مجله علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علف‌های هرز، سال چهارم، شماره ۱۶، زمستان ۱۳۸۹، صفحه ۱۸-۱

بررسی تحمل ارقام و کلون‌های امیدبخش سیب‌زمینی به کم‌آبی در منطقه‌ی اردبیل

داود حسن‌پناه[۱] و حسن حسن‌آبادی[۲]

چکیده

کلون‌های امیدبخش ۱۰-۳۹۷۰۰۸، ۷-۳۹۷۰۰۹ و ۳-۳۹۷۰۰۹ و ارقام ساوالان، آگریا (شاهد) و کایزر (شاهد) در سه تیمار آبیاری به صورت طرح اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل طی دو سال (۱۳۸۷ و ۱۳۸۸) بررسی شد. در کرت اصلی سه تیمار آبیاری (آبیاری به میزان ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز) و در کرت فرعی ارقام و کلون‌های امیدبخش اعمال شد. نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که بین سطوح آبیاری و ارقام از لحاظ صفات عملکرد غده‌ی کل و قابل فروش، تعداد و وزن غده در بوته‌ی کل و قابل فروش، بین سال و اثرمتقابل سال و رقم از لحاظ صفت عملکرد غده‌ی کل، بین اثرمتقابل سطوح مختلف آبیاری و رقم از لحاظ کلیه‌ی صفات به جز وزن غده‌ی کل در بوته و تعداد ساقه‌ی اصلی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در شرایط ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز کلیه‌ی ارقام و کلون‌ها، در شرایط ۷۵ درصد آب مورد نیاز کلون‌های ۳-۳۹۷۰۰۹، ۱۰-۳۹۷۰۰۸ و ۷-۳۹۷۰۰۹ و ارقام ساوالان و کایزر و در شرایط ۵۰ درصد آب مورد نیاز کلون‌های ۱۰-۳۹۷۰۰۸ و ۳-۳۹۷۰۰۹ و رقم ساوالان از عملکرد غده‌ی قابل فروش بیشتری برخوردار بودند. کلون ۱۰-۳۹۷۰۰۸ در کلیه‌ی سطوح آبیاری از بیشترین تعداد و وزن غده‌ی قابل فروش در بوته برخوردار بود. در شرایط تنش ملایم و شدید، از نظر شاخص‌های حساسیت، تحمل و مقاومت به تنش کم‌آبی کلون‌های ۳-۳۹۷۰۰۹، ۱۰-۳۹۷۰۰۸ و رقم ساوالان نیمه متحمل تا متحمل و رقم آگریا حساس به تنش آبی انتخاب شدند.

واژگان کلیدی: ارقام و کلون‌های سیب‌زمینی، عملکرد غده، کم آبی، *Solanum tuberosum*.

۱- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (نگارنده‌ی مسئول) d_hassanpanah@yahoo.com
۲- عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۲۶
تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۱۲

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

ارزیابی تنش‌هایی که احتمال محدود کنندگی آنها در تولید محصولات زراعی بیشتر است، از مهم‌ترین مواردی است که باید در برنامه‌ریزی برای آینده مورد توجه قرار گیرد. به طوری که امروزه در دنیا بهبود مقاومت یا تحمل تنش‌های زیستی و غیرزیستی یکی از اهداف اصلی اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی گیاهی به شمار می‌رود. اما به لحاظ پیچیده و پلی ژنیک بودن واکنش گیاه به تنش، برنامه‌های به نژادی جهت افزایش تحمل به تنش‌های محیطی در مقایسه با سایر برنامه‌های به نژادی موفق نبوده است. بنابراین، درک و شناخت صفات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و بیوشیمیایی که تحمل گیاه را به تنش افزایش می‌دهند و نحوه‌ی وراثت این صفات الزامی است تا بتوان ارقام خاص مناطق مختلف را معرفی کرد (Ranalli *et al*. 1994).

بر اساس آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی سطح زیرکشت سیب‌زمینی در ایران حدود ۱۴۹ هزار هکتار بوده که ۹۸/۵۴ درصد آن به صورت آبی و ۱/۴۶ درصد آن دیم است. میزان تولید سیب زمینی کشور در سال ۱۳۸۶ حدود ۵/۲ میلیون تن بوده که حدود ۹۹ درصد آن از اراضی آبی و بقیه از اراضی دیم حاصل شده است. متوسط عملکرد سیب زمینی آبی کشور حدود ۲۵ تن در هکتار گزارش شده است (FAO, 2008). این مقدار با متوسط عملکرد کشورهای اروپایی اختلاف قابل توجهی دارد که این امر ناشی از مسایل به زراعی، آگروتکنیکی، عدم تامین بذر گواهی شده و عدم سازگاری ارقام وارداتی با کلیماهای مختلف می‌باشد (Hassanpanah and Hoseinzadeh, 2007).

کمبود آب یکی از معمول‌ترین انواع تنش در زراعت سیب زمینی به شمار می‌آید (Mosavi Fazl, 1998) و از عوامل مهم کاهش عملکرد و کیفیت غده محسوب می‌گردد.

