

بررسی تحمل ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) به تنش کم‌آبی

مرجان سمائی^۱، سید علی محمد مدرس ثانوی^{۲*}، احمد موسی پور گرجی^۳ و اسکندر زند^۴
۱. دانشجوی دکتری و استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲. استادیار، بخش تحقیقات سبزی و صیفی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳. استادیار، بخش تحقیقات علف‌های هرز، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۴. استادیار، بخش تحقیقات علف‌های هرز، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۶/۲۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۰/۱۹)

چکیده

سیب‌زمینی جزو گیاهان حساس به کم‌آبی است. این بررسی به صورت طرح کرت‌های خردشده (اسپلیت × فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در منطقه کرج در سال ۱۳۹۳ اجرا شد که در آن ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی در یازده سطح (آگریا، کایزر، ساوالان، سانه، مارفونا، هرمس، جلی، پیکاسو، میلوا، ۱-۳۹۷۰۸۱، ۲-۳۹۷۰۶۹) و تیمارهای آبیاری در دو سطح (تنش و شاهد) و نمونه‌برداری‌ها در دو مرحله (پایان تنش و بازیافت) در نظر گرفته شد. آبیاری به صورت قطره‌ای و متداول انجام و در مرحله تشکیل غده، آبیاری تیمار تنش قطع و تیمار شاهد به صورت متداول آبیاری شد. پس از اینکه کمبود رطوبت خاک به ۹۰ درصد رسید، دوباره آبیاری انجام تا خاک به ظرفیت زراعی رسیده و تا انتهای دوره رشد به صورت متداول انجام گرفت. نتایج نشان داد میانگین قطر کوچک و بزرگ غده، شمار غده، غده سالم، غده‌های کوچک‌تر از ۳۵ و بیش از ۵۵ میلی‌متر، وزن خشک و تر غده‌های سالم در بوته بین ژنوتیپ‌های مختلف، سطوح آبیاری و مرحله اندازه‌گیری اختلاف معنی‌دار داشتند. درحالی‌که از لحاظ میانگین شمار غده بین ۳۵-۵۵ میلی‌متر در هر بوته تنها اثر ژنوتیپ‌ها و سطوح آبیاری معنی‌دار شد. بیشترین درصد تغییرها در پایان دوره رشد در شمار غده‌های کوچک‌تر از ۳۵ میلی‌متر، وزن خشک و تر غده‌های سالم ملاحظه شد. در این تحقیق شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی برآورد و بر این پایه ژنوتیپ‌های همسان در چهار گروه اول میلوا، سانه، پیکاسو، دوم هرمس، ۱-۳۹۷۰۸۱، مارفونا، ساوالان، جلی، آگریا، سوم ۲-۳۹۷۰۶۹ و چهارم کایزر طبقه‌بندی شدند.

واژه‌های کلیدی: بازیافت، تنش کم‌آبی، ژنوتیپ، سیب‌زمینی، شاخص تحمل.

The study of potato genotypes (*Solanum tuberosum* L.) tolerance to water deficit stress

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

1, 2. Ph.D. Student and Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

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: Sep. 12, 2015 - Accepted: Jan. 9, 2016)

ABSTRACT

Potato is one of the susceptible crops to drought. This research was carried out as a split factorial experiment in a randomized complete block design with three replications in Karaj in 2014. Potato genotypes at 11 levels (Agria, Caesar, Savalan, Sante, Marfona, Milva, Picasso, Hermes, Jelli, 397081-1, 397069-2), irrigation treatment in two levels (stress and control) and samplings in two stages (after stress and recovery) were considered. Irrigation was done as drip and conventional systems and in the stage of tuber production, watering for stress treatment was stopped and control treatment was irrigated normally. After getting to ninety percent of the soil moisture deficit, irrigation restarted until the soil moisture reached to the field capacity and normally continued up to the end of growing season. The results showed that there were significant differences among genotypes, the irrigation levels and the stages of measurement for large and small diameters of the tubers, number of tubers and healthy tubers, the tuber smaller than 35 and larger than 55 mm, dry and fresh weight of the healthy tubers per plant. However, number of tubers between 35-55 mm was, significantly different for the genotypes and irrigation levels. The most changes were observed in the tuber number smaller than 35 mm, dry and fresh weight of the healthy tubers. In addition, in this research, genotypes were categorized in 4 groups according to the estimated drought tolerance and sensitivity indices.

Keywords: Genotype, potato, recovery, tolerance index, water deficit stress.

مقدمه

خشکی یکی از رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد و تولید گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Boyer, 1982). واکنش‌های گیاهان نسبت به تنش خشکی در سطوح مختلف از یاخته تا همه گیاه و بسته به شدت و مدت تنش و نیز برحسب گونه گیاه و حتی در ژنوتیپ‌های متعلق به یک‌گونه متفاوت است (Jaleel *et al.*, 2008). سازگاری به خشکی در گیاهان به‌طور عمده به چهار سازوکار فرار، پرهیز، تحمل و بازیافت برمی‌گردد و هر سازوکار فرآیند ویژه خود را دارد (Anithakumari, 2011).

در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱، سطح زیر کشت سیب‌زمینی در ایران ۱۵۹۰۰۰ هکتار، میزان کل تولید آن ۴/۶ میلیون تن و میانگین عملکرد آبی ۲۹/۰۳ و دیم ۹/۴۹ تن در هکتار گزارش شده است (MAJ, 2015). حساسیت گیاه سیب‌زمینی نسبت به تنش آبی در مقایسه با دیگر گیاهان بیشتر است و کم آبیاری در گیاه سیب‌زمینی با دیگر گیاهان تفاوت دارد زیرا که با اعمال کم آبیاری در این گیاه، عملکرد غده کاهش می‌یابد و بر بازارپسندی محصول تأثیر منفی می‌گذارد که در نهایت ارزش اقتصادی محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Ebrahimipak, 2012).

حساسیت سیب‌زمینی به کمبود آب در اوایل دوره رویشی و طول دوره رسیدگی کمتر است درحالی‌که کمبود آب در طول دوره جوانه‌زنی و تشکیل و حجیم شدن غده آسیب جدی به سیب‌زمینی وارد می‌کند (Ayas & Korukçu, 2010). مرحله‌ای که سیب‌زمینی با افزایش نیاز آبی روبه‌رو می‌شود دوره گلدهی است که رطوبت خاک باید ۸۵ درصد ظرفیت آب قابل‌دسترس خاک باشد لازم به یادآوری است که این میزان برای پیش و پس از مرحله گلدهی این گیاه ۷۵ درصد گزارش شده است. در طول دوره‌های خشکی درازمدت آب از غده‌های در حال حجیم شدن به برگ‌ها منتقل می‌شود و هنگامی که ظرفیت آب قابل‌دسترس خاک به ۴۰ درصد می‌رسد رشد غده‌ها متوقف می‌شود و رشد غده به دلیل بی‌نظمی در فرآیند بیوشیمیایی گیاه و حتی پس از اینکه سطح رطوبت دوباره به میزان مطلوب می‌رسد کاهش می‌یابد (Baciu, 2013).

در گزارشی آمده است که جوانه‌زنی و غده‌زایی سریع در ژنوتیپ‌های زودرس سیب‌زمینی امکان فرار از دوره خشکی را برایشان فراهم می‌کند (Anithakumari, 2011). با این وجود در گزارشی، تأثیر خشکی در اوایل و اواخر دوره رشد سیب‌زمینی با شاهد مقایسه شد، نسبت بین سرعت بلوغ، هنگام ذخیره آب و تأثیر روی عملکرد غده در حدی که انتظار وجود داشت نبود باین‌حال رقم‌های دیررس تحمل بیشتری را برای ذخیره آب در اوایل فصل رشد داشتند (Tourneux *et al.*, 2003).

در آزمایشی تأثیر تنش کم‌آبی در شش ژنوتیپ سیب‌زمینی در آزمایش مزرعه‌ای در دو سال ۹۶-۱۳۹۵ بررسی شد بدین منظور ویژگی‌های زراعی مانند وزن خشک غده، شاخص برداشت، میزان ماده خشک، شاخص تحمل به کاهش منبع آب اندازه‌گیری شد و مشخص شد که رقم‌های دیررس نسبت به رقم‌های زودرس تنش خشکی اوایل دوره رشد را بهتر تحمل می‌کنند (Deblonde *et al.*, 1999). باین‌حال Baciu (2013) در بررسی تأثیر تحمل خشکی بر چهار رقم سیب‌زمینی گزارش کرد رقم‌هایی با دوره رشد درازمدت‌تر نه تنها منجر به افزایش عملکرد در شرایط خشکی نشد بلکه برتری بر رقم‌های زودرس‌تر نداشت. Moamenpoosh *et al.* (2005) گزارش کردند

تنش خشکی در مرحله تشکیل غده‌ها، شمار غده در بوته، میانگین اندازه غده‌ها و وزن مخصوص آن‌ها را کاهش می‌دهد. تنش آبی تشکیل برگ‌های جدید و گسترش آن تا اندازه کامل را متوقف کرده و در نتیجه کاهش عملکرد و حجیم شدن غده‌ها را باعث می‌شود (Kumari, 2012). از سوی دیگر راهبردهای مختلفی می‌تواند توسط گیاه سیب‌زمینی برای سازگاری با شرایط خشکی و تنش آبی اتخاذ شود به‌طور مثال شمار غده کمتر می‌تواند موجب برقراری تعادل در توزیع مواد پرورده به غده‌ها شده و بنابراین اندازه غده‌ها بزرگ‌تر شود (Al-Mahmud *et al.*, 2014). کاهش سطح برگ نخستین تغییر مورفوفیزیولوژیکی در شرایط تنش رطوبتی است که موجب کاهش تجمع ماده خشک در غده‌ها می‌شود (Deblonde *et al.*, 1999). تنش آبی موجب توقف تشکیل غده همسان

سال ۲۱ روز دوره تنش و ۱۲ روز دوره بازیافت (بازیافت) و در سال دیگر ۱۷ روز دوره تنش و ۳۰ روز دوره بازیافت در نظر گرفته شد. وزن خشک و تر سیب‌زمینی در انتهای دوره تنش و بازیافت اندازه‌گیری شد. در این تحقیق مشخص شد که توانایی ژنوتیپ‌ها برای بازیافت پس از اعمال تنش خشکی به‌منظور بقا و تکمیل دوره زندگی بسیار متفاوت و بحث‌برانگیز بود و بین تیمارهای تنش خشکی و تنش همراه با بازیافت اختلاف معنی‌داری وجود داشت و در مجموع ژنوتیپ (77.2102.37) E قابلیت بازیافت بیشتری پس از اعمال تنش داشت (Anithakumari, 2011).

