

اثر کاربرد خاکپوش پلاستیکی بر برخی ویژگی‌های مرفو- فیزیولوژیکی توت‌فرنگی در شرایط تنش خشکی

بختیار شکری^۱، ناصر قادری^{۲*} و تیمور جوادی^۳

۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیاران گروه علوم باغبانی، دانشگاه کردستان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۱۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۵/۲۵)

چکیده

آزمایشی برای بررسی کاربرد خاکپوش پلاستیکی بر روی رشد و نمو دو رقم توت‌فرنگی کوئین الیزا و پاروس تحت شرایط کم آبی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار دارای خاکپوش، بدون خاکپوش، آبیاری کامل (شاهد) و تنش خشکی (زمانی آبیاری صورت گرفت که مکش خاک به ۱۰- بار رسید) با سه تکرار اجرا گردید. بعد از گذشت دو ماه از شروع آزمایش برخی ویژگی‌های رویشی، و فیزیولوژیکی در سال اول و میزان عملکرد در سال دوم اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که در شرایط تنش خشکی محتوای نسبی آب برگ، شاخص پایداری غشاء سلولی و هدایت روزنه‌ای در دو رقم کاهش یافته و با کاربرد خاکپوش میزان آنها در هر دو رقم در مقایسه با شرایط تنش افزایش یافت. میزان پرولین و کربوهیدرات‌های محلول کل در دو رقم در شرایط تنش خشکی به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش یافت. کاهش میزان ماده خشک کل بیشتر به هزینه کاهش وزن خشک برگ و دم‌برگ روی داد. کاهش خصوصیات رویشی در اثر تنش خشکی عملکرد گیاهان توت‌فرنگی در سال بعد را کاهش داد. کاربرد خاکپوش سبب افزایش میزان محصول در سال بعد در دو رقم در مقایسه با گیاهانی شد که در شرایط تنش خشکی تحت خاکپوش کاشت نشده بودند. این نتایج نشان داد که کاربرد خاکپوش پلاستیکی به بهبود خصوصیات رویشی توت‌فرنگی تحت شرایط تنش خشکی کمک می‌کند و سبب می‌شود کاهش کمتری در میزان محصول در سال بعد روی دهد.

واژه‌های کلیدی: توزیع ماده خشک، ویژگی‌های رویشی، عملکرد، خاکپوش، محتوای نسبی آب برگ.

مقدمه

خشکی با کاهش محتوای آب گیاه، کاهش پتانسیل آب برگ و از دست دادن تورژسانس و بستن روزنه‌ها، افزایش تنفس نوری و مصرف کربوهیدرات‌های تولیدشده از طریق فتوسنتز یکی از تنش‌های مهم محیطی است که کشت‌وکار محصولات کشاورزی را با

محدودیت مواجه می‌کند. با وجود این، واکنش گیاهان به تنش خشکی، کاملاً متفاوت است و به شدت و مدت زمان تنش و همچنین گونه و مرحله رشد گیاهی بستگی دارد (Nayyar & Gupta, 2006). گیاهان در مقابله با تنش خشکی سازوکارهای حفاظتی متفاوتی مثل تجمع اسمولیت‌هایی مثل پرولین (Nayyar,

کاربرد خاکپوش گزارش شده است (Wang *et al.*, 2011; Ashrafuzzaman *et al.*, 1998). استفاده از خاکپوش پلاستیکی می‌تواند در مقایسه با خاکپوش‌های دیگر، تأثیر بیشتری بر حفظ رطوبت خاک در دوره‌های تنش خشکی داشته باشد (Opara *et al.*, 1992). در رابطه با کاربرد خاکپوش پلاستیکی و اعمال شرایط کم آبیاری در توت‌فرنگی گزارش‌های محدودی وجود دارد. گزارش شده که در توت‌فرنگی کاربرد خاکپوش پلاستیکی رشد ریشه‌ها، جذب عناصر غذایی، کارایی مصرف آب و میزان محصول را در شرایط کم آبیاری را افزایش داده و با وجود کاهش ۵۰٪ مصرف آب به میزان ۱۹٪ محصول را افزایش داده است (Kumar & Dey, 2011). توت‌فرنگی از مهمترین میوه‌های تولید شده در استان کردستان می‌باشد. یکی از عوامل محیطی که بر تولید این محصول موثر است آبیاری است. با توجه به محدودیت منابع آب، بالا بردن کارایی آبیاری و استفاده از تیمارهایی برای این کار ضروری می‌باشد. از این رو آزمایشی به هدف بررسی اثر خاکپوش پلاستیکی بر روی برخی ویژگی‌های مرفو- فیزیولوژیکی دو رقم توت‌فرنگی رقم پارس و کوئین الیزا تحت تنش خشکی طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

نشاءهای توت‌فرنگی در اردیبهشت ماه ۱۳۹۱ در زمین دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان به صورت پشته‌ای دو ردیفه کاشته شدند. فاصله پشته‌ها از هم ۶۰ سانتی‌متر و عرض پشته‌ها ۱ متر بود. نشاءها بر روی ردیف‌ها با فاصله ۳۵ سانتی‌متر کاشته شده و فاصله ردیف‌ها ۴۰ سانتی‌متر بود. در هر تیمار تعداد ۱۶ گیاه کاشته شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار شامل ۱- تیمار خاکپوش + آبیاری کامل ۲- تیمار بدون خاکپوش + آبیاری کامل ۳- تیمار خاکپوش + کم آبیاری (۱۰- بار) ۴- تیمار بدون خاکپوش + کم آبیاری (۱۰- بار) با سه تکرار اجرا گردید. تعداد گیاهان در هر واحد آزمایشی ۱۶ عدد بود. بعد از آماده کردن بستر کشت، خاکپوش‌ها بر روی پشته‌های تیمار

(2003) و قندهای محلول (Morgan, 1992) دارند. علاوه بر آن از راه‌هایی مانند کاهش سطح برگ، توانایی حفظ و نگهداری آب، کاهش تراکم روزنه‌ها و هدایت روزنه‌ای برای حفظ فعالیت‌های متابولیکی نیز بهره می‌گیرند (Escalona *et al.*, 1999).

تنش خشکی در ارقام توت‌فرنگی سبب کاهش پتانسیل آب برگ، کاهش تعرق، کاهش تعداد و سطح برگ، کاهش وزن ریشه و میزان محصول می‌شود (Olga *et al.*, 2010). گزارش‌هایی درباره اثر تنش خشکی بر خصوصیات رویشی و بیوشیمیایی توت‌فرنگی ارائه شده است (Klamkowski & Treder, 2006; Ghaderi & Siosemardeh, 2011). توت‌فرنگی نیاز زیادی به آب دارد که علت آن، سیستم ریشه‌ای سطحی، سطح گسترده برگ‌ها و داشتن میوه‌هایی است که درصد زیادی از وزن آنها را آب تشکیل می‌دهد. از طرفی ارقام توت‌فرنگی در شرایط تنش خشکی سطوح متفاوت مقاومت دارند (Klamkowski & Treder, 2006). بنابراین، برای به دست آوردن محصول کافی و مناسب توت‌فرنگی نیاز به آبیاری مناسب است.

