایندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد، تکامل گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه‌زنی با توجه به غلظت بکار رفته، گیاه، گونه، دوره رشدی و شرایط محیطی ایفا می‌کند (Karami Chame et al., 2016). این ماده همچنین به‌عنوان یک معرف مولکولی مهم در نوسان‌های گیاهی در پاسخ به تنش‌های محیطی شناخته شده است (Senaratna et al., 2000). کاربرد اسید سالیسیلیک سبب افزایش تحمل گیاه مرزه نسبت به تنش خشکی شده و اثر کمبود آب را تعدیل و همچنین برخی از پارامترهای رشدی را افزایش داده است (Yazdanpanah et al., 2011). اسید سالیسیلیک از طریق تولید هورمون‌هایی چون ایندول استیک اسید و آبسیزیک اسید باعث افزایش رشد گیاهان، عملکرد و اجزای عملکرد می‌شود (Shakirova, 2003). محققان گزارش کردند که اثر مثبت اسید سالیسیلیک بر خصوصیات رشدی، بیشتر ناشی از تغییرات مورفو-فیزیولوژیکی است که جذب آب و مواد غذایی را افزایش می‌دهد (Taheri Oshtrinani and Fathi, 2016). دولت‌آبادیان و همکاران (Dolatabadian et al., 2008) بیان کردند که اسید سالیسیلیک می‌تواند نقش مهمی در ایجاد مقاومت به تنش‌های محیطی ایفا کند. اسید سالیسیلیک یک تنظیم‌کننده‌ی رشد درونی از گروه ترکیبات فنولی طبیعی است که در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه نقش دارد که القای گل‌دهی، رشد و نمو، سنتز اتیلن، تأثیر در باز و بسته شدن روزنه‌ها و تنفس از نقش‌های مهم اسید سالیسیلیک بشمار می‌رود (Karami chame et al., 2016; Shakirova, 2003). تحقیقات نشان داده است که احتمالاً اسید سالیسیلیک از طریق اثر بر بیوسنتز اتیلن باعث مقاومت گیاه نسبت به تنش‌های محیطی می‌شود. اسید سالیسیلیک با افزایش دادن مقاومت به تنش از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌ها برای مقابله با تنش عمل می‌کنند و این امر منجر به افزایش اجزای عملکرد و به‌تبع آن افزایش عملکرد دانه بابونه آلمانی می‌گردد (Svehlikova et al., 2003).

رشد و نمو گیاهان علاوه بر فراهمی عناصر پرمصرف بستگی به فراهمی عناصر کم‌مصرف دارد. با توجه به نقش روی (Zn) در فعالیت آنزیمی گیاه، عرضه این عنصر از طریق محلول‌پاشی می‌تواند تأثیر بسزایی در کیفیت و کمیت تولید محصولات داشته باشد. روی از عناصر کم‌مصرف است که برای رشد طبیعی و تولیدمثل گیاهان ضروری است و در ساختمان پروتئین‌ها و هورمون‌های گیاهی مانند اکسین به کار می‌رود (Alloway, 2004). افزایش عملکرد در اثر عنصر روی می‌تواند به دلیل افزایش بیوسنتز اکسین، افزایش فتوسنتز درنتیجه افزایش غلظت کلروفیل، مخصوصاً کلروفیل a و نیز افزایش فعالیت فسفوانول پیروات کربوکسیلاز و ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز و کاهش تجمع عنصر سدیم در بافت‌های گیاهی و نیز افزایش کارایی جذب ازت و فسفر و افزوده شدن بر میزان آهن و منگنز و نقش مثبت آن‌ها در فتوسیستم‌های I و II و تأثیر بر سایر فعالیت‌های متابولیسمی گیاه باشد (Chakmak, 2000). پژوهشگران با استفاده از سطوح مختلف مصرف سولفات روی در شوید مشاهده کردند که مصرف سولفات روی عملکرد را به میزان قابل‌توجهی افزایش می‌دهد و سبب غنی شدن دانه می‌گردد (Mir Ansari et al., 2015). در تحقیقی بر روی گیاه گشنیز بیان شد که مصرف کود سولفات روی موجب افزایش عملکرد شاخه و برگ نسبت به تیمار شاهد شده است، به‌طوری‌که با مصرف سولفات روی عملکرد شاخه و برگ به میزان ۵/۸۶ گرم و در تیمار شاهد به میزان ۵/۰۸ گرم به دست آمد که بین این دو تیمار اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت (Bagheri-Kholenjany, 2010).

اسید هیومیک با اصلاح فیزیکی و بهبود دانه‌بندی خاک فضای بیشتری برای نفوذ ایجاد می‌کند. به‌علاوه، مولکول‌های اسید هیومیک با مولکول‌های آب پیوندی تشکیل می‌دهند که تا حدود زیادی مانع تبخیر می‌شود (Delfine et al., 2005). همچنین اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو، سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود (Delfine et al., 2005). محققان در پژوهشی بیان کردند که اسید هیومیک از عوامل محرک رشد رویشی، بهبود رشد زایشی و افزایش عملکرد کمی و کیفی در گیاه است، اسید هیومیک با بهبود اجزای عملکرد دانه سبب افزایش عملکرد گل و دانه در گیاه چای ترش شد (Heidari, M., Khahlili, 2014).

با توجه به اینکه هنوز آزمایش‌های گسترده‌ای در این زمینه روی چای ترش در ایران انجام نشده است، لذا تحقیق حاضر برای بررسی تأثیر محلول‌پاشی مواد مختلف که اثرات منفی تنش خشکی را کاهش می‌دهد، انجام شد؛ بنابراین، هدف این پژوهش بررسی اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی سولفات روی، اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر روی چای ترش است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۲ در مزرعه‌ای در سرابله از توابع شهرستان سیروان واقع در استان ایلام اجرا شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. محل آزمایش در عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی با ارتفاع ۹۷۵ متر از سطح دریا بود. میانگین رطوبت نسبی ۴۸/۶ درصد، حداکثر دمای مطلق ۴۳/۷، حداقل دمای مطلق ۷-، میانگین دما ۱۸/۱ سانتی‌متر و میانگین بارندگی ۲۰۳/۹ میلی‌متر بود. شرایط آب و هوایی منطقه در جدول ۱ نشان داده شده است. بر پایه نتایج آزمایش خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر، بافت خاک رسی سیلتی، اسیدیته ۷/۱، هدایت الکتریکی ۱/۵ دسی زیمنس بر متر، نیتروژن ۰/۱۳ درصد، فسفر ۱۰ پی‌پی‌ام و پتاسیم ۱۴۶ پی-پی‌ام بود. عامل اصلی آبیاری با سه سطح شامل ۱۰۰ و ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A و عامل فرعی محلول‌پاشی با چهار سطح شامل اسید هیومیک (۱۵ لیتر در هکتار در ۳ مرحله آغاز رشد، گلدهی و قبل از رسیدگی. اسید هیومیک از شرکت رشدینه طلائی سبز تهیه شد)، سولفات روی (نسبت دو گرم در هزار لیتر آب در اوایل رشد، موقع گلدهی و قبل از رسیدگی)، اسید سالیسیلیک (۱ میلی‌مولار در ۳ مرحله آغاز رشد، گلدهی و قبل از رسیدگی) و شاهد بودند.