از آن‌جایی که سیب زمینی نسبت به کمبود آب بسیار حساس می‌باشد (Foti *et al*. 1995؛ van Loon, 1981 و Vayda, 1994) و ارقام مختلف تحمل متفاوتی از خود نشان می‌دهند (Harris, 1992 و Levy, 1983)، لذا فراهم نمودن آب کافی عامل مهم در افزایش کمیت و کیفیت سیب زمینی می‌باشد (Iritani and Weller, 1973 و Khorshidi, 2002). عملکرد غده سیب زمینی وابسته به زمان ایجاد تنش (Spitters and Schapendonk, 1990)، شرایط آب و هوایی و خاک می باشد (Harris, 1992).

واندرزاگ و برتان (به نقل از Hassanpanah and Hoseinzadeh, 2007) بیان نمودند که عملکرد سیب زمینی در اروپا به علت محدودیت آب در انتهای فصل رشد کاهش می‌یابد. چند عامل در این حالت نقش دارد: عمق کم ریشه‌دهی، ریشه‌های نازک‌تر، ناتوانی شدید در خاک‌های متراکم و حساسیت بیشتر روزنه‌ای برگ که در اثر کاهش پتانسیل آب برگ منجر به کاهش تعرق، فتوسنتز و در نتیجه کاهش عملکرد غده می‌شود. علاوه بر این، تغییر در میزان آب قابل استفاده‌ی خاک می‌تواند باعث ترک خوردن غده و بد شکلی آن شود. مانند رشد ثانویه، غده‌های پوک و بزرگ شدن چشم‌ها به علت رطوبت زیاد خاک (Lugt *et al*. 1964). تنش آبی در شرایط مزرعه‌ای ارتفاع ساقه، وزن شاخ و برگ، تعداد ریشه و وزن خشک ریشه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Tourneux *et al*. 2003).

گزارش شده است که در فاصله‌ی میان سبز شدن تا تشکیل غده، آبیاری زیاد به تولید ریشه‌های سطحی و ضعیف منجر می‌گردد و آبیاری با دور طولانی در این مرحله توصیه شده است. همچنین، معلوم شده است که سیب‌زمینی در دوره‌ی رشد

Archive of SID

www.SID.ir

رویشی حساسیت کمتری نسبت به کم آبی نشان می‌دهد. اگر چه گیاهان در مرحله‌ی رشد رویشی متناسب با طول دوره خشکی رشد کمتری را نشان می‌دهند اما این کاهش پس از تأمین رطوبت می‌تواند جبران شود. رشد مطلوب ریشه که معمولاً با هزینه‌ی کاهش رشد برگ‌ها همراه است، عاملی است که گیاه را به خشکی متحمل می‌سازد (Begg and Turner, 1976).

براساس تحقیقات هاریس (Harris, 1992) و استرویک و ورست (Struik and Voorst, 1986) برای به دست آوردن عملکرد بالا در سیب زمینی، نباید محتوی آب خاک کمتر از ۵۰ درصد ماکزیمم آب قابل دسترس در ناحیه‌ی ریشه‌ها باشد. فراهم شدن آب کافی قبل از تشکیل غده، تعداد غده در هر گیاه را افزایش می‌دهد، در صورتی که فراهم شدن آب کافی بعد از تشکیل غده، اندازه‌ی غده را افزایش خواهد داد.

در سال‌های اخیر برای مطالعه‌ی سطوح تنش آبی در گیاهان زراعی، بافت های گیاهی را در معرض عوامل اسمزی قرار می‌دهند (Blum, 2006). بررسی سطوح تنش خشکی با استفاده از پلی اتیلن گلیکول در شرایط درون شیشه‌ای برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در سیب زمینی انجام شده است (Gopal *et al.* 2005؛ Li *et al.* 2005 و Zhang and Donnelly, 1997). بر اساس نتایج طرح‌های تحقیقاتی در سال‌های گذشته (۸ سال)، تعداد ۳۲ کلون امیدبخش سیب زمینی مورد مطالعه قرار گرفت.

کلون‌های ۳۹۷۰۰۸-۱۰، ۳۹۷۰۰۹-۷، ۳۹۷۰۰۹-۳ و ۳۹۷۰۰۷-۹ دارای بیشترین عملکرد غده‌ی کل و قابل فروش و دارای سیستم ریشه‌ای عمیق بودند (Hassanpanah and Hoseinzadeh, 2007). با توجه به جدید بودن کلون‌ها و پاره‌ای از مشخصات (عملکرد بیشتر و سیستم ریشه‌ای عمیق) احتمال تفاوت در کلون‌های مورد بررسی وجود دارد. لذا جهت اظهار نظر دقیق‌تر نیاز به بررسی میزان تحمل آنها به کم آبی می‌باشد. ضمناً با توجه به میزان افت عملکرد ارقام تحت تنش، جایگزینی ارقام با کلون‌های امیدبخش متحمل به کم آبی از نظر اقتصادی مهم می‌باشد. هدف از این تحقیق ارزیابی میزان تحمل ارقام و کلون‌های امیدبخش سیب زمینی به تنش کم آبی در منطقه‌ی اردبیل بود.