با توجه به محدودیت منابع آب، جستجوی راهکارهایی جهت حفظ آب و بالا بردن کارایی مصرف آب ضروری می‌باشد (Topcu *et al.*, 2007). استفاده از خاکپوش پلاستیکی در کشت توت‌فرنگی توجه بسیاری از پرورش‌دهندگان و پژوهشگران را به خود جذب کرده است. کاربرد خاکپوش به عنوان راهی موثر برای گسترش فصل تولید، افزایش عملکرد، کنترل بهتر علف‌های هرز، جلوگیری از فرسایش بستر، بهبود سلامت میوه، سهولت برداشت و بالا بردن کارایی آبیاری مورد توجه بوده است (Moor *et al.*, 2004; Ibeawuchi *et al.*, 2008). به نظر می‌رسد اثرات سودمند منسوب به استفاده از خاکپوش پلاستیکی به طور مستقیم مربوط به تغییرات در محیط ریشه گیاه باشد. گزارش شده وزن خشک (بیوماس) و مقدار شاخ و برگ در گیاهان رشد یافته تحت خاکپوش متفاوت بوده (Decoteau *et al.*, 1988; Fortnum *et al.*, 2000) و حفظ رطوبت خاک و افزایش تعداد و سطح برگ، تعداد شاخه‌های جانبی و رشد گیاهان در اثر

محتوای نسبی آب برگ (RWC)

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ قسمت‌هایی از برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته از هر تیمار قطع شد. آنها به قطعات مساوی تقسیم و پس از توزین به پتری دیش‌های دردار حاوی آب مقطر منتقل شدند و ۶ ساعت در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) و در تاریکی قرار گرفتند. پس از خارج کردن دیسک‌ها از آب مقطر، برای حذف رطوبت اضافی سطح دیسک‌ها، آنها در بین دو لایه کاغذ صافی خشک شدند و سپس وزن آماس آنها اندازه‌گیری شد. پس از تعیین وزن آماس، دیسک‌های برگ‌ها به آون (۷۰ درجه سانتی‌گراد) منتقل شدند و پس از گذشت ۴۸ ساعت وزن خشک آنها تعیین شد؛ در نهایت محتوای نسبی آب برگ با استفاده از رابطه زیر محاسبه و به صورت درصد گزارش شد (Galmes *et al.*, 2007).

$$\%RWC = \frac{(\text{وزن خشک} - \text{وزن تر})}{(\text{وزن خشک} - \text{وزن تورژسانس})} \times 100$$

شاخص پایداری غشای سلولی (MSI)

برای تعیین شاخص پایداری غشای سلولی برگ‌ها، دیسک‌هایی از برگ قطع و ۰/۵ گرم از دیسک‌ها با آب دو بار تقطیر شسته شده و در لوله‌های آزمایش حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه داخل آب ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و میزان هدایت الکتریک (EC) آنها با کمک دستگاه EC سنج قرائت شد (C1). سپس نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه داخل بن‌ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و برای بار دوم هدایت الکتریکی آنها قرائت شد (C2) و براساس رابطه زیر پایداری نسبی غشای سلولی محاسبه شد (Kirnak *et al.*, 2001).

$$MSI = (1 - C1/C2) \times 100$$

هدایت روزنه‌ای (g_s)

هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه پرومتر برحسب (mmol H₂O m⁻² s⁻¹) هم‌زمان با اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ در ساعت ۱۰ تا ۱۱ صبح اندازه‌گیری شد.

خاکپوش قرار داده شدند. محل قرارگیری بوته‌ها، سوراخ و نشاءها کشت شدند. خاکپوش به کار برده شده در این آزمایش از نوع گونی پلاستیکی سفید رنگ بود. در طول دوره آزمایش آبیاری تیمارهای خاکپوش و بدون خاکپوش در شرایط بدون تنش به صورت قطره‌ای انجام گرفت. در گیاهان تحت تنش در تیمار دارای خاکپوش و بدون خاکپوش موقعی که پتانسیل آب خاک در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک در شرایط بدون خاکپوش به ۱۰- بار رسید آبیاری صورت گرفت. اندازه‌گیری مکش خاک با بلوک گچی انجام گرفت. جهت آبیاری از سیستم آبیاری قطره‌ای استفاده شده و تیمار بدون خاکپوش به مدت چهار ساعت و تیمار دارای خاکپوش به مدت سه ساعت با این سیستم در هر نوبت آبیاری شدند. با توجه به اینکه مدت زمانی که آبیاری در تیمارهای دارای خاکپوش صورت گرفت کمتر از تیمار بدون خاکپوش بود، مصرف آب در این تیمار هم کمتر بود.

به‌منظور بررسی اثر تیمارها بر برخی از خصوصیات رویشی بوته‌های مورد آزمایش، دو ماه بعد از شروع آزمایش، بوته‌های موجود در زمین به همراه ریشه از خاک خارج گردیدند. با توجه به اینکه بیشترین میزان گسترش ریشه توت‌فرنگی در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک است ریشه گیاهان در این عمق به طور کامل برای همه تیمارها خارج گردید. پس از شمردن تعداد برگ‌ها، سطح کل برگ‌های هر بوته با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Leaf Area Meter AM 200) اندازه‌گیری شدند. پس از جدا نمودن قسمت هوایی، نسبت به جدا نمودن خاک از ریشه اقدام شده و طول و حجم ریشه‌ها نیز محاسبه گردید. سپس ریشه‌ها و سایر قسمت‌های هوایی گیاه با قرار دادن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و وزن خشک آنها به دست آمد (Yin *et al.*, 2005). از مجموع وزن ریشه، طوقه، دمبرگ و برگ وزن خشک کل هر بوته نیز محاسبه گردید. جهت بررسی اثر تنش خشکی و کاربرد خاکپوش بر عملکرد هر بوته در بهار سال ۱۳۹۲ میزان عملکرد گیاهانی که سال قبل تحت تیمارهای آبیاری و کاربرد خاکپوش قرار گرفته بودند، محاسبه گردید.

پاروس در شرایط شاهد استفاده از خاکپوش میزان هدایت روزه‌ای را افزایش داد. گزارش‌هایی مبنی بر افزایش رطوبت خاک و رشد گیاه بر اثر کاربرد خاکپوش وجود دارد (Wang *et al.*, 1998; Ashrafuzzaman *et al.*, 2011). این مسئله نشان می‌دهد که در سیستم خاکپوش مقدار رطوبت اطراف ریشه‌ها بیشتر از سیستم بدون خاکپوش است و به همین دلیل در گیاهان کاشته‌شده با کاربرد خاکپوش تحت شرایط تنش خشکی محتوای آب برگ افزایش یافته است. گزارش شده است که در سطوح مختلف آبیاری کاربرد خاکپوش سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ شده است (Singer & Shahriari, 2011). در پژوهش حاضر کاربرد خاکپوش در شرایط تنش خشکی به دلیل خنک کردن محیط ریشه و حفظ رطوبت خاک، میزان رشد ریشه را افزایش داده است (جدول ۲) و از این طریق سبب افزایش جذب آب و محتوای نسبی آب برگ شده و این مسئله، خود به افزایش هدایت روزه‌ای منجر شده است. افزایش هدایت روزه‌ای بر اثر کاربرد خاکپوش در شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط تنش خشکی بدون کاربرد خاکپوش در گیاه ساعتی گزارش شده است (Gaturuku *et al.*, 2012). افزایش فتوسنتز منجر می‌شود و از طریق تولید مواد بیشتر، رشد رویشی و تولید محصول را افزایش می‌دهد. در واقع همبستگی مثبت و معناداری بین هدایت روزه‌ای و فتوسنتز وجود دارد و بالا رفتن نسبی هدایت روزه‌ای به افزایش فتوسنتز و افزایش کارایی مصرف آب کمک می‌کند (Ghaderi & Siosemardeh, 2011). در پژوهش حاضر کاربرد خاکپوش سبب افزایش رشد رویشی در شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط بدون خاکپوش شده است و با وجود مصرف آب کمتر، وزن خشک کل در رقم پاروس افزایش یافته و همچنین در رقم کوئین الیزا سبب بهبود خصوصیات رویشی شده است (جدول ۲ و شکل‌های ۳ و ۴). بنابراین، به نظر می‌رسد که در این شرایط به دلیل در دسترس بودن آب بیشتر و وجود هدایت روزه‌ای بیشتر، ماده‌سازی بیشتری صورت گرفته است.

محتوای پرولین ۰/۵ گرم برگ تر توت‌فرنگی براساس روش بیتس در اسید سولفوسالیسیلیک استخراج شد و غلظت پرولین نمونه‌ها به کمک اسید ناین‌هیدرین در تولوئن با استفاده از اسپکتروفتومتر به کمک غلظت‌های مشخص پرولین خالص به‌منزله شاهد در طول موج ۵۲۰ نانومتر تعیین شد (Bates *et al.*, 1973). محتوای کربوهیدرات‌های محلول کل برگ برحسب میلی‌گرم بر گرم بافت تازه برگ با استفاده از منحنی استاندارد تعیین شد (Irigoyen *et al.*, 1992).