برای انتخاب گیاهان بر پایه عملکرد، شاخص‌های متفاوتی پیشنهاد شده است، این شاخص‌ها عملکرد گیاه در دو محیط تنش و بدون تنش را در بر می‌گیرند. شاخص تحمل (TI)^۱ به‌صورت اختلاف بین عملکرد در شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) و شاخص میانگین تولید (MPI)^۲ میانگین دو مقدار Yp و Ys معرفی شده است (Rosielle & Hamblin, 1981). لازم به یادآوری است مقادیر پایین‌تر شاخص تحمل نمایانگر تحمل بیشتر ژنوتیپ به تنش است. اما انتخاب بر پایه شاخص تحمل نشان داد که ژنوتیپ‌ها عملکرد بالایی در شرایط تنش دارند ولی در شرایط بدون تنش عملکرد کمی دارند (Fernandez, 1992). اما در شاخص MP مقادیر پایین‌تر دلالت بر حساسیت بیشتر ژنوتیپ‌ها به شرایط تنش دارد. انتخاب بر پایه این شاخص باعث افزایش عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خواهد شد. شاخص حساسیت به تنش (SSI)^۳ برای شناسایی ژنوتیپ‌های حساس به تنش ارائه شده است که بر پایه عملکرد تک‌تک ژنوتیپ‌ها در هر دو محیط تنش و بدون تنش و همچنین میانگین عملکرد همه ژنوتیپ‌ها در این دو محیط بنا گذاشته شده است و مانند شاخص تحمل در مقادیر بالا دلالت بر حساسیت ژنوتیپ‌ها به تنش دارد (Fischer & Maurer, 1987).

تشکیل دستک (استولون) می‌شود بنابراین خشکی از این روش، شمار غده‌های تشکیل‌شده را متناسب با نحوه برقراری تنش آبی و طول مدت آن کاهش می‌دهد و هنگامی که آبیاری پس از اعمال تنش اجرا می‌شود رشد غده‌ها دوباره از سر گرفته می‌شود که غده‌های بدشکل گلابی‌شکل و زنگوله‌ای تشکیل و در نهایت ظرفیت عملکرد قابل‌فروش گیاه را کاهش می‌دهد (Vasiter, 2014).

به‌منظور بررسی تأثیر سامانه‌های آبیاری و ترکیب‌های کودی مختلف بر دو رقم سیب‌زمینی، آزمایشی در مزرعه تحقیقات کشاورزی فریدن اصفهان در سال زراعی ۲۰۰۳-۲۰۰۴ اجرا شد و بر پایه آن گزارش شد با توجه به حساسیت سیب‌زمینی به میزان و دور آبیاری، تأمین آب کافی در همه مراحل رشد و نمو گیاه باعث بهبود عملکرد آن شد. ولی نکته شایان توجه آن بود که اعمال تنش خشکی متوسط منجر به تولید غده‌هایی با اندازه بذری شده و این محصول به‌هیچ‌وجه تحمل تنش خشکی شدید حتی در شرایط کم‌آبی و اضطرابی را ندارد (Miri, 2009). برای اصلاح گیاه سیب‌زمینی شناخت سازوکار روبرویی با تنش خشکی و نیز تشخیص تأثیر تنش خشکی بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و سوخت‌وسازی (متابولیسمی) گیاه از گام‌های نخست به‌شمار می‌آید (Bagheri et al., 2014).

Eskandari (2008) به نقل از Baghani (2007) گزارش کرد که تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی سیب‌زمینی در شرایط اقلیمی مشهد به‌صورت معنی‌داری باعث افزایش عملکرد کل غده نسبت به تأمین ۶۰ درصد و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه شد. همچنین ایشان افزود سیب‌زمینی برای دستیابی به رشد مناسب و در نهایت عملکرد شایان پذیرش به آبیاری بهینه نیاز دارد. محدودیت در میزان آب قابل‌دسترس موجب تغییر ریخت ظاهری و فیزیولوژی و کاهش رشد و نمو گیاهان می‌شود. پاسخ‌های ریخت‌شناختی و فیزیولوژیکی گیاهان پایه شناسایی تأثیر تنش بر عملکرد نهایی آن‌ها است.

در یک آزمایش گلخانه‌ای با دو ژنوتیپ سیب‌زمینی در دو سال ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹، تیمار تنش خشکی در آغاز مرحله تشکیل غده اعمال شد به‌طوری‌که در یک

1. Tolerant Index
2. Mean Production Index
3. Stress Sanaitive Index

سطح (تنش و شاهد) و نمونه‌برداری‌ها در دو مرحله (پس از پایان دوره تنش و بازیافت) در نظر گرفته و اجرا شد. به‌منظور تجزیه آماری داده‌ها، ژنوتیپ و مرحله اندازه‌گیری در کرت فرعی و کم‌آبی در کرت اصلی طبقه‌بندی شد. هر کرت شامل چهار خط کشت به طول ۴ متر با فاصله بین خطوط و روی خطوط به ترتیب ۷۵ و ۲۵ سانتی‌متر (شانزده گیاه در هر خط) در نظر گرفته شد، همچنین برای جلوگیری از نشت آبی بین کرت‌ها یک ردیف نکاشت منظور شد. ردیف‌های کناری و همچنین بوته‌های اول و آخر خط وسط در هر کرت به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند. در آغاز آبیاری برای کرت‌ها به‌صورت متداول و به‌صورت قطره‌ای انجام گرفت و پس‌از آن در مرحله تشکیل غده که یکی از دوره‌های بحرانی این گیاه نسبت به کمبود آب است آبیاری تیمار دارای تنش قطع و تیمار شاهد به‌صورت متداول انجام و پس از اینکه کمبود رطوبت خاک به ۹۰ درصد رسید باهدف بازیافت، دوباره آبیاری انجام شد تا خاک به ظرفیت زراعی رسیده و تا انتهای دوره رشد آبیاری به‌صورت متداول انجام گرفت (Anithakumari, 2011) همچنین برای اندازه‌گیری تغییر رطوبتی در دوره کشت از دستگاه انعکاس‌سنج زمانی^۳ استفاده شد.

عملیات آماده‌سازی و تهیه بستر کاشت شامل شخم پائیزه و عملیات تکمیلی شامل دو بار دیسک عمود بر هم و تسطیح زمین به‌محض فراهم شدن شرایط رطوبتی خاک در بهار انجام شد. پس از آماده‌سازی زمین، نمونه مرکب خاک تا عمق ۵۰ سانتی‌متری تهیه و به آزمایشگاه ارسال شد و بر پایه نتایج آزمون خاک توصیه کودی مناسب شامل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره پیش از کشت به‌صورت مخلوط با خاک و کود مایع کامل به میزان ۲ لیتر در هکتار دو بار از آغاز غده‌بندی تا ۳۰ درصد تشکیل حجم غده (در مرحله رشدی ۴۳-۴۰ بر مبنای مراحل تشکیل و توسعه غده که معادل مرحله رشدی ۶۹-۵۱ بر پایه مرحله رشدی کامل گیاه است (Hack et al., 1993) به‌صورت محلول‌پاشی در همه تیمارها استفاده

هندسی (GMP)^۱ شاخص دیگری است که در مقایسه با MP توان بیشتری برای جداسازی گروه A از C دارد از آنجایی که این شاخص حساسیت کمتری به مقادیر بسیار متفاوت Yp و Ys دارد، شاخص دیگری با عنوان شاخص تحمل به تنش (STI)^۲ بر این پایه ارائه شد که این شاخص قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های با ظرفیت عملکرد بالا در شرایط بدون تنش و همچنین عملکرد بالا در شرایط تنش است (Fernandez, 1992). مقادیر بالاتر شاخص‌های (STI) و (GMP) نمایانگر تحمل بالاتر ژنوتیپ‌ها به تنش است. مناسب‌ترین شاخص، شاخصی است که قادر به تشخیص گروه A از سه گروه دیگر باشد (Fernandez, 1992).

