

کارائی مصرف آب و بهره‌وری آب در ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی تحت تنش کم آبی

مرجان سمائی^۱، سید علی محمد مدرس ثانوی^{۲*}، احمد موسی پور گرجی^۳ و اسکندر زند^۴

۱) دانشجوی دکتری؛ گروه زراعت؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ ایران

۲*) استاد؛ گروه زراعت؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: Modaresa@modares.ac.ir

۳) استادیار، بخش تحقیقات سبزی و صیفی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۴) استاد، بخش تحقیقات علفهای هرز، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۳۰

چکیده

شناخت ارقام مقاوم به خشکی جهت حفظ منابع آب و ارتقاء بهره‌وری از راه کارهای توسعه کشاورزی پایدار در مناطق خشکی مانند ایران می‌باشد. به منظور شناخت میزان حساسیت ژنوتیپ‌های مختلف سیب‌زمینی به تنش کم آبی، پژوهشی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی دو سال اجرا گردید. ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی در ۱۱ سطح (آگریا، کایزر، ساوالان، سانه، مارفونا، هرمس، جلی، پیکاسو، میلوا، ۱-۳۹۷۰۸۱، ۲-۳۹۷۰۶۹) و تیمار آبیاری در دو سطح (تنش و شاهد) اعمال شد. در ابتدا آبیاری به روش تیپ و نرمال انجام و در مرحله تشکیل غده، آبیاری تیمار تنش قطع و تیمار شاهد به صورت نرمال آبیاری گردید. پس از اینکه کمبود رطوبت خاک به نود درصد رسید، مجدداً آبیاری انجام تا خاک به ظرفیت زراعی رسیده و تا انتهای دوره رشد آبیاری به صورت نرمال انجام گرفت. نتایج تجزیه مرکب آنالیز داده‌های دو سال، کاهش عملکرد بیولوژیک، وزن تر غده سالم، وزن تر غده سالم قابل فروش، حداکثر شاخص سطح برگ، وزن خشک، تبخیر و تعرق و مصرف آب در ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش نسبت به شاهد نشان داد. بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر غده سالم و غده سالم قابل فروش در اکثر ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش کاهش یا تمایل به کاهش داشت. همچنین کارائی مصرف آب بر مبنای عملکرد غده سالم و عملکرد غده سالم قابل فروش در هر دو سال در شرایط تنش نسبت به شاهد در همه ژنوتیپ‌ها بجز ۲-۳۹۷۰۶۹ کاهش یافت. بیشترین میزان بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر غده سالم قابل فروش در هر دو سال در تیمار تنش در ژنوتیپ ۲-۳۹۷۰۶۹ به ترتیب ۵/۴۱ و ۵ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده گردید. بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش اجرای تحقیقات تکمیلی به منظور دستیابی به ژنوتیپ مناسب سیب‌زمینی برای شرایط کم‌آبی و واقعی کشور با توجه به تنوع فصل کاشت، مکان، شرایط آب و هوایی، کیفیت سیب‌زمینی بذری، نیروی متخصص و ... پیشنهاد می‌گردد.

کلید واژه‌ها: بهره‌وری آب، تنش کم آبی، شبیه‌سازی منابع و مصارف، سیب‌زمینی، کارائی مصرف آب

مقدمه

آب مهم‌ترین ترکیب برای فعالیت گیاه محسوب می‌گردد و بیش از ۸۰ درصد بافت در حال رشد گیاه از آب تشکیل شده است (اکبری نودهی، ۱۳۹۰). اهمیت این ماده حیاتی به این دلیل است که برای اجرای وظایف گیاه

لازم می‌باشد. همچنین مقدار آب آبیاری، زمان و روش کاربرد آن در سلامت گیاه و عملکرد آن بسیار اهمیت دارد (Maralian et al, 2014). کارائی مصرف آب یک نکته اساسی در بهره‌وری گیاه از منابع آبی محدود می‌باشد که در شرایط بارندگی به مقدار باران استفاده شده در طول

دوره رشد و توانائی تولید عملکرد بیشتر به ازای قطرات آب باران بستگی دارد، اما در شرایط آبیاری به مقدار آب تأمین شده برای گیاه مرتبط بوده و به دو روش محاسبه می‌گردد: روش اول مقدار عملکرد گیاه در واحد آب داده شده به سطح زمین و روش دوم مقدار عملکرد گیاه در واحد آبی که گیاه در طول دوره رشد به صورت تبخیر و تعرق از دست می‌دهد (Koech et al, 2015).

در زمان کمبود آب و خشکی تابستانهای طولانی، به حداکثر رساندن بهره‌وری آب ممکن است برای کشاورز از به حداکثر رساندن عملکرد گیاه زراعی مفیدتر باشد. این یک استراتژی بهینه برای حفظ آب تحت شرایطی است که گیاه در طول دوره رشد خود با کمبود آب مواجه می‌گردد، البته آنچه از اتخاذ این روش مورد انتظار است آن است که هیچ کاهش عملکرد معنی‌داری در قبال حفظ ارزشمند این ذخیره آبی اتفاق نیفتد. در حقیقت هدف از آبیاری کمتر افزایش کارائی مصرف آب از طریق کاهش مقدار یا دفعات آبیاری می‌باشد (Mahmoud, 2012). افزایش بهره‌وری آب بویژه بهره‌وری اقتصادی آب ممکن است بهترین راه برای مصرف موثر و کارآمد آب باشد. بهره‌وری گیاه یا کارائی مصرف آب کلید ارزیابی استراتژی‌ها در مواجهه با محدودیت آب می‌باشد (Moghimi and Sepaskhah, 2014). در منابع گزارش شده است که کمترین میزان کارائی مصرف آب تحت آبیاری کامل در بهره‌وری آب پائین‌تر به دست می‌آید (Wahb-Allah et al, 2011).

با افزایش کارائی مصرف آب، تولید بیوماس بیشتر به ازای آب از دست رفته از طریق تبخیر و تعرق بدست می‌آید و مقدار آب کمتری برای رشد و توسعه گیاه لازم می‌باشد و این می‌تواند دلیلی باشد که گیاهانی با کارائی مصرف آب بالا در پاسخ به تنش خشکی مقاومت بیشتری به خشکی دارند (Servani et al, 2014). همچنین کارائی مصرف آب می‌تواند چگونگی تثبیت کربن توسط گیاه در شرایط خشکی را مشخص کند و البته با عوامل مختلف از قبیل

آرایش برگ، اثرات فصلی، پاسخ‌های مولکولی شبانه و روزانه و برگ‌های مورد مطالعه به عنوان شاخصی از کل گیاه و موارد دیگر تغییر نماید. به دلیل این تغییرات است که کارائی مصرف آب نمی‌تواند به تنهایی برای تعیین قدرت تحمل به خشکی استفاده شود اما می‌تواند نتایج حاصل از فتوسنتز و تبخیر و تعرق را در طول دوره رشد گیاه تکمیل نماید (Jazayeri et al, 2015). بهره‌وری آب بیوماس نیز به عنوان کارائی مصرف آب شناخته می‌شود و به صورت نسبتی از بیوماس تولیدی در ازای آب استفاده شده توسط گیاه زراعی بدست می‌آید که از دیدگاه فیزیولوژیکی واضح نیست که چگونه کارائی مصرف آب بالاتر می‌تواند بدست آید (Eksteen and Singels, 2013). در سالهای اخیر بهره‌وری آب به صورت نسبتی از عملکرد اقتصادی به آب تبخیر و تعرق شده بدست می‌آید و عمدتاً تفاوت‌های ژنوتیپی ظاهری در کارائی مصرف آب، به عنوان تغییرات در مصرف آب مطرح می‌گردد و مصرف آب کمتر به صورت کارائی مصرف آب بالاتر که به مشخصات گیاهی و پاسخ‌های محیطی بستگی دارد متجلی می‌گردد (Blum, 2005). هیچ ارتباط ثابتی بین تولید گیاه و کارائی مصرف آب وجود ندارد و ممکن است شرایطی باشد که کارائی مصرف آب بالا یک مزیت و به عنوان یک نشانه برای مصرف پائین آب باشد و در این شرایط انتخاب گیاهان کوچکتر، سطح برگ کمتر و دوره رشد کوتاه‌تر ترجیح داده می‌شود (Blum, 2005).

سیب‌زمینی با نام علمی (*Solanum tuberosum*) یکی از مهمترین گیاهان زراعی در دنیا است که پنجمین رتبه تولید بعد از نیشکر، ذرت، برنج و گندم را دارا می‌باشد. بر اساس آخرین آمار رسمی منتشره از سازمان خوار و بار جهانی، حدود ۳۶۵ میلیون تن و بیش از ۱۹ میلیون هکتار در سال ۲۰۱۲ به تولید و کشت این گیاه مهم در جهان اختصاص یافته است (FAO Stat, 2012). تنش‌های غیرزنده از قبیل خشکی، اثرات بدی بر رشد و عملکرد غده سیب‌زمینی می‌گذارد و به منظور دستیابی به عملکرد

طریق مصرف آب گیاه زراعی در هر دو شرایط آبیاری کامل و شرایط کمبود آب ارزیابی می‌گردد (Steyn *et al.*, 2007). گزارش شده است که کمبود آب منجر به کاهش عملکرد سیب‌زمینی از طریق کاهش رشد کانوپی و بیوماس تولیدی به دلیل تحمل پائین گیاه سیب‌زمینی به تنش آبی می‌گردد (Abubaker *et al.*, 2014). لذا درک کارآئی مصرف آب سیب‌زمینی برای برنامه آبیاری و اتخاذ تصمیم مدیریتی صحیح با توجه به استفاده از منابع آبی محدود مهم می‌باشد.

دوره کوتاه خشکی، عملکرد غده سیب‌زمینی را در ژنوتیپ‌های دیررس کمتر از ژنوتیپ‌های زودرس کاهش می‌دهد. ژنوتیپ‌های دیررس سطح برگ بیشتری را برای جذب نور داشته و کمتر در معرض کاهش سطح برگ قرار می‌گیرد، از طرفی وقوع خشکی در انتهای فصل، اثر کمتری روی ژنوتیپ‌های زودرس به دلیل فرار آنها از خشکی و تکمیل سریع‌تر چرخه زندگی خواهد داشت. نتایج مشابهی، پیچیدگی انتخاب برای تحمل به خشکی به دلیل بسیاری از فرآیندهای گیاهی و همچنین اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را تایید می‌کند (Spitters and Schapendonk, 1990).