نتایج و بحث

محتوای نسبی آب برگ (RWC)، هدایت روزه‌ای

(g) و شاخص پایداری غشای سلولی (MSI)

میزان نسبی آب برگ، شاخص مناسبی از وضعیت آب گیاه است و به‌منزله شاخصی برای ارزیابی تحمل به خشکی بیان شده است (Jones *et al.*, 1985). براساس نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر محتوای نسبی آب برگ تحت تنش خشکی در هر دو رقم مطالعه‌شده کاهش یافت (جدول ۱). میزان هدایت روزه‌ای در دو رقم تحت تنش خشکی کاهش یافت و با کاربرد خاکپوش دوباره افزایش یافت (جدول ۱). بین دو رقم از نظر هدایت روزه‌ای تفاوت معناداری مشاهده نشد. در شرایط تنش خشکی که پتانسیل آب خاک کاهش می‌یابد گیاهان با سازوکارهای متفاوتی از جمله بستن روزه‌ها، افزایش مقاومت روزه‌ای یا کاهش هدایت روزه‌ای از پدیده تهرق جلوگیری می‌کنند. تنش خشکی با افزایش سنتز آبسزیک اسید به بسته شدن روزه‌ها و جلوگیری از هدررفت آب منجر می‌شود (Abdul Jaleel *et al.*, 2009). از این طریق برگ‌ها با کاهش تهرق، می‌توانند خود را با شرایط تنش وفق دهند و تورژسانس خود را حفظ کنند. کاهش محتوای نسبی آب برگ و هدایت روزه‌ای تحت تنش خشکی در توت‌فرنگی (Ghaderi & Siosemardeh, 2011) و در انگور (Ghaderi *et al.*, 2011) گزارش شده است.

در شرایط تنش خشکی محتوای نسبی آب برگ دو رقم برابر بود و با کاربرد خاکپوش میزان آن در هر دو رقم افزایش یافت. بین دو رقم از نظر محتوای نسبی آب برگ تفاوت معناداری مشاهده نشد. در رقم

پرولین و کربوهیدرات‌های محلول کل

پرولین و کربوهیدرات‌های محلول کل اغلب در برگ در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابند و در تنظیم اسمزی نقش دارند (Pinheiro *et al.*, 2004). میزان پرولین و کربوهیدرات‌های محلول کل در دو رقم در شرایط تنش خشکی به‌طور معناداری در مقایسه با شاهد افزایش یافت. براساس این نتایج بین دو رقم تفاوت معناداری از نظر میزان پرولین و کربوهیدرات‌های محلول کل در تیمارهای شاهد، خاکپوش و تنش خشکی مشاهده نشد (جدول ۱). افزایش کربوهیدرات‌های محلول کل و پرولین تحت شرایط تنش خشکی نشان می‌دهد که افزایش این خصوصیات در توت‌فرنگی ممکن است مکانیسمی برای افزایش فشار اسمزی و ادامه جذب آب باشد. در این پژوهش افزایش محتوای کربوهیدرات‌های محلول کل تحت تنش خشکی مشاهده شده است که احتمالاً به دلیل هیدرولیز نشاسته و افزایش قندهای محلول حاصل از آن است. در تنش‌های محیطی اسیدهای آمینه اغلب نقش اسمولیت برای گیاه دارند و در حفظ و نگهداری آب به گیاه کمک می‌کنند. افزایش پرولین در این پژوهش نیز احتمالاً به همین دلیل است. قندهای محلول از دیگر اسمولیت‌های مهمی هستند که افزایش آنها در پاسخ به تنش خشکی گزارش شده است. ساکارز به‌منزله تنظیم‌کننده‌ی اسمزی، سبب حفظ تورژسانس سلول می‌شود (Kerepesi *et al.*, 1998). تنش خشکی با تجزیه کردن پلی‌ساکاریدهایی مانند نشاسته، سبب افزایش کربوهیدرات‌های محلول در سلول می‌شود (Mohammadkhani & Heidari, 2008). افزایش تجمع پرولین در توت‌فرنگی (Grant *et al.*, 2010; Ghaderi & Siosemardeh, 2011) و افزایش کربوهیدرات‌های محلول کل در توت‌فرنگی (Ghaderi & Siosemardeh, 2011) و زردآلو (Tsuchida *et al.*, 2011) تحت تنش خشکی گزارش شده است.

هرچند دو رقم در شرایط تنش خشکی تفاوت معناداری از نظر مقدار پرولین و کربوهیدرات‌های محلول کل نداشتند و استفاده از خاکپوش در شرایط تنش خشکی مقدار پرولین را در مقایسه با شرایط بدون

غشای سلولی اولین محل در سلول‌ها است که بر اثر تنش‌های گیاهی تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد و توانایی گیاهان برای حفظ یکپارچگی غشا تحت خشکی همان چیزی است که نسبت تحمل به تنش خشکی را تعیین می‌کند (Vieira *et al.*, 1974). کمبود آب موجب از دست دادن آب از بافت‌های گیاهی می‌شود و به‌طور جدی سبب مختل‌شدن ساختار غشا و عملکرد آن می‌شود. از پایداری نسبی غشای سلولی برای تشخیص گیاهان متحمل به خشکی استفاده می‌شود (Kocheva & Gorgiev, 2003). تنش خشکی به‌طور معناداری میزان پایداری غشای سلولی را در رقم کوئین الیزا کاهش داد و تفاوت معناداری بین دو رقم مشاهده شد، به‌طوری‌که رقم پاروس نسبت به رقم کوئین الیزا پایداری غشای سلولی بیشتری در شرایط تنش خشکی داشت (جدول ۱). در رقم پاروس تفاوتی بین شاهد و تیمار تنش خشکی وجود نداشت. این نتایج نشان می‌دهد که در رقم پاروس در شرایط تنش خشکی نسبت به کوئین الیزا خسارت به بافت‌ها کمتر بوده و به تنش متحمل‌تر بوده است. گزارش‌هایی درباره‌ی اثر تنش خشکی بر کاهش پایداری غشای سلولی در توت‌فرنگی (Ghaderi & Siosemardeh, 2011)، ذرت (Shinde, Valentovič *et al.*, 2006) و بادام زمینی (Shinde, 2010) ارائه شده است. پایداری غشای سلولی می‌تواند آسیب وارد به غشای سلولی و کاهش مقاومت آن را نشان دهد. استفاده از خاکپوش پایداری غشای سلولی در شرایط تنش خشکی را در دو رقم به‌طور معناداری افزایش داده است. زمانی که محتوای آب در اندام‌های گیاه کاهش یابد، مقدار آسیب وارد به غشا افزایش می‌یابد. استفاده از خاکپوش محتوای آب برگ را افزایش داده و در نتیجه غشای سلولی کمتر آسیب دیده است. گزارش‌هایی درباره‌ی کاربرد خاکپوش و حفظ راندمان مصرف آب و رطوبت خاک بر اثر آن وجود دارد (Shahriari, 2011; Ashrafuzzaman *et al.*, 2011). احتمالاً افزایش آب بافت‌ها بر اثر کاربرد خاکپوش که در پژوهش حاضر مشاهده شد توانسته است خسارت به غشای سلولی را کاهش دهد.

مکانیسم‌های دفاعی گیاه در برابر خشکی کاهش سطح برگ است (Levitt, 1980). افزایش سطح برگ در صورتی رخ می‌دهد که شرایط محیطی برای گیاه فراهم باشد. تنظیم سطح برگ به‌طور طبیعی می‌تواند بر شدت تنش درونی و واکنش به تنش مؤثر باشد (Lakso, 1985). در پژوهش حاضر تنش خشکی سبب کاهش تعداد برگ شده است. سطح برگ دو رقم در اثر تنش خشکی کاهش یافته و با کاربرد خاکپوش در شرایط تنش خشکی در رقم پاروس تعداد برگ با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. در شرایط تنش و کاربرد خاکپوش رقم پاروس سطح برگ بیشتری در مقایسه با رقم کوئین الیزا داشت (شکل ۱). بنابراین، به نظر می‌رسد کاربرد خاکپوش در شرایط تنش خشکی شرایط بهتری برای رشد و گسترش سطح برگ در رقم پاروس فراهم کرده است. کاهش میزان آب برگ بر اثر تنش خشکی در توت‌فرنگی به‌سرعت اتفاق می‌افتد (Blancke & Cooke, 2006). کمبود آب سبب کاهش تعداد، اندازه و طول برگ می‌شود. گسترش سطح برگ به تورژسانس برگ بستگی دارد که می‌تواند تحت تأثیر تنش خشکی قرار گیرد. فرایندهایی مثل رشد برگ، به آماس و حجم سلول وابسته است بنابراین، نسبت به اندام‌های دیگر گیاهی به خشکی حساس‌تر است (Lecoeur & Sinclair, 1996).