خشکی و کم‌آبی جزو پیچیده‌ترین و زیانبارترین عامل‌ها در جهان و به‌ویژه ایران در دهه‌های اخیر به شمار می‌آید. متأسفانه به دلیل پیچیده بودن بررسی تنش کم‌آبی و تأثیرپذیری آن از عامل‌های محیطی و حساسیت بالای گیاه سیب‌زمینی به کم‌آبی، نیاز به اجرای آزمایش‌هایی در زمینه تحمل دامنه گسترده‌ای از ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی نسبت به تنش کم‌آبی وجود دارد از این‌رو این تحقیق باهدف ارزیابی رشد و تحمل ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی نسبت به تنش کم‌آبی که می‌تواند زمینه‌ساز برنامه‌های اصلاحی در معرفی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی در کشور باشد ضروری بوده و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق واکنش ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی نسبت به تنش کم‌آبی در منطقه کرج (بخش تحقیقات سبزی، صیفی و حبوبات آبی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر) در سال ۱۳۹۳ بررسی شد. این آزمایش به‌صورت طرح کرت‌های خردشده (اسپلیت) فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت کشت تابستانه در سه تکرار، که در آن ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی در یازده سطح (آگریا، کایزر، ساوالان، سانته، مارفونا، هرمس، جلی، پیکاسو، میلوا، ۱-۳۹۷۰۸۱، ۲-۳۹۷۰۶۹) تیمار تنش کم‌آبی در دو

3. Time Domain Reflectometry

1. Geometric Mean Productivity
2. Stress Tolerant Index

میلوا، کایزر، سانته، ساوالان، پیکاسو و مارفونا به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شرایط بدون تنش (شاهد) کاهش یافت اما در پایان فصل رشد ژنوتیپ‌های ساوالان و مارفونا بازیافت یافته و در مقایسه با شاهد مربوطه اختلاف معنی‌دار نشان ندادند همچنین نتایج مربوط به قطر بزرگ پس از اعمال تنش در ژنوتیپ‌های کایزر، سانته و ساوالان در مقایسه با شاهد معنی‌دار بود اما در پایان فصل رشد ژنوتیپ‌های میلوا، هرمس، جلی، آگریا، کایزر و سانته در مقایسه با شاهد مربوطه اختلاف معنی‌دار نشان دادند و ژنوتیپ ساوالان از این نظر بازیافت یافته بود (جدول ۳ مراحل پس از اعمال تنش و بازیافت). لازم به یادآوری است که بیشترین میزان میانگین قطر کوچک و بزرگ در پایان دوره رشد در شرایط متداول (شاهد) به ترتیب ۵۰/۱۶ و ۷۵/۷۲ میلی‌متر و متعلق به رقم جلی بوده و اعمال تنش بیشترین تأثیر را بر میانگین قطر کوچک و بزرگ رقم میلوا داشت و به ترتیب باعث ۲۹/۲۶ و ۳۶/۱۷ درصد کاهش رشد در مقایسه با شرایط متداول شد. همچنین با توجه به داده‌های جدول ۳ به نظر می‌رسد رشد عرضی غده‌ها در همان مرحله اولیه ارزیابی تا حدودی کامل شده است. احتمال دارد با اعمال تنش مربوطه در سیب‌زمینی میانگین قطرهای کوچک و بزرگ غده‌ها در برخی ژنوتیپ‌ها کاهش یافته و در نتیجه غده‌های کوچک‌تر تشکیل شود و این خود می‌تواند یکی از دلایل کاهش عملکرد در سیب‌زمینی در این شرایط باشد که با نظر محققان زیر تأیید می‌شود. در آزمایشی تأثیر کم‌آبیاری بر سیب‌زمینی بررسی شد و نتایج نشان داد، اندازه غده‌ها و عملکرد با اعمال کم‌آبیاری کاهش می‌یابند (Moamenpoosh *et al.*, 2005). تیمار خشکی شدید به دلیل شرایط نامطلوب رطوبتی خاک و در نتیجه اختلال در تأمین آب و مواد غذایی کافی برای گیاه، نتوانست غده‌های موجود را به حد کافی پر و حجیم کند، بنابراین به غده‌های ریز غیرقابل مصرف تبدیل شدند (Miri, 2009). (Sibomana *et al.* 2013) کاهش در اندازه میوه‌های گوجه‌فرنگی که در معرض تنش رطوبتی قرار گرفته است را گزارش کردند، آنان همچنین کاهش شمار میوه‌ها در گیاه و میانگین قطر استوایی میوه‌ها را تحت تأثیر بالاترین تنش آبی در مقایسه با شاهد از نتایج اعمال تنش آبی گزارش کردند.

شد. کاشت غده‌ها همزمان در ۲۹ تیرماه انجام و نمونه‌برداری‌ها، پس از پایان تنش در همه رقم‌ها با مرحله رشدی ۴۵-۴۰ بر پایه مرحله تشکیل و توسعه غده‌ها یا ۷۹-۷۰ بر پایه مرحله رشدی کامل گیاه اجرا شد همچنین نمونه‌برداری پس از بازیافت هماهنگ و سازگار با پیری غده مرحله ۹۷ بر پایه مرحله رشدی کامل گیاه بوده است (Hack *et al.*, 1993).

در این تحقیق قطر بزرگ و کوچک غده، شمار کل غده در بوته، شمار غده‌های سالم، غده‌های کوچک‌تر از ۳۵ میلی‌متر، بین ۳۵ تا ۵۵ میلی‌متر، بزرگ‌تر از ۵۵ میلی‌متر، متوسط وزن خشک و تر غده‌های سالم در بوته، از جمله فراسنجه‌هایی بودند که بررسی شدند. در پایان دوره‌ها ویژگی‌های مورد بررسی بر پایه میانگین سه بوته برداشته شده از هر کرت بررسی شد. از نرم‌افزارهای آماری SAS 9.2 (SAS Institute, 2008) برای تجزیه و تحلیل داده‌ها بر پایه الگوی طرح و آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. پس از تبدیل هریک از متغیرهای مورد بررسی به توزیع متداول Z (استاندارد کردن به روش آماری)، از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد^۱ از Minitab 16 (Minitab, 2010) استفاده شد.

در این تحقیق همچنین نسبت درصد کاهشی تنش‌های غیرزنده (Relative Reduction) هر ویژگی، شاخص تحمل تنش‌های غیرزنده (Abiotic Tolerance Index = ATI)، شاخص تحمل (Index Tolerance)، شاخص میانگین تولید (Mean Production Index)، شاخص تحمل تنش (Stress Tolerance Index) و میانگین بهره‌وری هندسی (Geometric Mean productivity) از رابطه‌های جدول ۱ محاسبه شد.

نتایج و بحث

میانگین قطر کوچک و بزرگ غده در ژنوتیپ‌های مختلف، سطوح آبیاری و مراحل اندازه‌گیری معنی‌دار شد اما در بین اثرهای متقابل تنها اثر متقابل ژنوتیپ و آبیاری برای قطر کوچک و اثر متقابل ژنوتیپ و مرحله برای قطر بزرگ معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد قطر کوچک پس از اعمال تنش در ژنوتیپ‌های

1. Ward Method

جدول ۱. رابطه‌های محاسبه شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی
Table 1. Formulas of Tolerance and susceptibility indices to drought stress

Formula	Reference
$RR = ((Y_p - Y_s) / Y_p) \times 100$	(Choukan <i>et al.</i> , 2006)
$ATI = [(Y_p - Y_s) / (\bar{Y}_p - \bar{Y}_s)] \times [\sqrt{\bar{Y}_p \times \bar{Y}_s}]$	(Farshadfar <i>et al.</i> , 2013)
$TOL = Y_p - Y_s$	(Rosielle & Hamblin, 1981)
$MP = (Y_p + Y_s) / 2$	(Rosielle & Hamblin, 1981)
$STI = (Y_p \times Y_s) / \bar{Y}_p^2$	(Fernandez, 1992)
$GMP = \sqrt{\bar{Y}_s \times Y_p}$	(Fernandez, 1992)

در رابطه‌های بالا $\bar{Y}_p, \bar{Y}_s, Y_p, Y_s$: به ترتیب عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش برای هر ژنوتیپ و میانگین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش برای همه ژنوتیپ‌ها است.

$Y_s, Y_p, \bar{Y}_s, \bar{Y}_p$: are yield under the stress and non-stress for each genotype, The average yield under the stress and Lack of stress for all genotypes, respectively.

کاهش اولیه، ۵۰/۱۴ درصد نسبت به شاهد از این نظر افزایش نشان داد (جدول ۵). به نظر می‌رسد تنش اعمال شده برای ژنوتیپ مربوطه منجر به تحریک تولید غده‌های ثانویه شده است. Mani & Hannachi (2015) اظهار داشتند در حالت کلی، تنش آبی کاهش معنی‌داری در عملکرد، اندازه غده و شمار غده ایجاد می‌کند همچنین آنان افزودند خشکی باعث کاهش رشد گیاه، دوره رشد و اندازه غده‌ها می‌شود. Al-Mahmud *et al.* (2014b)، گزارش کردند اگر تناوب بین سطوح رطوبت پایین و بالا در طول مرحله تشکیل غده رخ دهد منجر به تولید شمار زیادی غده در گیاه می‌شود.