شاخص سطح برگ می‌تواند برای ارزیابی رشد گیاهی یا شدت خشکی استفاده شود و به گونه، مرحله رشد، شرایط غالب محیطی، اقدامات مدیریتی و فصلی بستگی دارد (Deshi *et al.*, 2015). کاهش شاخص سطح برگ همواره به عنوان یک استراتژی برای کاهش مصرف آب مطرح می‌باشد و در حقیقت گیاه از طریق کاهش سطح برگ قرار گرفته در معرض نور خورشید، از هدررفت آب به صورت تبخیر و تعرق جلوگیری می‌کند. گیاهان در معرض خشکی گسترش کمتر کانوپی و ریزش زودتر برگ‌ها را در مقایسه با گیاهان قرار گرفته در شرایط آبیاری کامل از خود نشان می‌دهند (Lahlou *et al.*, 2003). در مقایسه دو گروه رسیدگی سیب‌زمینی مشخص شده است که موثرترین فاکتور برای دستیابی به عملکرد، در ارقام زودرس، تعداد غده و در ارقام دیررس حداکثر

بالا و با کیفیت، تامین آب مورد نیاز گیاه لازم می‌باشد در این حالت محتوی رطوبت خاک نباید از ۵۰ درصد کل آب قابل دسترس گیاه در منطقه ریشه به خصوص در زمان تشکیل غده کمتر باشد (Cantore *et al.*, 2014).

سیب‌زمینی به کمبود رطوبت خاک بسیار حساس و مشهور است. حتی سیب‌زمینی با آبیاری خوب و کافی می‌تواند در معرض تنش آبی موقت به ویژه در هوای داغ و روزهای آفتابی قرار گیرد. در حقیقت هنگامی که سیب‌زمینی در معرض تقاضای اتمسفری بالا قرارگیرد حتی در خاک مرطوب بستن روزنه و پژمردگی نسبی ممکن است اتفاق بیفتد (Steyn *et al.*, 2007). حساسیت سیب‌زمینی به کمبود آب در طول دوره رسیدگی و اوائل دوره رویشی کمتر می‌باشد در حالی که کمبود آب در طول دوره جوانه‌زنی و تشکیل و حجیم شدن غده آسیب جدی به سیب‌زمینی وارد می‌کند (Koech *et al.*, 2015).

تحمل واقعی پیچیده است که استراتژی بهینه برای مقابله با تنش خشکی است و بر اساس زمان و شدت تنش متفاوت بوده و ممکن است از مزرعه‌ای به مزرعه دیگر و سال به سال تغییر کند این پیچیدگی به دلیل اثر متقابل ژنوتیپ در محیط رخ می‌دهد و ممکن است به نژادگران تصمیمات متفاوتی را بر اساس دامنه‌ای از شرایط محیطی و مسائل دیگر اتخاذ نمایند (Spitters and Schapendonk, 1990).

ویژگی‌های مختلف گیاهی بر استفاده از آب توسط گیاه اثر می‌گذارد اما از طرف دیگر اثر اختلاف‌های ژنوتیپی بر روی عملکرد نهائی غده بسیار کم اهمیت‌تر از ارتباط نزدیک بین تبخیر و تعرق و رشد گیاه می‌باشد. همچنین باید توجه داشت که انتخاب برای تبخیر و تعرق کمتر هنگامی که کارآئی مصرف آب ثابت می‌ماند نتیجه اش عملکرد کمتر در شرایط مطلوب رشد خواهد بود (Spitters and Schapendonk, 1990).

کارایی مصرف آب در سیب‌زمینی از عملکرد غده بدست آمده در آب مصرف شده به صورت تبخیر و تعرق به دست می‌آید. رفتار گیاه، عملکرد غده و کیفیت آن از

بحرانی این گیاه نسبت به کمبود آب می‌باشد آبیاری کرت دارای تنش قطع و کرت شاهد به صورت نرمال آبیاری گردید و پس از اینکه کمبود رطوبت خاک به نود درصد رسید با هدف بازیافت، مجدداً آبیاری انجام تا خاک به ظرفیت زراعی رسیده و تا انتهای دوره رشد آبیاری به صورت نرمال انجام شد. به منظور اندازه‌گیری میزان آب داده شده به کرتها از ۳ عدد کنتور حجمی در مسیر خط لوله استفاده گردید. همچنین برای اندازه‌گیری تغییرات رطوبتی در دوره کشت از دستگاه انعکاس‌سنج زمانی (TDR) پس از واسنجی در مزرعه استفاده گردید. نمونه‌گیری‌ها برای محاسبه عملکرد بیولوژیک، غده سالم و غده سالم قابل فروش (غده با قطر بیش از ۳۰ میلی‌متر) (Tourneux et al., 2003) بعد از اتمام دوره کشت انجام گردید. همچنین در این آزمایش سطح برگ در حداکثر رشد رویشی و وزن خشک برگ نیز در آن زمان اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ از متوسط سطح برگ ۳ عدد بوته سیب‌زمینی در دو شرایط تنش و شاهد با استفاده دستگاه سطح برگ سنج مدل (LI-COR 3100) استفاده و سپس بر حسب واحد متر مربع زمین تبدیل گردید. میزان کارائی مصرف آب و بهره‌وری آب نیز با استفاده از روابط زیر برای عملکرد بیولوژیک، غده سالم و غده سالم قابل فروش تعیین گردید:

$$WUE = \frac{Y}{ET} \quad \text{کارایی مصرف آب} \quad (1)$$

$$IWUE = WP \frac{Y}{I} \quad \text{بهره‌وری آب آبیاری} \quad (2)$$

که در آن Y نشان دهنده عملکرد به کیلوگرم، ET برابر تبخیر و تعرق به متر مکعب در هکتار و I نیز میزان آب مصرفی به متر مکعب در هکتار می‌باشد.

لازم به ذکر است که تبخیر و تعرق با استفاده از روش پنمن مانیتیس و به کمک نرم افزار CropWat به صورت روزانه برآورد شده است. داده‌های حاصل از آزمایش در نهایت با استفاده از نرم افزار SAS 9.2 تجزیه شده و برای

شاخص سطح برگ و دوره دوام برگ می‌باشد (Al-Mahmud et al, 2014). مقدار شاخص سطح برگ در سیب‌زمینی عمدتاً ۳/۵ تا ۶ بر حسب نوع رقم گزارش شده است ولیکن زمان وقوع آن در بین ارقام متفاوت است که می‌تواند به ترکیب ژنتیکی، سن فیزیولوژیکی غده‌های بذری یا شرایط محیطی در طول رشد گیاه زراعی در مزرعه بستگی داشته باشد همچنین ژنوتیپهای سیب‌زمینی از نظر حداکثر شاخص سطح برگ و مدت زمان حفظ آن متفاوت هستند (Desai et al., 2015).

با توجه به فرار گرفتن کشور در منطقه نیمه خشک جهان و پیش بینی محدودیت آب در سالهای آینده، این تحقیق با هدف بررسی کارائی مصرف آب و بهره‌وری آب در ارقام مختلف سیب‌زمینی در شرایط محدودیت آب آبیاری در راستای استفاده در برنامه‌های اصلاحی انجام شد.

مواد و روش‌ها

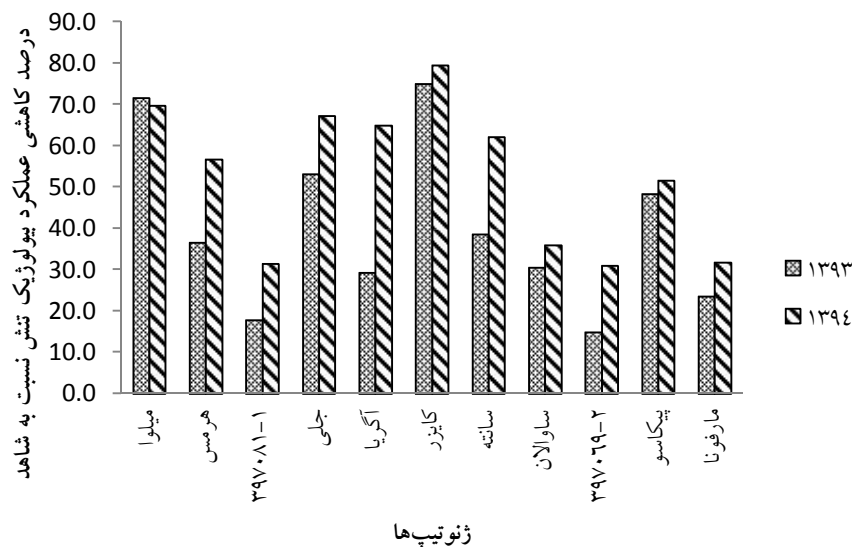
وضعیت تحمل ۱۱ رقم و ژنوتیپ سیب‌زمینی نسبت به تنش کم آبی در منطقه کرج (بخش تحقیقات سبزی و صیفی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر) در قالب این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. طرح تحقیقاتی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در دو سال (۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) و در سه تکرار اجرا شد. ارقام و ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی در ۱۱ سطح شامل (آگریا، کایزر، ساوالان، سانه، مارفونا، هرمس، جلی، پیکاسو، میلوا، ۱-۳۹۷۰۸۱، ۲-۳۹۷۰۶۹) و تیمار تنش کم آبی در دو سطح (تنش و شاهد) در نظر گرفته شد. هرکرت شامل چهار خط کشت به طول چهار متر بود، فاصله‌ی بین خطوط و روی خطوط به ترتیب ۷۵ و ۲۵ سانتی‌متر (۱۶ غده گیاه) در هر خط) با یک ردیف نکاشت بین کرتها اعمال گردید. آبیاری به صورت قطره‌ای تیپ بوده و ردیف‌های کناری و همچنین بوته‌های اول و آخر خط وسط در هر کرت به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. ابتدا آبیاری برای کرت‌ها به صورت نرمال انجام و پس از آن در مرحله‌ی تشکیل غده که دوره

جلی (۱۰۳۸۸۲) کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در تیمار ۲-۳۹۷۰۶۹ (۵۰۰۲۱) کیلوگرم در هکتار و در تیمار تنش در این سال بیشترین و کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک به ترتیب در پیکاسو (۴۲۸۸۲) و کایزر (۲۱۲۸۸) کیلوگرم در هکتار تشکیل شد (جدول ۳). همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود عملکرد بیولوژیک در کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش نسبت به شاهد مربوطه کاهش یافت و بیشترین درصد کاهش در این صفت در هر دو سال در کایزر و کمترین درصد کاهش عملکرد بیولوژیک در هر دو سال در ژنوتیپ‌های ۲-۳۹۷۰۶۹ و ۱-۳۹۷۰۸۱ مشاهده گردید. این کاهش در عملکرد بیولوژیک توسط محقق دیگری نیز تایید شده است به طوری که گزارش شده است سیب‌زمینی قرار گرفته در معرض تنش آبی متوسط، منجر به کاهش بیوماس بالای زمین، عملکرد غده و اندازه غده گردید (Kumari, 2012).