خاکپوش افزایش نداد، ولی مقدار کربوهیدرات‌های محلول کل در شرایط تنش خشکی و کاربرد خاکپوش در رقم پاروس افزایش یافت. گزارش شده است که خاکپوش سبب حفظ رطوبت خاک برای مدت طولانی‌تری می‌شود و مواد غذایی بیشتری را برای کمک به افزایش کیفیت میوه و سرعت فتوسنتز فراهم می‌کند. این افزایش فتوسنتز سبب افزایش کربوهیدرات‌های محلول کل و بهبود رشد گیاه می‌شود (Pongsa et al., 2007). با توجه به تأثیر کربوهیدرات‌های محلول کل در تنظیم اسمزی و اثر خاکپوش در افزایش کربوهیدرات‌های محلول کل در آزمایش حاضر به نظر می‌رسد کاربرد خاکپوش با افزایش آنها به افزایش جذب آب و حفظ آماس سلولی کمک کرده و در نهایت سبب بهبود رشد گیاه شده است. گزارش شده است با افزایش سطح تنش شوری در گوجه‌فرنگی، کربوهیدرات‌های محلول کل هم افزایش یافت و کاربرد خاکپوش سبب افزایش محتوای کربوهیدرات‌های محلول کل آن شد (Saeed et al., 2009).

تعداد و سطح برگ

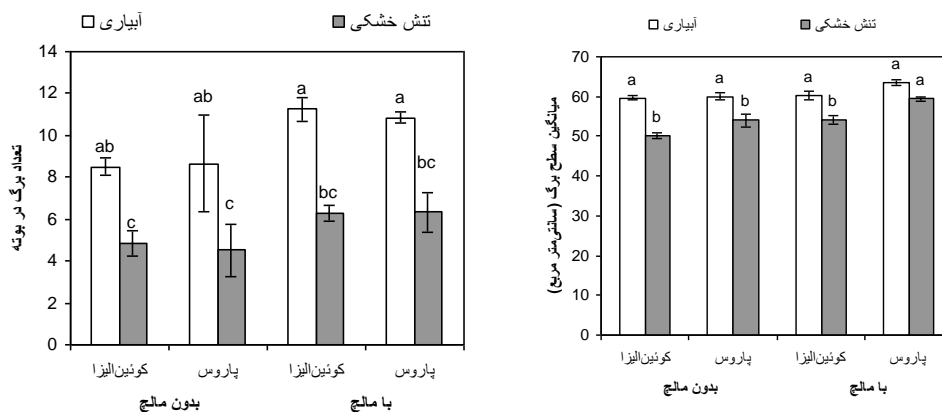
قابلیت کنترل سطح برگ، مکانیسم مهمی است که گیاه تحت شرایط تنش خشکی با استفاده از آن از هدررفت آب بافت‌ها جلوگیری می‌کند و یکی از

جدول ۱. اثر کاربرد خاکپوش پلاستیکی بر هدایت روزنه‌ای، محتوای نسبی آب برگ (RWC)، شاخص پایداری غشای سلولی، کربوهیدرات‌های محلول کل و پرولین در دو رقم توت‌فرنگی کوئین الیزا و پاروس تحت شرایط خشکی^a

پرولین	کربوهیدرات‌های محلول کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	شاخص پایداری غشای سلولی (%)	RWC (%)	هدایت روزنه‌ای (میکرومول آب بر مترمربع بر ثانیه)	تیمار
۰/۰۹۹ ± ۰/۰۱۴ b	۳۴/۱۰ ± ۰/۳۴ c	۸۴/۲۵ ± ۰/۳۳ abc	۸۹/۳۰ ± ۰/۴۸ a	۱۹۰/۷۸ ± ۳/۷۷ ab	شاهد بدون خاکپوش
۰/۲۳ ± ۰/۰۰۹ a	۴۶/۸۰ ± ۰/۴۷ ab	۸۱/۱۴ ± ۰/۷۵ d	۷۶/۴۸ ± ۰/۶۸ c	۶۷/۷۸ ± ۱/۳۵ d	کوئین الیزا ^b تنش بدون خاکپوش
۰/۰۹۲ ± ۰/۰۰۹ b	۳۵/۴۶ ± ۰/۳۵ c	۸۵/۲۱ ± ۰/۴۱ a	۸۹/۱۹ ± ۰/۳۲ a	۱۹۷/۸۹ ± ۴/۶۵ ab	شاهد با خاکپوش
۰/۲۵ ± ۰/۰۰۲ a	۴۹/۹۸ ± ۰/۵۰ a	۸۳/۸۹ ± ۰/۲۱ bc	۸۰/۴۴ ± ۱/۰۸ b	۱۰۷/۰۸ ± ۸/۴۰ c	تنش با خاکپوش
۰/۱۰ ± ۰/۰۱۲ b	۲۹/۷۹ ± ۰/۰۲۳ c	۸۴/۰۳۲ ± ۰/۱۴ bc	۸۹/۱۵ ± ۰/۳۷۴ a	۱۸۵/۷۸ ± ۲/۸۲ b	شاهد بدون خاکپوش
۰/۲۶ ± ۰/۰۲۶ a	۴۴/۰۸ ± ۰/۰۱ b	۸۳/۲۹ ± ۰/۵۹ c	۷۶/۱۷ ± ۰/۰۹ c	۶۹/۸۹ ± ۲/۳۷ d	تنش بدون خاکپوش
۰/۱۰ ± ۰/۰۰۴ c	۳۳/۱۹ ± ۰/۰۰۹ c	۸۴/۸۹ ± ۰/۰۸ ab	۸۹/۶۹ ± ۰/۲۱ a	۱۹۸/۸۹ ± ۲/۶۲ a	شاهد با خاکپوش
۰/۲۷ ± ۰/۰۲۶ a	۵۱/۱۱ ± ۰/۰۲ a	۸۴/۸۲ ± ۰/۲۹ ab	۷۹/۱۳ ± ۰/۶۹ b	۱۰۴/۷۰ ± ۲/۴۰ c	تنش با خاکپوش

^a ستون‌های با حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ با هم‌دیگر ندارند.

^b در شرایط تنش خشکی آبیاری زمانی صورت گرفت که مکش خاک در عمق ۳۰ سانتی‌متری به ۱۰- بار رسید.



شکل ۱. میانگین سطح برگ و تعداد برگ یک بوته در دو رقم توت‌فرنگی (کونین‌الیزا و پاروس) تحت تنش خشکی (آبیاری زمانی صورت گرفت که مکش خاک در عمق ۳۰ سانتی‌متری به ۱۰- بار رسید) و تیمار خاکپوش. ستون‌های با حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ با هم‌دیگر ندارند.

موجود در خاک بیشترین جذب صورت گیرد. این خصوصیت تنها از طریق سازوکارهای سازگاری مرتبط با سیستم ریشه حاصل خواهد شد. وزن خشک بوته یکی از شاخص‌های مهم ارزیابی‌شده درباره تأثیرات تنش خشکی بر خصوصیات گیاه است. کاهش وزن خشک اندام‌های گیاه تحت تنش خشکی به دلیل کمبود رطوبت در خاک و بافت‌های گیاه و ایجاد محدودیت برای فتوسنتز است. براساس نتایج پژوهش حاضر، تنش خشکی تأثیر بیشتری بر وزن خشک دمبرگ و برگ داشته و به‌طور معناداری آنها را در دو رقم کاهش داده است. کاربرد خاکپوش پلاستیکی تأثیر معناداری بر وزن خشک برگ نداشت، ولی توانست میزان وزن خشک دمبرگ را در دو رقم در شرایط تنش خشکی را در مقایسه با شرایط تنش خشکی بدون کاربرد خاکپوش به شرایط شاهد برگرداند (شکل ۲). رقم کونین‌الیزا در شرایط تنش و شاهد وزن خشک طوقه بیشتری در مقایسه با رقم پاروس داشت (شکل ۲). با اعمال تیمار تنش خشکی کاهش معناداری در وزن خشک طوقه در رقم کونین‌الیزا مشاهده شد. این در حالی بود که کاهش در رقم پاروس مشاهده نشد و تیمار خاکپوش تأثیری بر آن نداشت. زمانی که گیاه تحت تنش خشکی قرار گیرد سطح برگ، تعداد برگ، ارتفاع گیاه، قطر ساقه و درنهایت رشد گیاه کاهش می‌یابد و در نتیجه سبب کاهش وزن خشک کل گیاه می‌شود. کاهش سطح برگ مشاهده‌شده در این پژوهش توانایی گیاه برای جذب نور و درنهایت تولید مواد حاصل از فتوسنتز را کاهش داده و درنهایت به دلیل کاهش