عملیات آماده‌سازی زمین (شخم، دیسک، لولر) در اواخر فروردین‌ماه انجام شد. سپس با استفاده از تراکتور زمین به‌صورت جوی و پشته به عرض ۶۰ سانتیمتر آماده و نقشه طرح پیاده گردید. کودهای سوپر فسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) سولفات پتاسیم (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت پیش از کاشت و کود اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) در ۲ نوبت هفته اول مردادماه و هفته اول مهرماه به‌صورت سرک هم‌زمان با آبیاری در مزرعه اعمال شدند. کاشت به‌صورت هیرم‌کاری در تاریخ ۲۰ اردیبهشت‌ماه صورت گرفت. بدین منظور ۳-۴ بذر چای ترش (تهیه‌شده از شرکت پاکان بذر اصفهان) در هر کپه با عمق ۳ سانتی‌متر به روش جوی و پشته در ۴ ردیف ۵ متری با فواصل ۳۰ سانتیمتر روی ردیف و ۶۰ سانتیمتر بین ردیف کشت شدند. عملیات تنک کردن در مرحله ۲ الی ۴ برگی انجام شد. آبیاری مزرعه به روش جوی و پشته و بافاصله هر هفته یک‌بار انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز نیز به‌صورت دستی صورت گرفت. پس از حذف اثرگذاری‌های حاشیه به‌طور تصادفی از هر کرت ۳ نمونه گیاه چای ترش انتخاب سپس صفات وزن تر و خشک کاسبرگ، وزن تر میوه، اسانس، قطر میوه، تعداد دانه در بوته، تعداد میوه در بوته، آنتوسیانین، طول میوه، طول گل‌آذین و وزن تر اندام هوایی موردراندازه‌گیری قرار گرفتند. قطر میوه با دستگاه کولیس و برحسب بیشترین قطر در قسمت میانی میوه تعیین شد. جهت تعیین درصد اسانس از روش وزنی استفاده شد، به‌این‌ترتیب که، ابتدا یک بالن ۵۰ میلی‌لیتری تمیز که در آون به وزن ثابت خواهد رسید، توزین شد، آنگاه نمونه حاوی اسانس و هگزان که از دستگاه کلونجر جدا شده بود به آن منتقل شد. بالن حاوی اسانس و هگزان به دستگاه روتاراواپوریتور وصل گردید تا هگزان تبخیر گردد. سپس بالن حاوی اسانس مجدداً وزن شد و از تفاوت وزن اولیه (وزن بالن) و ثانویه (وزن بالن و اسانس) درصد اسانس محاسبه شد (Parandeh et al, 2012). محتوای آنتوسیانین کاسبرگ به روش دو و فرانسیس (Du & Francis, 1973) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری سرعت رشد محصول نمونه‌برداری هر ۲۱ روز انجام شد و اولین نمونه‌برداری ۴۰ روز پس از کاشت انجام شد. با شروع گل‌دهی از اواخر شهریور، کاسبرگ‌ها در

اوایل آبان برداشت شدند. داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه واریانس و مقایسه میانگین قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

جدول ۱. شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۲

Table 1. Results of climatic properties of experimental location in 2012

ماه Month	بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	دمای حداقل مطلق ماهانه (درجه سانتی‌گراد) Monthly absolute minimum temperature (ºC)	دمای حداکثر مطلق ماهانه (درجه سانتی‌گراد) Monthly absolute maximum temperature (ºC)	رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity (%)	تبخیر (میلی‌متر) Evaporation (mm)
فروردین April	22.5	0.6	25.4	45.7	83
اردیبهشت May	40.2	4.4	36.6	55.3	152.4
خرداد Jun	0	12	38.8	29.8	325.2
تیر July	0	19	43.6	20.3	410.8
مرداد August	0	18.4	43	20.5	369.4
شهریور September	0	14.6	43.2	19.9	256.5
مهرماه October	5	6.4	34.6	26.4	185.5
آبان November	157.5	4.6	29.8	61.4	64.5
آذر December	112	-3.6	25.8	69.6	13.9

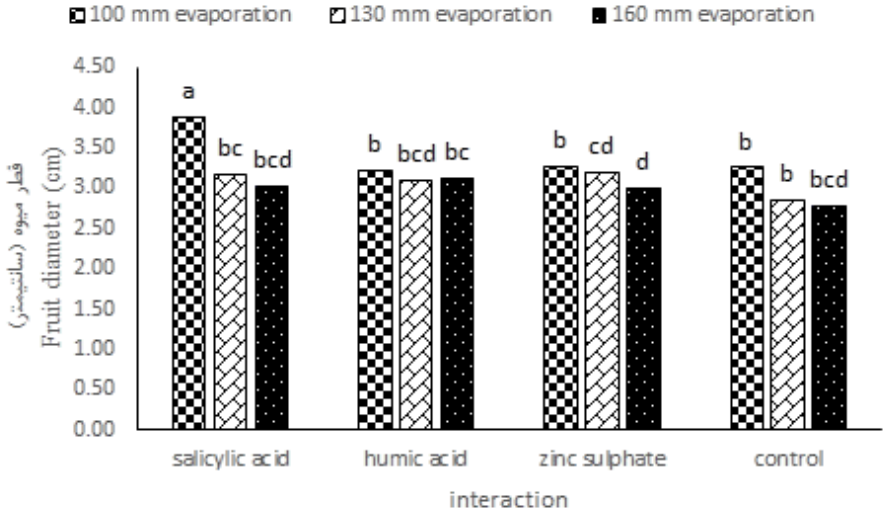
نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی سطوح آبیاری و محلول‌پاشی بر روی تمامی صفات موردبررسی به‌جز وزن تر اندام هوایی، وزن خشک کاسبرگ و وزن تر کاسبرگ تأثیر معنی‌داری نداشت. در این بررسی محلول‌پاشی موجب افزایش وزن کاسبرگ نسبت به تیمار شاهد شد، از طرفی افزایش وزن کاسبرگ بر عملکرد میوه نیز تأثیرگذار است؛ بنابراین هرچند این صفت تحت تأثیر معنی‌دار تیمارهای محلول‌پاشی قرار نگرفت ولی افزایش حتی غیر معنی‌دار آن بر وزن تر میوه اثرگذار است. اثر متقابل سطوح آبیاری و محلول‌پاشی در صفت طول میوه و قطر میوه تأثیر معنی‌داری (به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد) داشت و بر بقیه صفات تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

