به زراعی کشاورزی
دوره ۱۵ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۲
صفحه‌های ۹۴-۷۹

بررسی خصوصیات فیزیولوژیکی اکوتیپ‌های مختلف توت‌روباه (*Poterium sanguisorba*) در رژیم‌های مختلف آبیاری

علی تدین*[۱]، هاجر نادعلی[۲]

۱. دانشیار، گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد ـ ایران
۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد ـ ایران

تاریخ وصول مقاله: ۹۲/۰۳/۰۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۲/۰۹/۱۱

چکیده

به منظور بررسی اثرات رژیم‌های مختلف آبیاری بر صفات فیزیولوژیکی اکوتیپ‌های مختلف توت‌روباه، آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت پلات‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار، در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی چهارمحال و بختیاری، در سال ۱۳۸۹، اجرا شد. در این طرح عامل اصلی شامل رژیم آبیاری در ۴ سطح (۲۰،۴۰،۶۰ و ۸۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک) و اکوتیپ توت‌روباه (شامل اکوتیپ‌های تهران، سمیرم و فریدون‌شهر) به‌عنوان عامل فرعی طی ۳ مرحله (۸۲، ۱۱۲ و ۱۴۲ روز پس از کاشت) ارزیابی شدند. تنش رطوبتی بر وزن مادهٔ خشک اندام هوایی، میزان نسبی آب برگ، درصد پروتئین، میزان کلروفیل کل و کلروفیل a و b معنی‌دار بود، اما نوع اکوتیپ فقط در صفات وزن مادهٔ خشک هوایی گیاه در تمامی مراحل برداشت و محتوای نسبی آب برگ در مراحل دوم و سوم روز پس از کاشت معنی‌دار شد. بالاترین میزان در تمامی صفات اندازه‌گیری‌شده در تنش رطوبتی ۲۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک مشاهده شد. بیشترین میزان مادهٔ خشک در اکوتیپ تهران در تیمار آبیاری ۲۰ و ۴۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک در هر ۳ مرحله ۸۲، ۱۱۲ و ۱۴۲ روز پس از کاشت حاصل شد. حداکثر میزان آب نسبی برگ و درصد پروتئین در تنش ۴۰ درصد تخلیهٔ رطوبت خاک مشاهده شد.

کلیدواژه‌ها: اکوتیپ، پروتئین، تنش رطوبتی، رطوبت نسبی برگ، کلروفیل کل.

* نویسنده مسئول Email: Tadayyon.sku@gmail.com

۱. مقدمه

توت‌روباه (*Poterium sanguisorba*) گیاه چندسالهٔ مرتعی است که تحمل زیادی به شرایط خشک‌سالی دارد و با تغییر شرایط محیطی میزان بهره‌برداری خود را از آب تغییر می‌دهد [۳۲]. این گیاه به سرما، یخبندان و خشک‌سالی نیز متحمل است و در خاک‌های نسبتاً اسیدی تا نسبتاً قلیایی سازگاری خوبی دارد [۶۱] و pH حدود ۸ را تحمل می‌کند و در خاک‌های نسبتاً شور نیز از خود مقاومت نشان می‌دهد [۱۰]. از این گیاه برای احداث چراگاه‌های مصنوعی و طبیعی استفاده می‌شود [۴۰]. ارزش غذایی علوفهٔ آن برای تمام دام‌ها مخصوصاً گوسفند بالا است [۳۰]. ارزش علوفه‌ای آن مشابه یونجه و اسپرس است و تغذیهٔ آن در دام ایجاد نفخ نمی‌کند [۵۶]، دارای پروتئین و کاروتن بالایی است [۵۰] و به‌طور معمول زودتر از بقیهٔ گیاهان علوفه‌ای سبز می‌شود و دیرتر از بقیه رشد سبزینه‌ای آن کند یا متوقف می‌شود [۶۰].

تنش کمبود آب اثرات فیزیولوژیک مختلفی بر گیاه می‌گذارد که نوع و میزان خسارت به شدت تنش و مقاومت گیاه بستگی دارد [۸]. بسیاری از خصوصیات آناتومیکی [۴۴]، فیزیولوژیکی [۳۳] و آنزیمی گیاه [۲۷] تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند. تنش خشکی از طریق کاهش رشد در ذرت [۳۱]، کاهش غلظت کلروفیل در سویا [۲۴] کاهش میزان پروتئین‌های محلول در گیاه آفتابگردان [۵۵] کاهش هدایت روزنه‌ای در گندم [۴۵] و کاهش سرعت فتوسنتزی در سویا [۲۴] سبب کاهش عملکرد می‌شود. خشکی بر جنبه‌های مختلف رشد گیاه اثر می‌گذارد و موجب کاهش رشد اندام هوایی و کاهش تولید مادهٔ خشک می‌شود [۴۱].

گیاهان در شرایط مزرعه ممکن است در برخی مراحل رشد درجاتی از کمبود آب را تجربه کنند که این امر بر برخی از شاخص‌های فیزیولوژیک مهم مانند میزان جذب عناصر مواد غذایی و میزان پروتئین اثر مستقیم دارد [۲۹]. محتوای نسبی آب (RWC) یکی از پارامترهای فیزیولوژیکی مهم است که همبستگی خوبی با مقاومت به خشکی نشان می‌دهد [۲۶]. راسکیو و همکاران [۵۳] نشان دادند که در ژنوتیپ‌های گندم با افزایش شدت تنش خشکی مقدار آب نسبی اندام هوایی گیاه کاهش می‌یابد. پایداری کلروفیل به‌عنوان یک معیار مقاومت به خشکی برای انتخاب ارقام مقاوم پیشنهاد شده است. آنتولین و همکاران [۱۹] دریافتند که با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل برگ کاهش می‌یابد، ولی نسبت کلروفیل a/b افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد برای کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی بر گیاه راهکارهای مختلفی از جمله مدیریت مصرف آب [۳۴] و افزایش توانایی گیاه به کم آبی [۶۲] پیشنهاد شده است. استفاده از گونه‌های متحمل به تنش خشکی می‌تواند امکان استفادهٔ بهینه از منبع محدود آبی را فراهم سازد. با توجه به تغییر الگوهای بروز خشکی طی دورهٔ رشد گیاه، عملکرد بالا و ثبات عملکرد تحت شرایط کمبود آب خاک بهترین روش گزینش ارقام متحمل به خشکی است [۶۰]. بنابراین، هدف از این تحقیق، بررسی اثر خشکی بر برخی صفات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و اجزای عملکرد در بین اکوتیپ‌های توت‌روباه بوده است.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش مزرعه‌ای در ایستگاه تحقیقاتی چهارتختهٔ شهرکرد، واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، در سال زراعی ۱۳۸۹ اجرا شد. این منطقه دارای عرض جغرافیایی ۵۳ درجه،۱۷ دقیقه و ۳۲ شمالی و طول جغرافیایی ۵۶ درجه، ۵۵ دقیقه و ۵۰ شرقی است. براساس طبقه‌بندی اقلیمی و بیوکلیماتیک ایران، بر طبق روش گوسن این منطقه در اقلیم استپی سرد قرار دارد

و براساس روش آمبرژه این منطقه جزء مناطق خشک است.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل ۴ سطح مختلف آبیاری، ۲۰،۴۰،۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک و ۳ عامل فرعی شامل ۳ اکوتیپ مختلف توت‌روباه تهران، سمیرم و فریدون‌شهر بود. تیمارهای مختلف آبیاری ۱ ماه پس از جوانه‌زنی و در زمان استقرار گیاه اعمال شد.