مقایسه میانگین‌ها از روش دانکن استفاده شد. رسم کلیه نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه مرکب داده‌های دو سال عملکرد بیولوژیک، تفاوت معنی‌داری را در کلیه اثرات ساده و متقابل بجز سال نشان داد (جدول ۱). در سال ۱۳۹۳ بیشترین و کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک در تیمار شاهد به ترتیب در کایزر و مارفونا به ترتیب به میزان ۱۶۵۱۲۲ و ۳۴۹۱۱ کیلوگرم در هکتار و در تیمار تنش در این سال بیشترین و کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک به ترتیب در آگریا (۵۱۱۳۱) و میلوا (۱۸۰۱۱) کیلوگرم در هکتار تشکیل شد (جدول ۳). در سال ۱۳۹۴ بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک در تیمار شاهد در کایزر (۱۰۳۹۸۷) و سپس



شکل ۱. درصد کاهشی عملکرد بیولوژیک ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش نسبت به شاهد

را در وزن تر غده سالم در کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش نسبت به شاهد بجز ۲-۳۹۷۰۶۹ در سال ۱۳۹۳ نشان داد (جدول ۳). در سال ۱۳۹۳ بیشترین و کمترین مقدار وزن تر غده سالم در تیمار شاهد به ترتیب مربوط به کایزر (۱۲۰۸۰۶) کیلوگرم در هکتار و پیکاسو (۲۱۶۶۷)

وزن تر غده سالم

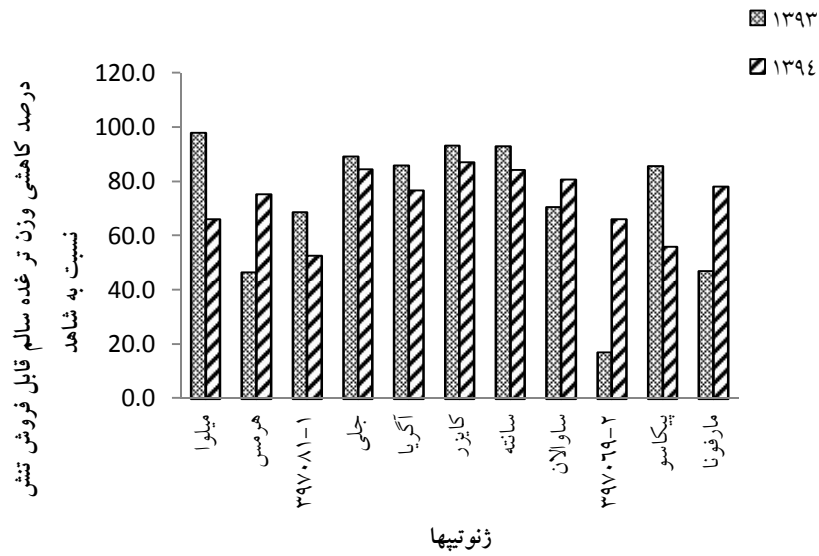
نتایج تجزیه مرکب داده‌های دو سال مشخص کرد که کلیه اثرات ساده و متقابل برای وزن تر غده سالم بجز اثر متقابل آبیاری در سال معنی‌دار گردید (جدول ۱). در انتهای فصل رشد نتایج مقایسه دانکن تفاوت معنی‌داری

کیلوگرم در هکتار و در تیمار تنش در همین سال بیشترین و کمترین مقدار وزن تر غده سالم به ترتیب مربوط به ۲-۳۹۷۰۶۹ (۳۷۴۰۲) و میلوا (۱۲۱۸) کیلوگرم در هکتار بود همچنین در سال ۱۳۹۴ بیشترین و کمترین مقدار این صفت در تیمار شاهد جلی (۵۶۲۳۹) و ۱-۳۹۷۰۸۱ (۲۷۴۹۵) کیلوگرم در هکتار تشکیل گردید و در همین سال بیشترین و کمترین مقدار وزن تر غده سالم در تیمار تنش به ترتیب در مارفونا (۲۵۵۵۰) و ساوالان (۶۲۹۸) مشخص گردید (جدول ۳). کاهش عملکرد غده سیبزمینی و کیفیت آن تحت شرایط تنش آبی توسط محققین دیگر گزارش شده است به طور مثال: گزارش شده است که تنش خشکی، وزن تر و خشک غده، بیوماس کل اندام هوایی، ماده خشک برگها، شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و شاخص برداشت بعضی از ارقام سیبزمینی را کاهش داد و برای بیشتر این مشخصات اثر متقابل آب در رقم نیز معنی دار بود (Lahlou et al, 2003). تنش آبی در زمان تشکیل غده منجر به کاهش عملکرد و کیفیت غده می‌گردد در حالی که در اواخر دوره حجیم شدن غده، منجر به کاهش وزن مخصوص و تغییر رنگ غده‌ها می‌گردد (Kumari, 2012). همچنین یک رابطه خطی بین کاهش در عملکرد غده و مقدار رطوبت خاک هنگامی که رطوبت قابل دسترس کمتر از مقدار آبی باشد که گیاه به صورت تبخیر و تعرق از دست می‌دهد گزارش شده است (Susnoschi & Shimshi, 1985). در آزمایش دیگری کاهش عملکرد غده سیبزمینی تحت تنش آبی گزارش شده است (Neera et al., 2011).

وزن تر غده سالم قابل فروش

نتایج تجزیه مرکب داده‌های دو سال وزن تر غده سالم قابل فروش تفاوت معنی‌داری را در کلیه اثرات ساده و متقابل نشان داد (جدول ۱). در انتهای فصل رشد نتایج مقایسه دانکن تفاوت معنی‌داری را در وزن تر غده سالم قابل فروش در کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۳). در سال ۱۳۹۳ بیشترین و

کمترین مقدار وزن تر غده سالم قابل فروش در تیمار شاهد به ترتیب در کایزر (۶۲۸۵۹/۴) و پیکاسو (۱۱۳۱۸/۵) و در همین سال در تیمار تنش بیشترین و کمترین مقدار این صفت در ۲-۳۹۷۰۶۹ (۱۸۴۱۸/۸) و در میلوا (۴۹۷/۸) و در سال ۱۳۹۴ بیشترین و کمترین مقدار وزن تر غده سالم قابل فروش در تیمار شاهد به ترتیب مربوط به جلی (۴۷۶۱۲) و ۱-۳۹۷۰۸۱ (۲۳۰۴۸) و در تیمار تنش بیشترین و کمترین مقدار این صفت در پیکاسو (۱۶۶۹۵) و کایزر (۵۷۰۵) کیلوگرم در هکتار تشکیل شد (جدول ۳). بیشترین و کمترین درصد کاهش عملکرد غده سالم قابل فروش در سال ۱۳۹۳ در شرایط تنش نسبت به شاهد به ترتیب در میلوا و ۲-۳۹۷۰۶۹ و بیشترین و کمترین درصد کاهش این صفت در شرایط تنش نسبت به شاهد در سال ۱۳۹۴ به ترتیب در کایزر و ۱-۳۹۷۰۸۱ ملاحظه گردید (شکل ۲). کاهش وزن تر غده سالم قابل فروش تحت شرایط تنش کم آبی در آزمایش‌های دیگر نیز تایید شده است: باوجود اینکه غده‌های اضافی ممکن است روی استولون‌ها در طول مراحل انتهایی توسعه گیاه تشکیل گردد اما غده‌هایی که عملکرد قابل فروش را تشکیل می‌دهند در مرحله تشکیل غده تشکیل می‌شوند. همچنین افزایش طول دوره تنش آبی قبل از تشکیل غده، تشکیل غده در ساقه را کاهش می‌دهد اما ادامه کمبود آب در زمان حجیم شدن غده اندازه و عملکرد قابل فروش را کاهش می‌دهد (Kumari, 2012). در آزمایشی گزارش شده است عملکرد قابل فروش ارقام سیبزمینی به طور معنی‌داری نسبت به آب قابل دسترس مختلف بود و بالاترین عملکرد سیبزمینی در رقم Spunta در زمان تامین آب آبیاری کامل (۴۰/۹) تن در هکتار) بدست آمد اگرچه این رقم اختلاف معنی‌داری با عملکرد قابل فروش در زمان تامین ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (۳۰/۳) تن در هکتار) نشان نداد ولیکن کمترین مقدار این صفت را در تیمار بدون آبیاری (۱۴/۹) تن در هکتار) نشان داد (Cantore et al., 2014).



شکل ۲. درصد کاهشی عملکرد بیولوژیک ارقام در شرایط تنش نسبت به شاهد

جدول ۱. نتایج تجزیه مرکب داده‌ها برای برخی صفات سیب‌زمینی تحت شرایط تنش کم آبی

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	وزن تر غده سالم (کیلوگرم در هکتار)	وزن تر غده سالم قابل فروش (کیلوگرم در هکتار)	حداکثر شاخص سطح برگ	وزن حداکثر سطح برگ (مترمربع)	تبخیر و تعرق (مترمکعب در هکتار)
سال	۱	۱۰۹۰۱۸۴۷n.s	۳۰۶۹۳۶۲۱**	۲۲۶۲۵۵۵۰۴۵**	۱.۷۵**	۶۳۲۱۹.۶۴**	۸۲۰۱۹۹/۳۵**
تکرار(سال)	۴	۶۴۹۱۴۱۳ n.s	۳۸۹۵۰۷۸ n.s	۲۲۹۳۸۱۲ n.s	۰.۳۲**	۱۷/۵۱ n.s	۴۳۲/۱۱ n.s
آبیاری	۱	۴۸۶۳۶۲۶۸۳۵۶**	۲۶۵۴۳۳۲۱۱۰۵**	۱۸۳۷۳۲۵۷۱۱۳**	۳۳/۵۳**	۱۲۶۱۴۱/۸۶**	۱۱۶۸۸۰/۰۲**
ژنوتیپ	۱۰	۱۷۹۱۹۶۶۶۹۵**	۶۱۴۰۱۴۴۱۵**	۲۵۳۳۸۲۷۵۳**	۵/۲۷**	۲۸۵۴۱/۹۷**	۳۳۲۱/۵۲**
اثر متقابل ژنوتیپ در آبیاری	۱۰	۲۱۸۲۹۴۴۶۹۵**	۱۰۷۸۵۹۱۴۷۳**	۳۷۹۴۶۶۹۱۷**	۰.۷۱**	۹۸۳/۶۰**	۷۰۵/۸۲**
اثر متقابل آبیاری در سال	۱	۱۰۰۳۱۵۷۱۲۱**	۱۲۵۴۹n.s	۶۴۲۸۲۱۳۳۲**	۰/۹۴**	n.s.۷۱۶/۱۹	۷۳۶۷۳/۱۴**
اثر متقابل ژنوتیپ در سال	۱۰	۹۷۶۷۱۶۴۶۳**	۸۱۷۷۶۹۶۶۲**	۲۳۳۸۰۰۱۷۱**	۳/۶۵**	۲۸۰۲۴/۶۸**	۱۰۳۴/۸۵**
اثر متقابل ژنوتیپ در آبیاری در سال	۱۰	۲۹۸۹۸۴۶۷۹**	۴۹۲۱۳۷۵۲**	۱۱۲۶۹۰۲۹۸**	۰/۹۲**	۳۷۶۵/۹۳**	۵۰۱/۱۵**
خطا	۸۴	۶۰۷۱۳۸۵/۳۱	۲۳۷۹۰۱۳	۱۳۷۰۵۱۷	۰/۰۹	۲۶۳/۷۳	۲۲۶۷۷۹
ضریب تغییرات		۴/۴۶	۵/۶۷	۶/۰۳	۶/۸۸	۵/۱۲	۲/۲۱