قطر میوه

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش علاوه بر اثرات اصلی سطوح آبیاری و محلول‌پاشی اثرات متقابل بر قطر میوه ازلحاظ آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بود (جدول ۲). بیشترین قطر میوه در اثر متقابل سطح آبیاری ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر (تشتک تبخیر کلاس A) و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک به میزان ۳/۸۸ سانتیمتر و کمترین قطر میوه در تیمار تنش خشکی ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی (شاهد) به میزان ۲/۷۷ به دست آمد (شکل ۱). تنش خشکی با تأثیری که بر روی کاهش فتوسنتز، جذب مواد معدنی و دیگر اثرات منفی که بر گیاه می‌گذارد سبب می‌شود بر روی قطر میوه چای ترش تأثیر بگذارد. به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک با کاهش اثرات حاصل از تنش خشکی سبب می‌شود قطر میوه در چای ترش افزایش یابد. به نظر می‌رسد که

تنش خشکی موجب کاهش تقسیمات سلولی در گیاه و درنتیجه مانع از آماس سلولی می‌شود و به همین دلیل می‌تواند منجر به کاهش قطر میوه شود. از طرفی اسید سالیسیلیک از هورمون‌های محرک رشد گیاه است که بر تقسیم سلولی و حجیم شدن سلول‌ها تأثیر مستقیم دارد لذا در شرایط تنش خشکی می‌تواند اثر سوء تنش خشکی بر میوه را کاهش دهد و از این طریق منجر به افزایش قطر اندام‌های مختلف ازجمله میوه شود؛ بنابراین افزایش قطر میوه چای ترش در این بررسی با مصرف اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد قابل توجیه است. کاهش معنادار قطر میوه گیاه بطری‌شور Callistemon citrinus تحت تأثیر سطوح آبیاری توسط محققان گزارش شده است (Alvarez et al., 2011).

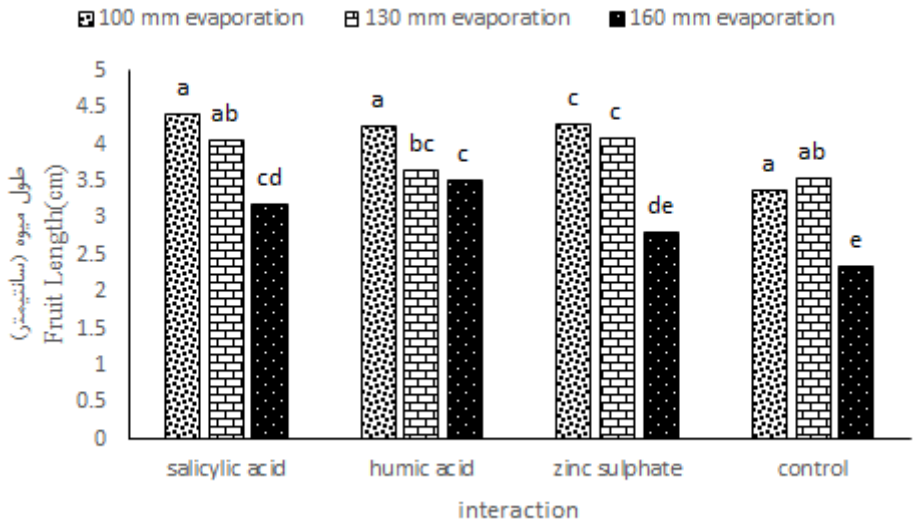


شکل ۱. اثر متقابل سطوح آبیاری و محلول‌پاشی بر قطر میوه چای ترش

Fig. 1. Interaction effect of irrigation levels and foliar application on fruit diameter of hibiscus.

طول میوه

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش اثر اصلی سطوح آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد و اثر اصلی محلول‌پاشی در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی بر طول میوه در سطح احتمال ۵ درصد ازلحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول۲). بیشترین طول میوه در اثر متقابل آبیاری ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر (تشتک تبخیر کلاس A) و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک به میزان ۴/۴۲ سانتیمتر و کمترین طول میوه در آبیاری ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر و عدم محلول‌پاشی (شاهد) به میزان ۲/۳۴ به دست آمد (شکل۲). افزایش طول میوه نیز همچون قطر میوه ناشی از افزایش تقسیم سلولی است و به همین دلیل تنش خشکی باعث کاهش تقسیم سلولی می‌شود و درنهایت می‌تواند منجر به کاهش طول میوه شود. از طرف دیگر اسید سالیسیلیک از هورمون‌هایی است که منجر به افزایش تقسیمات رأس سلول می‌شود و به همین دلیل افزایش طول میوه تحت تأثیر این هورمون قاب توجیه است. رهبریان و همکاران (Rahbarian et al., 2011) در بررسی تنش خشکی بر روی گیاه چای ترش بیان کردند اثر تنش کم‌آبی بر روی شاخص‌های مورفولوژیکی گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار است. این محققان بیان کردند تنش خشکی با تأثیری که بر روی ارتفاع و وزن خشک کل گیاه می‌گذارد درنهایت سبب کاهش عملکرد چای ترش می‌شود. آل‌عمران و همکاران (Al-Omran et al., 2005) گزارش کردند کاهش آب در دسترس در گیاه Cucurbita pepo سبب کاهش تعداد میوه و درنهایت کاهش عملکرد میوه می‌شود. اسید سالیسیلیک با افزایش رشد سیستم ریشه‌ای باعث جذب بیشتر آب و مواد غذایی شده که درنهایت منجر به افزایش رشد گیاه می‌شود همچنین افزایش در طول میوه را می‌توان به بهبود فتوسنتز در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک نسبت داد (Taheri Oshtrinani and Fathi, 2016; Karami chame et al., 2016).



شکل ۲. اثر متقابل سطوح آبیاری و محلول‌پاشی بر طول میوه چای ترش

Fig. 2. The interaction effects of irrigation levels and foliar application on length of hibiscus fruit

طول گل‌آذین

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش تنها اثر اصلی سطوح آبیاری ازلحاظ آماری معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) بود، ولی اثر اصلی محلول‌پاشی و اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی بر طول میوه ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول۲). نتایج به‌دست‌آمده در تیمار آبیاری نشان داد که بیشترین طول گل‌آذین در تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر به میزان ۷۷/۰۹ سانتیمتر و کمترین طول گل‌آذین در تیمار ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر به میزان ۶۱/۳۹ سانتیمتر به دست آمد (جدول۳). گل‌آذین از بخش‌های زایشی گیاه است که هر تغیری در آن می‌تواند بر عملکرد تأثیرگذار باشد. تنش خشکی بر برخی از اجزاء عملکرد همچون طول گل‌آذین تأثیرگذار است و دلیل آن به کاهش توان گیاه برای افزایش رشد برمی‌گردد.