آماده‌سازی زمین مورد کشت شامل شخم‌زدن، دیسک و ماله بود. بذور در ۲۰ اردیبهشت زمانی که دمای خاک به ۱۵ درجهٔ سانتی‌گراد رسید، کشت شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۲×۳ متر بود. فاصلهٔ بین کرت‌های فرعی ۱ متر و کرت‌های اصلی ۱/۵ متر بود و بین تکرارها ۱/۵ متر لحاظ شد. بذرکاری در عمق ۲ـ۱ سانتی‌متر در ۹ ردیف و فاصلهٔ گیاه روی ردیف ۵ سانتی‌متر در هر کرت صورت گرفت. در تمامی تیمارها آبیاری اول در ۲۱ اردیبهشت ماه و آبیاری دوم در ۲۵ اردیبهشت ماه انجام شد. آبیاری‌های بعدی تا ۲۰ خرداد ماه هر ۵ روز یک‌بار انجام شد. پس از گذشت یک ماه از تاریخ کاشت، یعنی پس از استقرار گیاه میزان آب آبیاری در مراحل مختلف رشد براساس تیمارهای آزمایشی به هر کرت اضافه شد. برای اندازه‌گیری میزان آب در ظرفیت مزرعه، خاک تا حد اشباع خیس و سطح آن پوشانده شد تا از تبخیر سطحی جلوگیری شود و برای ۲ تا ۳ روز به حالت خود باقی ماند. سپس، از خاک نمونه‌برداری و وزن تر آن یادداشت شد. برای خشک‌کردن خاک، نمونه به مدت ۲۴ ساعت در سلول فشاری در مکش ۰/۶ اتمسفر گذاشته شد و با استفاده از معادلهٔ ۱، رطوبت ظرفیت مزرعه (Field capacity) خاک مشخص شد [۴۳]. کودهای شیمیایی براساس تجزیهٔ خاکِ نمونه‌برداری‌شده تا عمق ۳۰ سانتی‌متری براساس ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار هم‌زمان با کشت به‌طور یکنواخت و کود فسفره از منبع سوپر فسفات تریپل به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کشت به خاک اضافه و مخلوط شد (جدول۱).

$$FC\% = \frac{Fw - Dw}{Dw} \times ۱۰۰ \qquad (۱$$

در این معادله، FC ظرفیت مزرعه، F_w وزن تر خاک و D_w وزن خشک خاک بود.

تنظیم تراکم مطلوب در مرحلهٔ ۴ برگی گیاه انجام شد و علف‌های هرز سرتاسر دورهٔ آزمایش به‌صورت دستی وجین شد. میزان آبیاری با توجه به اندازه‌گیری درصد رطوبت خاک و به روش وزنی در طول دورهٔ رشد و فرمول عمق آب آبیاری تعیین و میزان کل آب مصرفی با کنتور به‌طور دقیق اندازه‌گیری و به هریک از تیمارها اضافه شد. عمق آب آبیاری مورد استفاده در این آزمایش مطابق معادلهٔ ۲ انجام شد [۱۳]:

$$d = \frac{(FC - P.W.P)P \times B, D \times D}{۱۰۰} \qquad (۲$$

جدول ۱. نتایج برخی از خصوصیات شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

عمق			%				$Meq.lit^{-1}$			$mg.kg^{-1}$		
[cm]	pH	Ec(ds/m)	Sp	TNV	OC	P	K	Fe	Cu	Mn	Zn
۰-۶۰	۷/۸۱	۰/۹۴۲	۴۷	۲۷/۳	۰/۹۱	۶/۷	۲۹۳	۶۰/۳	۱/۶	۲/۳	۸/۶

d عمق آب آبیاری بر حسب سانتی‌متر، FC درصد وزنی رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه، P.W.P درصد وزنی رطوبت خاک در نقطهٔ پژمردگی دائم، B.D وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب، P درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی خاک (۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد) و D عمق مؤثر نفوذ ریشه بود که در این آزمایش عمق را ۳۰ سانتی‌متر لحاظ شد. نمونه‌برداری از قسمت اندام هوایی گیاه طی ۳ مرحله در طول فصل رشد انجام شد. مرحلهٔ اول ۸۲ روز، مرحلهٔ دوم ۱۱۲ روز و مرحلهٔ سوم ۱۴۲ روز پس از کاشت (برداشت نهایی) از وسط هر کرت با رعایت حاشیه با استفاده از کوادرات ۰/۵×۰/۵ مترمربع انجام و پارامترهای مورد نظر اندازه‌گیری شد.

صفات مورد اندازه‌گیری شامل وزن مادهٔ خشک هوایی گیاه، میزان آب نسبی برگ، در صد پروتئین، کلروفیل a و کلروفیل b و کلروفیل کل بود.

میزان آب نسبی برگ (RWC) [۵۴، ۲۳]: طبق معادله (۳) انجام شد.

(۳

۱۰۰×[(وزن خشک ـ وزن تورژسانس)/(وزن خشک ـ وزن تر)]=RWC

$$RWC=[(W_0 - W_1)/(T_0 \times W_d)]\times 100$$

(گرم آب بر کیلوگرم مادهٔ خشک در دقیقه)

که در آن W0 وزن اولیه، W1 وزن بعد از قراردادن برگ‌ها در اتاقک رشد، Wd وزن خشک برگ‌ها، T مدت قراردادن برگ‌ها در اتاقک رشد بود که ۱۲۰ دقیقه در نظر گرفته شده است [۴۷].

برای اندازه‌گیری میزان پروتئین گیاه، ابتدا درصد نیتروژن خام موجود در برگ گیاهان به روش کجلدال اندازه‌گیری شد، سپس، مقدار نیتروژن خام حاصل در عدد ۶/۲۵ ضرب شد.

اندازه‌گیری کلروفیل کل با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر و برای اندازه‌گیری غلظت کلروفیل a و b برگ از روش پیشنهادی آرنون [۱۹] استفاده شد.

آنالیز واریانس داده‌ها با نرم‌افزار SAS انجام شد و میانگین‌های معنی‌دارشدهٔ اثرات متقابل با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS و MstatC مقایسه شدند.

۳. نتایج و بحث

۱.۳. وزن مادهٔ خشک هوایی

طبق نتایج به‌دست‌آمده، مقدار مادهٔ خشک هوایی گیاه در هر ۳ مرحله برداشت (۸۲، ۱۱۲ و ۱۴۲ روز پس از کاشت) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). در تمام مراحل برداشت با افزایش تنش کم‌آبی میزان مادهٔ خشک گیاه نقصان یافت (جدول ۳). در مرحلهٔ اول برداشت (۸۲ روز پس از کاشت) میزان مادهٔ خشک تولیدی به‌ترتیب ۴/۴۸ و ۴ گرم در تیمار آبیاری ۲۰ و ۴۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک، و ۳/۳۶ و ۱/۷۵ گرم در تیمار آبیاری ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک بود. میزان مادهٔ خشک (۲/۷۵ گرم) در تیمار آبیاری چهارم ۸۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود. در مرحلهٔ دوم برداشت (۱۱۲ روز پس از کاشت)، میزان مادهٔ خشک تولیدشده (۹/۸۹ گرم) در تیمار آبیاری ۲۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارهای آبیاری افزایش نشان داد. در این مرحله از برداشت، بین تیمارهای ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی اختلاف معنی‌داری از نظر مادهٔ خشک مشاهده نشد (جدول ۳). بین عملکرد مادهٔ خشک در تیمار ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد [جدول ۳]. در واقع نخستین و حساس‌ترین واکنش نسبت به کمبود آب، کاهش در آماس سلول در نتیجهٔ