حداکثر شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه مرکب داده‌های دو سال از نظر حداکثر شاخص سطح برگ تفاوت معنی‌داری در همه اثرات اصلی و متقابل نشان داد (جدول ۱). ژنوتیپها از نظر حداکثر شاخص سطح برگ در شرایط تنش و شاهد در هر دو سال تفاوت معنی‌داری بجز آگریا، سانته، ساوالان و ۲-۳۹۷۰۶۹ در سال ۱۳۹۳ و آگریا و پیکاسو در سال ۱۳۹۴ نشان دادند (جدول ۳). در سال ۱۳۹۳، بیشترین و کمترین میزان حداکثر شاخص سطح برگ در تیمار شاهد به ترتیب در هرمس (۵/۶۰) و سانته (۲/۲۸) و در تیمار تنش بیشترین و کمترین میزان این صفت به ترتیب مربوط به ساوالان (۵/۲۲) و سانته (۲/۲۳) بود و در سال ۱۳۹۴ بیشترین و کمترین حداکثر شاخص سطح برگ در تیمار شاهد به ترتیب در پیکاسو (۶/۰۶) و ۲-۳۹۷۰۶۹ (۳/۶۷) و بیشترین و کمترین حداکثر شاخص سطح برگ در تیمار تنش به ترتیب در پیکاسو (۵/۶۷) و سانته (۲/۷۳) ملاحظه گردید (جدول ۳). در این تحقیق رابطه مشخصی بین حداکثر شاخص سطح برگ و عملکرد سیب‌زمینی تحت شرایط تنش در این آزمایش بدست نیامد. که می‌تواند به دلیل آبیاری مجدد ارقام در دوره بازیافت و تاثیر آن بر ظهور و گسترش برگها در این مرحله باشد. این در حالی است که لاهلو و همکاران ۲۰۰۳ گزارش کردند روابط بین حداکثر شاخص سطح برگ و عملکرد غده به شدت معنی‌دار بود (Lahlou et al., 2003).

کاهش شاخص سطح برگ سیب‌زمینی در اثر تنش آبی در گزارش‌های دیگر تایید شده است به طوری که بر اساس تحقیقات انجام شده توسط Lahlou و همکاران در سال ۲۰۰۳، تنش خشکی، شاخص سطح برگ سیب‌زمینی را در کل دوره‌ی رشد سیب‌زمینی در مزرعه و گلخانه کاهش داد. همچنین ایشان افزودند تنش خشکی، حداکثر شاخص سطح برگ را در شرایط مزرعه ۲۹، ۱۴، ۲ و ۶ درصد به ترتیب برای ریمارکا، دزیره، نیکولا و مونالیزا کاهش داد. لازم به ذکر است که در این آزمایش

همبستگی غیر معنی‌داری بین دوام سطح برگ و عملکرد غده وجود داشت. همچنین در تحقیق دیگری ذکر شده است شاخص سطح برگ ۵ رقم سیب‌زمینی کشت شده در مزرعه به طور معنی‌داری بین ژنوتیپها متفاوت بود و حداقل شاخص سطح برگ (۲/۰۱) در تیمار خشکی شدید ملاحظه گردید. در شرایط خشکی شدید شاخص سطح برگ از ۲/۵۳ تا ۱/۳۷ تغییر کرد و کمترین آن به CIP 391004.18 و بیشترین به CIP 396244.12 تعلق داشت در شرایط خشکی متوسط شاخص سطح برگ از ۱/۸۰ تا ۳/۰۱ که کمترین مقدار در 391004.18 و بیشترین مقدار در CIP 396244.12 و Asterix مشاهده گردید. شاخص سطح برگ بالاتر گیاه در این آزمایش نشان داد که گیاه قادر بوده فتوسنتز بیشتر و در نتیجه عملکرد غده بهتری را تولید کند (Al-Mahmud et al., 2014). تنش آبی تشکیل برگ جدید، بزرگ شدن برگ تا حد طبیعی و در نتیجه کاهش تشکیل غده و حجیم شدن آن را به وقفه می‌اندازد و کمبود آب رشد گیاه را از طریق کاهش فشار آب داخلی در سلولهای گیاهی (فشار تورژسانس) که برای گسترش سلول لازم است کاهش می‌دهد. تنش خشکی حداکثر سطح برگ و دوره آن، فتوسنتز، تبخیر، تعرق، تشکیل غده و استولون، بیوماس انتهایی و اختصاص ماده خشک به عملکرد اقتصادی (غده‌ها) را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Kumari, 2012). همچنین تنش آبی در درجه اول عملکرد اقتصادی را از طریق محدود کردن گسترش کانوبی کاهش می‌دهد به طوری که اثرات توسعه کانوبی شامل کاهش اندازه برگ و سرعت گسترش کانوبی بوده و منجر به افزایش ریزش برگ، محدود کردن تشکیل برگ و کاهش در ارتفاع ساقه می‌گردد and (Mani Hannachi, 2015).

وزن خشک حداکثر شاخص سطح برگ

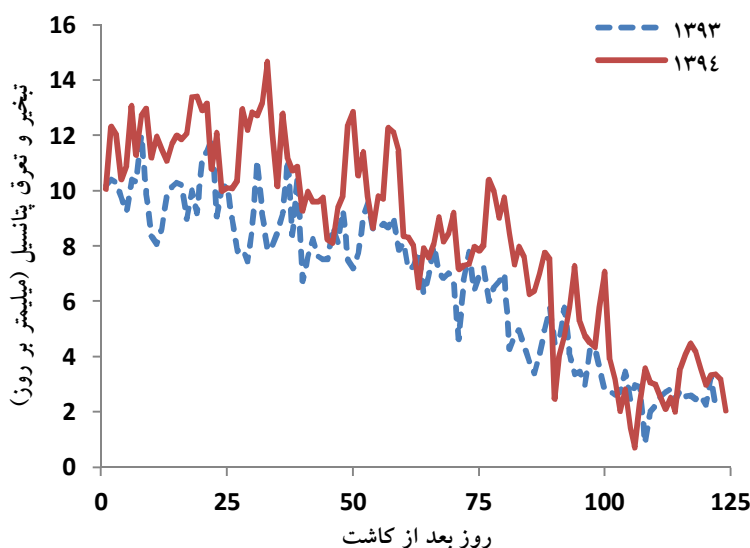
نتایج تجزیه مرکب داده‌های دو سال از نظر وزن حداکثر سطح برگ تفاوت معنی‌داری در همه اثرات اصلی و متقابل بجز اثر متقابل آبیاری در سال نشان داد (جدول ۱).

و در تیمار تنش در ۱-۳۹۷۰۸۱ (۲۲۲/۷) و سانتی مترمکعب در هکتار و در سال ۱۳۹۴ بیشترین میزان تبخیر و تعرق در تیمار شاهد در پیکاسو (۴۵۸/۷) متر مکعب در هکتار و کمترین میزان این صفت در تیمار شاهد در ژنوتیپ‌های هرمس و ۲-۳۹۷۰۶۹ (۳۷۹) متر مکعب در هکتار و همچنین بیشترین و کمترین میزان تبخیر و تعرق در این سال به ترتیب در شرایط تنش در جلی (۳۴۰/۷) و سانتی متر مکعب در هکتار (۲۸۴/۹) ملاحظه گردید (جدول ۳). همچنین تغییرات تبخیر و تعرق ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و شاهد در هر دو سال، نشان‌دهنده مقدار بیشتر تبخیر و تعرق در شرایط شاهد نسبت به تنش می‌باشد (جدول ۳) که این می‌تواند به دلیل کاهش سطح برگ در شرایط تنش نسبت به شاهد باشد که با نتایج *Pejić et al., 2015* مشابه بود که گزارش کرد نسبت تبخیر و تعرق سبب‌زمینی در شرایط آبیاری از ۴۹۱/۳ تا ۴۹۸/۶ میلی متر و در شرایط بدون آبیاری از ۲۸۸/۱ تا ۲۹۴/۴ میلی متر به ترتیب در سالهای ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ مشخص گردید. روند تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل در سالهای آزمایش در شکل ۳ نشان داده شده است.

همچنین ژنوتیپها از نظر وزن حداکثر سطح برگ در شرایط تنش نسبت به شاهد در هر دو سال تفاوت معنی‌داری بجز میلوا و ساوالان در سال ۱۳۹۳ و هرمس، آگریا و ۲-۳۹۷۰۶۹ در سال ۱۳۹۴ نشان دادند (جدول ۳). در سال ۱۳۹۳، بیشترین و کمترین میزان وزن حداکثر سطح برگ در تیمار شاهد به ترتیب در آگریا (۴۵۹/۶۳) و میلوا (۲۴۹/۲۸) و در تیمار تنش بیشترین و کمترین مقدار این صفت به ترتیب مربوط به آگریا (۳۹۷/۸۶) و سانتی (۱۴۷/۱۳) و در سال ۱۳۹۴ بیشترین و کمترین وزن حداکثر سطح برگ در تیمار شاهد به ترتیب مربوط به جلی (۵۴۹/۵۶) و ۲-۳۹۷۰۶۹ (۲۷۶/۱۹) و در تیمار تنش به ترتیب مربوط به جلی (۴۸۸/۳۴) و کمترین کایزر (۲۴۰/۰۹) ملاحظه گردید (جدول ۳).