لیزانا و همکاران (Lizana et al., 2006) دلیل کاهش تعداد غلاف در بوته کلزا را افزایش قابل‌توجه ریزش گل‌ها و غلاف‌ها در اثر کمبود آبی گزارش کردند. در کل می‌توان نتیجه گرفت تغییر شرایط از آبیاری نرمال به تنش رطوبتی بر روی صفات تأثیر داشته است. با تغییر شرایط، کاهش در میانگین صفات مشاهده می‌گردد، به‌گونه‌ای که شرایط آبیاری نرمال برای تمام صفات دارای بالاترین میانگین نسبت به شرایط تنش بود. تنش خشکی از طریق تأثیر بر فرایندهای فیزیولوژیک، مانند فتوسنتز میزان رشد و عملکرد محصول را کاهش می‌دهد (Fathi and Tari, 2016).

تعداد میوه در بوته

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش اثرات اصلی سطوح آبیاری و محلول‌پاشی ازلحاظ آماری معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) بود، ولی اثر متقابل تیمارها بر تعداد میوه در بوته ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول۲). نتایج به‌دست‌آمده در تیمار آبیاری نشان داد که بیشترین تعداد میوه در بوته در تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر به میزان ۵۶/۳۴ و کمترین تعداد میوه در بوته در تیمار ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر به میزان ۴۵/۲۷ به دست آمد (جدول۳). تعداد میوه در بوته در چای ترش مهم‌ترین جزء عملکرد است و کاهش آن در شرایط تنش خشکی بدیهی است. احتمالاً تنش خشکی در چای ترش از همان ابتدای مراحل زایشی منجر به ریزش میوه‌های تشکیل‌شده می‌شود و یا اینکه از تبدیل گل به میوه به دلیل توان پایین گل برای تبدیل‌شدن به میوه جلوگیری می‌کند. نتایج تحقیق در مورد تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد سه رقم لوبیا نشان داد که دور آبیاری منجر به کاهش تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه در بوته و عملکرد دانه در واحد سطح گردید (Mardfar, 2006). جویبان (Jouyban, 2001) نشان داد که افزایش فاصله آبیاری صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد کپسول در

مترمربع و عملکرد دانه و بیولوژیک کنجد را به‌طور معنی‌دار کاهش داد. همچنین گزارش‌شده که خشکی متوسط و شدید باعث کاهش دانه در بوته و درنهایت کاهش عملکرد زیره سیاه می‌گردد.

همچنین نتایج نشان داد با محلول‌پاشی سولفات روی بیشترین تعداد میوه به میزان ۵۲/۳۱ و کمترین میزان هم در حالت عدم محلول‌پاشی (شاهد) به میزان ۴۳/۳۱ به دست آمد (جدول ۳). سالیسیلیک اسید به دلیل ماهیت آن در تشکیل میوه در تمام محصولات مؤثر است و در صورت استفاده از اسید سالیسیلیک در شرایط تنش درصد بالاتری از میوه‌های تشکیل‌شده حفظ خواهند شد و یا اینکه درصد بیشتری از گل‌ها به دلیل توان بهتر به میوه تبدیل خواهند شد. کرمی‌چمه و همکاران (Karami Chame et al., 2016) گزارش کردند استفاده از اسید سالیسیلیک سبب افزایش تعداد غلاف در بوته لوبیا شده است. همچنین این محققان گزارش کردند اسید سالیسیلیک با افزایش فتوسنتز از طریق کاهش اثرات منفی تنش خشکی به دلیل رشد ریشه و جذب آب سبب تأثیر مثبت بر اجزای عملکرد لوبیا شده است. جونز و همکاران (Jones et al., 2004) اظهار داشتند اسید هیومیک خاصیت شبیه هورمون دارد و سبب افزایش حجم ریشه و درنتیجه جذب بیشتر عناصر غذایی می‌شود. از طرفی به سبب زیاد بودن ظرفیت تبادل کاتیونی، اسید هیومیک سبب در اختیار قرار دادن عناصر مفید و دفع عناصر سمی و فلزات سنگین در ریشه گیاهان می‌شود. در یک تحقیق بر روی گوجه‌فرنگی، اثر اسید هیومیک به سبب افزایش مواد فتوسنتزی، قند و مواد محلول، موجب افزایش عملکرد میوه و کیفیت محصول شد.

تعداد دانه در بوته

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش اثرات اصلی سطوح آبیاری و محلول‌پاشی ازلحاظ آماری معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) بود، ولی اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی بر تعداد دانه در بوته ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج به‌دست‌آمده در تیمار آبیاری نشان داد که بیشترین تعداد دانه در بوته در تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر به میزان ۱۶۵۱/۷ و کمترین تعداد دانه در بوته در تیمار ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر به میزان ۱۴۱۸/۶ به دست آمد (جدول۳). به نظر می‌رسد که تنش کمبود آب در مرحله دانه‌بندی سبب سقط‌جنین در بعضی از اندام‌های شده که درنتیجه باعث ریزش آن‌ها و کاهش تعداد و وزن دانه در بوته می‌گردد.

کاهش در عملکرد و اجزای عملکرد گیاه در شرایط خشکی می‌تواند به دلیل کاهش سطح فتوسنتز کننده، کاهش تولید کلروفیل، افزایش انرژی مصرفی گیاه جهت بالا بردن غلظت شیره سلولی و تغییر در مسیرهای تنفسی و فعال شدن مسیر پنتوز فسفات و یا افزایش حجم ریشه باشد (Saud et al., 2016).

نتایج نشان داد با محلول‌پاشی سولفات روی بیشترین تعداد دانه در بوته به میزان ۱۶۶۲/۳ و کمترین میزان هم در حالت عدم محلول‌پاشی (شاهد) به میزان ۱۳۴۵/۶ به دست آمد (جدول۳). تعداد دانه در بوته از حاصل‌ضرب تعداد دانه در میوه و تعداد میوه در بوته به دست می‌آید و چون این دو خود تحت تأثیر منفی تنش و تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک هستند، کاهش آن در شرایط تنش و افزایش آن در شرایط مصرف اسید سالیسیلیک قابل توجیه است. اسید سالیسیلیک نیز منجر به افزایش تقسیمات سلولی و افزایش تعداد دانه در بوته می‌شود. افزایش عملکرد درنتیجه افزایش تعداد دانه در بوته لوبیا (Karami Chame et al., 2016) ذرت (Taheri Oshtrinani and Fathi, 2016) و فلفل (Qados, 2015) گزارش شده است.

وزن تر میوه

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش تنها اثر اصلی سطوح آبیاری ازلحاظ آماری معنی‌دار (در سطح احتمال ۵ درصد) بود، ولی اثر اصلی محلول‌پاشی و اثر متقابل سطوح آبیاری و محلول‌پاشی بر وزن تر میوه ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج به‌دست‌آمده در تیمار آبیاری نشان داد که بیشترین وزن تر میوه در تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر به میزان ۴۰۵/۸ گرم در بوته و کمترین وزن تر میوه در تیمار ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر به میزان ۳۴۰/۱ گرم در بوته به دست آمد (جدول ۳). کاهش عملکرد محصول در شرایط محدودیت آبیاری در ارتباط با بسته شدن روزنه‌ها و کاهش سرعت و مقدار فتوسنتز و در پی آن کاهش وزن میوه است. به نظر می‌رسد که تنش خشکی با کاهش طول دوره رشد و همچنین کاهش طول دوره پر شدن منجر به کاهش وزن میوه شده است. تأثیر تنش در کاهش رشد و عملکرد یک پدیده عمومی بوده و در مطالعات زیادی گزارش شده است (Fathi and Tari, 2016).