کاهش بیوماس و رشد گیاه می‌شود [۴۸]. اعمال تنش رطوبتی ملایم، نسبت به تنش زیاد رطوبتی، موجب افزایش بیشتر مادهٔ خشک در گیاه اسفرزه شد [۹]. تجمع مادهٔ خشک که در حقیقت تبدیل انرژی نورانی به زیست‌توده از طریق فتوسنتز است، تابعی از شاخص سطح سبز برگ و به تبع آن جذب نور فعال فتوسنتزی است [۶۱]. بنابراین، افزایش تجمع مادهٔ خشک در شرایط بهینه رطوبتی به دلیل افزایش سطح سبز برگ، افزایش جذب نور فعال فتوسنتزی و افزایش رشد محصول و سرعت رشد نسبی در شرایط محدودیت رطوبتی است [۹]. بنابراین، به این دلیل می‌تواند افزایش تجمع مادهٔ خشک در تیمار آبیاری ۲۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک شرایط رطوبتی مناسب را توجیه کند. یافته‌های فوق با نتایج به‌دست‌آمده در مورد بررسی تنش خشکی در گیاه اسفرزه نیز مطابقت دارد [۱۲]. در مرحلهٔ اول برداشت میزان مادهٔ خشک در تیمار ۲۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک، به میزان ۳۸/۶۲ درصد بیشتر از تیمار ۸۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک بود. در ۱۱۲ و ۱۴۲ روز پس از کاشت میزان عملکرد مادهٔ خشک در تیمار ۲۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک، ۶۴/۴۱ و ۵۰/۶۶ درصد بیشتر از عملکرد در تیمار ۸۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک بود. نتایج به‌دست‌آمده با گزارش‌های انجام‌شده در مورد گیاه توت‌روباه [۳، ۱۷] جو [۳۶] و گیاه جعفری [۵۲] مطابقت دارد. با توجه به روند تغییرات مشاهده‌شده در میزان مادهٔ خشک مخصوصاً در مرحلهٔ دوم برداشت و معنی‌دار نبودن اختلاف بین تیمارهای آبیاری ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک، می‌توان سازگاری این گیاه را تنش‌های بالاتر پیش‌بینی کرد.

وزن مادهٔ خشک هوایی گیاه در اکوتیپ‌های مختلف توت‌روباه تفاوت معنی‌داری در هر ۳ مرحلهٔ برداشت نشان داد (جدول ۲). در مرحلهٔ اول برداشت (۸۲ روز بعد از کاشت گیاه) وزن مادهٔ خشک هوایی اکوتیپ تهران بالاترین و تقریباً ۲ برابر اکوتیپ فریدون‌شهر بود (جدول ۴). در این مرحله از برداشت مادهٔ خشک تولیدی در اکوتیپ سمیرم به‌طور معنی‌داری بیشتر از اکوتیپ فریدون‌شهر بود. الگوی تغییرات مادهٔ خشک تولیدی هوایی گیاه در مراحل دوم و سوم برداشت نیز تقریباً مشابه بود (جدول ۴). یعنی اکوتیپ تهران نسبت به سایر اکوتیپ‌ها مادهٔ خشک بیشتری تولید کرد، ولی این میزان مادهٔ خشک در ۲ اکوتیپ سمیرم و فریدون‌شهر تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. بنابراین، در کل طول دورهٔ رشد، اکوتیپ تهران دارای تجمع مادهٔ خشک بالاتری نسبت به ۲ اکوتیپ دیگر بود. عملکرد اکوتیپ تهران در مراحل اول، دوم و سوم به‌ترتیب ۴۷/۷۵، ۶۶/۲۵ و ۵۴/۶۶ درصد بیشتر از اکوتیپ فریدون‌شهر بود (جدول ۴). تفاوت معنی‌دار بین ارقام مختلف از نظر تجمع مادهٔ خشک در مورد سایر گیاهان مانند گندم نیز مشاهده شد [۵].

اثر متقابل تیمارهای مختلف آبیاری و اکوتیپ بر وزن مادهٔ خشک گیاهی در طول هر ۳ مرحلهٔ رشد (۸۲، ۱۱۲ و ۱۴۲ روز پس از کاشت) تفاوتی بسیار معنی‌دار را نشان داد (جدول ۵). بالاترین میزان وزن مادهٔ خشک گیاه در مرحلهٔ اول برداشت (۸۲ روز پس از کاشت) متعلق به تیمارهای آبیاری ۲۰ و ۴۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک در اکوتیپ تهران به میزان بیش از ۷ برابر اکوتیپ فریدون‌شهر در تیمار آبیاری ۸۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک بود (جدول ۵). نتایج مشابهی برای مراحل دوم و سوم برداشت نیز به‌دست آمد، به نحوی که بیشترین عملکرد مادهٔ خشک در تیمار ۲۰ و ۴۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک در اکوتیپ تهران به میزان ۱۰ و ۶/۵ برابر بیشتر از عملکرد فریدون‌شهر بود. ضمناً اکوتیپ فریدون‌شهر در تمامی مراحل برداشت، کمترین میزان مادهٔ خشک را درتیمار آبیاری ۸۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک تولید کرد (جدول ۵).

جدول ۲. نتایج تجزیهٔ واریانس (میانگین مربعات) وزن مادهٔ خشک هوایی و رطوبت نسبی برگ گیاه در ۳ مرحله برداشت در اکوتیپ‌های گیاه توت‌روباه تحت تیمارهای مختلف آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن مادهٔ خشک هوایی گیاه			محتوای نسبی آب برگ		
		۸۲ روز	۱۱۲ روز	۱۴۲ روز	۸۲ روز	۱۱۲ روز	۱۴۲ روز
بلوک	۲	۱/۸۹^{ns}	۶/۳۰^{ns}	۶۶/۸۷^{ns}	۱۴۴/۴۸^{ns}	۱۲۶/۶۵^{ns}	۲۶/۳۱^{ns}
آبیاری	۳	۱۱/۱۱**	۸۵/۸۹*	۹۲/۶۴**	۵۶۰/۸۳**	۵۵۵/۱۴**	۱۸۷/۹۵**
خطای a	۶	۱/۶۷	۳/۷۲	۲/۹۰	۲۴۶/۰۴	۵۰/۹۰	۴۳/۴۶
اکوتیپ	۲	۲۶/۳۴**	۱۱۲/۴۲**	۲۰۰/۵۲**	۴۳۶^{ns}	۱۶۶/۹۴*	۱۱۷/۰۵**
آبیاری×اکوتیپ	۶	۳/۳۵**	۲۴/۰۸**	۱۵/۶۸**	۱۲۴/۳۶^{ns}	۶۴/۴۳^{ns}	۲۴/۹۲^{ns}
خطای b	۱۶	۱/۸۸	۲/۵۴	۲/۳۳	۱۹۳/۳۲	۲۸/۶۲	۱۵/۴۸
ضریب تغییرات		۹/۳۵	۸/۷۸	۶/۰۸	۱۰/۷۲	۵/۹۵	۴/۱۹

* و ** بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است. ns بدون معنی

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین میزان مادهٔ خشک اندام هوایی، رطوبت نسبی برگ در ۳ مرحلهٔ برداشت ۸۲، ۱۱۲ و ۱۴۲ روز پس از کاشت در گیاه توت‌روباه تحت تیمارهای مختلف آبیاری

تیمار آبیاری	وزن مادهٔ خشک اندام هوایی (گرم)			میزان نسبی آب برگ (درصد)		
(درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک)	۸۲ روز	۱۱۲ روز	۱۴۲ روز	۸۲ روز	۱۱۲ روز	۱۴۲ روز
۲۰	۴/۴۸^{a}	۹/۸۹^{a}	۱۲/۱۸^{a}	۸۸/۵۲^{a}	۸۶/۱^{a}	۸۵/۹۳^{a}
۴۰	۴/۰۰^{a}	۸/۱۹^{b}	۱۱/۲۰^{a}	۸۶/۵۱^{a}	۸۵/۴۵^{a}	۸۴/۲۶^{ab}
۶۰	۳/۳۶^{bc}	۴/۱۶^{c}	۶/۳۵^{b}	۸۳/۲۸^{ab}	۸۲/۰۲^{b}	۸۲/۰۲^{b}
۸۰	۲/۷۵^{c}	۳/۵۲^{c}	۶/۰۱^{b}	۷۲/۵۵^{b}	۷۵/۵۵^{c}	۷۴/۵۱^{c}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند (LSD).