تبخیر و تعرق

نتایج تجزیه مرکب داده‌های هر دو سال تبخیر و تعرق مشخص کرد کلیه اثرات ساده و متقابل معنی‌دار بودند (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین دانکن بر داده‌های تبخیر و تعرق تفاوت معنی‌داری در کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش نسبت به شاهد در هر دو سال نشان داد و در سال ۱۳۹۳ بیشترین و کمترین مقدار تبخیر و تعرق در شاهد در کایزر (۲۱۹/۳) و هرمس (۱۸۶/۵) مترمکعب در هکتار



شکل ۳. تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل در سالهای آزمایش

مصرف آب

نتایج تجزیه مرکب داده‌های دو سال مشخص کرد که کلیه اثرات ساده و متقابل بجز سال، اثر متقابل ژنوتیپ در آبیاری و ژنوتیپ در آبیاری در سال برای این صفت معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین دانکن داده-های دو سال مصرف آب، تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپها در شرایط تنش و شاهد را در هر دو سال به استثنای ارقام پیکاسو و هرمس در سال ۱۳۹۳ نشان داد، بیشترین میزان مصرف آب در تیمار شاهد در سال ۱۳۹۳ به ترتیب مربوط به مارفونا (۱۱۶۸۰/۸) مترمکعب در هکتار و کمترین هرمس و پیکاسو (۵۱۴۷/۸) مترمکعب در هکتار و در تیمار تنش بیشترین و کمترین مصرف آب به ترتیب در مارفونا (۵۸۴۰/۴) و هرمس (۳۶۴۷/۱) مترمکعب در هکتار وجود داشت و در سال ۱۳۹۴ بیشترین و کمترین میزان مصرف آب در تیمار شاهد به ترتیب مربوط به پیکاسو (۱۴۱۹۶) و ۲-۳۹۷۰۶۹، مترمکعب در هکتار و در تیمار تنش بیشترین و کمترین مصرف آب به

ترتیب پیکاسو (۷۲۴۰) و جلی (۲۲۶۲) مترمکعب در هکتار مشاهده گردید (جدول ۳). در آزمایشی گزارش شده است بالاترین عملکرد سیب‌زمینی (۱۹/۹) تن در هکتار) از مصرف ۶۰۰ میلی متر آب آبیاری در طول فصل رشد بدست آمد (Abubaker *et al.*, 2014)

بهره‌وری آب بر مبنای عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه مرکب داده‌های دو سال نشان داد که کلیه اثرات اصلی و متقابل برای بهره‌وری آب بر مبنای عملکرد بیولوژیک بجز سال، آبیاری، اثرات متقابل آبیاری در سال و ژنوتیپ در آبیاری در سال معنی‌دار گردید (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌های دو سال برای بهره‌وری آب بر مبنای عملکرد بیولوژیک در سال ۱۳۹۳ تفاوت معنی‌داری در همه ژنوتیپها در شرایط تنش و شاهد به استثنای سانه نشان داد در حالی که در سال ۱۳۹۴، تفاوت معنی‌داری در بهره‌وری آب بر مبنای عملکرد بیولوژیک در ژنوتیپها تحت شرایط تنش و شاهد به استثنای کایزر و ۲-۳۹۷۰۶۹ ملاحظه نگردید (جدول ۴).

جدول ۲. نتایج تجزیه مرکب داده‌ها برای برخی صفات سیب‌زمینی تحت شرایط تنش کم آبی

منابع تغییرات	DF	مصرف آب (m ³ /ha)	WP بر مبنای عملکرد بیولوژیک (Kg/m ³)	WP بر مبنای وزن تر غده سالم (Kg/m ³)	WP بر مبنای وزن قابل فروش (kg/m ³)	WUE بر مبنای عملکرد بیولوژیک (تبخیر و تعرق شده)	WUE بر مبنای وزن تر غده سالم قابل فروش (مترمکعب آب تبخیر و تعرق شده)	WUE بر مبنای وزن تر غده سالم قابل فروش (مترمکعب آب تبخیر و تعرق شده)
سال	۱	۱۸۰۰۸۰۱/۵ n.s	۴/۴۱ n.s	۸/۰۷**	۶۳/۹۳**	۴۶۰۷۲۱/۲۰**	۹۹۷۴۴/۱۷**	۴۴۳۵/۷۲**
تکرار (سال)	۴	۷۳۰۱۰۰۲/۵	۲۵/۰۵	۵/۰۶	۲/۷۱	۱۲۹/۲۷	۵۱/۲۰	۲۴/۴۷
آبیاری	۱	۷۴۳۴۹۹۷۴۳/۱**	۱/۳۴ n.s	۷۷/۸۸**	۹۱/۴۰**	۴۰۹۶۸۱/۳۱**	۲۹۱۷۶۰/۰۴**	۱۸۴۳۱۷/۰۶**
ژنوتیپ	۱۰	۷۰۷۶۳۶۷/۵**	۵۱/۳۶**	۱۳/۶۰**	۷/۴۸**	۲۹۱۲۰/۴۸**	۱۲۸۴۲/۵۱**	۴۲۸۳/۹۸**
اثر متقابل ژنوتیپ در آبیاری	۱۰	۱۸۳۷۵۵۸/۱ n.s	۳۴/۰۰**	۱۷/۸۱**	۴/۹۳**	۲۹۹۰۲/۸۰**	۱۸۳۳۷/۳۸**	۵۸۹۷/۶۸**
اثر متقابل آبیاری در سال	۱	۱۱۵۰۵۷۳۷/۹*	۲/۷۱ n.s	۳/۶۸*	۰/۳۵ n.s	۳۵۴۸۵/۳۴**	۴۴۴۶۵/۳۵**	۶۹۲۳/۰۳**
اثر متقابل ژنوتیپ در سال	۱۰	۱۹۸۹۶۴۷۲/۳**	۴۸/۰۶**	۱۲/۸۶**	۳/۲۶**	۱۹۶۱۰/۶۸**	۱۵۲۲۳/۲۷**	۳۹۳۷/۳۰**
اثر متقابل ژنوتیپ در آبیاری در سال	۱۰	۴۴۰۸۸۹۸/۵	۴/۳۳ n.s	۵/۳۵**	۱/۴۷*	۷۲۴۸/۱۳**	۱۰۴۱۴/۶۷**	۲۶۳۸/۷۶**
خطا	۸۴	۲۵۶۱۳۸۷	۵/۱۴	۱/۰۶	۰/۶۸	۱۰۷/۳۹	۴۰/۸۵	۱۷/۰۳
ضریب تغییرات		۲۳/۵۹	۲۵/۶۰	۲۵/۸۷	۳۰/۱۱	۴/۹۸	۶/۳۴	۶/۱۳

می‌گردد. در سال ۱۳۹۳ بیشترین و کمترین مقدار این صفت در تیمار شاهد در کایزر (۱۴/۵۱) و مارفونا (۳/۲۵)

تفاوت دو سال در بهره‌وری آب بر مبنای عملکرد بیولوژیک احتمالاً به اثر متقابل ژنوتیپ در سال بر

معنی‌دار گردید (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین دانکن داده‌های بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر غده سالم قابل فروش در هر دو سال در اکثر ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش کاهش یافت یا تمایل به کاهش نشان داد اگرچه بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر غده سالم قابل فروش در سال ۱۳۹۳ در ژنوتیپ ۲-۳۹۷۰۶۹ افزایش و در مارفونا تمایل به افزایش داشت (جدول ۴). بیشترین و کمترین بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر غده سالم قابل فروش در سال ۱۳۹۳ در تیمار شاهد به ترتیب مربوط به کایزر (۵/۵۳) و مارفونا (۱/۵۸) و در تیمار تنش به ترتیب بیشترین و کمترین میزان این صفت مربوط به ۲-۳۹۷۰۶۹ (۵/۴۱) و میلوا (۰/۱۱) کیلوگرم بر مترمکعب مشخص گردید و در سال ۱۳۹۴ بیشترین و کمترین میزان بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر غده سالم قابل فروش در تیمار شاهد مربوط به جلی (۶/۵۵) و ۱-۳۹۷۰۸۱ (۲/۲۱) کیلوگرم بر مترمکعب و در تیمار تنش بیشترین و کمترین میزان بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر غده سالم قابل فروش به ترتیب مربوط به ۲-۳۹۷۰۶۹ (۵) و کایزر (۱/۲۸) کیلوگرم بر مترمکعب ملاحظه گردید (جدول ۴). گزارش شده است در زمان محدودیت آب، به حداکثر رساندن بهره‌وری آب می‌تواند از نظر اقتصادی برای کشاورز مفیدتر از به حداکثر رساندن عملکرد باشد (English, 1990). لذا به نظر می‌رسد بر اساس نتایج این آزمایش ژنوتیپ ۲-۳۹۷۰۶۹ مناسبترین رقم در زمان محدودیت آب باشد.

کارآئی مصرف آب بر مبنای عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه مرکب داده‌های دو سال کارآئی مصرف آب بر مبنای عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری در همه اثرات اصلی و متقابل نشان داد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین دانکن دو سال، کاهش معنی‌داری در کارآئی مصرف آب بر مبنای عملکرد بیولوژیک در کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۴). در سال ۱۳۹۳ بیشترین و کمترین مقدار کارآئی مصرف آب بر مبنای عملکرد بیولوژیک در تیمار شاهد در کایزر (۷۵۲/۹۲) و مارفونا (۱۶۴/۴۰) کیلوگرم در متر مکعب و

کیلوگرم در مترمکعب و در تیمار تنش بیشترین و کمترین میزان بهره‌وری آب بر مبنای عملکرد بیولوژیک به ترتیب در هرمس (۱۱/۵۷) و میلوا (۴/۰۵) کیلوگرم در متر مکعب ملاحظه گردید (جدول ۴). در سال ۱۳۹۴ بیشترین و کمترین میزان این صفت در تیمار شاهد در جلی (۱۴/۴۹) و ۱-۳۹۷۰۸۱ (۵/۲۵) کیلوگرم در متر مکعب و در تیمار تنش ۲-۳۹۷۰۶۹ (۱۷/۶۵) و کایزر (۴/۷۷) کیلوگرم در متر مکعب تشکیل شد (جدول ۴).

بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر غده سالم

نتایج تجزیه مرکب داده‌های دو سال نشان داد که کلیه اثرات اصلی و متقابل برای بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر غده سالم معنی‌دار گردید (جدول ۲). بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر غده سالم در سال ۱۳۹۳ در همه ژنوتیپ‌ها بجز هرمس و ۱-۳۹۷۰۸۱ تفاوت معنی‌داری در تیمار شاهد و تنش نشان داد ولیکن در سال ۱۳۹۴ تفاوت معنی‌داری در نتایج این صفت فقط در هرمس، جلی، کایزر و مارفونا در شرایط تنش نسبت به شاهد اتفاق افتاد (جدول ۴). در سال ۱۳۹۳ بیشترین و کمترین میزان بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر غده سالم در شاهد به ترتیب در کایزر (۱۰/۶۳) و مارفونا (۲/۳۰) کیلوگرم در مترمکعب و بیشترین و کمترین میزان این صفت در تیمار تنش به ترتیب در ۲-۳۹۷۰۶۹ (۸/۴۳) و میلوا (۰/۲۷) کیلوگرم در مترمکعب ملاحظه گردید همچنین در سال ۱۳۹۴ بیشترین و کمترین میزان بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر غده سالم در تیمار شاهد در جلی (۷/۸۱) و ۱-۳۹۷۰۸۱ (۲/۶۴) کیلوگرم در مترمکعب و در تیمار تنش بیشترین و کمترین میزان این صفت به ترتیب در ۲-۳۹۷۰۶۹ (۶/۴۹) و کایزر (۱/۴۲) کیلوگرم در هکتار تشکیل شد (جدول ۴).

بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر غده سالم قابل فروش

نتایج تجزیه مرکب داده‌های دو سال نشان داد که کلیه اثرات اصلی و متقابل برای بهره‌وری آب بر مبنای وزن تر غده سالم قابل فروش بجز اثر متقابل آبیاری در سال

مبنای وزن تر غده سالم در شرایط نرمال آبیاری به ترتیب مربوط به میلو (۱۳۷/۴۱) و ۱-۳۹۷۰۸۱ (۶۱/۷۲) کیلوگرم در مترمکعب و در تیمار تنش بیشترین و کمترین مقدار این صفت به ترتیب مربوط به مارفونا (۸۷/۷۴) و ساوالان (۲۰/۰۶) کیلوگرم در مترمکعب مشاهده گردید (جدول ۴). کاهش کارایی مصرف آب در این آزمایش با نتایج تحقیق دیگری تایید شده است به طوری که ذکر شده است مقدار کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب آبیاری سیبزمینی با کاهش مقدار آب آبیاری کاهش می-یابد (Ayas, 2013). اما برخی از محققین خلاف نتایج این آزمایش گزارش کردند به طوری که در آزمایشی در مقایسه هفت رقم سیبزمینی مشخص گردید تنش آبی کارایی مصرف آب را از متوسط ۶/۶۵ کیلوگرم در مترمکعب برای شرایط خوب آبیاری شده تا ۷/۹ کیلوگرم در مترمکعب رشد گیاه زراعی تحت تنش آبی افزایش داد (Hassanpanah, 2010). در آزمایشی گزارش شده است که کارایی مصرف آب سیبزمینی از ۰/۶۹ تا ۲/۳۳ (t ha⁻¹) و بالاترین آن در تیماری که به طور مداوم در معرض تنش در همه مراحل رشد سیبزمینی قرار گرفته بود بدست آمد (Bahramloo and Nasser, 2009). این در حالی است که افزایش در کارایی مصرف آب تحت شرایط تنش خشکی در محصولات دیگر گزارش شده است به طور مثال: در یک مطالعه پاسخ به خشکی به صورت مصرف آب و عملکرد یک نوع ژنوتیپ نیشکر (*Saccharum species hybrid*, genotype 04G0073) با رقم تجاری نیشکر (*Saccharum species hybrid*, cultivar N19) مقایسه گردید. کارایی مصرف آب در تیمارهای شاهد هر دو نوع ژنوتیپ اختلاف معنی داری نداشت ولیکن ژنوتیپ 04G0073، ۲۱ درصد افزایش در کارایی مصرف آب تحت شرایط تنش خشکی را نشان داد (Eksteen and Singels, 2013). در آزمایشی آمده است، افزایش در کارایی مصرف آب آبیاری منجر به حفظ عملکرد در برخی از ارقام گوجه فرنگی مثل Cedrico و

در تیمار تنش بیشترین و کمترین مقدار این صفت به ترتیب در آگرا (۲۴۳/۸۳) و میلو (۹۸/۱۴) کیلوگرم در متر مکعب ملاحظه گردید و در سال ۱۳۹۴ در تیمار شاهد بیشترین و کمترین مقدار این صفت به ترتیب در کایزر (۲۷۰/۶۱) و ۱-۳۹۷۰۸۱ (۱۲۲/۷۰) کیلوگرم در متر مکعب و در تیمار تنش بیشترین و کمترین میزان کارایی مصرف آب بر مبنای عملکرد بیولوژیک به ترتیب در پیکاسو (۱۴۴/۲۹) و آگرا (۶۹/۴۴) کیلوگرم در متر مکعب ملاحظه گردید (جدول ۴).

کاهش کارایی مصرف آب در آزمایش‌های دیگر نیز گزارش شده است به طور مثال: تحت تنش آبی ملایم، هنگامی که بستن روزنه‌ها به آرامی اتفاق می‌افتد تعرق بیشتر از فتوسنتز کاهش می‌یابد و در نتیجه کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد در مقابل، خشکی شدید ممکن است منجر به بستن کامل روزنه و کاهش کارایی مصرف آب و عملکرد گردد (Cantore et al., 2014). همچنین اختلافات معنی داری بین مقادیر کارایی مصرف آب گوجه‌فرنگی در سالهای مختلف گزارش شده است (Celebi, 2014).

کارایی مصرف آب بر مبنای وزن تر غده سالم

نتایج تجزیه مرکب داده‌های دو سال کارایی مصرف آب بر مبنای وزن تر غده سالم نشان داد که کلیه اثرات اصلی و متقابل این صفت معنی دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین دانکن، کاهش معنی داری در کارایی مصرف آب بر مبنای وزن تر غده سالم در هر دو سال در شرایط تنش نسبت به شاهد بجز ۲-۳۹۷۰۶۹ در سال ۱۳۹۳ نشان داد، در سال ۱۳۹۳، بیشترین و کمترین کارایی مصرف آب بر مبنای وزن تر غده سالم در تیمار شاهد به ترتیب مربوط به کایزر (۵۵۰/۸۴) و پیکاسو (۱۰۱/۱۱) کیلوگرم در مترمکعب و در تیمار تنش بیشترین و کمترین مقدار این صفت به ترتیب مربوط به ۲-۳۹۷۰۶۹ (۱۸۲/۵۵) و میلو (۶/۶۳) کیلوگرم در مترمکعب و در سال ۱۳۹۴ در تیمار شاهد بیشترین و کمترین مقدار کارایی مصرف آب بر

Amati گردید و مشخص کرد که کم آبیاری تنظیم شده می‌تواند استراتژی مطمئنی برای آبیاری گوجه فرنگی در آینده نسبت به روشهای مرسوم آبیاری باشد (Savic et al, 2011).

کارآئی مصرف آب بر مبنای وزن تر غده سالم قابل فروش

نتایج تجزیه مرکب داده‌های دو سال کارآئی مصرف آب بر مبنای وزن تر غده سالم قابل فروش نشان داد که کلیه اثرات اصلی و متقابل برای این صفت معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین دانکن در هر دو سال کاهش معنی‌داری در کلیه ژنوتیپ‌ها در کارآئی مصرف آب بر مبنای وزن تر غده سالم قابل فروش تحت شرایط تنش نسبت به شاهد نشان داد (جدول ۴). بیشترین و کمترین کارآئی مصرف آب در وزن تر غده سالم قابل فروش در سال ۱۳۹۳ در تیمار شاهد به ترتیب مربوط به جلی

و پیکاسو (۱۸۳/۲۷) و پیکاسو (۵۲/۸۲) کیلوگرم در متر مکعب و در تیمار تنش بیشترین و کمترین مقدار این صفت به ترتیب در ۲-۳۹۷۰۶۹ (۸۹/۹۰) و میلوا (۲/۷۱) کیلوگرم در متر مکعب ملاحظه گردید و در سال ۱۳۹۴ بیشترین و کمترین کارآئی مصرف آب در وزن تر غده سالم قابل فروش در تیمار شاهد مربوط به میلوا (۱۱۶/۳۰) و ۱-۳۹۷۰۸۱ کیلوگرم در مترمکعب و در تیمار تنش بیشترین و کمترین مقدار این صفت به ترتیب در پیکاسو (۵۶/۱۷) و کایزر (۱۸/۷۳) مشاهده گردید (جدول ۴).

کارآئی مصرف آب بالاتر برای *S. sudanense*, *C. gayana* and *E. macrostachyus* شاخصی هست که این گونه‌ها پتانسیل بالاتری برای عملکرد بالاتر حتی در شرایط سطوح پائین رطوبتی دارند و بنابراین آنها را مناسب برای شرایط خشکی نموده است (Koech et al, 2015).

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین صفات مختلف در سبب‌زمینی بر اساس روش دانکن. C: شاهد و S: تنش