نتایج مربوط به میانگین شمار غده سالم پس از اعمال تنش در همه ژنوتیپ‌ها در مقایسه با شاهد مربوطه معنی‌دار بود و در پایان فصل رشد تنها رقم هرمس توانست از این نظر باز یافت داشته باشد، بیشترین میزان این صفت در پایان دوره رشد مربوط به رقم کایزر ۲۳/۸۳ و سپس ژنوتیپ ۲-۳۹۷۰۶۹، ۹/۱۷ عدد بود که در شرایط متداول آبیاری به دست آمد همچنین بیشترین میزان کاهش میانگین شمار غده سالم در هر بوته نسبت به شاهد بدون تنش در ژنوتیپ میلوا ۹۳/۸۰ درصد مشخص شد، در حالت کلی شمار غده‌های سالم در هر بوته پس از اعمال تنش در همه ژنوتیپ‌ها کاهش یافت اما در انتهای فصل رشد این صفت در ژنوتیپ ۲-۳۹۷۰۶۹ و رقم هرمس که هر دو نیمه دیررس هستند افزون بر جبران

میانگین شمار (غده، غده سالم، غده کوچک‌تر از ۳۵ میلی‌متر، بین ۳۵-۵۵ میلی‌متر و بیش از ۵۵ میلی‌متر) در بوته

میانگین شمار کل غده‌های یاد شده در بوته برای ژنوتیپ‌های مختلف، سطوح آبیاری، مراحل اندازه‌گیری معنی‌دار شد اما میانگین شمار غده بین ۳۵-۵۵ میلی‌متر تنها در ژنوتیپ‌های مختلف و سطوح آبیاری معنی‌دار شد، همچنین همه اثرهای متقابل برای ویژگی‌های یاد شده به جز اثر متقابل آبیاری و مرحله در میانگین شمار غده بین ۳۵-۵۵ میلی‌متر نیز معنی‌دار شد (جدول ۲). میانگین شمار غده پس از اعمال تنش در همه ژنوتیپ‌ها به جز آگریا و ۲-۳۹۷۰۶۹ کاهش معنی‌دار در مقایسه با شرایط متداول (شاهد) داشت اما پس از باز یافت و در پایان فصل رشد تنها ژنوتیپ‌های میلوا، کایزر، ۲-۳۹۷۰۶۹ و پیکاسو با شاهد مربوطه اختلاف معنی‌دار داشت، با توجه به نتایج می‌توان اظهار داشت که ژنوتیپ‌های هرمس، ۱-۳۹۷۰۸۱، جلی، سانته، ساوالان و مارفونا از نظر میانگین شمار غده در بوته باز یافت خوب داشته است. بیشترین شمار غده (۳۰/۳۳ عدد) در انتهای فصل رشد مربوط به رقم کایزر بوده و در شرایط متداول به دست آمد (جدول ۳ مراحل پس از اعمال تنش و باز یافت). در حالت کلی میانگین شمار غده در هر بوته پس از اعمال تنش و ریکاوری کاهش یافت یا همسان حالت شاهد شد اما نکته جالب توجه آن بود که ژنوتیپ ۲-۳۹۷۰۶۹ در پایان دوره رشد افزون بر جبران

تأثیر قرار می‌دهد شمار غده و به‌ویژه شمار غده سالم است و از مهم‌ترین اثرگذارهای تنش کم‌آبی بر سیب‌زمینی، تأثیر بر این ویژگی‌ها بوده است که عملکرد قابل‌فروش سیب‌زمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

کاهش اولیه، به ترتیب ۲۵/۴۱ و ۱۵/۳۲ درصد نسبت به شاهد بدون تنش از این نظر افزایش نشان دادند (جدول ۳ مراحل پس از اعمال تنش و بازیافت و جدول ۵). می‌توان بیان کرد یکی از مهم‌ترین اجزاء عملکرد در سیب‌زمینی که عملکرد نهایی را تحت

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در بوته

Table 2. The result of variance analysis for measured characteristics per plant

Sources of Variations	df	Small diameter tuber (mm)	Large diameter tuber (mm)	The total number of tubers	The number of healthy tubers	The number of tubers smaller than 35 mm	The number of tubers between 35-55 mm	The number of tubers larger than 55 mm	Dry weight of healthy tuber (gr)	Fresh weight of healthy tuber (gr)
Replication (R)	2	54.22	105.11	4.48	0.71	0.0035	0.75	0.03	42.19	554.066
Irrigation (I)	1	72.2327**	3860.58**	503.53**	1015.87**	3.31*	95.88**	15.27**	341980.81**	2623987.45**
The main plot error (R×I)	2	2.12	2.55	6.18	0.03	0.70	0.99	0.03	82.27**	278.98
Genotypes (G)	10	95.91**	261.46**	45.44**	25.21**	12.43**	6.86**	0.62**	20577.34**	221517.62**
Sampling Phase (S)	1	1442.04**	2394.63**	90.98**	35.79**	49.29**	1.76	0.43**	745448.92**	7598400.76**
Genotypes × Sampling Phase (G×S)	10	36.92	171.25**	73.67**	51.78**	20.26**	10.07**	0.53**	21874.80**	227256.80**
Irrigation (G×I) × Genotypes	10	54.76**	66.42	55.74**	25.80**	12.96**	6.49**	0.71**	21719.74**	233496.592**
Sampling Phase (I×S) × Irrigation	1	32.69	119.17	114.96**	40.16**	93.47**	0.15	0.56**	215716.69**	2108306.55**
Genotypes × Irrigation × Sampling Phase (G×I×S)	10	28.87	73.46	31.39**	35.23**	8.84**	2.98**	0.28**	23218.79**	240986.02**
The Sub plot error (R×I)	84	20.88	65.67	4.04	0.84	0.68	0.80	0.02	80.16	504.77
Coefficient of variation (C.V.)		12.61	15.21	18.48	15.33	18.09	21.90	10.23	10.03	8.50
Least significant difference (Lsd)		7.42	13.16	3.27	1.48	1.34	1.46	0.23	14.54	36.48

* , ** : Significant 5% and 1%.

* و **: معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد.

است، گزارش شده است محدودیت آبیاری در همه دوره‌های رشدی و یا در یک یا چند مرحله از رشد نتوانست تأثیر معنی‌داری بر تولید شمار کل غده‌ها به ازای هر بوته داشته باشد (Faberio *et al.*, 2001). نتایج بررسی‌ها نشان داده هنگامی که محصول زراعی سیب‌زمینی در مهم‌ترین حالت پدیدشناختی (فنونولوژی) تولید، دوره جوانه‌زنی تا گلدهی هنگامی که حساسیت به رطوبت خاک در بیشترین میزان خود بوده و بالاترین مصرف آب را نیز در طول این مدت دارد با شرایط نامساعد مانند دمای خیلی بالا و خشکی روبه‌رو می‌شود، غده‌های جدید بدریخت (پلاسمولیز) کمی و کیفی را از راه بدریخت شدن، رشد ثانویه و جوانه‌زنی تحمل می‌کنند (Barascu *et al.*, 2013).

نتایج به‌دست‌آمده در زمینه اندازه غده‌ها گویای آن بود که در شرایط بدون تنش، بیشتر غده‌ها (۴۱/۱۳ درصد) در اندازه ۳۵-۵۵ میلی‌متر و درصد غده‌های کوچک‌تر از ۳۵ میلی‌متر و بزرگ‌تر از ۵۵ میلی‌متر به ترتیب ۳۴/۵۵ و ۲۴/۳۲ درصد بود. اعمال تنش و

در آزمایشی تأثیر تنش کم‌آبی در هشت ژنوتیپ سیب‌زمینی در سه سطح آبیاری شامل ۱۰۰، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی بررسی شد نتایج نشان داد که با کاهش میزان آب شمار غده سیب‌زمینی کاهش یافت به‌طوری‌که شمار کل غده‌ها در آبیاری کامل بالا بود اما در تیمارهای ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی همسان بود همچنین پنج ژنوتیپ، شکل غده‌ها و اندازه منطقی آن‌ها را حفظ کردند ولیکن ژنوتیپ‌های Kachpot1, 391691.96 and Uganda 11. شکل‌های مختلفی از غده‌ها مانند گردن بلند بطری‌شکل، بدریخت و خیاری شکل را در تیمارهای کم‌آبیاری تشکیل دادند (Vasiter, 2014). در گزارش دیگری آمده است اعمال تنش رطوبتی در دوره تشکیل غده‌ها، کاهش شمار غده را به همراه داشت، اما تیمارهای مختلف آبیاری پس از تشکیل غده‌ها تأثیری بر شمار غده‌ها نداشت و عمده تأثیر آن بر اندازه و میانگین وزن غده‌ها بود (Haverkort *et al.*, 1990). باین‌حال نتایج به‌دست‌آمده برخلاف نتایج این تحقیق

۲-۳۹۷۰۶۹، ۲/۶۸- درصد بوده و بیشترین میزان کاهش نسبت به شاهد مربوط به رقم میلوا ۹۵/۵۱ درصد مشاهده شد (جدول ۵). به نظر می‌رسد تغییرپذیری میانگین وزن خشک غده‌های سالم در بوته می‌تواند ناشی از تغییرپذیری شمار کل غده‌های سالم، وزن تر آن‌ها و یا محتوای ماده خشک غده‌های مربوطه در بوته باشد که تحت تأثیر کم‌آبی قرار گرفته است. در آزمایشی بیان شده است محتوای ماده خشک غده‌های سیب‌زمینی با افزایش تنش رطوبتی افزایش یافت و کمترین ماده خشک در تیمار شاهد و بیشترین آن مربوط به تیمار با تنش آبی شدید بود (Vasiter, 2014). سیب‌زمینی در طول دوره دستکاری و تشکیل غده نسبت به خشکی حساس بوده و خشکی زیاد شمار غده در گیاه را کاهش می‌دهد همچنین روی عملکرد کل، عملکرد قابل‌فروش، کیفیت غده مانند شکل، غده‌های غیر عادی، محتوای ماده خشک، اندازه و ترکیب‌های شیمیایی آن مؤثر است (Al-Mahmud et al., 2014a).