مواد و روش‌ها

کلون‌های امیدبخش ۳۹۷۰۰۸-۱۰، ۳۹۷۰۰۹-۷ و ۳۹۷۰۰۹-۳ و ارقام ساوالان، آگریا (شاهد) و کایزر (شاهد) در سه تیمار آبیاری به صورت طرح اسپلیت پلات در قابل طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل طی دو سال (۱۳۸۷ و ۱۳۸۸) بررسی شد. در کرت اصلی سه تیمار آبیاری (آبیاری به میزان ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز سیب زمینی) و در کرت فرعی ارقام و کلون‌های امیدبخش اعمال شد. زمان شروع آبیاری بر اساس ۳۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A صورت گرفت (Ahmadi Adli, 1996). بدین ترتیب پس از محاسبه میزان آب مورد نیاز تیمارها، با استفاده از کنتورهای حجمی مقادیر آب لازم اندازه گیری و تحویل داده شد.

هر کرت مشتمل بر ۴ خط ۶ متری بوده که غده‌ها به فاصله‌ی ۷۵ سانتی‌متر بین ردیف و ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف کشت شد. جهت جلوگیری از نفوذ جانبی رطوبت بین کرت‌های هم‌جوار ۱/۵ متر فاصله در نظر گرفته و در زمان برداشت نیز با حذف دو خط طرفین و ۰/۵ متر از ابتدا و انتها، اثر حاشیه به حداقل رسید. برای اندازه‌گیری میزان بارندگی روزانه یک دستگاه باران سنج و جهت ثبت تبخیر روزانه یک دستگاه تشتک تبخیر نصب شد. مصرف

Archive of SID

www.SID.ir

کودهای فسفاته در دو نوبت (۵۰ درصد موقع کاشت و ۵۰ درصد در دوره‌ی تشکیل غده)، نیتروژنه در سه نوبت (۲۵ درصد موقع کاشت، ۵۰ درصد در زمان سبز شدن و ۲۵ درصد بلافاصله پس از تشکیل غده) و پتاسه در یک نوبت (موقع کاشت) بود. بقیه‌ی عملیات داشت از قبیل وجین علف‌های هرز و کنترل آفات و بیماری‌ها در کلیه‌ی کرت‌ها به طور یکنواخت انجام شد. در طی دوره‌ی رشد صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه‌ی اصلی، تعداد و وزن غده در بوته، تعداد و وزن غده‌ها در اندازه‌های کوچک‌تر از ۳۵، بین ۵۵-۳۵ و بزرگ‌تر از ۵۵ میلی‌متر و عملکرد کل غده و قابل فروش اندازه‌گیری شد.

تجزیه واریانس مرکب صورت گرفته و مقایسات میانگین بر اساس آزمون دانکن انجام شد. داده‌ها در نرم افزار SPSS نسبت به تمام صفات به روش حداقل واریانس وارد و شاخص مقاومت به تنش کم آبی تجزیه‌ی کلاستر گردیدند و گروه‌بندی ارقام و کلون‌ها در سطوح مختلف تنش انجام شد. برای انتخاب کلون و ارقام متحمل به تنش کم آبی از شاخص‌های حساسیت، تحمل و مقاومت به تنش کم آبی به شرح ذیل استفاده شد.

شاخص مقاومت به کم آبی

$$D.R. = 8 - 6 \times \frac{v - d}{D - d}$$

v: درصد کاهش عملکرد غده در رقم مورد آزمایش، d: درصد کاهش عملکرد غده در رقمی که بیشتر تحت تاثیر تنش قرار گرفته است و D: درصد کاهش عملکرد غده در رقمی که کمتر تحت تاثیر تنش قرار گرفته است.

مقدار این شاخص بین ۲ (حساس) و ۸ (متحمل) می‌باشد (Flack, 2002).

سنجش شدت خشکی و شاخص حساسیت خشکی

شدت خشکی با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید که عبارت است از:

$$SI = 1-YD/YP$$

YD: میانگین کل عملکرد غده آزمایشی تحت شرایط خشکی، YP: میانگین کل عملکرد غده آزمایشی تحت شرایط بدون خشکی و SI: شدت خشکی یا سختی محیط است.

میزان حساسیت به خشکی هر رقم با استفاده از فرمول فیشرو و مورر (Fischer and Maurer, 1978) محاسبه شد که عبارت‌است از:

$$SSi = (1-YDi/YPi)/SI$$

YDi: عملکرد غده هر رقم در محیط تحت تنش خشکی، YPi: عملکرد غده هر رقم در محیط بدون خشکی و SSi: میزان حساسیت خشکی است.

هر چه مقدار YDi به YPi نزدیک‌تر باشد حساسیت آن رقم به خشکی کمتر بوده و در نتیجه مقدار SSi آن رقم کوچک‌تر می‌باشد. هر چه مقدار SSi از یک کمتر باشد، نشان‌دهنده‌ی مقاومت بیشتر آن رقم به خشکی است.