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین میزان مادهٔ خشک اندام هوایی و میزان آب نسبی در اکوتیپ‌های مختلف توت‌روباه در ۳ مرحلهٔ ۸۲، ۱۱۲ و ۱۴۲ روز پس از کاشت

اکوتیپ	وزن مادهٔ خشک اندام هوایی (گرم)			میزان نسبی آب برگ (درصد)		
	۸۲ روز	۱۱۲ روز	۱۴۲ روز	۸۲ روز	۱۱۲ روز	۱۴۲ روز
فریدون‌شهر	۲/۲۹^{c}	۴/۰۵^{b}	۶/۱۸^{b}	۸۲/۸۴^{a}	۸۰/۴ ^{b}	۷۹/۸۱^{b}
سمیرم	۳/۸۴^{b}	۵/۳۷^{b}	۶/۹۸^{b}	۸۳/۳۹^{a}	۸۱/۲۶ ^{b}	۷۹/۵۳^{b}
تهران	۵/۵۵^{a}	۹/۸۸^{a}	۱۳/۶۳^{a}	۸۳/۹^{a}	۸۵/۰۲ ^{a}	۸۳/۱۱^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند (LSD)

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین اثر متقابل تیمارهای آبیاری و اکوتیپ‌ها در مادهٔ خشک هوایی گیاه توت‌روباه در ۳ مرحله برداشت

آبیاری	اکوتیپ	مادهٔ خشک هوایی گیاه (گرم)		
		۸۲ روز	۱۱۲ روز	۱۴۲ روز
۲۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک	فریدون‌شهر	۵/۸۵ ^{e}	۱۵/۳۰ ^{c}	۲۵/۳۱ ^{bc}
	سمیرم	۱۱/۲۶ ^{cd}	۲۳/۲۵ ^{b}	۲۷/۶۲ ^{b}
	تهران	۱۹/۲۸ ^{a}	۴۱/۷۲ ^{a}	۵۹/۴۵ ^{a}
۴۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک	فریدون‌شهر	۵/۸۰ ^{e}	۱۶/۴۹ ^{c}	۱۹/۹۳ ^{cde}
	سمیرم	۱۶/۴۲ ^{ab}	۱۶/۷۵ ^{c}	۲۱/۵۷ ^{bcd}
	تهران	۱۹/۶۳ ^{a}	۳۷/۴۳ ^{a}	۵۴/۶۵ ^{a}
۶۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک	فریدون‌شهر	۳/۷۹ ^{e}	۸/۹۸ ^{def}	۱۵/۸۵ ^{def}
	سمیرم	۷/۴۹ ^{de}	۸/۲۸ ^{ef}	۱۲/۱۹ ^{fg}
	تهران	۱۳/۳۸ ^{bc}	۱۳/۳۵ ^{cd}	۲۷/۷۸ ^{b}
۸۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک	فریدون‌شهر	۵/۱۸ ^{e}	۴/۸۲ ^{f}	۹/۰۹ ^{g}
	سمیرم	۴/۴۹ ^{e}	۸/۰۸ ^{ef}	۱۴/۵۲ ^{efg}
	تهران	۷/۱۳ ^{de}	۱۲/۳۴ ^{cde}	۲۷/۰۸ ^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند (LSD).

۲.۳. محتوای نسبی آب برگ (Relative Water Content, RWC)

طبق نتایج به‌دست‌آمده، محتوای نسبی آب برگ گیاه (RWC) در هر ۳ مرحله (۸۲، ۱۱۲ و ۱۴۳ روز پس از کاشت) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). در مرحلهٔ اول برداشت، محتوای آب نسبی برگ در تیمار ۸۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک به‌طور معنی‌داری کمتر سایر تیمارهای آبیاری بود و بین تیمارهای ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). در مرحلهٔ دوم برداشت، محتوای آب نسبی برگ در تیمار آبیاری ۲۰ و ۴۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی نشان داد (جدول ۳). در این مرحله، بین تیمار های ۲۰ و ۴۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی نیز، تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳)، ولی در تیمار آبیاری ۶۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی، محتوای آب نسبی برگ بیشتر از تیمار آبیاری ۸۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک شد (جدول ۳). در مرحلهٔ سوم برداشت محتوای آب نسبی برگ در تیمار اول آبیاری به‌صورت معنی‌داری بیشتر از تیمارهای سوم و چهارم بود. در تیمار آبیاری چهارم، میزان محتوای نسبی آب برگ به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارهای آبیاری بود (جدول ۳). تغییرات ایجادشده در محتوای آب نسبی برگ تحت شرایط مختلف تنش با یافته‌های انجام‌شده بر روی گیاه کلزا و شلغم علوفه‌ای [۱] و گندم [۴۲] مطابقت دارد. افزایش تنش خشکی مقدار آب نسبی گیاه گندم را کاهش داد و به‌طور معمول ارقام متحمل به خشکی، محتوای آب نسبی بیشتری را نسبت به ارقام حساس در شرایط تنش خشکی نشان دادند [۵۸]. محتوای نسبی آب (RWC) یکی از پارامترهای فیزیولوژیکی مهم است که همبستگی خوبی با مقاومت به خشکی نشان

می‌دهد [۲۶]. برخی مطالعات حاکی از قابل اطمینان‌بودن محتوای نسبی آب RWC به‌عنوان شاخص تحمل به خشکی است [۵۹]؛ زیرا بین RWC با سرعت تعرق ارتباط وجود دارد و بنابراین، این شاخص در موارد زیادی، برای تعیین اختلاف ارقام از نظر تحمل به خشکی استفاده می‌شود [۷]. ضمناً کاهش نسبی آب برگ (RWC) تحت شرایط خشکی باعث محدودشدن رشد و برخی تغییرات فیزیولوژیکی و متابولیکی می‌شود [۶]. محققان زیادی با بررسی گیاهان مختلف اظهار داشتند که محتوای نسبی آب برگ‌ها به این دلیل که با حجم سلول مرتبط است، می‌تواند به‌عنوان شاخص سنجش میزان تنش استفاده شود و معیار بهتری برای وضعیت گیاه در مقایسه با پتانسیل آب باشد[۳۷].

با افزایش تنش رطوبتی، RWC برگ گندم کاهش پیدا می‌کند که علت کاهش آن، کاهش پتانسیل آب برگ، کاهش جذب آب از ریشه‌ها در شرایط خشک است [۵۸]. بنابراین، کاهش RWC بر اثر تنش رطوبتی تأثیراتی منفی در فتوسنتز به دنبال دارد [۵۸]. روند تغییرات در میزان رطوبت نسبی برگ در هر ۳ مرحله از برداشت، و یکسان‌بودن RWC در تیمار ۲۰ و ۴۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک می‌تواند سازگاری این گیاه تحت شرایط تنش کم آبی را نشان دهد. در مرحلهٔ اول برداشت (۸۲ روز پس از کاشت) محتوای نسبی آب برگ (RWC) در بین اکوتیپ‌های مختلف توت‌روباه معنی‌دار نبود، ولی در مراحل ۱۱۲ و ۱۴۲ روز پس از کاشت تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). در مرحلهٔ دوم برداشت (۱۱۲ روز بعد از کاشت گیاه) محتوای نسبی آب برگ (RWC) اکوتیپ تهران بالاتر از ۲ اکوتیپ سمیرم و فریدون‌شهر بود (جدول ۴). در این مرحلهٔ بین اکوتیپ سمیرم و فریدون‌شهر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. الگوی تغییرات محتوای نسبی آب برگ (RWC) در اکوتیپ‌های مختلف گیاه در مرحلهٔ سوم برداشت مشابه مرحلهٔ دوم بود، یعنی اکوتیپ تهران نسبت به سایر اکوتیپ‌ها محتوای نسبی آب برگ بیشتری تولید کرد، ولی این میزان محتوای نسبی آب برگ (RWC) در ۲ اکوتیپ سمیرم و فریدون‌شهر، تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۴). متفاوت‌بودن میزان رطوبت نسبی برگ در ارقام مختلف گیاهانی مانند گندم تحت تنش‌های رطوبتی [۱۴] و وراثت‌پذیری بالای محتوای نسبی آب در شرایط تنش خشکی به‌عنوان شاخص مفید و مناسبی در ارزیابی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی معرفی شده است [۵۸].

در اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC)، اثرات متقابل آبیاری و اکوتیپ‌های مختلف توت‌روباه در طی ۳ مرحلهٔ برداشت معنی‌دار نشد (جدول ۲).

۳.۳. درصد پروتئین

طبق نتایج به‌دست‌آمده، درصد پروتئین گیاه در هر ۳ مرحله برداشت به‌طور بسیار معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری قرار گرفت (جدول ۶). در تمام مراحل برداشت با افزایش تنش کم‌آبی میزان مادهٔ درصد پروتئین گیاه نقصان یافت (جدول ۷). الگوی تغییرات پروتئین در هر ۳ مرحلهٔ ۸۲، ۱۱۲ و ۱۴۲ روز پس از کاشت یکسان بود. در تمامی مراحل برداشت درصد پروتئین اندازه‌گیری‌شده در هر ۲ تیمار آبیاری ۲۰ و ۴۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارهای آبیاری افزایش نشان دادند (جدول ۷). بین تیمارهای آبیاری ۲۰ و ۴۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی از نظر درصد پروتئین معنی‌دار نبود. کمترین درصد پروتئین در تیمار آبیاری ۸۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک مشاهده شد. میانگین درصد پروتئین در تیمار آبیاری ۶۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک به‌طور معنی‌داری بیش از آخرین تیمار آبیاری بود. نتایج نقصان پروتئین تحت تیمارهای تنش با با

یافته‌های انجام‌شده بر روی گیاه توت‌روباه [۳] مطابقت دارد، ولی با نتایج آزمایش‌هایی که روی ذرت، سورگوم و ارزن انجام شده است [۱۶] مطابقت نداشت. بین تنش خشکی و درصد پروتئین روابط مثبت و معنی‌داری را محققان مختلف گزاراش کرده‌اند. مطابق گزارش‌های انجام‌شده، درصد پروتئین دانه در شرایط تنش خشکی در گیاه گندم [۱۱]، در کلزا [۲] به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد بدون تنش افزایش یافت. نتایج انجام‌شده در گیاه توت‌روباه روی پروتئین مادهٔ خشک هوایی گیاه انجام‌شده در حالی که، گزارش‌های انجام‌شدهٔ سایر محققان روی میزان پروتئین دانه بوده است. پروتئین خام از عوامل کیفی است که تحت تأثیر تنش آب قرار می‌گیرد [۱۵، ۲۰، ۳۸، ۶۳]. در مورد اثر تنش خشکی بر درصد پروتئین خام در گیاهان مختلف و اندام‌های مختلف گزارش‌های متناقضی وجود دارد [۱۵، ۲۵، ۳۸، ۶۳]. در مطالعه‌ای که روی اثر رطوبت خاک بر کیفیت یونجه بررسی شد، رطوبت خاک اثری بر درصد پروتئین خام نداشت [۶۳]. در گزارش انجام‌شده روی گیاهان علوفه‌ای نشان داد که تنش آب از تولید شاخه و پنجه‌دهی جلوگیری می‌کند و باعث مرگ سریع پنجه‌ها می‌شود و پروتئین از برگ‌های پیر به اندام‌های جوان‌تر منتقل می‌شود [۲۵]. نتایج آزمایش انجام‌شده روی ارزن علوفه‌ای نشان داد که با افزایش تنش خشکی، درصد پروتئین خام کاهش پیدا می‌کند و دلیل آن را تجزیه پروتئین‌ها در شرایط تنش خشکی و عدم سنتز مجدد آن‌ها در این شرایط اعلام کردند [۱۵].

بین اکوتیپ‌های مختلف توت‌روباه، درصد پروتئین از لحاظ آماری در طی ۳ برداشت تفاوت معنی‌داری نداشت و همچنین، درصد پروتئین در تیمار اثر متقابل تیمارهای آبیاری و اکوتیپ‌های توت‌روباه طی ۳ مرحله برداشت معنی‌دار نشد (جدول ۶).

جدول ۶. نتایج تجزیهٔ واریانس (میانگین مربعات) درصد پروتئین در ۳ مرحله برداشت و میزان کلروفیل کل در ۸۲ و ۱۱۲ روز پس از کاشت و کلروفیل a و کلروفیل b در ۱۴۲ روز پس از کاشت گیاه در اکوتیپ‌های گیاه توت‌روباه تحت تیمارهای مختلف آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	پروتئین			کلروفیل کل		کلروفیل a	کلروفیل b
		۸۲ روز	۱۱۲ روز	۱۴۲ روز	۸۲ روز	۱۱۲ روز	۱۴۲ روز	
بلوک	۲	۱۶/۹۸ ns	۷/۴۹ ns	ns۰/۰۱۱	۰/۰۷۲ ns	۰/۰۱۷ns	۰/۴۲ns	۰/۰۴۲ ns
آبیاری	۳	۲۰۸/۹۲**	۲۰۵/۹۲**	۱۱۹/۴۷**	۸/۲۵**	۱/۷۷ **	۱۶/۶۴**	۱۷/۳۶**
خطای a	۶	۰/۹۲	۳/۷۳	۲/۷۶	۰/۲۵	۰/۱۴۳	۰/۴۳	۰/۵۶
اکوتیپ	۲	۳۰۴/۴۷ns	۱۰/۳۳ ns	۲/۱۹ ns	۰/۲۸ ns	۰/۱۵ ns	۰/۱۵ ns	۰/۰۳۶ ns
آبیاری×اکوتیپ	۶	۴/۸۷ ns	۵/۲۰ ns	۶/۲۶ ns	۰/۳۸ ns	۰/۱۲۷ ns	۰/۳۵ ns	۰/۱۰۱ ns
خطای b	۱۶	۳/۷۶	۴/۱۲	۳/۳۰	۰/۱۰۵	۰/۳۷	۰/۴۸	۰/۳۹
ضریب تغییرات		۷/۸۰	۶/۹۴	۵/۵۱	۸/۵۷	۳/۷۰	۱۳/۳۲	۱۳/۹۸

** بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است. ns بدون معنی

جدول ۷. مقایسهٔ میانگین درصد پروتئین در ۳ مرحله برداشت ۸۲، ۱۱۲ و ۱۴۲ روز پس از کاشت کلروفیل کل در ۲ مرحله برداشت ۸۲ و ۱۱۲ روز پس از کاشت در گیاه توت‌روباه تحت تیمار های مختلف آبیاری

تیمار آبیاری	درصد پروتئین			کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم مادهٔ تر)	
(درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک)	۸۲ روز	۱۱۲ روز	۱۴۲ روز	۸۲ روز	۱۱۲ روز
۲۰	۳۰/۵۹[a]	۳۴/۳۱[a]	۳۵/۶۴[a]	۱۴/۶۹[a]	۲۴/۵[a]
۴۰	۲۸/۸۴[a]	۳۲/۳۱[a]	۳۶/۲۱[a]	۱۲/۵۸[b]	۲۰/۴۹[b]
۶۰	۲۱/۷۵[b]	۲۶/۱۵[b]	۳۱/۴۳[b]	۱۱[bc]	۱۷/۶[c]
۸۰	۱۸/۲۸[c]	۲۴/۲۴[c]	۲۸/۵۱[c]	۸/۹۳[c]	۱۵/۲۲[d]

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند (LSD).