از طرفی کاهش هدایت روزنه‌ای یا بسته‌شدن روزنه‌ها سبب کاهش فتوسنتز و رشد گیاه می‌شود و از عوامل ثانویه برای کاهش سطح برگ به شمار می‌رود (Sharkey & Seemann, 2005). در پژوهش حاضر کاهش محتوای نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش خشکی مشاهده شده است (جدول ۱). بنابراین، کاهش سطح و تعداد برگ در شرایط تنش خشکی می‌تواند به دلیل کاهش محتوای آب برگ و محدودیت ایجادشده برای فتوسنتز بر اثر بسته‌شدن روزنه‌ها باشد. کاربرد خاکپوش در شرایط تنش خشکی وزن خشک ریشه را در مقایسه با شرایط تنش بدون کاربرد خاکپوش در رقم پاروس افزایش داده است. بنابراین، احتمالاً افزایش سطح برگ در رقم پاروس به فراهم‌بودن رطوبت برای گسترش بیشتر سطح برگ در شرایط کاربرد خاکپوش برمی‌گردد. گزارش‌هایی مبنی بر کاهش سطح برگ و تعداد برگ در انگور (Ghaderi *et al.*, 2010) و توت‌فرنگی (Klamkowski & Treder, 2006; Olga *et al.*, 2010) بر اثر تنش خشکی و همچنین افزایش سطح برگ بر اثر کاربرد خاکپوش در فلفل (Ashrafuzzaman *et al.*, 2011)، ذرت (Uwah & Iwo, 2011) و خیار (Ibeawuchi *et al.*, 2008) وجود دارد.

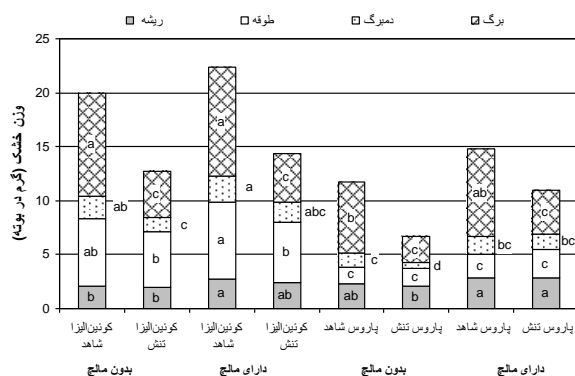
وزن خشک اندام‌ها

از آنجاکه آب قابل دسترس، عامل اصلی محدودکننده رشد در زمان تنش خشکی است، بیشترین بازده از نظر رشد و تولید محصول زمانی ممکن می‌شود که از آب

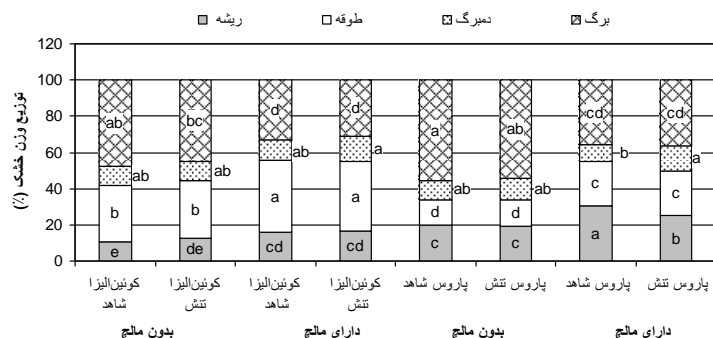
افزایش وزن خشک کل بوته در رقم پاروس بر اثر کاربرد خاکپوش احتمالاً به دلیل اثر آن بر افزایش وزن خشک ریشه در این شرایط بوده است. با توجه به این نتایج به نظر می‌رسد که قسمت هوایی گیاهان دو رقم در مقایسه با ریشه به میزان بیشتری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفته و کاهش یافته است. در واقع کاهش میزان ماده خشک کل بیشتر به هزینه کاهش وزن خشک برگ و دم‌برگ روی داده است. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که حساس‌ترین قسمت گیاه توت‌فرنگی برگ‌های آن است و در درجه بعدی دم‌برگ قرار دارد. گیاهان برای مقابله با تنش خشکی سطح برگ خود را کاهش می‌دهند که با کاهش وزن خشک همراه است. کاهش وزن خشک به علت کاهش رشد گیاه، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز و پیری برگ‌هاست (Rane *et al.*, 2001). سیستم ریشه توت‌فرنگی و در درجه بعد طوقه آن در مقایسه با برگ و دم‌برگ حساسیت کمتری به خشکی از خود نشان دادند. برخی گیاهان در پاسخ به خشکی میزان جذب آب را از راه حفظ نسبی ریشه‌ها افزایش می‌دهند. Ghorbanli *et al.* (2001) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی وزن خشک ریشه افزایش یافته و احتمالاً ریشه‌ها کمتر تحت تأثیر خشکی قرار گرفته و فرآورده‌های فتوسنتزی بیشتری در این شرایط به ریشه اختصاص داده می‌شود. کاهش وزن خشک ریشه و شاخساره گیاهان توت‌فرنگی در شرایط تنش شوری (Karlidag *et al.*, 2009) و خشکی (Razavi *et al.*, 2008) گزارش شده است.

ماده‌سازی وزن اندام‌ها کاهش یافته است. کاهش وزن خشک اندام‌های گیاه تحت تنش خشکی که در این پژوهش مشاهده شد با پژوهش‌های صورت‌گرفته در بادمجان (Kirnak *et al.*, 2001)، توت‌فرنگی (Grant *et al.*, 2007; Liu *et al.*, 2010) و زردآلو (Tsuchida *et al.*, 2011) مطابقت دارد.

وزن خشک ریشه در دو رقم تحت تأثیر تنش خشکی کاهش نیافت. رشد ریشه نسبت به شاخساره در شرایط خشکی کمتر تحت تأثیر قرار گرفت. گزارش شده در شرایط تنش خشکی مواد غذایی حاصل از فتوسنتز بیشتر در اختیار ریشه قرار گرفته و سبب افزایش نسبت وزن خشک ریشه به شاخساره می‌شود که به دلیل کاهش بیشتر رشد شاخساره در مقایسه با ریشه است (Krishnamurthy *et al.*, 2003). کاربرد خاکپوش وزن خشک ریشه را در رقم کوئین الیزا در شرایط شاهد نسبت به شرایط بدون خاکپوش افزایش داد. وزن خشک ریشه بر اثر کاربرد خاکپوش پلاستیکی در شرایط شاهد و تنش نسبت به تیمار تنش خشکی در رقم پاروس افزایش یافت (شکل ۲). براساس نتایج پژوهش حاضر در هر دو رقم وزن خشک کل بوته و وزن خشک شاخساره تحت شرایط تنش خشکی دچار کاهش معناداری شد و کاربرد خاکپوش در شرایط تنش خشکی در رقم پاروس میزان آن را دوباره افزایش داد. رقم کوئین الیزا در شرایط شاهد و تنش خشکی وزن خشک کل بوته بیشتری داشت (جدول ۲). کاربرد خاکپوش با حفظ رطوبت خاک، خنک نگه‌داشتن محیط ریشه و ایجاد شرایط مساعد برای رشد میزان وزن خشک را در رقم پاروس افزایش داده است.



شکل ۲. میزان وزن خشک برگ، دم‌برگ، طوقه و ریشه در دو رقم توت‌فرنگی (کوئین‌الیزا و پاروس) تحت تنش خشکی (آبیاری زمانی صورت گرفت که مکش خاک در عمق ۳۰ سانتی‌متری به ۱۰- بار رسید) و تیمار خاکپوش. ستون‌های با حرف مشترک در هر صفت تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ با همدیگر ندارند.



شکل ۳. میزان توزیع ماده خشک در یک بوته در دو رقم توت‌فرنگی (کوئین‌الیزا و پاروس) تحت تنش خشکی (آبیاری زمانی صورت گرفت که مکش خاک در عمق ۳۰ سانتی‌متری به ۱۰- بار رسید) و تیمار خاکپوش. ستون‌های با حرف مشترک در هر صفت تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ با هم‌دیگر ندارند.