شاخص تحمل و میانگین حسابی

شاخص (TOL) و میانگین حسابی (MP) هر رقم با فرمول روزیل و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) محاسبه شد که عبارت است از:

$$TOL = Ypi-YSi$$
$$MP = (Ypi+YSi)/2$$

با توجه به این که مقدار TOL ناشی از اختلاف عملکرد بین شرایط تنش و بدون تنش می‌باشد، پس هر چه بین دو محیط اختلاف کمتر باشد مناسب است.

Archive of SID

www.SID.ir

شاخص میانگین هندسی عملکرد و درصد تغییرات

شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP) با استفاده از فرمول بارون محاسبه گردید. این شاخص در تشخیص گیاهانی که دارای عملکرد بالا در شرایط تنش و بدون تنش هستند موثر می‌باشد (Frenandez, 1992).

$$GMP = \sqrt{(Ys) \times (Yp)}$$

شاخص تحمل تنش

شاخص تحمل تنش با استفاده از فرمول فرناندز (Frenandez, 1992) محاسبه گردید که عبارت است از :

$$STi = (Ys \times Yp) / \bar{Y}p^{2}$$

YP: عملکرد غده هر رقم در شرایط عادی آبیاری، YS: عملکرد غده هر رقم در شرایط تنش آبی و $\bar{Y}p$ میانگین عملکرد کلیه‌ی ارقام در شرایط عادی آبیاری است. هر چه مقدار STi بالا باشد، نشان دهنده‌ی مقاومت بیشتر آن رقم به تنش آبی است .

شاخص تحمل به تنش تغییر شکل یافته

شاخص تحمل به تنش تغییر شکل یافته با استفاده از فرمول نادری و همکاران (Naderi *et al.* 1999) محاسبه گردید که عبارت است از:

$$MSTi = K \times [(Ys \times Yp) / \bar{Y}p^{2}]$$
$$K = (Ysi^{2} / Ys^{2})$$

K: برای زیر اقلیم با احتمال بروز شرایط نامطلوب، Ysi^{2}: مربع عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط تنش و Ys^{2}: مربع میانگین عملکرد همه‌ی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که بین سطوح آبیاری و ارقام از لحاظ صفات عملکرد غده‌ی کل و قابل فروش، تعداد و وزن کل غده در بوته و قابل فروش، بین سال و اثرمتقابل سال و رقم از لحاظ صفت عملکرد غده‌ی کل، بین اثرمتقابل سطوح مختلف آبیاری و رقم از لحاظ کلیه‌ی صفات به جز وزن غده در بوته و تعداد ساقه‌ی اصلی اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۱). وجود اختلاف معنی‌دار بین صفات مورد مطالعه نشان می‌دهد که تنش آبی بر روی صفات تأثیر داشته است. اثرمتقابل سال× سطوح مختلف آبیاری×رقم برای هیچ یک از صفات معنی‌دار نشد.

عملکرد غده‌ی کل در ارقام ساوالان، آگریا و کایزر و کلون ۳-۳۹۷۰۰۹ در شرایط بدون تنش (۱۰۰ درصد آب مورد نیاز) و رقم ساوالان و کلون ۳-۳۹۷۰۰۹ در شرایط تنش متوسط (۷۵ درصد آب مورد نیاز) و تنش شدید (۵۰ درصد آب مورد نیاز) بشتر بود. عملکرد غده‌ی کل در رقم ساوالان و کلون ۳-۳۹۷۰۰۹ با اعمال تنش‌های ملایم و شدید نسبت به بدون تنش کاهش نشان داد. مقدار کاهش عملکرد غده‌ی کل رقم ساوالان و کلون ۳-۳۹۷۰۰۹ در شرایط بدون تنش نسبت به تنش متوسط و تنش شدید به طور متوسط ۱۶/۹۱ و ۲۶/۵۸ درصد بود. در حالی که این مقدار برای رقم آگریا (شاهد) ۲۹/۵۹ و ۴۵/۸۷ درصد و برای رقم کایزر (شاهد) ۲۴/۹۲ و ۴۲/۲۸ درصد بود (شکل ۱).

در شرایط ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز کلیه‌ی ارقام و کلون‌ها، در شرایط ۷۵ درصد آب مورد نیاز کلون‌های ۳-۳۹۷۰۰۹، ۱۰-۳۹۷۰۰۸ و ۷-۳۹۷۰۰۹ و ارقام ساوالان و کایزر و در شرایط ۵۰ درصد آب مورد نیاز کلون‌های ۱۰-۳۹۷۰۰۸ و ۳-۳۹۷۰۰۹ و

Archive of SID

www.SID.ir

رقم ساوالان از عملکرد غده‌ی قابل فروش بیشتری برخوردار بودند (شکل ۲).

از نتایج بالا می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کلون‌های ۱۰-۳۹۷۰۰۸ و ۳-۳۹۷۰۰۹ و رقم ساوالان در هر سه تیمار آبیاری (نرمال، تنش ملایم و شدید) از عملکرد غده‌ی قابل فروش بیشتری نسبت به شاهد حساس (رقم آگریا) و شاهد متحمل (رقم کایزر) برخوردار بودند. مقدار کاهش عملکرد غده‌ی قابل فروش برای کلون‌های ۱۰-۳۹۷۰۰۸ و ۳-۳۹۷۰۰۹ و رقم ساوالان در شرایط بدون تنش نسبت به تنش متوسط و تنش شدید به طور متوسط ۱۳/۸۹ و ۳۰/۹۳ درصد، برای رقم آگریا (شاهد) ۱۶/۱۴ و ۱۹/۳۶ تن در هکتار و برای رقم کایزر (شاهد) ۳۷/۶۸ و ۴۴/۲۲ درصد بود (شکل ۲).