۴.۳. کلروفیل کل

کلروفیل کل در این آزمایش در ۲ مرحلهٔ ۸۲ و ۱۱۲ روز پس از کاشت اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیهٔ واریانس نشان می‌دهد که میزان کلروفیل کل در این ۲ مرحله در تیمارهای مختلف آبیاری در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۶). در ۲ مرحلهٔ برداشت، با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل کل کاهش یافت. در مرحلهٔ ۸۲ روز پس از کاشت، کلروفیل کل در تیمار آبیاری ۲۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک به‌ترتیب ۱۴/۵، ۲۵/۱۲ و ۳۹/۲۱ درصد بیشتر از تیمار های ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک بود (جدول ۷). در این مرحله از برداشت میزان کلروفیل کل در تیمار آبیاری چهارم، به‌طور معنی‌داری کمتر تیمارهای آبیاری اول و دوم بود (جدول ۷). بین تیمار آبیاری دوم و سوم در این مرحله از برداشت نیز تفاوت معنی‌داری از نظر مقدار کلروفیل کل مشاهده نشد (جدول ۷). در مرحلهٔ ۱۱۲ روز پس از کاشت، روند تقریباً مشابه مرحلهٔ قبلی بود، به‌طوری که، با افزایش تنش، میزان کلروفیل کل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در این مرحله کمترین کلروفیل کل متعلق به تیمار ۸۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک بود، که تقریباً ۴۰ درصد نسبت به تیمار آبیاری ۲۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی نقصان یافت (جدول ۷).

در مجموع در مرحلهٔ ۱۱۲ روز پس از کاشت، با افزایش تیمار تنش آبی از ۲۰ الی ۸۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک، میزان کلروفیل کل به‌ترتیب از حداکثر تا حداقل به‌طور معنی‌داری متغیر بود.

دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به تنش است [۵۱]. غلظت کلروفیل به‌عنوان یک شاخص برای ارزیابی قدرت منبع شناخته می‌شود، زیرا غلظت کلروفیل برگ یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید مادهٔ خشک گیاه است [۳۵]، بنابراین، کاهش آن در شرایط تنش خشکی می‌تواند به‌عنوان یک عامل محدودکنندهٔ غیرروزنه‌ای در فتوسنتز به‌حساب می‌آید [۴۰]. با افزایش تنش خشکی، میزان کلروفیل برگ کاهش پیدا می‌کند، ولی نسبت کلروفیل a به کلروفیل b افزایش می‌یابد [۱۸]، زیرا تنش خشکی غلظت کلروفیل b را بیشتر از کلروفیل a کاهش می‌دهد و افزایش این نسبت موجب تیره‌شدن برگ‌ها و افزایش عدد کلروفیل‌متر خواهد شد. [۲۱]. تأثیر کمبود رطوبت قابل استفاده خاک بر کاهش محتوای کلروفیل a بیشتر از کلروفیل b بود [۴].

در گیاهان گزارش‌های متفاوتی در رابطه با تأثیر تنش خشکی بر غلظت کلروفیل ارائه شده است. اما به نظر

می‌رسد حفظ کلروفیل برگ و دوام فتوسنتز در شرایط تنش خشکی یکی از شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به تنش باشد [۵۱]. در آزمایشی تأثیر خشکی بر رشد آفتابگردان بررسی شد و مقدار کلروفیل در واحد سطح برگ گیاهان در معرض تنش افزایش و غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کل محتوای کلروفیل این گیاهان در مقایسه با شاهد کاهش یافت [۴۶]. ضمناً گزارش شد که تنش کمبود آب در گیاه ذرت و گندم مقدار کلروفیل را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد [۴۹].

میزان کلروفیل کل در هر ۲ مرحله ۸۲ و ۱۱۲ روز پس از کاشت، بین اکوتیپ‌های مختلف توت‌روباه معنی‌دار نشد (جدول ۶). در اندازه‌گیری کلروفیل کل، تیمار اثرات متقابل آبیاری و اکوتیپ‌های مختلف توت‌روباه طی ۲ مرحله برداشت معنی‌دار نشد (جدول ۶).

۵.۳. کلروفیل a و b

میزان کلروفیل a و b در مرحلهٔ سوم برداشت (۱۴۲ روز بعد از کاشت) در تیمارهای مختلف آبیاری در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). براساس جدول ۸، با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل a و کلروفیل b تقلیل یافت. الگوی روند تغییرات در هر ۲ نوع کلروفیل a و b در سطوح مختلف تنش آبیاری یکسان بود (جدول ۸)، به‌طوری که، بیشترین میزان کلروفیل a و b در تیمار ۲۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک و کم‌ترین آن در تیمار آبیاری ۸۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک بود (جدول ۸). بین تیمارهای ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک از لحاظ میزان کلروفیل a و b تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۸). نتایج فوق مبنی بر کاهش میزان کلروفیل a و b، تحت تنش خشکی مطابقت دارد [۲۸]، اما با گزارش تحقیق انجام‌شده روی گیاه گندم [۲۲] مطابقت نمی‌کند. براساس نتیجهٔ جدول ۸، به‌رغم مشابه‌بودن سطوح معنی‌دار در تنش‌های مختلف رطوبتی، از نظر عددی، مقدار کلروفیل a بیش از کلروفیل b است. ضمناً تأثیر کمبود رطوبت قابل استفاده خاک بر کاهش محتوای کلروفیل a بیشتر از کلروفیل b بود [۴].

میزان کلروفیل a و b بین اکوتیپ‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۶). در بررسی اثر متقابل آبیاری و اکوتیپ‌های مختلف توت‌روباه در مرحلهٔ ۱۴۲ روز پس از کاشت، اثر معنی‌داری نیز بر کلروفیل a و کلروفیل b نشان نداد [۶].

جدول ۸. مقایسهٔ میانگین کلروفیل a و b در مرحلهٔ ۱۴۲ روز پس از کاشت، گیاه توت‌روباه تحت تیمار های مختلف آبیاری

تیمار آبیاری (درصد تخلیهٔ رطوبتی خاک)	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم مادهٔ تر)	کلروفیل b کل (میلی‌گرم در گرم مادهٔ تر)
۲۰	۶/۷۹[a]	۶/۲۱[a]
۴۰	۵/۸۳[b]	۴/۹۰[b]
۶۰	۴/۳۰[c]	۳/۸۶[c]
۸۰	۳/۸۵[d]	۲/۹۸[d]

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند (LSD).

۶.۳. نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش نشان می‌دهد، نظر به مطلوب‌بودن رویش گیاه از نظر صفاتی هم‌چون بیوماس اندام هوایی گیاه، میزان کلروفیل و درصد پروتئین در تیمار رطوبتی ۲۰ درصد تخلیهٔ رطوبتی، به نظر می‌رسد گیاه توت‌روباه می‌تواند شرایط تنش ملایم را تحمل کند. در بین اکوتیپ‌های مورد مطالعه اکوتیپ تهران در مقایسه با سایر اکوتیپ‌ها توانایی سازگاری بالاتری به تنش خشکی دارد.