جدول ۲. اثر کاربرد خاکپوش پلاستیکی بر طول و حجم ریشه در توت‌فرنگی رقم کوئین‌الیزا و پاروس تحت شرایط خشکی^a

تیمار	وزن خشک کل (گرم در بوته)	وزن خشک شاخساره (گرم در بوته)	نسبت وزن ریشه به شاخساره	طول ریشه (cm)	حجم ریشه (cm ³)
شاهد بدون خاکپوش	۱۹/۹۴ ± ۰/۶۶ a	۱۷/۸۸ ± ۰/۶۷ a	۰/۱۱۶ ± ۰/۰۰۶ e	۳۱/۰۲ ± ۰/۳۸ a	۹/۵ ± ۰/۰۷ ab
تنش ^b بدون خاکپوش	۱۲/۷۲ ± ۱/۰۰ bc	۱۰/۸۱ ± ۱/۰۰ bc	۰/۱۱۴ ± ۰/۰۱۳ de	۲۵/۹۳ ± ۰/۴۴ b	۷/۰۰ ± ۰/۲۱ c
شاهد با خاکپوش	۲۲/۳۱ ± ۰/۹۵ a	۱۹/۶۲ ± ۰/۸۶ a	۰/۱۸۷ ± ۰/۰۲۰ cde	۳۴/۲۳ ± ۰/۲۰ a	۱۱/۳۰ ± ۰/۲۲ a
تنش با خاکپوش	۱۴/۳۷ ± ۱/۴۰ bc	۱۱/۹۷ ± ۱/۲۱ b	۰/۲۰۳ ± ۰/۰۲۱ cd	۳۱/۲۲ ± ۰/۴۷ a	۹/۲۰ ± ۰/۲۰ b
شاهد بدون خاکپوش	۱۱/۷۶ ± ۱/۱۲ bc	۹/۴۵ ± ۱/۱۴ bc	۰/۲۵۴ ± ۰/۰۳۳ c	۳۱/۸۵ ± ۰/۹۷ a	۹/۵۰ ± ۰/۲۲ ab
تنش بدون خاکپوش	۶/۷۳ ± ۰/۸۹ d	۴/۷۰ ± ۰/۶۸ d	۰/۴۴۷ ± ۰/۰۴۸ c	۲۵/۷۱ ± ۱/۱۲ b	۶/۵۰ ± ۰/۰۸ c
شاهد با خاکپوش	۱۴/۸۳ ± ۱/۴۸ b	۱۲/۰۰ ± ۱/۲۸ b	۰/۲۳۶ ± ۰/۰۱۲ a	۳۵/۴۷ ± ۰/۴۳ a	۱۱/۰۰ ± ۰/۳۳ ab
تنش با خاکپوش	۱۱/۰۰ ± ۰/۶۷ c	۸/۲۷ ± ۰/۵۶ c	۰/۳۴۳ ± ۰/۰۲۶ b	۳۱/۰۷ ± ۰/۷۹ a	۹/۲۰ ± ۰/۱۷ b

^a ستون‌های با حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ با هم‌دیگر ندارند.

^b در شرایط تنش خشکی آبیاری زمانی صورت گرفت که مکش خاک در عمق ۳۰ سانتی‌متری به ۱۰- بار رسید.

2011). افزایش وزن خشک برگ، طوقه و ریشه در توت‌فرنگی (Larson *et al.*, 2006) و افزایش وزن خشک ریشه در فلفل (Ashrafuzzaman *et al.*, 2011) بر اثر کاربرد خاکپوش شفاف در شرایط بدون تنش گزارش شده است.

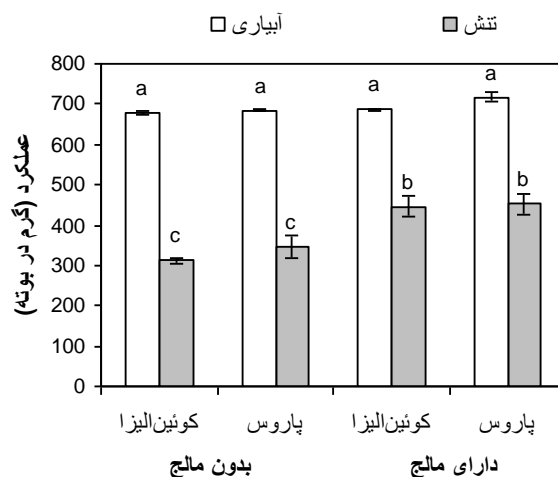
در این آزمایش استفاده از خاکپوش در شرایط تنش خشکی سبب افزایش طول ریشه در مقایسه با تیمار تنش خشکی شد (جدول ۲). در هر دو رقم در تیمار بدون خاکپوش در شرایط تنش حجم ریشه کمترین میزان بود و کاربرد خاکپوش در شرایط تنش خشکی سبب افزایش حجم ریشه در این شرایط شد. با کاهش رطوبت در ناحیه ریشه، رشد ریشه‌های مویین متوقف می‌شود و حجم آن کاهش می‌یابد. در پژوهش حاضر کاهش سطح برگ در شرایط تنش خشکی به کاهش تولید و انتقال مواد فرآوری به

کاربرد خاکپوش پلاستیکی توزیع ماده خشک در اندام‌های مختلف را تحت‌تأثیر قرار داده و سبب افزایش درصد آن در طوقه و ریشه شده است. درصد ماده خشک در دمبرگ تحت‌تأثیر خاکپوش قرار نگرفت، ولی درصد ماده خشک برگ بر اثر کاربرد خاکپوش پلاستیکی کاهش یافت (شکل ۳). این کاهش در درصد توزیع ماده خشک بر اثر کاربرد خاکپوش با افزایش وزن خشک ریشه و طوقه همراه بوده است. به نظر می‌رسد کاربرد خاکپوش پلاستیکی توانسته است نسبت وزن خشک ریشه به شاخساره را افزایش دهد که نشان‌دهنده افزایش سیستم ریشه در این شرایط است (جدول ۲). کاربرد خاکپوش سبب حفظ رطوبت خاک می‌شود و در نتیجه رشد و نمو برگ و حجم و قطر طوقه گیاهان را افزایش می‌دهد و به افزایش وزن خشک آنها منجر می‌شود (Shahriari,

کاهش یافت (شکل ۴). کاربرد خاکپوش در گیاهانی که تنش خشکی دریافت کرده بودند سبب افزایش میزان محصول در سال بعد در مقایسه با گیاهانی شد که تحت تنش خشکی و تیمار بدون خاکپوش قرار گرفته بودند. به عبارت دیگر گیاهان کاشته شده تحت کاربرد خاکپوش در شرایط خشکی در رقم کوئین الیزا و پاروس تنها ۳۴ درصد کاهش محصول در مقایسه با شاهد بدون کاربرد خاکپوش را نشان دادند. هماهنگ با پژوهش حاضر گزارش شده است کاربرد خاکپوش پلاستیکی رشد ریشه‌ها، جذب عناصر غذایی، کارایی مصرف آب و میزان محصول در شرایط کم آبیاری در توت‌فرنگی را افزایش داده است (Kumar & Dey, 2011). کاربرد خاکپوش تغییر معناداری در میزان محصول در شرایط بدون تنش در دو رقم ایجاد نکرد. این مسئله احتمالاً به این دلیل بوده است که گیاهان در این شرایط به اندازه کافی رطوبت دریافت کرده و اثر کاربرد خاکپوش که بیشتر بر حفظ رطوبت متمرکز است بر آن معنادار نبوده است.

ریشه‌ها منجر می‌شود که نتیجه آن کاهش رشد، حجم و طول ریشه است. گزارش‌هایی مبنی بر کاهش وزن تر و خشک، حجم و طول ریشه در گیاه آویشن (Babaei *et al.*, 2010) و کاهش طول ریشه در زعفران (Taimori *et al.*, 2010) بر اثر تنش خشکی وجود دارد. همچنین گزارش شده است کاربرد خاکپوش پلاستیکی سبب افزایش طول ریشه در لفل و افزایش حجم ریشه در گوجه‌فرنگی شده است (Ashrafuzzaman *et al.*, 2011) که با نتایج حاصل مطابقت دارد.