وزن تر غده‌های سالم در بوته (گرم)

میانگین وزن تر غده‌های سالم در هر بوته در ژنوتیپ‌های مختلف، سطوح آبیاری و مراحل اندازه‌گیری و همه اثرهای متقابل برای این ویژگی معنی‌دار شد (جدول ۲). پس از اعمال تنش، میانگین وزن تر غده‌های سالم در هر بوته در ژنوتیپ‌های میلوا، ۲-۳۹۷۰۶۹، سانت و ساوالان در مقایسه با شرایط بدون تنش کاهش معنی‌دار داشتند، پس از بازیافت نیز همه ژنوتیپ‌ها به جز ۲-۳۹۷۰۶۹ کاهش معنی‌داری در وزن تر غده‌های سالم در بوته در مقایسه با شرایط متداول (شاهد) داشتند و تنها ژنوتیپ ۲-۳۹۷۰۶۹ توانسته بود از این نظر بازیافت داشته باشد، در پایان فصل رشد بیشترین میزان وزن تر غده‌های سالم در رقم کایزر ۲۲۷۹/۳۹ و سپس جیلی ۹۰۳/۱۹ گرم در بوته در شرایط متداول آبیاری (شاهد) ملاحظه شد، بیشترین میزان این ویژگی در انتهای فصل رشد بین تیمارهایی که تنش و بازیافت اعمال شده بود مربوط به ژنوتیپ ۲-۳۹۷۰۶۹، ۷۰۵/۷۱ گرم در بوته بود همچنین بیشترین و کمترین درصد کاهش وزن تر

سیس بازیافت باعث شد در مجموع ۵۶/۰۲ درصد از غده‌های تشکیل‌شده کوچک‌تر از ۳۵ میلی‌متر، ۳۱/۵۷ درصد بین ۳۵-۵۵ میلی‌متر و ۱۲/۴۲ درصد بیش از ۵۵ میلی‌متر باشند. بنابراین نتایج این بررسی نشان می‌دهد که با اعمال تنش از میزان غده‌های بزرگ‌تر کاسته و به غده‌های کوچک‌تر اضافه می‌شود و در حقیقت عملکرد قابل‌فروش (غده‌های بیش از ۳۵ میلی‌متر) کاهش خواهد یافت که با نتایج زیر همخوانی دارد.

Sharma et al. (2011) در بررسی تأثیر کم‌آبیاری

بر ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی اظهار داشت با افزایش آب آبیاری، عملکرد کل غده‌ها و عملکرد قابل‌فروش بیشتر رقم‌ها و همسانه (کلون)ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. Baciu (2013) گزارش کرد که تشکیل غده‌های بزرگ‌تر از ۵۵ میلی‌متر در سیب‌زمینی در شرایط خشکی زیاد رخ نمی‌دهد، ۷۵ درصد از غده‌های تشکیل‌شده در اندازه میانگین ۳۰-۵۵ میلی‌متر و ۲۵ درصد غده‌ها در اندازه کمتر از ۳۰ میلی‌متر بودند.

میانگین وزن خشک غده‌های سالم در بوته (گرم)

میانگین وزن خشک غده سالم در هر بوته در ژنوتیپ‌های مختلف، سطوح آبیاری و مراحل اندازه‌گیری معنی‌دار شد. همچنین همه اثرهای متقابل دوگانه برای این صفت معنی‌دار شد (جدول ۲). پس از اعمال تنش نتایج مربوط به میانگین وزن خشک غده‌های سالم در هر بوته در همه ژنوتیپ‌ها به‌استثنای آگریا و کایزر در مقایسه با شاهد مربوطه کاهش معنی‌دار داشت، اما پس از بازیافت اختلاف میانگین این ویژگی در همه ژنوتیپ‌ها به‌جز ژنوتیپ ۲-۳۹۷۰۶۹ در مقایسه با شاهد خود معنی‌دار شد (جدول ۳ مراحل پس از اعمال تنش و بازیافت). بیشترین میزان این صفت در انتهای دوره رشد مربوط به رقم کایزر ۶۱۴/۳۹ گرم در بوته بود که در شرایط متداول آبیاری (شاهد) به دست آمد. بیشترین میزان میانگین این ویژگی پس از اعمال تنش و بازیافت مربوط به ژنوتیپ ۲-۳۹۷۰۶۹، ۲۲۷/۵۵ گرم در بوته بود. کمترین میزان تغییر این ویژگی در مقایسه با شرایط بدون تنش، در این مرحله مربوط به ژنوتیپ

غده‌های سالم در بوته نسبت به شاهد مربوطه در این مرحله به ترتیب در رقم میلیا ۹۶/۸۷ درصد و ژنوتیپ مراحل پس از اعمال تنش و بازیافت و جدول ۵).

جدول ۳. نتایج آزمون دانکن برای اثر متقابل سه‌گانه (ژنوتیپ، آبیاری و مرحله اندازه‌گیری) (اعداد یادآوری شده برای میانگین ویژگی مربوطه در بوته در سطح آزمون ۵ درصد محاسبه شده است).

Table 3. Duncan test results for triple interaction (Genotype, Irrigation and Sampling Phase) (Listed numbers is calculated for average of the corresponding trait per plant at 5% test)

Irrigation	Genotype	Trait									
		Small diameter tuber (mm)	Large diameter tuber (mm)	The total number of tubers	The number of healthy tubers	The number of tubers smaller than 35 mm	The number of tubers between 35-55 mm	The number of tubers larger than 55 mm	Dry weight of healthy tuber (gr)	Fresh weight of healthy tuber (gr)	
After Stress	Control (Normal)	Milva	40.08b-j	49.21f-m	12.50c-e	10.00e-f	2.50 k-m	7.00 b	3.00e-f	32.21 j-l	56.55l-n
		Hermes	28.34o-s	46.72i-n	18.67b	13.33b	10.33a	7.00 b	1.33l-o	18.88 l-p	18.76o-s
		397081-1	38.26d-l	63.48a-d	12.67c-e	8.00g-h	3.67g-k	4.00 f-k	5.00b	j-m 28.68	42.52l-p
		Jelly	39.67d-k	51.47d-l	18.00b	10.50d-e	8.00 b	6.00b-c	4.00c-d	22.37l-o	24.18m-s
		Agria	35.25g-o	62.98a-e	6.00i-l	6.00 k-o	3.00 j-l	1.00q	2.00 g-k	16.78l-q	44.20l-o
		Caesar	33.19j-p	55.07d-k	11.00d-g	5.00 n-q	4.67e-h	3.67g-m	2.67 f-h	n-q 11.74	20.64m-s
		Sante	45.27a-d	58.01b-i	11.67c-f	10.00 e	2.33k-m	4.67c-j	4.67b-c	i-k 39.97	59.84l-m
	Stress	Savalan	40.93b-i	55.16d-k	11.00d-g	7.67 g-i	3.33h-l	5.00c-g	2.67e-g	k-n 23.71	41.62l-q
		397069-2	38.00d-l	50.15e-m	9.00e-j	8.00 g-h	2.00l-m	4.33d-k	2.67e-g	32.86i-l	63.94l
		Picasso	38.31b-l	48.05g-m	18.33b	6.33i-n	6.67b-d	7.00b	4.67b-c	e-g 13.56	16.54o-s
		Marfona	36.62f-m	47.70h-n	13.50c-d	12.00bc	8.00 b	4.00f-k	1.50k-o	j-m 29.72	39.86l-r
		Milva	19.48t	37.74m-n	4.00l	0.00w	2.00l-m	2.00n-q	0.00r-q	0.00q	0.00s
		Hermes	24.41r-t	34.57n	10.67d-h	5.33m-p	4.67e-h	5.00c-g	1.00p-p	10.11 n-q	15.86o-s
		397081-1	32.43k-q	63.53a-d	8.00f-k	4.50p-q	3.00j-l	4.00f-k	1.00o-p	5.27o-q	14.60o-s
Erorre	Jelly	34.25h-p	53.76d-l	6.66 h-l	2.00s-u	2.00l-m	4.33d-k	0.33r	4.00 p-q	14.78o-s	
	Agria	28.87n-s	54.57d-k	9.33e-j	3.00r-s	5.33d-f	2.33m-q	1.67j-m	n-q 6.98	19.68o-s	
	Caesar	25.51q-t	37.91m-n	4.00l	0.67u-w	2.33k-m	1.33p-q	0.33r	1.50 p-q	6.55p-s	
	Sante	23.65s-t	37.28 m-n	4.33k-l	1.67s-v	2.33k-m	1.33p-q	0.67p-q	1.64 p-q	8.34o-s	
	Savalan	28.37o-s	38.22 m-n	5.50j-l	1.00u-v	2.50k-m	3.00k-o	0.00r-q	1.03 q	3.93r-s	
	397069-2	35.89g-n	48.90f-m	8.67e-j	1.67s-v	3.00j-l	3.33h-n	2.33f-i	3.25 p-q	7.62p-s	
	Picasso	30.00 m-s	42.06k-n	10.67d-h	2.22s-u	2.33k-m	4.00f-k	1.33l-o	3.24 p-q	5.33q-s	
	Marfona	27.75p-s	41.39l-n	7.00g-l	1.50t-v	3.00j-l	3.50h-m	0.50q-q	3.01 p-q	7.59p-s	
		20.88	65.67	4.04	0.84	0.68	0.80	0.02	80.16	504.77	

ادامه جدول ۳. نتایج آزمون دانکن برای اثر متقابل سه‌گانه (ژنوتیپ، آبیاری و مرحله اندازه‌گیری)

(اعداد یادآوری شده برای میانگین ویژگی مربوطه در بوته در سطح آزمون ۵ درصد محاسبه شده است).