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی و تنش خشکی بر صفات مختلف

Table 2. Effect of foliar application and irrigation levels on different traits of Roselle

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	قطر میوه Fruit Diameter	طول میوه Fruit length	طول گل‌آذین Inflorescence length	تعداد میوه در بوته Number of Fruit /plant	تعداد دانه در بوته Number of seed/plant
تکرار Replication	2	0.116^{ns}	0.105^{ns}	118.839^{ns}	42.95 ^{ns}	770.8 ^{ns}
آبیاری Irrigation (I)	2	0.609**	4.170*	743.247**	379.49**	164450.1**
خطای آبیاری Error irrigation	4	0.030	0.296	38.44	14.81	3037.83
محلول‌پاشی Foliar (F)	3	0.235**	1.210**	41.885^{ns}	68.22**	200232.7**
آبیاری *محلول‌پاشی I*F	6	0.103*	0.226*	7.917^{ns}	6 ^{ns}	8819.9 ^{ns}
خطا Error	18	0.030	0.074	19.500	8.75	6418.92
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	*5.4*	*14.9*	*6.4*	*7.6*	*5.2*

جدول ۲. ادامه

Table 2. Continued

منابع تغییر S.O.V	وزن تر میوه Fruit weight	آنتوسیانین Anthocyanin content	وزن خشک کاسبرگ Sepals dry weight	وزن تر کاسبرگ Sepals fresh weight	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	درصد اسانس Essence%
تکرار Replication	1018.99 ^{ns}	0.0057**	6.48 ^{ns}	2065.14 ^{ns}	8123.52^{ns}	0.04 ^{ns}
آبیاری Irrigation (I)	13022.2*	0.0153**	0.629 ^{ns}	2097.58 ^{ns}	49831.4^{ns}	0.16*
خطای آبیاری Error irrigation	1599.72	0.0001	2.842	315.72	16680.15	0.01
محلول‌پاشی Foliar (F)	873.55 ^{ns}	0.0053**	5.473 ^{ns}	225.21 ^{ns}	30265.3^{ns}	0.09**
آبیاری *محلول‌پاشی I*F	551.56 ^{ns}	0.0003^{ns}	1.05 ^{ns}	1015.62 ^{ns}	11138.02 ^{ns}	0.01 ^{ns}
خطا Error	1145.02	0.0005	3.200	717.83	29146.66	0.01
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	*10.5*	*9.09*	*10.2*	*19.3*	*15.8*	*5.08*

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد؛ **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد؛ Ns: غیر معنی‌دار.

*: Significant at 5%. **: Significant at 1%. Ns: Non-significant.

وزن تر و خشک کاسبرگ

نتایج این بررسی نشان داد که اثر اصلی و متقابل تیمارهای آزمایش بر وزن تر و خشک کاسبرگ معنی‌دار نبود. این بررسی محلول‌پاشی موجب افزایش وزن کاسبرگ نسبت به تیمار شاهد شد، از طرفی افزایش وزن کاسبرگ بر عملکرد میوه نیز تأثیرگذار است؛ بنابراین هرچند این صفت تحت تأثیر معنی‌دار تیمارهای محلول‌پاشی قرار نگرفت ولی افزایش حتی غیر معنی‌دار آن بر وزن تر میوه اثرگذار است.

آنتوسیانین

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش اثرات اصلی سطوح آبیاری و محلول‌پاشی ازلحاظ آماری معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) بود، ولی اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی بر آنتوسیانین ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول۲).

نتایج به‌دست‌آمده در تیمار آبیاری نشان داد که بیشترین آنتوسیانین در تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر به میزان ۰/۲۷ (میکروگرم بر میلی‌لیتر) و کمترین آنتوسیانین در تیمار ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر به میزان ۰/۲ (میکروگرم بر میلی‌لیتر) به دست آمد (جدول۳). تنش خشکی بر رنگ‌دانه‌ها همچون آنتوسیانین تأثیر مستقیم دارد. بررسی روی گیاهان دارویی نشان داد که تحت شرایط تنش آبی ترکیب‌های آنتوسیانین در گیاه افزایش می‌یابد. آنتوسیانین ها نیز مانند فلاونوئیدها رنگیزه محافظ بوده که گیاه را در برابر تنش محافظت می‌کنند (Selmar, 2008). گزارش شده است که مقدار آنتوسیانین در بگونیا در شرایط تنش افزایش یافته است. این افزایش به علت نقش حفاظتی در مواجهه با رادیکال‌های آزاد نوری آنتوسیانین به‌وسیله حذف مستقیم تنش اکسیداتیو است (Zhang et al., 2010).

جدول۳. مقایسه میانگین اثرات اصلی محلول‌پاشی و تنش خشکی بر صفات مختلف

Table 3. Mean comparison of the main effects of foliar and drought stress on different traits

تیمارها Treatments	طول گل‌آذین (سانتیمتر) Inflorescence length (cm)	تعداد میوه در بوته Number of Fruit /plant	تعداد دانه در بوته Number of seed/plant	وزن تر میوه (گرم بر بوته) Fruit weight (g/plant)	آنتوسیانین (میکروگرم بر میلی‌لیتر) Anthocyanin content (μM)	درصد اسانس Essence%
آبیاری Irrigation						
۱۰۰ میلی‌متر تبخیر 100mm evaporation	77.09^{a}	56.34^{a}	1651.74^{a}	405.88^{a}	0.27^{a}	1.98^{c}
۱۳۰ میلی‌متر تبخیر 130mm evaporation	68.26^{b}	49.11^{b}	1515.81^{b}	368.97^{b}	0.25^{b}	2.12^{b}
۱۶۰ میلی‌متر تبخیر 160mm evaporation	61.39^{c}	45.27^{c}	1418.69^{c}	340.16^{c}	0.2^{c}	2.21^{a}
محلول‌پاشی Foliar						
سالیسیلیک اسید Salicylic Acid	68.88^{a}	50.37^{a}	1637.62^{a}	380.76^{a}	0.26^{a}	2.06^{bc}
اسید هیومیک Humic acid	70.75^{a}	51.98^{a}	1469.36^{b}	376.45^{a}	0.25^{a}	2.14^{ab}
سولفات روی Zinc sulphate	70.13^{a}	52.31^{a}	1662.34^{a}	371.42^{a}	0.25^{a}	2.22^{a}
شاهد Control	65.9^{a}	46.31^{b}	1345.67^{c}	358.04^{a}	0.2^{b}	1.99^{c}

میانگین دارای حروف یکسان در هر ستون، بر اساس آزمون حداقل دامنه معنی‌داری دانکن در سطح احتمال ۵ درصد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند
Similar letters in each column show non- significant difference according to Duncan multiple range tests at 5% level.