منابع

۱. آذری، ا؛ مدرس ثانوی، س، م، ع؛ عسکری، ج؛ قناتی، ف؛ ناجی، ا، م؛ علیزاده، ب؛ (۱۳۹۱). «اثر تنش شوری و خشکی بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ۲ گونهٔ کلزا و شلغم روغنی (*Brassica napus* and *Brassica rapa*)». *مجلهٔ علوم زراعی*، ۱۴، ۲، ص. ۱۳۵ـ۱۲۱.

۲. باغخانی، ف؛ فرحبخش، ح؛ (۱۳۸۷). «اثرات تنش خشکی بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی بر ۳ رقم گلرنگ بهاره». *پژوهش کشاورزی: آب، خاک و گیاه در کشاورزی*، ۲، ص. ۷۵ـ۴۵

۳. تدین، ع؛ اسدی خشویی، ا؛ (۱۳۸۸). «تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه توت‌روباه در شهرکرد». *مجلهٔ پژوهش آب ایران*، ۳، ۵، ص. ۷

٤. ثمن، م؛ سپعری، ع؛ احمدوند، گ؛ (۱۳۹۰). «تجمع مادهٔ خشک و تولید متابولیت‌های سازگار در ۶ ژنوتیپ نخود تحت سطح مختلف رطوبت خاک». *مجلهٔ زیست‌شناسی ایران*، ۱۴، ۳، ص. ۳۸۹ـ۳۷۳.

۵. جباری، ف؛ احمدی، ع؛ پوریوسف، م؛ (۱۳۸۹). «بررسی سرعت رشد نسبی و تخصیص مواد فتوسنتزی در ارقام گندم (*Triticum aestivum* L) مقاوم و حساس به تنش خشکی». *فن‌آوری نوین کشاورزی (ویژه زراعت و باغبانی)*، ۴، ۱، ص. ۴۱ـ۵۸۱.

٦. جهان‌بین، ش؛ طهماسبی سروستانی، ز؛ مدرس ثانوی، س، ع، م؛ کریم‌زاده، ق؛ (۱۳۸۲). «اثر تنش خشک بر عملکرد دانه، برخی از اجزای عملکرد و شاخص‌های مقاومت در ژنوتیپ‌های جو لخت». *مجلهٔ علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۴، ص. ۳۳ـ۲۵.

۷. حسینی، م، ح؛ نصیری محلاتی، م؛ (۱۳۷۸). *رابطهٔ آب و خاک در گیاهان زراعی (ترجمه)*. انتشارات جهاد داشگاهی مشهد، ۵۶۰ صفحه

۸. حیدری شریف‌آباد، ح؛ (۱۳۷۹). *گیاه، خشکی و خشک‌سالی*. چاپ اول، انتشارات مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران، ۱۶۳ صفحه.

۹. رحیمی، ا؛ جهانسوز، م، ر؛ رحیمیان مشهدی، ح، ر؛ (۱۳۸۸). «تأثیر خشکی و تراکم بوته بر عملکرد و مراحل نمو ۲ گونه اسفرزه و پسیلیوم با استفاده از درج روز رشد». *مجلهٔ الکترونیک تولید گیاهان زراعی*، ۲، ۱، ص. ۷۴ـ۵۷.

۱۰. شریعت، آ؛ حیدری شریف‌آباد، ح؛ (۱۳۸۲). «مقاومت به شوری گیاه توت‌روباه [*Poterium sanguisorba*] در مرحلهٔ جوانه‌زنی و رشد گیاهچه». *فصلنامهٔ پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران*، ۱۱، ۱، ص. ۲۶ـ۱۷.

۱۱. عیوضی، ع، ر؛ عبدالهی، ش؛ حسینی سالکده، س، ق؛ مجیدی هروان، ا؛ محمدی، س، ا؛ پیرایش‌فر، ب؛ (۱۳۸۴). «اثر تنش خشکی و شوری بر خواص مرتبط

با کیفیت ارقام گندم». *مجلهٔ علوم زراعی ایران*، ۷، ۳، ص. ۲۶۸ـ۲۵۲.

۱۲. قاسمی سیانی، ع؛ فلاح، س؛ تدین، ع؛ (۱۳۹۰). «مطالعهٔ عملکرد و کیفیت بذر اسفرزه (*Plantago ovata*) تحت تیمارهای مختلف نیتروژن و کم آبیاری». *فصلنامه گیاهان دارویی و معطر ایران*، ۲۷، ۳، ص. ۵۲۸ـ۵۱۷.

۱۳. قربانی، ب؛ صمدی بروجنی، ح؛ (۱۳۹۲). *فرهنگ استفادهٔ بهینه آب آبیاری*. انتشارات نیوشه، شهرکرد، ایران، ۱۴۳ صفحه.

۱٤. محسن‌زاده، س؛ فرهی آشتیانی، ص؛ ملبوبی، م، ع؛ قناتی، ف؛ (۱۳۸۲). «اثرات تنش خشکی و کلروکولین کلرید بر رشد و فتوسنتز گیاهچه ۲ رقم گندم (*Triticum aestivum* L)». *پژوهش و سازندگی (در زراعت و باغبانی)*. ۶۰: ۶۴-۵۶.

۱۵. ناخدا، ب؛ هاشمی دزفولی، ؛ بنی‌صدر، ن؛ (۱۳۷۹). «بررسی تأثیر تنش کم آبی بر عملکرد علوفه و خصوصیات کیفی ارزن علوفه‌ای نوتریفید». *مجلهٔ علوم کشاورزی ایران*، ۳۱، ص. ۷۱۲ـ۷۰۱.

۱٦. ولد آبادی، س، ع، ر؛ مظاهری، د؛ نورمحمدی، ق؛ هاشمی دزفولی، س، ا؛ (۱۳۷۹). «بررسی اثر تنش خشکی بر خواص کمی و کیفی و شاخص‌های رشد ذرت، سورگوم و ارزن». *مجلهٔ علوم زراعی ایران*، ۲، ۱، ص. ۴۷ـ۳۹.

17. Al-Khafaf S A , Adnan N and Al-Asadi N M [1990] Dynamic of root and Shoot growth of barley under various levels of salinity and water stress. Agricultural Water Management. 18: 63-75.

18. Antolin MC, Yoller J and Sanchez-Diaz M [1995] Effect of temporary drought on nitrate-fed and nitrogen fixing alfalfa plants. Plant Science. 107: 159-165.

19. Arnon DI [1975] Physiological Principles of Dry land Crop Production. In, Physiological aspects of dry land farming. Gupta U.S. [Eds.], Oxford Press.

20. Asay KH, Jensen KB, Waldron BL, Han G and Monaco TA [2002] Forage quality of tall fescue across an irrigation gradient. Agronomy Journal. 94: 1337-1343.

21. Ashraf M [1994] Breeding for salinity tolerance in plants. Critical Reviews in Plant Sciences. 13[1]: 17-42.

22. Ashraf MY, Azmi AR, Khan AH and Ala SA [1994] Effect of water stress on total phenols, peroxide activity and chlorophyll content in wheat. Acta Physiologiae Plantarum. 16[3]: 185-197.

23. Bajji M, Lutts S and Kinet JM [2001] Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat [*Triticum durum* Desf.] cultivars performing differently in arid conditions. Plant Science. 160: 669–681.

24. Brevedan RE and Egli DB[2003] Short periods of water stress during seed filling, leaf senescence and yield of soybean. Crop Science. 43: 2083-2088.

25. Buxton DR [1996] Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. Animal Feed Science and Technology. 59: 37-49.

26. Colom MR and Vazzana C [2003] Photosynthesis and PSII functionality of drought-resistant and drought-sensitive weeping lovegrass plants. Environmental and Experimental Botany. 49: 135-144.

27. Contour-Ansel D, Torres-Franklin, M. L, Carvalho, M.H.C and Zully-Fodil. Y., 2006. Glutathione reductase in leaves of cowpea: cloning of two cDNAs, expression and enzymatic under progressive drought stress, desiccation andabscisic acid treatment. Annals of Botany. 98: 1279–1287.