Continued Table 3. Duncan test results for triple interaction (Genotype, Irrigation and Sampling Phase)

(Listed numbers is calculated for average of the corresponding trait per plant at 5% test)

Irrigation	Genotype	Trait									
		Small diameter tuber (mm)	Large diameter tuber (mm)	The total number of tubers	The number of healthy tubers	The number of tubers smaller than 35 mm	The number of tubers between 35-55 mm	The number of tubers larger than 55 mm	Dry weight of healthy tuber (gr)	Fresh weight of healthy tuber (gr)	
After Recovery	Control (Normal)	Milva	46.42a-b	69.45a-c	10.53 d-h	7.43 g-j	3.34 h-l	5.63 b-e	1.55 j-n	277.94 c	734.15c
		Hermes	41.27b-h	68.84a-c	8.04 f-k	4.96 n-q	3.29j-l	2.49 l-p	2.38 f-h	190.62 d	488.53f
		397081-1	43.49a-f	60.04 b-h	9.12 e-j	6.70h-m	3.08 j-l	3.50 h-m	2.53 f-h	175.84de	550.20e
		Jelly	50.16a	75.72a	10.86 d-g	7.08 g-l	1.42m	4.86c-h	4.58b-c	522.06b	903.19b
		Agria	42.46b-g	69.88a-b	12.48 c-e	6.55 h-m	4.85 e-g	5.20 c-f	2.43 fg-h	182.71d	632.22d
		Caesar	42.29b-g	62.44b-e	30.33a	23.83a	11.00a	8.67a	10.67a	614.39a	2279.36a
		Sante	39.66b-k	61.13 b-g	11.29 d-f	7.53 g-j	4.53f-i	4.43d-k	2.33 f-i	d 184.90	583.14e
	Stress	Savalan	45.72a-c	58.42 b-i	10.20 d-h	8.48 f-g	3.28 i-l	3.98f-k	3.27f	223.60c	725.54c
		397069-2	46.95a-b	61.49 b-f	10.27 d-h	9.17 e-f	3.86 g-j	4.01f-k	2.40 f-h	222.16c	710.46c
		Picasso	44.20a-e	61.18 b-g	17.14b	5.76 l-op	7.79 b	6.99b	2.36 f-h	105.45f	408.81g
		Marfona	33.07 j-p	54.04d-l	9.80d-i	8.00 g-h	3.10 j-l	5.70b-d	1.00 o-p	e 163.42	468.82f
		Milva	32.84 j-q	44.33 j-n	5.52j-l	0.46 v-w	3.39 h-k	1.65o-q	0.48 q-r	10.23 n-q	22.97n-s
		Hermes	37.03 e-m	55.02d-k	10.54d-h	5.72 l-p	6.26 e-f	3.16k-n	1.13 m-o	102.09 f	328.03h
		397081-1	37.69 e-l	49.85e-m	10.14d-h	4.67 o-q	5.97 c-e	2.44l-q	1.72 i-l	67.72h-g	276.29i
Erorre	Jelly	38.63c-l	59.00 b-i	9.67 e-j	2.58 r-t	5.00 e-h	3.39 i-n	1.28 l-o	48.42 i	162.49j-k	
	Agria	36.24 f-n	56.50 c-j	12.12 c-e	2.08 s-u	6.95 b-c	3.08 k-o	2.08 g-j	40.65 i-j	130.22k	
	Caesar	33.55 i-p	48.69 f-m	11.26 d-f	3.83 q-r	6.67b-d	3.50 h-m	1.06 n-o	65.14 h	197.51j	
	Sante	31.29 l-r	46.17 i-n	10.33 d-h	1.83 s-v	6.69b-c	2.36 m-q	1.28 l-o	42.20i-j	67.40l	
	Savalan	40.04 b-j	58.43 b-i	13.40 c-d	6.93 h-l	8.33b	3.87f-l	1.87 h-k	g 81.64	333.05h	
	397069-2	39.85 b-j	51.69 d-l	15.42 b-c	11.50 c-d	7.03b-c	4.97c-g	3.42 d-e	277.55 c	705.71c	
	Picasso	33.55 i-p	48.81 f-m	11.83 c-f	1.17t-v	6.00c-e	4.83c-i	1.00 o-p	14.28 m-q	61.57l	
Marfona	33.55 i-p	44.25 j-n	8.73 e-j	6.13 j-o	4.17 f-j	4.20e-k	0.37 q-r	104.03f	316.99h		
	20.88	65.67	4.04	0.84	0.68	0.80	0.02	80.16	504.77		

و غده) و اجزاء عملکرد (عملکرد قابل فروش و کل غده، شاخص برداشت، محتوای ماده خشک و شمار غده) گیاه سیبزمینی اثر دارد (Tourneux *et al.*, 2003). در گزارشی آمده است که عملکرد غده سیبزمینی به طور معنی داری تحت تأثیر تنش خشکی است و میزان آن در شرایط آبیاری متداول بسیار بالاتر از شرایط تنش است (Al-Mahmud *et al.*, 2014b).

در حقیقت می توان بیان کرد وزن تر غده های سالم و اندازه غده ها تعیین کننده عملکرد قابل فروش سیبزمینی است که به شدت تحت تأثیر تنش آبی قرار می گیرد و با نتایج زیر تأیید می شود: خشکی بر ویژگی های ریخت شناسختی (گستره تاج پوشش یا کانوبی، ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، شمار برگ و ساقه)، تغییر پذیری رشد (وزن خشک کل گیاه، ریشه

جدول ۴. همبستگی بین ویژگی های بررسی شده

Table 4. The correlation between measured characteristics

	Small diameter tuber (mm)	Large diameter tuber (mm)	The total number of tubers	The number of healthy tubers	Fresh weight of healthy tuber (gr)	The number of tubers smaller than 35 mm	The number of tubers between 35-55 mm	The number of tubers larger than 55 mm	Dry weight of healthy tuber (gr)
Small diameter tuber (mm)	1								
Large diameter tuber (mm)	0.80615**	1							
The total number of tubers	0.41455**	0.27772*	1						
The number of healthy tubers	0.51784**	0.38198*	0.80086**	1					
Fresh weight of healthy tuber (gr)	0.54945**	0.52529**	0.57388**	0.67221**	1				
The number of tubers smaller than 35 mm	0.09143	0.03251	0.79383**	0.51110**	0.31094*	1			
The number of tubers between 35-55 mm	0.42913**	0.25151*	0.81753**	0.70173**	0.44686**	0.45735**	1		
The number of tubers larger than 55 mm	0.66883**	0.55445**	0.74774**	0.74204**	0.59024**	0.33534*	0.56497**	1	
Dry weight of healthy tuber (gr)	0.60962**	0.59528**	0.49106**	0.61811**	0.95038**	0.18864	0.41360**	0.59407**	1

جدول ۵. درصد کاهش ویژگی های مورد بررسی در شرایط متداول و تنش اعمال شده

Table 5. Percent reduction of the characteristics under the normal and stress conditions

Sampling Phase	Genotype	Small diameter tuber (mm)	Large diameter tuber (mm)	The total number of tubers	The number of healthy tubers	The number of tubers smaller than 35 mm	The number of tubers between 35-55 mm	The number of tubers larger than 55 mm	Dry weight of healthy tuber (gr)	Fresh weight of healthy tuber (gr)
After Stress	Milva	50.90	22.50	68.00	100	17.78	71.43	59.18	100.00	100.00
	Hermes	14.00	24.51	42.88	58.42	54.85	25.93	9.76	46.45	15.45
	397081-1	14.79	-5.66	36.75	43.68	16.67	0.00	55.28	81.61	65.66
	Jelly	14.99	-5.73	62.04	80.76	74.27	28.41	71.55	82.14	38.87
	Agria	18.04	12.76	-55.50	50.00	-77.78	-133.33	9.76	58.42	55.49
	Caesar	22.39	32.10	63.01	87.78	50.00	60.00	64.09	87.17	68.27
	Sante	47.23	35.33	47.22	81.39	-44.44	64.68	62.77	95.88	86.06
	Savalan	30.85	30.76	13.49	86.77	5.56	36.67	56.12	95.64	90.56
	397069-2	4.55	1.64	0.63	78.90	-88.89	24.44	6.12	90.11	88.07
	Picasso	20.67	10.00	41.81	65.93	65.08	43.45	47.34	76.00	67.74
	Marfona	23.51	7.49	48.10	87.67	62.10	12.50	40.52	89.83	79.32
Average	23.81	15.06	33.49	68.67	12.29	21.29	43.86	82.11	68.68	
After Recovery	Milva	29.26	36.17	47.57	93.80	-1.49	70.69	69.03	95.51	96.87
	Hermes	10.27	20.07	-31.09	-15.32	-90.27	-26.90	52.52	46.37	32.85
	397081-1	13.33	16.97	-11.18	30.29	-93.83	30.28	32.01	61.40	49.78
	Jelly	22.98	22.08	10.95	63.56	-252.11	30.24	72.05	90.68	81.92
	Agria	14.64	19.15	-0.03	60.61	-43.29	40.76	14.40	77.69	79.35
	Caesar	20.67	22.02	62.87	83.93	39.36	59.63	90.06	89.40	91.33
	Sante	21.10	24.47	0.08	75.69	-47.68	46.72	45.06	76.96	88.44
	Savalan	12.42	-1.71	-31.37	18.28	-153.96	2.76	42.81	63.14	54.09
	397069-2	15.12	15.43	-50.14	-25.41	-82.12	-23.94	-42.50	-2.68	0.67
	Picasso	24.09	20.22	30.98	79.68	22.97	30.90	57.62	86.43	84.94
	Marfona	-0.01	18.11	10.91	23.37	-34.51	26.31	63.00	36.31	32.38
Average	33.43	19.36	3.59	44.41	-66.99	28.52	45.09	65.57	62.96	

عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش داشته باشد (Farshadfar *et al.*, 2001). در بررسی روی ژنوتیپ‌های گندم شاخص‌های MP، GMP و STI مناسب‌ترین شاخص‌ها برای معرفی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بیان شد (Mollasadeghi, 2010). در تحقیق دیگری استفاده از شاخص‌های GMP، MPI و STI در انتخاب چغندر قند با عملکرد قندی بالا و متحمل به تنش خشکی توصیه شده است همچنین این شاخص‌ها همبستگی معنی‌دار مثبتی را با یکدیگر نشان دادند (Mohammadi *et al.*, 2003). ژنوتیپ‌های مورد بررسی در مجموع دو مرحله اندازه‌گیری، از نظر واکنش به تنش کم‌آبی بر پایه شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش با لحاظ کردن ۸۵ درصد همسانی در چهار گروه طبقه‌بندی شدند: گروه اول میلوا، سانته، پیکاسو، گروه دوم هرمس، ۱-۳۹۷۰۸۱، مارفونا، ساوالان، جلی، آگریا، گروه چهارم کایزر و گروه سوم ۲-۳۹۷۰۶۹ که به ترتیب بیشترین مقدار شاخص GMP را داشتند (جدول ۶ و شکل ۱).