همچنین نتایج نشان داد با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بیشترین میزان آنتوسیانین به میزان ۰/۲۶ (میکروگرم بر میلی‌لیتر) و کمترین میزان هم در حالت عدم محلول‌پاشی (شاهد) به میزان ۰/۲(میکروگرم بر میلی‌لیتر) به دست آمد (جدول۳). یکی از عوامل افزایش عملکرد در حالت مصرف سالیسیلیک اسید، افزایش میزان رنگ‌دانه‌ها است که آنتوسیانین نیز از این قاعده مستثنا نیست. محققان گزارش کردند که اسید سالیسیلیک سبب تداوم بافت‌های فتوسنتزکننده می‌شود و عملکرد گیاهان را افزایش می‌دهد و نیز از طریق تأثیرات مثبت فیزیولوژیکی ازجمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ، افزایش عملکرد گیاهان را در پی دارد (Aldesuquy and Ghanem,2015).

اسانس

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش اثرات اصلی سطوح آبیاری و محلول‌پاشی ازلحاظ آماری معنی‌دار (به ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد) بود، ولی اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی بر اسانس ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول۲). نتایج به‌دست‌آمده در تیمار آبیاری نشان داد که بیشترین اسانس در تیمار ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر به میزان ۲/۲۱ درصد و کمترین اسانس در تیمار ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر به میزان ۱/۹۸ درصد به دست آمد (جدول۳). تنش خشکی هرچند موجب کاهش عملکرد می‌شود ولی بر متابولیت‌های ثانویه همچون اسانس تأثیر مثبت دارد و اعمال تنش می‌تواند موجب افزایش مقدار اسانس در گیاه شود چراکه اسانس جزء متابولیت‌های ثانویه است که در شرایط تنش مقدار آن افزایش می‌یابد (Gharib, 2006; Ekren et al., 2012). در گیاهان اسانس دار، در اثر کمبود آب، مقدار اسانس و چربی بیشتر شد و به دلیل کاهش تقسیم سلولی، طول برگ‌ها کم شد (Ekren et al., 2012). تنش خشکی درصد روغن‌های ضروری و مواد مؤثره اکثر گیاهان دارویی را افزایش می‌دهد، چون در موارد تنش متابولیت‌های بیشتری تولیدشده و این مواد باعث جلوگیری از عمل اکسیداسیون در سلول می‌شوند.

همچنین نتایج نشان داد با محلول‌پاشی سولفات روی بیشترین میزان اسانس به میزان ۲/۲۲ درصد و کمترین میزان هم در حالت عدم محلول‌پاشی (شاهد) به میزان ۱/۹۹ درصد به دست آمد (جدول۳). روی یک عنصر ضروری برای گیاهان است که به‌عنوان یک کوفاکتور عملکردی، ساختاری و تنظیمی در ارتباط با متابولیسم ساکاریدها، فتوسنتز و ساخت پروتئین در گیاهان نقش دارد. تأثیر این عنصر بر تشکیل کلروفیل، توسعه کلروپلاست، افزایش سرعت فتوسنتز، جذب بیشتر عناصر غذایی و در کل تولید بیشتر کربوهیدرات‌ها و افزایش رشد عمومی و عملکرد گیاهان گزارش شده است (Srivastava et al., 1997). نتایج بیشتر تحقیقات انجام‌شده در ارتباط با تأثیر عناصر ریزمغذی روی بر محتوای اسانس گیاهان دارویی مختلف، حکایت از تأثیر مثبت این عنصر بر افزایش محتوای اسانس داشته است (Selmar, 2008; Said-Al Ahl and Omer 2009).

سرعت رشد محصول

نتایج این بررسی نشان داد که اثر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر سرعت رشد محصول در مراحل ۶۱ و ۸۲ روز پس از کاشت نمونه‌برداری معنی‌دار بود (جدول ۴) ولی در مرحله ۴۰ روز و ۱۰۳ روز پس از کاشت تأثیر معنی‌داری نداشت (شکل ۳ و ۴). دلیل عدم تأثیر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک در مرحله اول نمونه‌برداری این مورد است که احتمالاً هنوز این دو فاکتور بر سرعت رشد تأثیرگذار نبوده‌اند چراکه فرصت کافی در اختیار نبوده است و گیاه بیشتر از ذخایر بذر برای رشد استفاده کرده است. در مرحله آخر نیز به دلیل ریزش اندام‌های گیاهی ماده خشک محصول کاهش‌یافته است و منجر به عدم تأثیر معنی‌دار دو فاکتور فوق بر سرعت رشد محصول شده است. از طرف دیگر هر چه سرعت رشد محصول بالاتر باشد عملکرد نهایی نیز بیشتر خواهد شد. ازآنجاکه بخش‌هایی که به گیاه افزوده می‌شوند بافت‌های ساختمانی هستند که ازلحاظ متابولیکی فعال نبوده و در فتوسنتز نقشی ندارند (Sebahattin et al, 2005) این نتیجه حاصل شد. در مراحل انتهایی رشد در تیمارهای تحت تنش رطوبتی به دلیل کاهش سطح‌فعال برگ و کاهش سرعت فتوسنتز، راندمان انتقال مواد به دانه و تجمع ماده خشک کاهش یافت که این موضوع با یافته‌های سایر محققین مطابقت دارد (Jaberi et al., 2015; Jami Al-Ahmadi, 1998). اسید هیومیک با کلات کردن عناصر ضروری، باعث افزایش جذب عناصر شده و باروری و تولید را در گیاهان افزایش می‌دهد (Sebahattin et al, 2005) که این امر می‌تواند در افزایش سرعت رشد محصول مؤثر باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصله مشخص شد که تنش خشکی بر روی عملکرد و اجزاء عملکرد چای ترش در منطقه سرابله تأثیر معنی‌داری دارد، بدین شکل که اعمال کم‌آبیاری بر این گیاه منجر به تأثیر منفی بر عملکرد و اجزاء عملکرد آن شده است. در این بررسی محلول‌پاشی موجب افزایش وزن کاسبرگ نسبت به تیمار شاهد شد، از طرفی افزایش وزن کاسبرگ بر عملکرد میوه نیز تأثیرگذار است؛ بنابراین هرچند این صفت تحت تأثیر معنی‌دار تیمارهای محلول‌پاشی قرار نگرفت ولی افزایش حتی غیر معنی‌دار آن بر وزن تر میوه اثرگذار است. در این بررسی برای کاهش اثر تنش خشکی بر گیاه چای ترش از اسید هیومیک، سولفات روی و اسید سالیسیلیک استفاده شد و نتایج در خصوص درصد اسانس نشان داد که با محلول‌پاشی سولفات روی بیشترین میزان اسانس به میزان

۲/۲۲ درصد و کمترین میزان هم در حالت عدم محلول‌پاشی (شاهد) به میزان ۱/۹۹ درصد به دست آمد که این امر حاکی از اثر مثبت محلول‌پاشی بر کاهش اثر تنش خشکی در گیاه است. از طرف دیگر محلول‌پاشی با اسید هیومیک، سولفات روی و اسید سالیسیلیک منجر به افزایش عملکرد میوه در گیاه چای ترش شد.