به جز رقم آگریا بقیه‌ی کلون‌ها و ارقام از وزن غده‌ی کل در بوته بیشتری برخوردار بودند (شکل ۳). کلون ۱۰-۳۹۷۰۰۸ در کلیه‌ی سطوح از بیشترین وزن غده‌ی قابل فروش در بوته برخوردار بود و اختلاف ناچیزی در سطوح تنش ملایم و شدید نشان داد. رقم آگریا در ۷۵ درصد آب مورد نیاز نسبت به شاهد کاهش معنی‌دار نشان داد در حالی که دیگر ارقام در ۷۵ درصد آب مورد نیاز متحمل بودند (شکل ۴).

از لحاظ صفت تعداد غده در بوته دو رقم کایزر و آگریا متحمل به تنش هستند. حساسیت کلون ۳-۳۹۷۰۰۹ از ۷۵ درصد آب مورد نیاز به ۵۰ درصد آب مورد نیاز تفاوتی نداشت. بقیه‌ی ارقام و کلون‌ها بین ۷۵ و ۵۰ درصد آب مورد نیاز اختلاف معنی‌دار نشان دادند (شکل ۵).

بین کلون ۳-۳۹۷۰۰۹ با بقیه‌ی کلون‌ها و ارقام از لحاظ صفت تعداد غده‌ی قابل فروش در بوته در تیمار ۵۰ درصد آب مورد نیاز اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. رقم ساوالان و کلون‌های ۱۰-۳۹۷۰۰۸ و ۷-۳۹۷۰۰۹ در تیمار ۱۰۰ و ۷۵ درصد آب قابل استفاده دارای بیشترین تعداد غده‌ی قابل فروش در بوته بودند و اختلاف معنی‌داری بین تیمار ۱۰۰ و ۷۵ درصد آب قابل استفاده در این کلون‌ها و رقم مشاهده نشد ولی با ۵۰ درصد آب قابل استفاده اختلاف معنی‌داری نشان دادند (شکل ۶).

رابطه‌ی عملکرد غده‌ی کل با عملکرد غده‌ی قابل فروش، تعداد و وزن غده در بوته کل و قابل فروش مثبت و معنی‌دار بود. عملکرد غده‌ی قابل فروش با تعداد و وزن غده در بوته کل و قابل فروش رابطه‌ی مثبت و معنی‌دار نشان داد (جدول ۲).

بر اساس شاخص تحمل به تنش کم آبی در شرایط تنش ملایم، کلون‌های ۱۰-۳۹۷۰۰۸ و ۷-۳۹۷۰۰۹ متحمل، کلون ۳-۳۹۷۰۰۹ و رقم ساوالان نیمه متحمل، کایزر نیمه حساس و رقم آگریا حساس به تنش کم آبی و در شرایط تنش شدید، کلون ۱۰-۳۹۷۰۰۸ متحمل، کلون‌های ۷-۳۹۷۰۰۹، ۳-۳۹۷۰۰۹ و رقم ساوالان نیمه متحمل، کایزر نیمه حساس و رقم آگریا حساس به تنش کم آبی انتخاب شدند (جدول ۳).

از لحاظ شاخص تحمل به تنش کم آبی ارقام و کلون‌ها در شرایط تنش ملایم در دو خوشه قرار گرفتند. خوشه‌ی اول شامل دو زیر خوشه بود. زیر خوشه‌ی اول شامل کلون ۳-۳۹۷۰۰۹ و رقم ساوالان و زیر خوشه‌ی دوم شامل کلون‌های ۱۰-۳۹۷۰۰۸ و ۷-۳۹۷۰۰۹ و خوشه‌ی دوم شامل ارقام کایزر و آگریا بودند (شکل ۷). با توجه به جدول ۳ و شکل ۷ مشاهده می‌شود که اختلاف بین کلون ۳-۳۹۷۰۰۹ و رقم ساوالان در زیر خوشه‌ی اول، ۰/۳۶ با میانگین ۶/۷۴ می‌باشد که در گروه نیمه متحمل قرار گرفتند. اختلاف بین کلون‌های ۱۰-۳۹۷۰۰۸ و ۷-۳۹۷۰۰۹ در زیر خوشه‌ی دوم ۰/۵۳ با میانگین ۷/۳۴ بود و به عنوان کلون‌های متحمل انتخاب شدند.

Archive of SID

www.SID.ir

اختلاف بین ارقام کایزر و آگریا در خوشه‌ی دوم ۱/۸۸ با میانگین ۲/۹۴ بود که به عنوان ارقام نیمه حساس بودند. اختلاف بین زیر خوشه‌ی اول و دوم حداقل و اختلاف این‌ها با خوشه‌ی دوم (گروه شاهد) معنی‌دار بود.