در غربالگری گندم دوروم از روش تجزیه کلاستر، گروه‌ها با در نظر گرفتن عملکرد دانه که شامل ژنوتیپ‌های برتر در هر دو شرایط تنش خشکی و شرایط آبیاری متداول بود، مشخص شدند (Golabadi *et al.*, 2006).

بیشترین درصد تغییرپذیری در نمونه‌های پس از تنش مربوط به وزن خشک و تر غده‌های سالم و شمار غده‌های سالم و در نمونه‌های پس از بازیافت در شمار غده‌های کوچک‌تر از ۳۵ میلی‌متر، وزن خشک و تر غده‌های سالم ملاحظه شد (جدول ۵).

شاخص‌های حساسیت و تحمل به خشکی

در این تحقیق شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی برآورد شده است (جدول ۶). شاخص تحمل تنش با عملکرد در شرایط تنش و شاخص تحمل تنها با عملکرد در شرایط بدون تنش معنی‌دار شد همچنین همبستگی بین شاخص‌های MP و GMP با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش مثبت بود همچنین شاخص ATI در این آزمایش با هیچ‌کدام از عملکردها در شرایط یادشده معنی‌دار نشد، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده و نتایج به‌دست‌آمده از شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی به نظر می‌رسد شاخص GMP مناسب‌ترین شاخص برای انتخاب سیب‌زمینی با عملکرد بالا و متحمل به تنش خشکی به‌منظور پایداری عملکرد باشد (جدول ۷). انتخاب این شاخص با گزارش‌های زیر در محصولات دیگر تأیید شده است: شاخص‌های مناسب برای انتخاب رقم‌های متحمل به تنش شاخص‌هایی هستند که همبستگی بالایی با

جدول ۶. برآورد میزان حساسیت ژنوتیپ‌ها توسط شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش خشکی

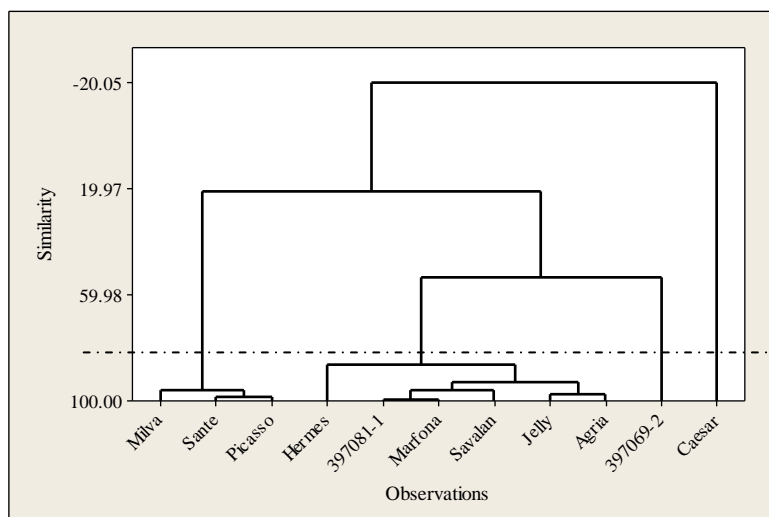
Table 6. Estimation of susceptibility of the genotypes by tolerance and susceptibility indices to drought stress

Genotype	Yp	Ys	GMP	STI	MP	Tol	ATI
Milva	395.35	11.49	64.93	0.02	203.42	383.86	64.95
Hermes	253.65	171.94	208.73	0.76	212.79	81.70	208.98
397081-1	296.36	145.44	207.27	0.42	220.90	150.92	207.21
Jelly	463.69	88.64	200.71	0.39	276.16	375.05	200.61
Agria	338.21	74.95	158.11	0.32	206.58	263.26	158.09
Caesar	1149.99	102.03	341.26	0.20	626.01	1047.97	341.31
Sante	321.49	37.87	102.46	0.13	179.68	283.62	98.85
Savalan	383.58	168.49	251.80	0.28	276.03	215.09	253.19
397069-2	387.20	356.66	364.92	0.56	371.93	30.54	411.55
Picasso	212.70	33.45	83.98	0.24	123.07	179.25	83.99
Marfona	252.84	162.29	201.02	0.44	207.57	90.55	200.68

جدول ۷. همبستگی بین شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی و عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش

Table 7. The correlation between the tolerance and susceptibility indices to drought stress and yield under the stress and non-stress conditions

	Yp	Ys	GMP	STI	MP	Tol	ATI
Yp	1						
Ys	0.45164**	1					
GMP	0.80564**	0.88265**	1				
STI	-0.10972	0.62172**	0.35037**	1			
MP	0.96708**	0.66382**	0.92709**	0.08536**	1		
Tol	0.94127**	0.12386	0.56198	-0.35733**	0.82435**	1	
ATI	0.14711	0.14261	0.18111	0.09290	0.16399	0.10965	1



شکل ۱. نمودار درختواره‌ای تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر پایه شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش خشکی
Figure 1. Dendrogram Cluster analysis based on Tolerance and susceptibility indices to drought stress

عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش، گروه B شامل ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا تنها در شرایط بدون تنش، گروه C شامل ژنوتیپ‌هایی با عملکرد به نسبت بالا در شرایط تنش و گروه D شامل ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین در هر دو شرایط بدون تنش و تنش.

Moamenpoosh *et al.* (2005) به نقل از Fernandez (1992) بیان کردند، ژنوتیپ‌ها بر پایه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط که منجر به تولید رقم‌های با عملکردهای مختلف می‌شود در چهار گروه تقسیم می‌شوند: گروه A شامل ژنوتیپ‌هایی با بیشترین

جدول ۸. انحراف میانگین ژنوتیپ‌های هر گروه از میانگین کل برای همه ویژگی‌های مورد ارزیابی (ویژگی‌های یادآوری شده برای میانگین ویژگی مربوطه در بوته محاسبه شده است).

Table 8. The mean deviation of the genotypes of each group from the total average for all measured characteristics (Listed attributes is calculated for average of the corresponding trait per plant)

Cluster	The mean deviation from the total mean	Small diameter tuber (mm)	Large diameter tuber (mm)	The total number of tubers	The number of healthy tubers	The number of tubers smaller than 35 mm	The number of tubers between 35-55 mm	The number of tubers larger than 55 mm	Dry weight of healthy tuber (gr)	Fresh weight of healthy tuber (gr)
First group A genotype	\bar{x}_i	34.71	50.18	8.14	4.47	2.81	4.07	1.10	170.51	203.42
	$\bar{x}_i - \bar{x}_{...}$	-1.53	-3.08	-2.75	-1.49	-1.76	-0.04	-0.27	-34.61	-60.60
Second group Six genotype	\bar{x}_i	35.24	52.06	10.90	5.61	4.89	4.09	1.28	182.52	200.96
	$\bar{x}_i - \bar{x}_{...}$	-0.99	-1.20	0.02	-0.36	-0.32	-0.02	-0.08	-22.61	-63.06
Third Four genotype	\bar{x}_i	38.11	55.82	11.55	6.88	4.52	4.15	1.55	247.68	373.75
	$\bar{x}_i - \bar{x}_{...}$	1.87	2.57	0.66	0.91	-0.04	0.04	0.19	42.56	109.74
	$\bar{x}_{...}$	36.24	53.26	10.88	5.97	4.57	4.11	1.37	205.12	264.01

انحراف میانگین ژنوتیپ‌ها از میانگین کل منفی داشته ولی میزان این انحراف کمتر از گروه اول است لازم به یادآوری است که کمترین میزان انحراف میانگین ژنوتیپ‌ها از میانگین کل در وزن تر غده‌های سالم نیز مربوط به گروه دوم است که به نظر می‌رسد مربوط به افزایش شمار غده‌های کوچک‌تر از ۳۵ میلی‌متر باشد.

در گروه اول (میلوا) همه ویژگی‌های اندازه‌گیری شده انحراف میانگین ژنوتیپ از میانگین کل منفی داشتند. این گروه از نظر عملکرد و اجزاء مهم آن میانگین کمتری را به خود اختصاص دادند، در گروه دوم (هرمس، پیکاسو، مارفونا، آگریا، سانتا، ساوالان) نیز همه ویژگی‌های اندازه‌گیری شده به جز شمار کل غده

اندازه‌گیری، از نظر واکنش به تنش کم‌آبی بر پایه شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش با لحاظ کردن ۸۵ درصد همسانی در چهار گروه طبقه‌بندی شدند: گروه اول میلو، سانه، پیکاسو، گروه دوم هرمس، ۱-۳۹۷۰۸۱، مرفونا، ساوالان، جلی، آگریا، گروه چهارم کایزر و گروه سوم ۲-۳۹۷۰۶۹ که به ترتیب بیشترین میزان شاخص GMP را داشتند، همچنین به نظر می‌رسد دیررس بودن یا زودرس بودن سیب‌زمینی معیار دقیقی برای سنجش تحمل این گیاه به کم‌آبی نیست و به احتمال ویژگی‌های دیگری از جمله نظام ریشه توسعه‌یافته و ویژگی اندام‌های رویشی می‌تواند معیار بهتری برای سنجش تحمل سیب‌زمینی نسبت به کم‌آبی باشد.