ردیف	ارقام	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)		وزن تر غده سالم (کیلوگرم در هکتار)		وزن تر غده سالم قابل فروش (کیلوگرم در هکتار)		حداکثر شاخص سطح برگ	وزن حداکثر سطح برگ (گرم در مترمربع)	تبخیر و تعرق در هکتار		مصرف آب (مترمکعب در هکتار)
		S	C	S	C	S	C			S	C	
۱۳۹۳	میلوا	۶۳۸۵d	۱۸۰۱۱k	۳۸۹۱۰c	۱۲۱۸l	۲۶۱۹۱۳c	۴۹۷۸p	۴/۸۸abcd	۲۵۱۴f	۲۴۹۱۲۸i	۱۸۳/۵t	۱۱۳۷۹۳a
	هرمس	۶۶۳۹۰d	۴۲۱۳۱g	۲۵۸۹۲f	۱۷۳۸۸hi	۱۴۴۹۷۱h	۷۳۳۱۷jk	۵/۶۰a	۴/۴۸de	۳۴۷/۵۶cd	۱۸۱/۵u	۵۱۴۷/۱de
	۱-۳۹۷۰۸۱	۴۹۰۸۹f	۴۰۳۳۹g	۲۹۱۶۰e	۱۶۶۴۳i	۱۸۱۶۰۲fg	۵۵۳۳۱lm	۵/۱۷abc	۴/۴۷de	۳۲۸۷۱def	۲۲۲/۷a	۹۲۱۱/۸b
	جلی	۸۷۱۱۶b	۴۰۸۰۷g	۴۷۸۶b	۸۶۱۲jk	۳۹۸۱۱۱eb	۴۲۳۷۶mn	۴/۷۵de	۳/۴۶f	۲۳۳/۲۳def	۲۰۲/۷em	۹۲۱۱/۸b
	آگریا	۷۲۲۸۶c	۵۱۱۳۱f	۳۳۵۰ad	۶۹۰۲k	۱۹۵۰۹af	۲۲۲۱۱no	۵/۴۳ab	۵/۰۱abcd	۴۵۹/۳a	۲۰۷/۲j	۷۳۱۵/۳c
	کایزر	۱۶۵۱۲۲a	۱۲۰۸۰۶a	۱۰۴۶۷j	۱۲۰۸۰۶a	۶۲۸۵۹۴a	۴۴۲۱۱mn	۴/۸۶de	۳/۰۴f	۳۱۴/۸۴ef	۲۱۹/۳b	۱۱۳۷۹۳a
	سانه	۵۲۲۲۹f	۳۲۰۵۷i	۳۰۹۰۷de	۳۵۷۱l	۱۷۵۹۱۱g	۱۲۴۴۵op	۲/۲۸g	۲/۲۳g	۲۵۰/۲ai	۱۹۴/۱q	۹۲۱۱/۸b
	سالوان	۶۲۰۷۷de	۴۳۱۳۱g	۳۸۴۵۴c	۱۷۶۵۷h	۲۴۳۸۹۱d	۷۱۶۰۰kl	۵/۵۸a	۵/۲۲abc	۳۳۸/۳cde	۲۰۷/۲i	۷۳۱۵/۳c
	۲-۳۹۷۰۶۹	۵۷۴۵۶e	۴۸۸۸۴f	۳۷۶۵۴c	۳۷۶۰۳c	۱۸۴۱۸۸fg	۲۲۲۲۵۳e	۴/۱۰e	۴/۱۷e	۳۱۷/۳def	۲۰۴/۸k	۹۲۱۱/۸b
	پیکاسو	۷۴۴۸۲c	۳۸۵۴۰gh	۲۱۶۶۷g	۲۲۶۶l	۱۱۳۱۸۵i	۱۶۰۸۶op	۴/۸۸abcd	۳/۱۴f	۳۰۹/۸۶fg	۲۱۴/۳g	۵۱۴۷/۱de
مارفونا	۳۴۹۱۱hi	۲۶۶۸۰j	۲۴۸۴۷f	۱۶۸۰۰hi	۱۶۹۸۷۴g	۸۹۹۸۰j	۴/۱۷e	۳/۵۷f	۳۱۰/۱۱fg	۲۱۲/۴h	۱۱۶۸۰/۸a	
۱۳۹۴	میلوا	۹۲۸۱۵b	۲۸۱۰۱m	۵۵۴۰۸a	۱9751j	۴۶۸۹۴a	۱۵۸۰۱g	۴/۶۱de	۳/۹۴ghi	۴۲۷/۲۴c	۲۸۷/۴t	۹۲۶۶bc
	هرمس	۹۳۳۷۲b	۴۰۴۸۱hi	۴۷۷۴۱b	۱۱۹۷۱k	۴۳۱۷۴b	۱۰۵۹۳h	۴/۰۸fgh	۳/۰۰k	۲۷۵/۲۷h	۲۹۳/۰۲	۸۸۰۹bcd
	۱-۳۹۷۰۸۱	۵۶۶۶۱f	۳۷۴۶۶ijk	۲۷۴۹۵g	۱۳۱۸۰jk	۳۳۰۴۸f	۱۰۸۹۷h	۵/۶۱ab	۴/۶۰cef	۳۸۱/۳۸d	۳۳۹/۱	۱۰۸۹۰ab
	جلی	۱۰۳۸۸۲a	۳۴۰۸۲l	۵۲۲۳۹a	۷۳۸۹mn	۴۷۶۱۲a	۷۳۴۹i	۵/۹۸a	۵/۰۷cd	۵۴۹/۵۶a	۴۵۳/۱b	۸۳۷bcde
	آگریا	۶۴۷۳۲d	۲۲۶۹۵n	۴۳۳۹۵e	۹۳۹۴lm	۳۲۲۱۹d	۷۴۵۵i	۵/۶۰ab	۵/۴۰bc	۳۴۱/۳۳g	۴۵۱/۱c	۹۸۷۰bc
	کایزر	۱۰۳۹۸۷a	۲۱۲۸۸n	۴۵۸۸۶b	۳۶۷n	۴۴۶۱۱b	۵۷۰۵i	۵/۳۷bc	۳/۱۴jk	۳۳۲/۴۱fg	۳۸۴/۳h	۹۲۲۷bc
	سانه	۸۷۳۴۳c	۳۳۱۰۷l	۴۷۶۸۲b	۱۰۹۰۲kl	۴۳۳۹۱b	۶۸۴ni	۴/۰۰cde	۴/۸۴k	۳۴۶/۵۸ef	۳۸۷/۲i	۹۲۶۶bc
	سالوان	۵۹۹۲۵e	۳۸۴۳۰ij	۳۵۱۱۴e	۶۲۹۸n	۳۱۵۹۵d	۶۰۷۵i	۵/۶۰ab	۲/۷۳k	۳۵۳/۱۴def	۴۳۲/۷e	۱۰۳۱۷bc

۲۴۸vh	۶۹۰cdefg	۳۱۱/۸۵	۳۷۹۰۰z	۲۴۷/۴۸ij	۲۷۷۱۹ghi	۳/۱۷jk	۳/۱۷hi	۱۱۲۷۱h	۳۳۳۹d	۱۴۵۱۹j	۳۷۹۹۴d	۲۴۵۳۹kl	۵۰۰۲۱g	۲-۳۹۷۰۶۹
۷۲۴-bdefg	۱۴۱۹۶a	۲۹۷/۲۳	۴۵۸۷۸a	۳۶۰/۶۷de	۴۸۴/۴۷b	۵/۶۷ab	۶۰۰۶a	۱۶۶۹۵g	۳۷۹۴۷c	۲۲۹۸۵h	۴۲۲۴۱c	۴۲۸۸۷h	۸۷۷۱۴c	پیکاسو
۳۵۰۴gh	۸۱۴/abcdef	۲۹۱/۲۵	۳۸۵/۴g	۲۵۰/۴۵hij	۳۲۹/۱۷efg	۳/۵۲ij	۴/۴۰efg	۶۳۳۹i	۲۹۱۵۰e	۲۵۵۵۰g	۳۰۲۹۹f	۳۵۵۸۹jkl	۵۲۱۴۴fg	مارفونا

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین صفات مختلف در سیبزمینی بر اساس روش دانکن. C: شاهد و S: تنش (ادامه)

ردیف	ارقام	بهره‌وری آب عملکرد بیولوژیک		بهره‌وری آب وزن تر غده سالم		کارایی مصرف آب عملکرد بیولوژیک		کارایی مصرف آب وزن تر غده سالم		کارایی مصرف آب وزن تر قابل فروش	
		S	C	S	C	S	C	S	C	S	C
۱۳۹۳	میلا	hij/۵۸	۴/۰۵kl	۲/۳۰efg	۰/۱۱n	۲۹۴/۱۱e	۹۸/۱۴n	۱۸۰/۲۶c	۶/۶۳n	۱۲۱/۳۴c	۲/۷۱l
	هرمس	۱۲/۹۲b	۱۱/۵۷c	۲/۸۲d	۲/۱۲fgh	۳۵۶/۰۴c	۲۳۲/۱۶hi	۱۳۸/۸۶e	۹۵/۸۰gh	۷۷/۷۴f	۴۲/۶۰h
	۳۹۷۰۸۱-۱	۵/۳۳ij	۸/۵۸fg	۱/۹۷ghi	۱/۲۰k	۲۲۹۰۰۱hi	۱۸۱/۱۶kl	۱۳۷۰۰۴e	۶۵/۷۶i	۸۴/۷۲ef	۲۵/۳۹i
	جلی	۹/۴۶ef	۸/۶۲fg	۵/۲۰c	۱/۸۷hi	۴/۳۲b	۰/۸۹kl	۴۰۱/۰۴b	۲۰۱/۶۳jk	۱۸۳/۲۷b	۲۰/۹۳ij
	آگریا	۹/۸۹e	۱۱/۶۵c	۲/۶۷de	۰/۶۲lm	۳۳۰/۶۱d	۲۴۶/۸۳gh	۱۵۳/۲۵d	۳۳/۳۱kl	۸۹/۲۳e	۱۳/۱۴jk
	کایزر	۱۴/۵۱a	۸/۲۰g	۱۰/۶۳a	۰/۸۴kl	۷۵۲/۹۲a	۲۱۰/۳۹ij	۵۵۰/۸۴a	۵۳/۳۳ij	۲۸۶/۶۲a	۲۱/۶۲i
	سانته	۵/۶۷hij	۶/۴۷h	۳/۳۵fg	۰/۷۲j	۱/۹۰hij	۲۶۹/۰۸fg	۱۸۵/۰۷kl	۲۰/۶۲ml	۹۰/۴۱e	۷/۰۷kl
	ساوالان	۸/۵۱fg	۹/۶۷e	۵/۲۷c	۳/۳۴c	۱/۶۰۰j	۲۹۸/۹۵e	۲۲۶/۷۷i	۱۸۵/۲۱c	۱۱۷/۴۷cd	۳۷/۶۴h
	۳۹۷۰۶۹-۲	۶/۲۴hi	۱۱/۰۱cd	۴/۰۹de	۸/۴۳b	۲/۴۱ef	۲۸۶/۸۸ef	۲۳۸/۶۷h	۱۸۸/۰۱c	۱۸۲/۵۵c	۸۹/۹۰e
	پیکاسو	۱۴/۴۸a	۱۰/۱۳de	۴/۲۱de	۰/۸۶j	۲/۲۰fgh	۳۴۷/۶۰cd	۱۹۲/۷۰jk	۱۰۱/۱۱g	۵۲/۸۲g	۸۰/۴kl
مارفونا	۳/۲۵l	۴/۹۵jk	۲/۳۰h	۳/۱۲g	۱/۵۸j	۱۶۴/۴۰l	۱۳۰/۸۲m	۱۱۷/۰۱f	۸۲/۳۸h	۴۴/۱۲h	
۱۳۹۴	میلا	۱۰/۰۷bcd	۶/۲۲cd	۶/۰۳abc	۴/۰۰bcde	۵/۱۰abcd	۳/۵۱bcdefg	۲۳۰/۱۹c	۹۸/۱۱j	۱۱۶/۳۰a	۵۵/۱۷f
	هرمس	۱۱/۴۶bc	۱۰/۱۲bcd	۵/۷۷abcd	۳/۰۱ef	۵/۳۳abc	۲/۶۱efg	۲۴۶/۳ab	۱۳۸/۱۷efg	۱۱۳/۹۲a	۳۶/۱۵g
	۳۹۷۰۸۱-۱	۵/۲۵cd	۷/۳۴cd	۲/۶۴ef	۲/۶۱ef	۲/۲۱fg	۲/۱۰fg	۱۲۲/۰۰h	۲۹/۹۷i	۵۱/۷۳f	۳۳/۰۵g
	جلی	۱۴/۴۹ab	۱۷/۶۵a	۷/۸۱a	۳/۸۳bcdef	۶/۵۵a	۳/۸۲bcdef	۲۲۹/۲۶c	۱۰۰/۰۰j	۱۰۵/۰۸b	۲۱/۵۷h
	آگریا	۶/۹۹cd	۷/۰۵cd	۳/۷۵cdef	۲/۹۲ef	۳/۴۹bcdefg	۲/۳۶fg	۱۴۳/۵۱ef	۲۵/۷۶e	۷۱/۴۳e	۲۲/۸۱h
	کایزر	۱۱/۳۸bc	۴/۷۷d	۵/۰۲bcde	۱/۴۲f	۴/۸۲abcd	۲۰/۶۱a	۶۹/۸۷k	۱۱۹/۴۱b	۲۰/۹۰k	۱۸۷/۳h
	سانته	۹/۴۵bcd	۷/۸۱cd	۵/۱۸abcde	۲/۵۳ef	۴/۷۴abcde	۲۲۸/۳۲c	۱۱۶/۲۱hi	۱۲۴/۶۴b	۳۸/۳۶i	۲۴/۰۳h
	ساوالان	۵/۹۵cd	۸/۴۹cd	۳/۷۵cdef	۱/۳۹f	۳/۱۱cdefg	۱۳۸/۴۸efg	۱۲۲/۴۶h	۸۱/۱۴e	۲۰/۰۶k	۱۹۳/۵h
	۳۹۷۰۶۹-۲	۸/۰۶cd	۱۵/۳۳ab	۶/۱۶abc	۶/۴۹ab	۵/۴۱ab	۵/۰۰abcd	۱۳۱/۹۹g	۱۱۰/۷۸i	۴۶/۵۷h	۳۶/۱۵g
	پیکاسو	۶/۸۱cd	۷/۴۴cd	۳/۲۶def	۳/۴۵cdef	۲/۵۱fg	۱۹۳/۴۱d	۱۴۴/۲۹e	۹۲/۰۹d	۸۲/۳۴d	۵۶/۱۷f
مارفونا	۶/۷۷cd	۱۰/۸۰bcd	۳/۹۲bcdef	۷/۷۴a	۳/۷۹bcdef	۱۳۱/۳۱fg	۱۲۲/۲۲h	۷۸/۶۳e	۷۵/۶۴e	۲۱/۷۷h	

نتیجه‌گیری
 به نظر می‌رسد معرفی ارقام متحمل به تنش کم‌آبی و خشکی با مقاومت‌های چندگانه، در کشور در شرایط طبیعی مزرعه و به‌منظور کشت در زمان و شرایط واقعی کشور مشکل و طولانی مدت باشد همچنین استفاده از سیبزمینی‌های بذری با کیفیت، اجرای روش‌های به زراعی مناسب و سازگار با محیط‌زیست، انبارداری مطلوب غده‌های بذری می‌تواند گامی در کاهش مصرف آب در کشور محسوب گردد.