ارقام و کلون‌ها در شرایط تنش شدید در سه خوشه قرار گرفتند. خوشه‌ی اول شامل کلون‌های ۳۹۷۰۰۹-۷، ۳۹۷۰۰۹-۳ و رقم ساوالان، خوشه‌ی دوم شامل کلون ۳۹۷۰۰۸-۱۰ و خوشه‌ی سوم شامل ارقام کایزر و آگریا بود (شکل ۸).

با توجه به جدول ۳ و شکل ۸ مشاهده می‌شود که بین کلون‌های ۳۹۷۰۰۹-۷ و ۳۹۷۰۰۹-۳ اختلاف ۰/۰۳ و این کلون‌ها با رقم ساوالان ۰/۴۲ با میانگین ۶ بود که در گروه نیمه متحمل قرار گرفتند. کلون ۳۹۷۰۰۸-۱۰ در خوشه‌ی دوم با میانگین ۸ به عنوان کلون متحمل انتخاب شد. اختلاف بین ارقام کایزر و آگریا در خوشه‌ی دوم ۱/۰۳ با میانگین ۲/۵۲ بود که به عنوان ارقام حساس انتخاب شدند. اختلاف بین خوشه‌ی اول و دوم با خوشه‌ی سوم (گروه شاهد) معنی‌دار بود.

برآورد تحمل به تنش کم آبی ارقام سیب زمینی بر اساس عملکرد غده در شرایط نرمال و تنش کم آبی ملایم و شدید در جدول ۴ نشان داده شده است. شدت تنش کم آبی در شرایط تنش ملایم ۲۰ درصد و تنش شدید ۳۵ درصد نسبت به شرایط نرمال بود. در این آزمایش تنش کم آبی باعث کاهش ۲۰ و ۳۵ درصد عملکرد غده شد. در شرایط تنش ملایم و شدید، کلون ۳۹۷۰۰۸-۱۰ از نظر شاخص‌های TOL و SSI تحمل بیشتری به تنش کم آبی نسبت به سایر ارقام داشت و به عنوان کلون متحمل به تنش کم آبی انتخاب شد (جدول ۴). شاخص‌های TOL و SSI قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول در شرایط تنش هستند (Khorshidi, 2002). از این شاخص‌ها حسن‌پناه و حسین‌زاده (Hassanpanah and Hoseinzadeh, 2007) برای تعیین تحمل به تنش کم آبی ارقام سیب زمینی استفاده نموده‌اند. ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده شاخص حساسیت به تنش آبی فیشر و مورر (Fischer and Maurer, 1978) مواد آزمایشی را صرفاً بر اساس مقاومت و حساسیت دسته‌بندی می‌کند، به عبارت دیگر با استفاده از این مدل می‌توان ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم را بدون توجه به پتانسیل عملکرد آنها مشخص نمود. به منظور یافتن ژنوتیپ‌های واجد ژن‌های مقاومت این مدل، کارآیی بسیار بالایی دارد (Khorshidi, 2002).

در شرایط تنش ملایم و شدید از نظر شاخص‌های MP، GMP، STI و MSTI، کلون ۳۹۷۰۰۹-۳ و رقم ساوالان دارای بیشترین مقدار بودند و در گروه متحمل به تنش آبی قرار گرفتند (جدول ۴). کلون ۳۹۷۰۰۸-۱۰ از نظر شاخص‌های SSI، STI و MSTI بین شرایط تنش ملایم و شدید اختلاف ناچیزی داشت و به عنوان کلون متحمل به تنش کم آبی انتخاب شد (جدول ۴). در این شاخص ها عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط مطلوب و نامطلوب در نظر گرفته شد. کلون‌های ۳۹۷۰۰۹-۳ و ۳۹۷۰۰۸-۱۰ و رقم ساوالان از عملکرد غده‌ی بالایی برخوردار بودند و دارای شاخص‌های MP، GMP، STI و MSTI بیشتری نیز هستند و در گروه ارقام متحمل به تنش آبی نیز محسوب شدند. این ارقام در شرایط بدون تنش و دارای تنش عملکرد غده‌ی بالاتری نسبت به سایر ارقام داشتند.

براساس تحقیقاتی که در سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۰ در دورهای مختلف آبیاری روی ۲۰ رقم سیب زمینی اجرا شد، رقم کایزر جزو ارقام پرمحصول در شرایط مطلوب و نامطلوب و متحمل به تنش کم آبی گزارش گردید (Hassanpanah and Hoseinzadeh, 2007). در سال ۱۳۸۵ در شرایط مزرعه‌ای هفت رقم

Archive of SID

www.SID.ir

امیدبخش سیب زمینی (ساتینا، سانته، آگریا، مارفونا، کنبک، کایزر و ساوالان) در سه تیمار آبیاری (آبیاری بعد از ۲۵، ۳۵ و ۵۰ درصد تخلیه‌ی آب قابل دسترس) بررسی و نتایج نشان داد که ارقام ساوالان و کایزر بیشترین عملکرد غده را داشته (به ترتیب ۴۰/۱۹ و ۳۹/۴۳ تن در هکتار) و کارآیی مصرف آب آنها به ترتیب ۴/۹۹ و ۴/۵ کیلوگرم در متر مکعب آب بود.