گروه سوم (۲-۳۹۷۰۶۹، ۱-۳۹۷۰۸۱، جلی و کایزر) در همه ویژگی‌ها به جز شمار غده کوچک‌تر از ۳۵ میلی‌متر انحراف میانگین ژنوتیپ‌ها از میانگین کل مثبت دارند (جدول ۸) لذا همان‌طور که پیش‌ازاین نیز در این نوشتار یادآوری شد نتایج مربوطه می‌تواند به دلیل حضور ژنوتیپ‌های ۲-۳۹۷۰۶۹، ۱-۳۹۷۰۸۱ مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها برای کشت در شرایط تنش و همراه با بازیافت ژنوتیپ‌های جلی و کایزر مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها برای کشت در شرایط با آبیاری متداول در مقایسه با شاهد مربوطه باشد.

نتیجه‌گیری

ژنوتیپ‌های مورد بررسی در مجموع دو مرحله

REFERENCES

1. Al-Mahmud, A., Md. Altaf, H., Md. Al-Mamun, A., Md. Shamimuzzaman, E. H., Md. Shafiur, R., Md. Shawquat, A. KH., Md. & Bazzaz, M. (2014a). Plant canopy, tuber yield and growth analysis of potato under moderate and severe drought condition. *Journal of Plant Sciences*, 2(5), 201-208.
2. Al-Mahmud, A., Md. Mahfuz Bazzaz, M.H., Md. Shawquat, A. Kh., Md. Altaf, H. & Kadian, M. S. (2014b). *Tuber Yield, Tuber Quality and Plant Water Status of Potato under Drought and Well Watered Condition. Global Journal of Science Frontier Research: D Agriculture and Veterinary*. Retrieved June 3, 2015, from <http://journalofscience.org/index.php/GJSFR/article/view/1373/1235>
3. Anithakumari, A. M. (2011). *Genetic Dissection of Drought Tolerance in Potato*. Ph.D. Thesis. Wageningen University, Netherlands.
4. Ayas, A. & Korukçu, A. (2010). Water-Yield Relationships in Deficit Irrigated Potato. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*, 2(24), 23-36.
5. Baci, A. (2013). Reaction of native potato varieties to water stress. Potato Research and Development Station-Târgu Secuiesc, Romania. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 17(2), 80- 86.
6. Bagheri, H., Gharine, M., Bakhshande, A., Tae, J., Mehnatkesh, A. & Andarzian, B. (2014). Effect of drought tension and amount of nitrogen on yield and some qualitative and physiological traits of potato in Chahar Mahal va Bakhtiari climate conditions. *Crop Physiology Journal*, 6(22), 5-22. (in Farsi)
7. Barascu, N., Donescu, V., Duda, M., Donescu, D. & Ianosi, M. (2013). Preliminary results regarding the effects of extreme climatic conditions on the yield quality of different Romanian potato varieties. *Seria Agronomie*, 57(1), 195-189.
8. Boyer, J. S. (1982). *Plant Productivity and Environment Science*. 218: 443-448.
9. Choukan, R., Taherkhani, T., Channadha, MR. & Khodarahmi, M. (2006). Evaluation of drought Tolerance in grain maize inbred lines usines drought tolerance indices. Iran. *Journal of Agricultural Science*, 8(1), 79-89.
10. Deblonde, P., Haverkort, A. & Ledent, J.F. (1999). Response of early and late potato cultivars to moderate drought conditions: agronomic parameters and carbon isotope discrimination. *European Journal of Agronomy*, 11(2), 91-105.
11. Ebrahimipak, N. A. (2012). Optimization of irrigation water for the cropping pattern of wheat and potato in the condition of standard irrigation and water deficit. *Journal of Soil and Water Research*, 4(43), 315-323. (in Farsi)
12. Eskandari, A., Khazaie, H., Nezami, A., Kafi, M. & Majdabadi, A. (2011). Study the Effects of Irrigation Regimes on Physiological Traits, Yield and Water Use Efficiency of Potato (*Solanum tuberosum* L.) in Mashhad Weather Condition. *Journal of Horticulture Science*, 25(2), 201-210. (in Farsi)
13. Faberio, C., Martin de santa Olalla, F. A. & de Juan, J. (2001). Yield and size of deficit irrigated potatoes. *Agricultural Water Management*, 48, 255-260.
14. Farshadfar, E., Ghanadha, M., Zahravi, M. & Sutka, J. (2001). Genetic analysis of drought Tolerance in wheat. *Plant Breeding*, 114, 542-544.

15. Farshadfar, E., Poursiahbidi, M. M. & Safavi, S. M. (2013). Assessment of drought Tolerance in land races of bread wheat based on resistance / tolerance indices. *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1(2), 143-158.
16. Fernandez, G. C. J. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crop in temperature and water stress. Taiwan, 257-270.
17. Fischer, R. A. & Maurer, R. (1987). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. grain yield response. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29(5), 897-912.
18. Golabadi, M., Arzani, A. & Mirmohammadi Maibody, S. A. M. (2006). Assessment of drought Tolerance in segregating populations in durum wheat. *African Journal Agricultural Research*, 1(5), 162-171.
19. Gorji, M. A., Mátyás, K., Dubleczi, Zs., Decsi, K., Cernák, I., Decsi, K., Taller, J., Hoffmann, B. & Polgar, Z. (2012). In vitro osmotic stress tolerance in potato and identification of major QTLs. *American Potato Research Journal*, 6(89), 453-464.
20. Haverkort, A. J., Van de Waart, M. & Bodlaeander, K. B. A. (1990). The effect of early drought stress on numbers of tubers and stolon of potato in controlled and field conditions. *Potato Research*, 33, 89-96.
21. Hack, H., Gall, H., Klemke, TH., Klose, R., Meier, U., Staussund, R. & Witzgen-Berger, A. (1993). Phänologische Entwicklungsstadien der Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.). Codierung und Beschreibung nach der erweiterten BBCH-Skala mit Abbildungen. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd*, 45, 11-19.
22. Jaleel, C. A., Sankar, B., Murali, P. V., Gomathinayagam, M., Lakshmanan, G.M. A. & Panneerselvam, R. (2008). Water deficit stress effects on reactive oxygen metabolism in *Catharanthus roseus*; Impacts on ajmalicine accumulation. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, Elsevier*, 62, 105-111.
23. 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.
24. Lahlou, O., Ouattar, S. & Ledent, J. F. (2003). The effect of drought and cultivar on growth parameters, yield and yield components of potato. *Agronomie*, 23, 257-268.
25. Mani, F. & Hannachi, C. (2015). Physiological traits of drought tolerance in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology*, 4(1) 0131-0150.
26. Mathews, M. A., Van-Volkenburg, E. & Boyer, J. S. (1984). Acclimation of leaf growth to low water potential in sunflower. *Plant, Cell and Environment*, 7, 199-286.
27. MAJ. (2015). *Communication and Information Technology Center: Statistics*. Retrieved July 6, 2015, from <http://www.maj.ir/Portal/File/ShowFile.aspx?ID=6f66d3e3-0884-4823-b12d-6319a2edad84>.
28. Miri, Z., Asghari, Z. & Penahi Kord Aghari, KH. (2009). Effect of Irrigation Regimes and Fertilizer Combinations on Yield of Two Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivars in Freidan. *Journal of science and technology of agriculture and natural resource, water and soil science*, 12(46), 177-186. (in Farsi)
29. Moamenpoosh, AS., Mortazavibeak, A., Bagheri, M.R., Pashnam, M. & Kakaee, M. (2005). *Check water use efficiency in a row and two-row cultivation of commercial varieties of potato*. Agricultural Experiment Station Esfahan, 56.
30. Minitab 16 [Statistical software] (2010). *Minitab Inc.*, State College, Pennsylvania, USA.
31. Mohammadi, R., Farshadfar, E., Aghae, M. & Shutka, J. (2003). Locating QTLs controlling drought Tolerance criteria in rye using disomic addition lines. *Cereal Research Communications*, 31, 257-263.
32. Mollasadeghi, V. (2010). *Effect of potassium humate on yield and yield components of wheat genotypes under end seasonal drought stress condition*. M.Sc. thesis, Islamic Azad University, Ardabil branch, Iran.
33. Ramirez, P. & Kelly, J. D. (1998). Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica*, 99, 127-136.
34. Rosielle, A. A. & Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non – stress environment. *Crop Science*, 21, 943-946.
35. SAS/STAT, version 9.2[Computer Software]. (2008). *SAS Institute*, Cary, NC.
36. Sharma, N., Kumar, P., Kadian, M. S., Pandey, S. K., Singh, S. V. & Luthra, S. K. (2011). Performance of potato (*Solanum tuberosum*) clones under water stress. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 81(9), 825-9.
37. Sibomana, I. C., Aguyoh, J. N. & Opiyo, A. M. (2013). Water stress affects growth and yield of container grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants. *Global Journal of bio science and Biothechnology*, 2 (4), 461-466.
38. Tourneux, C., Devaux, A., Camacho, M. R., Mamani, P. & Ledent, J. F. (2003). Effects of water shortage on six potato genotypes in the highlands of Bolivia (I): morphological parameters, growth and yield. *Agronomie*, 23(2), 169-179.
39. Vasiter, K. E. (2014). *Inheritance of tolerance to drought from selected (Solanum tuberosum) cultivars in Uganda*. M.Sc. thesis. Plant breeding and seed systems of makerere, Uganda.