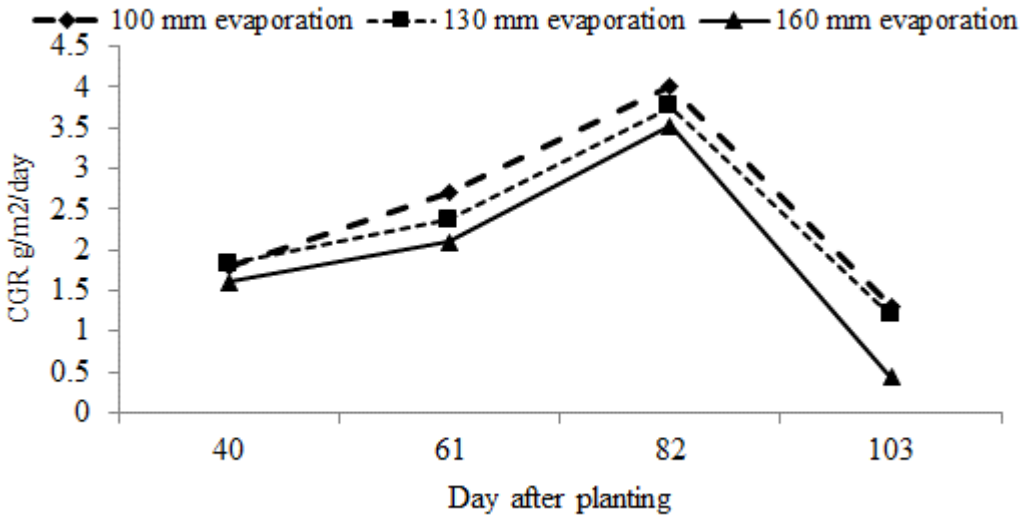
جدول ۴. تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی و تنش خشکی بر سرعت رشد محصول

Table 4. Effect of foliar application and irrigation levels on CGR

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	Days After Planting / روز پس از کاشت			
		40	61	82	103
تکرار Replication	2	0.057^{ns}	0.844*	0.759*	0.814^{ns}
آبیاری Irrigation (I)	2	0.220^{ns}	0.011*	1.495*	2.971^{ns}
خطای آبیاری Irrigation Error	4	0.008	0.638	0.321	0.655
محلول‌پاشی Foliar application (F)	3	0.253^{ns}	0.402*	1.391*	0.151^{ns}
آبیاری *محلول‌پاشی I*F	6	0.100^{ns}	0.015^{ns}	0.027^{ns}	0.040^{ns}
خطا Error	18	0.112	0.687	0.547	0.464
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	*14.7*	*23.3*	*22.7*	*17.9*

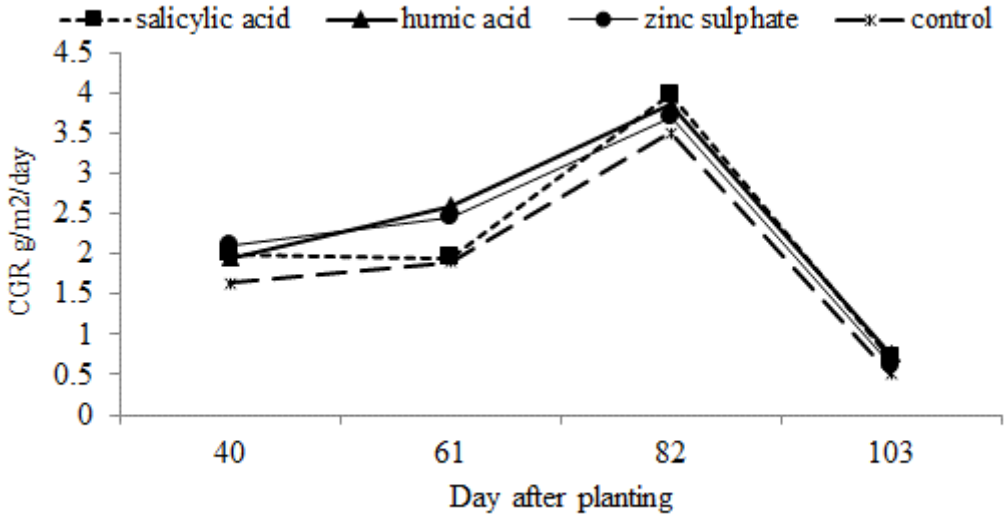
*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد؛ **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد؛ Ns: غیر معنی‌دار.

*: Significant at 5%. **: Significant at 1%. Ns: Non-significant.



شکل ۳. اثر سطوح آبیاری بر سرعت رشد محصول چای ترش

Fig. 3. Effect of irrigation on crop growth rate of hibiscus



شکل ۴. اثر محلول‌پاشی بر سرعت رشد محصول چای ترش

Fig. 4. Effect of foliar application on the growth rate of hibiscus.

منابع

Aldesuquy, H., Ghanem, H., 2015. Exogenous salicylic acid and trehalose ameliorate short term drought stress in wheat cultivars by up-regulating membrane characteristics and antioxidant defense system. Journal of Horticulture. 2, 1-10.

Alloway, B.J., 2004. Zinc in S Essences and Crop Nutrition. Int. Zinc Assoc. (IZA), Belgium, 128p.

Al-Omran, A.M., Sheta, A.S., Falatah, A.M. AlHarbi, A.R., 2005. Effect of drip irrigation on squash (*Cucurbita pepo*) yield and water-use efficiency in sandy calcareous Essences amended with clay deposits. Agricultural Water Management. 73, 43-55.

Alvarez, S., Navarro, A., Nicola´s, E., Sa´nchez-Blanco, M.J., 2011. Transpiration, photosynthetic responses, tissue water relations and dry mass partitioning in Callistemon plants during drought conditions. Scientia Horticulturae. 129, 306–312.

Babatunde, F.E. Mofoke, A.L.E., 2006. Performance of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as Influenced by irrigation schedules. Pakistan Journal of Nutrition S. 4, 363-367.

Bagheri-Kholenjany, M., 2010. Effect of different salinity levels on the growth characteristics, seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Master's thesis of agronomy. Birjand University. [In Persian].

Chakmak, I., 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen. New Phytologist 146, 185-205

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., Alvino, A., 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development. 25, 183-191.

Dolatabadian, A., Sanavy, S.A.M.M., Chashmi, N.A., 2008. The effects of foliar application of ascorbic acid (vitamin C) on antioxidant enzymes activities, lipid peroxidation and proline accumulation of Canola (*Brassica napus* L.) under conditions of salt stress. Journal of Agronomy and Crop Science. 194, 206-213.

Du, C.T., Francis, F.J., 1973. Anthocyanins of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Journal of Food Science. 38, 810-812.