شهریاری و همکاران (Shahriari *et al.* 2009) با پنج رقم سیب زمینی در چهار فشار اسمزی رقم کایزر را به عنوان رقم متحمل به تنش کم آبی معرفی نمودند. حسن‌پناه (Hassanpanah, 2009 a) و حسن‌پناه (Hassanpanah, 2009 b) با بررسی ارقام مختلف سیب زمینی طی دو سال در مناطق مختلف اردبیل و در آزمایشگاه در شرایط تنش کم آبی، رقم کایزر را به عنوان رقم پرمحصول و متحمل به تنش کم آبی معرفی نمود. براساس نتایج چندین ساله، رقم آگریا (شاهد) به عنوان رقم پرمحصول ولی حساس به تنش کم آبی و رقم کایزر (شاهد) به عنوان رقم متحمل و پرمحصول به تنش کم آبی بودند. در این آزمایش، تحمل به تنش کم آبی رقم ساوالان و کلون-های ۳-۳۹۷۰۰۹ و ۱۰-۳۹۷۰۰۸ از رقم کایزر (شاهد متحمل) بیشتر بود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در ارقام و کلون‌های امیدبخش سیب‌زمینی در سطوح مختلف آبیاری

Table 1- Analysis of variance evaluated traits in potato cultivars and promising clones in different levels of irrigation

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f.	میانگین مربعات Mean of squares							
		عملکرد غده کل total tuber yield	عملکرد غده قابل فروش marketable tuber yield	وزن غده در بوته tuber weight per plant	تعداد غده در بوته tuber number per plant	وزن غده قابل فروش در بوته marketable tuber weight per plant	تعداد غده قابل فروش در بوته marketable tuber number per plant	ارتفاع بوته plant height	تعداد ساقه اصلی main stem number
سال Year	1	3015.59**	4856.23	769125.93	36.46	1015573.88*	16.82	81.82	0.05
خطا Error	4	553.67	556.11	141716.95	25.15	124486.06	12.45	25.33	9.19
سطوح آبیاری Irrigation levels	2	2973.44**	1698.25**	351774.31**	87.26**	390913.58**	61.98**	172.3	1.60
سال × سطوح آبیاری Year × Irrigation levels	2	135.38	87.68	41683.12	14.64	69868.07	4.30	483.23	4.46
خطا Error	8	126.54	92.95	43008.3	6.19	4004.4	2.78	195.44	5.10
رقم Cultivar	5	246.95**	63.07*	42694.11*	7.55*	34720.38**	7.33**	483.31**	21.08**
سال × رقم Year × Cultivar	5	84.33*	28.33	27278.9	1.42	18903.96	1.99	54.54	3.20
سطوح آبیاری× رقم Irrigation levels× Cultivar	10	70.25*	64.37*	26828.49	6.86*	19468.88*	3.59*	100.17**	3.49
سال× سطوح آبیاری× رقم Year×Irrigation levels× Cultivar	10	32.27	17.21	7667.33	3.99	11463.00	0.83	38.26	3.27
خطا Error	60	33.82	32.20	14875.22	3.09	13154.61	1.43	27.57	2.04
C.V.(%)	ضریب تغییرات (درصد)	13.68	16.16	16.97	23.87	18.21	19.72	9.73	24.01

***** و ****** معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

* and ** Significant at 5 and 1% level of probability

www.SID.ir

جدول ۲- همبستگی بین صفات مورد ارزیابی

Table 2- Correlation between of evaluated traits

همبستگی Correlation coefficient	عملکرد غده کل total tuber yield	ارتفاع بوته plant height	تعداد ساقه اصلی main stem number	وزن غده در بوته tuber weight per plant	تعداد غده در بوته tuber number per plant	وزن غده قابل فروش در بوته marketable tuber weight per plant	تعداد غده قابل فروش در بوته marketable tuber number per plant
عملکرد غده قابل فروش marketable tuber yield	۰/۹۱**						
ارتفاع بوته plant height	۰/۰۷	-۰/۰۳					
تعداد ساقه اصلی main stem number	۰/۱۴	۰/۰۸	۰/۳۱				
وزن غده در بوته tuber weight per plant	۰/۸۶**	۰/۹۴**	۰/۲۴	۰/۳۳			
تعداد غده در بوته tuber number per plant	۰/۵۲*	۰/۵۱*	-۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۵۰*		
وزن غده قابل فروش در بوته marketable tuber weight per plant	۰/۶۱*	۰/۹۶**	۰/۲۶	۰/۳۳	۰/۶۰*	۰/۹۲**	
تعداد غده قابل فروش در بوته marketable tuber number per plant	۰/۸۷**	۰/۵۸*	-۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۹۸**	۰/۴۳	۰/۵۴*

* و **: معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

* and ** Significant at 5 and 1% level of probability

جدول ۳- طبقه‌بندی ارقام و کلون‌ها برای متحمل به کم آبی در شرایط تنش ملایم و شدید

Table 3- Classification of cultivars and clones for tolerance to water deficit under mild and severe stress conditions