فهرست منابع

اکبری نودهی، د. ۱۳۹۰. تعیین ضریب حساسیت سویا بهاره به تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد در مازندران. حفاظت منابع آب و خاک، ۱ (۱): ۵۳-۶۱.

- Abubaker, B. M. A., Shuang-En, Y., Guang-Cheng, S., alhadi, M., and Elsiddig, A. 2014. Effect of irrigation levels on the growth, yield and quality of potato. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 20 (No 2) 2014, 303-309
- Al-Mahmud, A., Md. A. Hossain, Md. A. Al-Mamun, Md. Sh. Ebna Habib, Md. Sh. Rahaman, Md. Sh. Ali Khan, and Md. M. Bazzaz. 2014. Plant canopy, tuber yield and growth analysis of potato under moderate and severe drought condition. *J. Plant. Scie.* 2(5): 201-208
- Ayas, S. 2013. The effects of different regimes on Potato (*Solanum Tuberosum* L. Hermes) yield and quality characteristics under unheated greenhouse conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 19 (1) : 87-95
- Bahramloo, R., and Nasser, A. 2009. Optimum irrigation events for potato cultivar Agria. *Int. J. Agric. Biol.*, 11: 712-716
- Blum A (2005). Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential-are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Crop and Pasture Science*. 56(11), 1159-1168. <http://dx.doi.org/10.1071/AR05069>
- Cantore, V., Wassar, F., Yamaç, S.S., Sellami, M.H., Albrizio, R., Stellacci, A.M., and Todorovic, M. 2014. Yield and water use efficiency of early potato grown under different irrigation regimes. *International Journal of Plant Production*. 8(3): 409-428
- Celebi, M. 2014. The effect of water stress on tomato under different emitter discharges and semi-arid climate condition. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 20 (5) : 1151-1157
- Deshi, K. E., Obasi, M.O., Odiaka, N.I., Kalu, B.A. and Ifenkwe, O.P. 2015. Leaf area index values of potato (*Solanum tuberosum* L.) stored for different periods in different kinds of stores. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*. 8 (1): 9-19
- Eksteen, A.B., and Singels, A. 2013. Water use and yield of two contrasting sugarcane genotypes in response to drought stress. *Proc S Afr Sug Technol Ass* 86: 165-169
- English, M., 1990. Deficit Irrigation. I: Analytical Framework. *J. Irrig. Drain E.* ASCE 116, 399-412.
- FAO. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome
- Hassanpanah, D., 2010. Evaluation of potato cultivars for resistance against water deficit stress under in vivo conditions. *Potato Res.* 5, 383-392.
- Jazayeri, S.M., Rivera, Y.D., Camperos-Reyes, J.E., and Romero, H.M. 2015. Physiological effects of water deficit on two oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) genotypes Efectos fisiológicos del déficit hídrico en dos genotipos de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Agronomía Colombiana*. 33(2): 164-173
- Koech, O. K., Kinuthia, R. N., Karuku, G. N., Mureithi, S. M., and Wanjogu, R. 2015. Water use efficiency of six rangeland grasses under varied soil moisture content levels in the arid Tana River County, Kenya. *African Journal of Environmental Science and Technology*. 9(7): 632-640
- Kumari, S. 2012. Influence of Drip Irrigation and Mulch on Leaf Area Maximization, Water Use Efficiency and Yield of Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Agricultural Science*. 4(1): 71-80
- Lahlou, O., Ouattar, S., and Ledet, J.F. 2003. The effect of drought and cultivar on growth parameters, yield and yield components of potato. *Agronomie* 23 (2003) 257-268.
- Mahmoud A. Wahb-Allah, M.A., Alsadon, A.A., and Ibrahim, A.A. 2011. Drought Tolerance of Several Tomato Genotypes Under Greenhouse Conditions. *Sci. J.*, 15 (7): 933-940
- Mahmoud, A., Wahb-Allah, A.H., and Abdulrasoul, M. A. L. O. 2012. Effect of water quality and deficit irrigation on tomato growth, yield and water use efficiency at different developmental stages. *J. Agric. & Env. Sci.* 11(2): 80-110
- Mani, F & Hannachi, C. (2015). Physiological traits of Drought tolerance in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology*, A 4(1) 0131-0150.
- Maralian, H., S. Nasrollahzadeh, Y. Raiyi, and D. Hassanpanah. 2014. Responses of potato genotypes to limited irrigation. *Int. J. Agron. Agric. Res.* 5 (5) : 13-19.
- Moghimi, M.M., and Sepaskhah, A. R. 2014. Consideration of Water Productivity for Farm Water Management in Different Conditions of Water Availability for Dominant Summer Crops. *Iran Agricultural Research*, 33(2): 47-62
- Mohadese Servani, M., Hamid Reza Mobasser, H.R., and Ganjali, H.R. Influence of drought stress on photosynthetic, radical oxygen, respiration, assimilate partitioning, activities of enzymes, phytohormones and essential oils in crop plants. 2014. *International Journal of Biosciences*. 5 (8): 223-236.
- Neera, J., Sharma, Parveen, Kumar, M.S. Kadian, S.K., Luthra. 2011. Performance of potato (*Solanum tuberosum* L) clones under stress CIP south west and central Asia Region, New Delhi 110 012 *Indian J. Agricultural sciences* 81(9): 825-9

- Pejić B, Aksić M, Mačkić K and Šekularac G. Response of Potato to Water Stress in Southern Serbia. *Austin J Irrigat.* 2015; 1(1): 1001.
- Savic.S., Stikic.R., Zanic.V., Vucelic-Radovic.B., Jovanovic.Z., Marjanovic.M., Djordjevic.S., and Petkovic .D. 2011. Deficit irrigation technique for reducing water use of tomato under polytunnel conditions. *Journal of Central European Agriculture.* 12(4): 590-600
- Spitters, C.J.T., and Schapendonk, A.H.C.M. 1990. Evaluation of breeding strategies for drought tolerance in potato by means of crop growth simulation. *Plant and Soil* 123, 193-203
- Steyn,J.M., Kagabo,D.M., and Annandale,J.G. 2007. Potato growth and yield responses to irrigation regimes in contrasting seasons a subtropical region. *African Crop Science Conference Proceeding.* 8:1647-1651.
- Susnoschi, M. and Shimshi, D. 1985. Growth and yield studies of potato development in a semi-arid region. 2. Effect of water stress and amounts of nitrogen top dressing on growth of several cultivars. *Potato Res.* 28: 161–176
- Tournux, C., A. Devaux, M.R. Camacho, P.Mamani, and J.F.Ledent. 2003. Effects of water shortage on six potato genotypes in the highlands of Bolivia (I): morphological parameters, growth and yield. *Agronom.* 23:169–179.
- Walworth, J.L and D.E. Carling, 2002. Tuber initiation and development in irrigated and not irrigated potatoes. *Amer.J. of potato Research* 79: 387-395.
- Yavuz,D., Suheri,K.S. 2016. Comparison of different irrigation methods in terms of water use and yield in potato farming. *Journal of Selcuk University Natural and Applied Science.* Online ISSN: 2147-3781.



ISSN 2251-7480

Water use efficiency and water productivity in potato genotypes under water stress conditions

Marjan Samaee¹, Seyed Ali Mohammad Modarres-Sanavy^{2*}, Ahmad Mousapour Gorji³ and Eskandar Zand⁴

1) Ph.D. student, Department of Agronomy, College of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2*) Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

*Corresponding author: modaresa@modares.ac.ir

3) Assistant Professor, Department of vegetable, Seed and Plant Improvement Institute, AREEO, Karaj, Iran

4) Professor, Department of Weed Science, Iranian Research Institute of Plant Protection, AREEO, Tehran, Iran

Received: 19-05-2016

Accepted: 01-09-2016

Abstract

In order to identify sensitivity of different potato genotypes to water stress, a research was carried out as a factorial experiment in a randomized complete block design with three replications in Karaj in 2014 and 2015. Potato genotypes at eleven levels (Agria, Caesar, Savalan, Sante, Marfona, Milva, Picasso, Hermes, Jelli, 397081-1, 397069-2) and irrigation treatments in two levels (stress and control) are conducted. Tape irrigation was done normally and in the early stages of tuber production, watering for stress plots was disconnected and control plots were irrigated in a normal way, after reaching to ninety percent of the soil moisture deficit, irrigation was done again until the soil moisture reached field capacity and irrigation was done normally up to the end of growing season. Combined analysis of data for two years showed a reduction of biological yield, healthy tuber fresh weight, marketable healthy tuber fresh weight, LAIM, dry weight of LAIM, evapotranspiration and water usage in genotypes under the stress compared to the control. WP based on fresh weight of healthy tubers and fresh weight of marketable healthy tubers reduced or showed a tendency to reduction in most of genotypes under the stress. WUE based on the healthy tuber yield and marketable healthy tuber yield decreased under the water stress compared to the control in all genotypes except for 397069-2. The most amount of WP based on fresh weight of the marketable healthy yield was observed in 397069-2, respectively (5.41) and (5) kg/m³ in two years under the stress. Based on results of this experiment, doing of additional researches in order to achieve suitable potato genotypes for planting in actual deficit water conditions of our country according to diversity of planting season, place, climate, quality of seed potato, experts and etc. are recommended.

Keywords: potato, water deficit stress, water productivity, water use efficiency