Duke, J.A., 2006. Ecosystematic data on economic plants. Journal of Crude Research.17, 91-110.

Ekren, S., Sönmez, Ç. Özçakal, E., Kurttaş, Y.S.K., Bayram, E., Gürgülü, H., 2012. The effect of different irrigation water levels on yield and quality characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). Agricultural water Management. 109, 155-161.

EL-Boraie, F.O.M., A.M. Gaber., Abdel-Rahman, G., 2009. Optimizing irrigation schedule to maximize water use efficiency of *Hibiscus sabdariffa* under Shalatien conditions. Word Journal of Agricultural science. 4, 505-514.

Fathi, A., Tari, D.B., 2016. Effect of Drought Stress and its Mechanism in Plants. International Journal of Life Sciences. 10, 1-6.

Gharib, F.A., 2006. Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram. International Journal of Agricultural Science. 4, 485-492.

Heidari, M., Khahlili, S., 2014. Effect of humic acid and phosphorus fertilizer on seed and flower yield, photosynthetic pigments and mineral elements concentration in sour tea (*Hisbiscus sabdariffa* L.). Iranian Journal of Agricultural Plants. 45, 191-199. [In Persian with English Summary].

Jaberi, H., Lotfi, B., Jamshidnia, T., Fathi, A., Olad, R., & Abdollahi, A., 2015. Survey of yield of winter canola cultivars under drought stress on the yield at four different phonological stages. Scientia, 12(3), 144-148.

Jami Al-Ahmadi, M., 1998. Effect of planting date and timing of irrigation cutting on growth, yield and quantities characteristics of cotton (Varamin cultivar). MSc. Thesis. University of Mashhad, Iran. [In Persian with English Summary].

Jones, C.A., Jacobsen, J.S., & Mugaas, A., 2004. Effects of humic acid on phosphorus avaliability and spring wheat yield. Facts Fertilizer. 32-36.

Jouyban, Z., 2010. Effect of Irrigation Interval, Nitrogen Fertilizer and Superabsorbent on Yield and Agronomic Traits of Sesame. M.Sc. Thesis, Department of Agriculture, Birjand branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran. 121p. [In Persian with English Summary].

Kabiri, R., 2012. Effects of salicylic acid pretreatment in reducing oxidative stress due to drought in a hydroponic black seed (Nigella sativa). Master's thesis. Kerman Shahid Bahonar University. [In Persian].

Karami Chame, S., Khalil-Tahmasbi, B., ShahMahmoodi, P., Abdollahi, A., Fathi, A., Seyed Mousavi, S J., and Bahamin, S., 2016. Effects of salinity stress, salicylic acid and Pseudomonas on the physiological characteristics and yield of seed beans (*Phaseolus vulgaris*). Scientia, 14(2), 234-238.

Lizana, C., Wentworth, M., Martinez, J.P., Villegas, D., Meneses, R., Murchie, E.H., Pastenes, C., Lercari, B., Vernieri, P., Horton, P., Pinto, M., 2006. Differential adaptation of two varieties of common bean to abiotic stress. I. Effect of drought on yield and photosynthesis. Journal of Experimental Botany 57, 685-697.

Mardfar, H., 2006. The effects of water restriction on growth, yield and grain filling in three varieties of beans. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran. [In Persian with English Summary].

Mir Ansari, H., Mehrafarin, A., Naghdi Badi, H., 2015. Morphophysiological and Phytochemical Responses of Dill (*Anethum graveolens* L.) to Foliar Application of Iron Sulfate and Zinc Sulfate. Journal of Medicinal Plants. 54, 15-29. [In Persian with English Summary].

Mohammadkhani, N., Heidari, R., 2007. Effects of water stress on respiration, photosynthetic pigments and water content in tow Maize cultivars. Pakistan Journal of Biological Science. 10, 4022-4028.

Qados, A.M.A., 2015. Effects of salicylic acid on growth, yield and chemical contents of pepper (*Capsicum Annuum* L) plants grown under salt stress conditions. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 8, 107-113.

Rahbarian, P., Afsharmanesh, G., and Behzadi, N., 2011. Effect of drought stress as water deficit and plant density on yield roselle (Hibiscus sabdariffa) in Jiroft region. New Finding in Agriculture. 5, 249-257. [In Persian with English Summary].

Said-Al Ahl, H., Omer, E., 2009. Effect of foliar with zinc and/ or iron on growth and chemical composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) harvested at three stages of development. Journal Medicinal Food Plants. 1, 30-46.

Saud, S., Chen, Y., Fahad, S., Hussain, S., Na, L., Xin, L., Al hussien, S.A.A.F.E., 2016. Silicate application increases the photosynthesis and its associated metabolic activities in Kentucky bluegrass under drought stress and post-

drought recovery. Environmental Science and Pollution Research. 23, 17647-17655.

Sebahattin, A., Necdet, C., 2005. Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage Turnip (*Brassica Rapa* L.). Agronomy Journal. 4, 130-133.

Seghatoleslami, M.J., Mosavi, S.G., Barzegaran, T., 2013. Effect of irrigation levels and planting date on yield and water use efficiency of *Hibiscus sabdariffa* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 29, 144-151. [In Persian with English Summary].

Selmar, D., 2008. Potential of salt and drought stress to increase pharmaceutical significant secondary compounds in plants. Landbauforschung Volkenrode, 58(1/2), p.139.

Senaratna, T., Touchell, D.H., Bunn, E., Dixon, K., 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulation. 30, 161-157.

Shakirova, F.M., Sakhabutdinova, A.R., Bezrukova, M.V., Fatkhutdinova, R.A., & Fatkhutdinova, D.R., 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant science. 164, 317-322.

Srivastava, N.K., Misra, A., Sharma, S., 1997. Effect of zinc deficiency on net photosynthetic rate, 14C Partition, and Essence accumulation in leaves of peppermint. Photosynthetica. 33, 71-79.

Svehlikova, V., Bennett, R., Mellon, F., Needs, P., Piacente, S., Kroon, P., Bao, Y., 2003. Isolation, identification and stability of acylated derivatives of apigenin 7-O-glucoside from chamomile (*Chamomilla recutita* [L] Rauschert). Phytochemistry. 65, 2323- 2332.

Taheri Oshtrinani, F., Fathi, A., 2016. The Impacts of Mycorrhiza and Phsphorus Along with the Use of Salicylic Acid on Maize Seed Yield. Journal of Crop Ecophysiology. 10, 657-668. [In Persian with English Summary].

Yazdanpanah, S., Baghizadeh, A., Abbassi, F., 2011. The interaction between drought stress and salicylic and ascorbic acids on some biochemical characteristics of Satureja hortensis. African Journal of Agricultural Research. 6, 798-807.

Zhang, K.M., Yu, H.J., Shi, K., Zhou, Y.H., Yu, J.Q., Xia, X.J., 2010. Photoprotective roles of anthocyanins in *Begonia semperflorens*. Plant Science.179, 202-208.