کاهش خصوصیات رویشی در دو رقم بر اثر تنش خشکی در نهایت بر کاهش میزان محصول در سال بعد تأثیر گذاشته است. در گیاهانی که در سال قبل (۱۳۹۱) تحت تنش خشکی قرار گرفته بودند، به اندازه قابل توجهی میزان محصول سال بعدشان (۱۳۹۲) کاهش یافت. میزان محصول تحت تنش خشکی در رقم کوئین الیزا به اندازه ۵۳/۹ درصد و در رقم پاروس به اندازه ۵۰/۴۸ درصد در مقایسه با شاهد



شکل ۴. عملکرد میوه در دو رقم توت‌فرنگی (کوئین‌الیزا و پاروس) تحت تنش خشکی (آبیاری زمانی صورت گرفت که مکش خاک در عمق ۳۰ سانتی‌متری به ۱۰- بار رسید) و تیمار خاکپوش. ستون‌های با حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ با همدیگر ندارند.

محلول کل در اثر تنش خشکی در هر دو رقم افزایش یافت. کاهش میزان ماده خشک کل بیشتر به هزینه کاهش وزن خشک برگ و دم‌برگ روی داده است. برای این اساس می‌توان نتیجه گرفت که حساس‌ترین قسمت گیاه توت‌فرنگی برگ‌های آن بوده و در درجه بعدی دم‌برگ،

بر اساس نتایج بدست آمده در پژوهش حاضر تنش خشکی اکثر خصوصیات رویشی گیاه را تحت تأثیر قرار داده است. تعداد و سطح برگ، وزن خشک کل، وزن خشک شاخساره، طول و حجم ریشه تحت تنش خشکی در دو رقم کاهش یافت. میزان پرولین و کربوهیدرات‌های

خشکی دریافت نموده بودند سبب افزایش میزان محصول در سال بعد در دو رقم در مقایسه با گیاهانی شد که در شرایط تنش خشکی تحت خاکپوش کاشت نشده بودند. با توجه به نتایج بدست آمده در پژوهش حاضر و با توجه به اینکه گیاهان کاشت شده تحت خاکپوش پلاستیکی مدت زمان کمتری در هر بار آبیاری شدند می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از خاکپوش کارایی آبیاری را بالا برده و آب کمتری در هر بار آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. این در حالی است که آسیب وارد شده به گیاهان در این شرایط کمتر از شرایطی بود که از خاکپوش استفاده نگردید. این نتایج نشان داد که استفاده از خاکپوش می‌تواند در مدیریت کم آبی در توت‌فرنگی نقش مهمی داشته و در شرایط کم آبی سبب بهبود خصوصیات رویشی و عملکرد در توت‌فرنگی گردد.

طوقه و ریشه قرار دارند. کاهش خصوصیات رویشی در اثر تنش خشکی عملکرد گیاهان توت‌فرنگی در سال بعد را کاهش داد. کاربرد خاکپوش محتوای نسبی آب برگ و شاخص پایداری غشاء سلولی در هر دو رقم را در شرایط تنش خشکی در مقایسه با شرایط بدون خاکپوش افزایش داد. در مقایسه بین دو رقم، رقم پارس دارای شاخص پایداری غشاء سلولی بیشتری در مقایسه با رقم کوئین‌الیزا بود. دلیل اصلی مقاومت بیشتر رقم پارس با توجه به نتایج ارائه شده می‌تواند مربوط به داشتن نسبت ریشه بیشتر در مقایسه با شاخساره باشد. زیرا نسبت وزن خشک ریشه به شاخساره در این رقم بیشتر از رقم کوئین‌الیزا بود. کاربرد خاکپوش پلاستیکی نسبت وزن خشک ریشه به شاخساره را افزایش داد که نشان‌دهنده افزایش سیستم ریشه در این شرایط است. کاربرد خاکپوش در گیاهانی که تنش

REFERENCES

1. Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Somasundaram, R. & Panneerselvam, R. (2009). Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *Journal of Agricultural Biology*, 11, 100-105.
2. Ashrafuzzaman, M., Halim, M. A., Ismail, M. R., Shahidullah, S. M. & Hossain, M. A. (2011). Effect of Plastic Mulch on Growth and Yield of Chilli (*Capsicum annuum* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 54(2), 321-330.
3. Babaei, K., Amini, D. M., Modares, S. S. M. A. & Jabari, R. (2010). Effect of drought stress on morphological characteristics, amount of proline and percent of thymol in thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Medical and Aromatic plants*, 26 (2), 251-239. (in Farsi)
4. Bates, L. S., Waldren, R. P. & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.
5. Blanke, M. M. & Cooke, D. T. (2006). Water channels in strawberry and their role in the plant's response to water stress. *Acta Horticulturae*, 708, 65-68.
6. Decoteau, D. R., Kasperbauer, M. J., Daniels, D. D. & Hunt, P.G. (1988). Plastic mulch color effects on reflected light and tomato plant growth. *Scientia Horticulturae*, 34, 169-175.
7. Escalona, J. M., Flexas, J. & Medrano, H. (1999). Stomatal and non-stomatal limitations of photosynthesis under water stress in field-grown grapevines. *Journal of Plant Physiology*, 26, 421-433.
8. Fortnum, B. A., Decoteau, D. R. & Kasperbauer, M. J. (2000). Effect of mulch surface color on root-knot of tomato grown in simulated planting beds. *Journal of Nematology*, 32, 101-109.
9. Galmes, J., Flexas, J., Save, R. & Medrano, H. (2007). Water relation and stomatal characteristics of Mediterranean plants with different growth forms and leaf habits: responses to water stress and recovery. *Journal of Plant and Soil*, 290, 139-155.
10. Gaturuku, J. K., Isutsa, D. K. & Aguyoh, J. N. (2012). Irrigation rate and mulch type significantly affect some physiological processes of purple passion fruit (*Passiflora edulis f. edulis* Sims.) under drought stress. *International Journal of Advanced Biological Research*, 2(1), 46-52.
11. Ghaderi, N., Talaie, A. R., Ebadi, A. & Lesani, H. (2010). Effect of drought stress and subsequent recovery some physiological characteristics in 'Sahani', 'Bidane-sefid' and 'Farkhii' grape cultivars. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 41(2), 179-188. (in Farsi)
12. Ghaderi, N. & Siosemardeh, A. (2011). Response to Drought Stress of Two Strawberry Cultivars (cv. Kurdistan and Selva). *Journal of Horticulture, Environment and Biotechnology*, 52(1), 6-12.
13. Ghaderi, N., Talaie, A. R., Ebadi, A. & Lessani, H. (2011). The Physiological Response of Three Iranian Grape Cultivars to Progressive Drought Stress. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13, 601-610.