28. Cornick MM [2000] How plants cope with water stress in the field photosynthesis and growth. Agronomy Journal. 89: 907–916.

29. Dhanda SS and Sethi GS [1998] Inheritance of exised- leaf water loss and relative water content in bread wheat [*Triticum aestivum*]. Euphytica. 104: 39-47.

30. 30-Douglas GB [1991] Establishment and early regrowth of sheep's burnet [*Sanguisorba minor ssp*. Muricata [Spach] Briq.] examined multivariately. Palmerson North New Zealand: Massey University. 357 p. Dissertation.

31. Ephrath JE and Hesketh JD [1991] The effects of drought stress on leaf elongation, photosynthesis and transpiration rates in maiz [*Zea mays* L.] leaves. Photosynthetica. 25: 607-619.

32. Ferris R. and Taylor G. 1994. Elevated CO_2 water relations and biophysics of leaf extension in four chalk grassland herbs. New Phytologist. 127[2]: 297-307.

33. Flexas J, Barón M, Bota J, Ducruet JM, Gallé A, Galmés J, Jiménez M, Pou A, Ribas-Carbó M, Sajnani C, Tomàs M and Medrano H [2009] Photosynthesis limitations during water stress acclimation and recovery in the drought-adapted Vitis hybrid Richter-110 [V. berlandierixV. rupestris]. Journal of Experimental Botany. 60: 2361-2377.

34. Galle A, Florez-Sarasal I, Thameur A, Paepe RD, Flexas J and Ribas-Carb M [2010] Effects of drought stress and subsequent rewatering on photosynthetic and respiratory pathways in Nicotiana sylvestris wild type and the mitochondrial complex I-deficient CMSII mutant. Journal of Experimental Botany. 61: 765-775.

35. Ghosh PK, Ajay KK, Bandyopadhyay MC, Manna KG, Mandal AK and Hati KM [2004] Comprative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. Bioresource Technology. 95: 85-93.

36. Gonzalez A, Martin I and Ayerbe L [19990 Barley yield in waterstress conditions. The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. Field Crops Research. 62: 23–34.

37. Good AG and Steven TZ [1994] The effects of drought stress on free amino acid accumulation and protein synthesis in *Brassica napus*. Plant Physiology. 90: 909-914.

38. Halim RA, Buxton DR, Hattendorf MJ and Carlson RE [1989] Water stress effects on alfalfa Forage quality after adjustment for

maturity differences. Agronomy Journal. 81: 189-194.

39. Hashem A, Amin Mujadar MN, Hamid A and Hossain MM [1998] Drought stress effects on seed yield, yield attributes, growth, cell membrane stability of synthesized *Brassica napus* L. Journal of Agronomy and Crop Science. 180: 129-136.

40. Hickman James C [1993] The Jepson manual: Higher plants of California. Berkeley CA: University of California Press. 1400 p.

41. Hoekstra F, Golovia A and Buitink J [2001] Mechanisms of plant desiccation tolerance. Trends plant Science. 6: 431-438.

42. Jiang Yand Huang BT [2002] Response of antioxidative defence system to temperature and water stress combinations in wheat seedlings. Plant Science. 163: 783-790.

43. ellers J and Bliesner RD [1990] Sprinkler and trickle irrigation An avi Book, Van Nostrand Reihold, New York. Pp. 652.

44. Kivimaenpae M, Sutinin S, Karlsson P E and Sellde G [2003] Cell structural changes in the needles of Norway spruce exposed to long-term ozone and drought. Annals of Botany. 92: 779-793.

45. Liang Z, Zhang F, Shao M and Zhang J [2002] The relations of stomatal 93ersian93ane, water consumption, growth rate to leaf water potential during soil drying and rewatering cycle of wheat [*Triticum aestivum* L.]. But. Bull. Acad. Sin. 43: 187-192.

46. Manivaannan P, Abdul Jaleel C, Sanka B, Kishorekumar A, Somasundaram R, Lakshmanna GMA and Panneerselvam R [2007] Growth biochemical modification and proline metabolism in Helianthus annus L. as induced by drought stress, Colloids and Surfaced B. Biointerfaces. 59: 141-149.

47. McCaig TN and Romogosa, I [1991] Water status measurements of excised wheat leaves: position and age effects. Crop Science. 31: 1583-1588.

48. Nagarajan S, Rane J, Maheswari M and Gambhir P [1999] Effect of post-anthesis water stress on accumulation of dry matter, carbon and nitrogen and their partitioning of dry matter , carbon and nitrogen and their partitioning in wheat varieties differing in drought tolerance. Journal of Agronmy and Crop Science. 183: 129-136.

49. Nayyar H and Gupta D [2006] Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidants. Environmental and Experimantal Botany. 58: 106-113.

50. Ogle D G [2002] Small *burnet—Sanguisorba minor Scop*. [Online]. In: Plant fact sheet. Washington DC: U. S. Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service [Producer]. Available: http://plants.usda.gov/java/factSheet [2008 March 6].

51. Pessarkli M [1999] Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc. PP 679.

52. Petropoulos SA, Daferera D, Polissiou MG and Passam HC [2008] The effect of water deficit stress on the growth yield and composition of

essential oils of parsley. Sci. Hortic-Amstrdam. 115[4]: 393-397.

53. Rascio A, Russo M, Platani C and Difonzo N [1998] Drought intensity effects on genotypic differences in tissue affinity for strongly bound water. Plant Science. 132: 121-126.

54. Ritchie SW, Nguyen HT and Holdy AS [1990] Leaf water content and gas exchange parameters of tow wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science. 30:105-111

55. Rodríguez D J, Romero-García J, Rodríguez-García R and Sánchez JAL [2002] Characterization of proteins from sunflower leaves and seeds: Relationship of biomass and seed yield. P. 143–149. In: Janick J. and A. Whipkey [Eds.], Trends in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA. Sci. 5: 543-546.

56. Rodriguez MJ and Bermejo P [1986] Constituents of *Sanguisorba minor* subsp. Magnolia. Fitoterapia. 57[6]: 446–447.

57. Schonfeld MA, Johnson RC, Carver B and Morhinweg DW [1988] Water relation in winter wheat as drought resistance indicator. Crop Science. 28: 526-531.

58. Siddique MRB, Hamid A and Islam, MS [2000] Drought stress effects on water relation of wheat. Botanical Bulletin Academia Sinica 41: 35 – 39.

59. Sinclair TR and Ludlow MM [1985] Who thought plant thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. Australian Journal of Plant Physiology. 33: 312-317.

60. Stevens R and Monsen SB [2004] Forbs for seeding range and wildlife habitats. In: Monsen Stephen B.; Stevens Richard; Shaw Nancy L. comps. Restoring western ranges and wildlands. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-136-vol. 2. Fort Collins CO: U.S. Department of Agriculture Forest Service Rocky Mountain Research Station. Pp 425-466.

61. Sthin GH and Slivan LR [1984] Dry edible beans: A new crop opportunity for the East North Central Region. In: New crops. [eds J. Janick and J.E. Simon]. Wiley New York. Pp 585-588.

62. Valente MAS, Faria J, Soares-Ramos JRL, Reis PAB, Pinheiro GL, Piovesan ND, Morais, A.LT, Menezes CC, Cano MAO, Fietto LG, Loureiro ME, Araga FJL and Fontes EPB [2009]The ER luminal binding protein [BiP] mediates an increase in drought tolerance in soybean and delays drought-induced leaf senescence in soybean and tobacco. Journal of Experimental Botany. 60: 533-546.

63. Vough LR and Marten GC [1971] Influence of soil moisture and ambient temperature on yield and quality of alfalfa forage. Agronomy Journal. 63: 40-42.