14. Ghorbanli, M., Fakerbaher, Z., Mirza, M. & Rezaei, M. B. (2001). The effect of irrigation treatments on some of growth parameters, quality and quantity of essential oil in *Satureja hortensis*. *Pajouheshva-Sazandegi*, 14(3 (in Natural Resources 52)), 40-45. (in Farsi)
15. Grant, O. M., Johnson, A. W., Davies, M. J., James, C. M. & Simpson, D. W. (2010). Physiological and morphological diversity cultivated strawberry (*Fragaria × ananasa*) in response to water deficit. *Environment and Experiment Botany*, 68, 264-272.
16. Ibeawuchi, I. I., Iheoma, O. R., Obilo, O. P. & Obiefuna, J. C. (2008). Effect of time of mulch application on the growth and yield of cucumber (*Cucumis sativus*) in Owerri, southeastern Nigeria. *Life Science Journal*, 5(1), 68-71.
17. Irigoyen, J. J., Emerich, D.W. & Sanchez-Diaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Journal of Plant Physiology*, 84, 55-60.
18. Karlidag, H., Yildirim, E. & Turan, M. (2009). Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. *Journal of Scientific Agriculture*, (Piracicaba, Braz.), 66, 180-187.
19. Kerepesi, I., Galiba, G. & Banyal, E. (1998). Osmotic and salt stresses induced differential alteration in water-soluble carbohydrate content in wheat seedlings. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 46, 5347-5354.
20. Kirnak, H., Kaya, C., Tas, I. & Higgs, D. (2001). The influences of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in eggplants. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 27 (3-4), 34-46.
21. Klamkowski, K. & Treder, W. (2006). Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. *Journal of Agriculture Conspectus Scientifics*, 71, 159-165.
22. Kocheva, K. & Gorgiev, G. (2003). Evaluation of the reaction of two contrasting barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in response to osmotic stress with PEG 6000. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, Special Issue, 290-294.
23. Krishnamurthy, L., Kashiwagi, J. & Upadhyaya, H. D. (2003). Genetic diversity of drought avoidance root traits in the mini-core germplasm collection of chickpea. *International Chickpea and Pigeonpea Newsletters*, 10, 21-24.
24. Kumar, S. & Dey, P. (2011). Effects of different mulches and irrigation methods on root growth, nutrient uptake, water-use efficiency and yield of strawberry. *Scientia Horticulturae*, 127, 318-324.
25. Jones, M. M., Osmond, C. B. & Turner, N. C. (1985). Accumulation of solutes in leaves of sorghum and sunflower in response to water deficits. *Australian Journal of Plant Physiology*, 7, 193-205.
26. Lakso, A.N. (1985). The effect of water stress on physiological process in fruit crop. *Acta Horticulturae*, 171, 275-290.
27. Larson, K. D., Koike, S. T. & Zalom, F. G. (2006). Polyethylene mulch, deficit irrigation, overhead sprinkling and strawberry fruit bronzing. Proc.Vth Int. Strawberry Symposium Ed. G. Waite *Acta Horticulturae*, 708, 51-58.
28. Lecoer, J. & Sinclair, T. R. (1996). Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. *Crop Science*, 36, 331-335
29. Levitt, J. (1980). Responses of plants to environmental stresses. II. Water, radiation, salt and other stresses. Academic Press, New York. pp: 3-53.
30. Liu, F., Savi, S., Jensen, C. R., Shahnazari, A., Jacobsen, S. E., Stiki, R. & Andersen, M. N. (2007). Water relations and yield of lysimeter-grown strawberries under limited irrigation. *Scientia Horticulturae*, 111, 128-132.
31. Mohammadkhani, N. & Heidari, R. (2008). Drought-induced accumulation of soluble sugars and proline in two maize varieties. *Journal of World Applied Sciences*, 3(3), 448-453.
32. Moor, U., Karp, K. & Pöldma, P. (2004). Effect of mulching and fertilization on the quality of strawberries. *Agricultural and Food Science*, 13, 256-267.
33. Morgan, J. M. (1992). Osmotic components and properties associated with genotypic differences in osmoregulation in wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*, 19, 67-76.
34. Nayyar, H. (2003). Acclimation of osmolytes and osmotic adjustmant in water-stressed wheat and maiz as affected by calcium and its antagonists. *Environmental and Experimental Botany*, 50, 253-264.
35. Nayyar, H. & Gupta, D. (2006). Differential sensitivity of c3 and c4 plant to water deficit stress: Assosiation whit oxidative stress and antioxidants. *Environmental and Experimental Botany*, 58, 106-113.
36. Opara, O., Salau, O. & Swennen, R. (1992). Response of plantain to mulch on a tropical ultisol: Part II. Effect of different mulehing materials on soil hudrological properties. *International Agrophysies*. 6, 3-4.
37. Pinheiro, C., Passarinho, J.A. & Ricardo, C.P. (2004). Effect of drought and rewatering on metabolism of *Lupinus albus* organs. *Journal of Plant Physiology*, 161, 1203-1210.
38. Pongsa-Anutin, T., Suzuki, H. & Matsui, T. (2007). Effects of mulching on the activity of acid invertase and sugar contents in Japanese radish. *Asian Journal of Plant Science*, 6, 470-476.

39. Rane, J., Maheshwari, M. & Nagarajan, S. (2001). Effect of pre-anthesis water stress on growth, photosynthesis and yield of six wheat cultivars differing in drought tolerance. *Indian Journal of Plant Physiology*, 6, 53-60.
40. Razavi, F., Pollet, B., Steppe, K. & Vanlabeke, M. C. (2008). Chlorophyll fluorescence as a tool for evaluation of drought stress in strawberry. *Photosynthetica*, 46(4), 631-633.
41. Saeed, R. & Ahmad, R. (2009). Vegetative Growth and yield of tomato as affected by the application of organic mulch and gypsum under saline rhizosphere. *Pakistan Journal of Botany*, 41(6), 3093-3105.
42. Shinde, B.M., Limaye, A.S., Deore, G.B. & Laware, S.L. (2010). Physiological responses of groundnut (*Arachis Hypogaea* L.) varieties to drought stress. *Asian Journal of Experimental Biological Sciences*, Special issue, 65-68.
43. Shahriari, S. (2011). The study on the effect of irrigation levels and mulch application on growth indices and essential oil content of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Planta Medicine*, 18, 77 – 88.
44. Singer, C. K. & Martin, C. A. (2009). Effect of landscape mulches and drip irrigation on transplant establishment and growth of three North American desert native plants. *Journal of Environmental and Horticulture*, 27(3), 166-170.
45. Sharkey, T. D. & Seemann, J. R. (2005). Mild water stress effects on carbon-reduction-cycle intermediates, Ribulose Biphosphate Carboxylase activity and spatial homogeneity of photosynthesis in intact leaves. *Plant Physiology*, 89, 1060-1065.
46. Taimori, M., Kafi, M., Orsji, Z. & Oroji, K. (2010). Effect of drought stress, size and cover of corn on morpho-physiological characteristics of crocus (*Crocus sativus* L.) under greenhouse conditions. *Journal of Agro ecology*, 2(2), 323-334.
47. Tsuchida, Y., Negoro, K. & Hishiike, M. (2011). Effect of initiation timing of drought stress on carbohydrate content and vegetative growth in Japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) 'Nanko'. *Journal of Japanese Society for Horticultural Science*, 80(1), 19-25.
48. Topcu, S., Kirda, C., Desgan, Y., Kaman, H., Cetin, M. & Yazic, A. (2007). Yield response and N-fertilizer recovery of tomato grown under deficit irrigation. *European Journal of Agronomy*, 26(1), 64-70.
49. Vieira, S. J., Naylor, A. W. & Kramer, P. J. (1974). Some ultra-structural and enzymatic effects of drought stress in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) leaves. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 71, 3243-324.
50. Valentovič, P., Luxová, M., Kolarovič, L. & Gašparíková, O. (2006). Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. *Plant Soil Environment*, 52(4), 186-191.
51. Uwah, D. F. & Iwo, G. F. (2011). Effectiveness of organic mulch on the productivity of maize (*Zea mays* L.) and weed growth. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 21(3), 525-530.
52. Yin, C., Wang, X., Duan, B., Luo, J. & li, C. (2005). Early growth, dry matter allocation and water use efficiency of two sympatric *Populus* species as affected by water stress. *Journal of Environmental and Experimental Botany*, 53, 315-322.
53. Wang, X. Q., Li, S. X. & Gao, Y. J. (1998). Effect of plastic film mulching on ecophysiology and yield of spring maize on arid lands. *Acta Agronomica Sinica*, 24, 348-353.

Effect of plastic Mulch on Some Physiological and Morphological Characteristics of Strawberry under Drought Stress

Bakhtiyar Shokri¹, Naser Ghaderi^{2*} and Teymoor Javadi³

1, 2, 3. Former M. Sc. Student and Assistant Professors, College of Agriculture, University of Kurdistan, Iran

(Received: Jun. 8, 2014 - Accepted: Aug. 16, 2014)

ABSTRACT

This experiment was conducted to study the effect of plastic mulch on the growth and some physiological characteristics of two strawberry cultivars (Paros and Queen elisa) under drought stress. A factorial experiment was performed based on randomized complete block design with four treatments, including mulch, without mulch, normal irrigation (control) and deficit irrigation (-10 bar) with three replications. Some vegetative and physiological parameters in first year and yield of second year were measured. Results showed that leaf relative water content and stomatal conductance reduced by drought stress in both cultivars. Using of mulch increased leaf relative water content, cell membrane stability index and stomatal conductance in both cultivars compared with drought stress conditions. Drought stress reduced cell membrane stability index in Queen Eliza. However, Parus had higher cell membrane stability index than Queen elisa under drought conditions. Proline and total soluble carbohydrates significantly increased in both cultivars under drought stress compared to control. The amount of total soluble carbohydrates increased in Parus under drought conditions even with using mulch. Root to shoot dry weight ratio was increased under drought stress. Reduction of total dry matter was obtained by decline in leaf and petiole dry matter. However, application of mulch had significant effect on increasing of root dry weight, volume and length under drought stress. Yield of next year increased by mulch application under drought stress compared to non-mulch application. Results showed that using plastic mulch improved growth characteristics of strawberry under drought stress and helped to lower reduction of next year yield.

Keywords: dry weight distribution, mulch, relative water content, vegetative characteristics, yield.