ارقام و کلون‌ها Cultivars and clones	تحمل به تنش کم آبی Tolerance to water deficit	
	شرایط تنش ملایم Mild stress condition	شرایط تنش شدید Severe stress condition
ساوالان Savalan	6.56	5.73
آگریا Agria	2.00	2.00
کایزر Caeser	3.88	3.03
۳۹۷۰۰۸-۱۰ 397008-10	7.47	8.00
۳۹۷۰۰۹-۷ 397009-7	8.00	6.16
۳۹۷۰۰۹-۳ 397009-3	6.92	6.13

Archive of SID

www.SID.ir

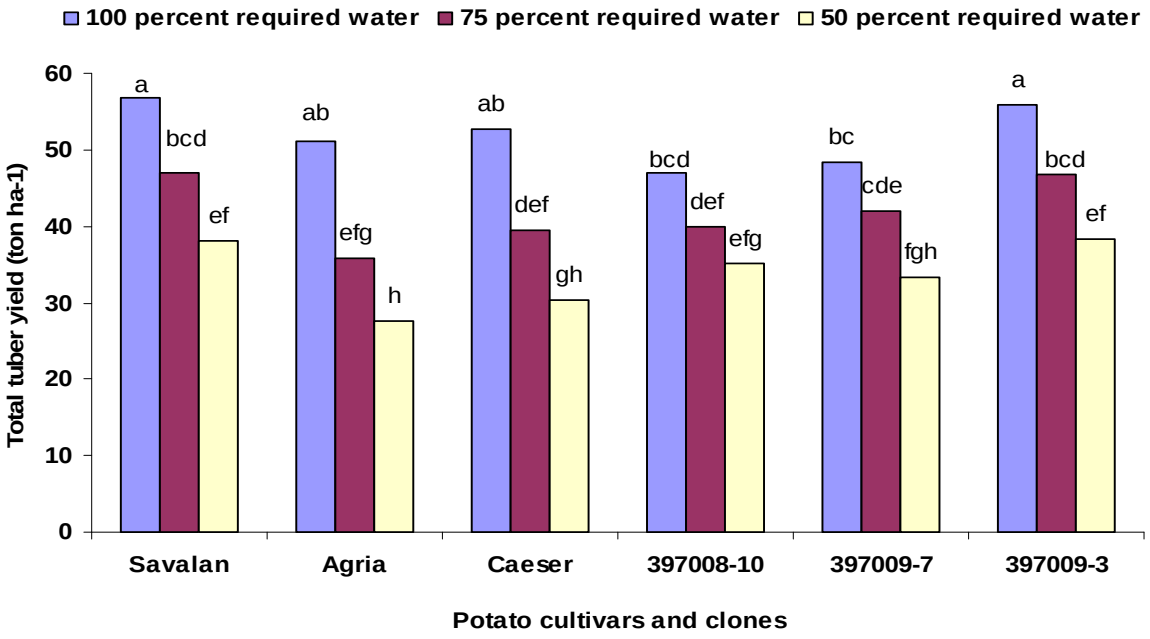
جدول ۴- میانگین شاخص های تحمل و حساسیت به تنش کم آبی در ارقام و کلون های سیب زمینی در شرایط تنش ملایم و شدید

Table 4- Mean of tolerance and sensitivity indices to water deficit stress in potato cultivars and clones under mild and severe stress conditions

ارقام و کلون ها Cultivars and clones	شاخص تحمل به تنش تغییرشکل یافته Modified Stress Tolerance Index (MSTI)		شاخص تحمل به تنش Stress Tolerance Index (STI)		شاخص حساسیت به تنش Stress Susceptility Index (SSI)		میانگین هندسی Geometric Mean (GMP)		میانگین حسابی Mean Productivity (MP)		شاخص تحمل Tolerance Index (TOL)	
	شدید Severe	ملایم Mild	شدید Severe	ملایم Mild	شدید Severe	ملایم Mild	شدید Severe	ملایم Mild	شدید Severe	ملایم Mild	شدید Severe	ملایم Mild
ساوالان Savalan	1.02	1.24	0.80	0.99	0.94	0.89	46.55	51.6	47.48	51.87	18.66	9.89
آگریا Agria	0.35	0.50	0.53	0.68	1.31	1.54	37.66	42.8	39.45	43.47	23.48	15.45
کایزر Caeser	0.48	0.69	0.59	0.77	1.21	1.27	39.96	45.6	41.48	46.05	22.24	13.11
۳۹۷۰۰۸-۱۰ 397008-10	0.66	0.63	0.61	0.69	0.71	0.76	40.63	43.3	41.05	43.41	11.68	6.97
۳۹۷۰۰۹-۷ 397009-7	0.58	0.76	0.60	0.75	0.90	0.68	40.16	45.1	40.88	45.23	15.19	6.48
۳۹۷۰۰۹-۳ 397009-3	1.01	1.20	0.79	0.96	0.90	0.84	46.22	51.1	47.04	51.24	17.54	9.15

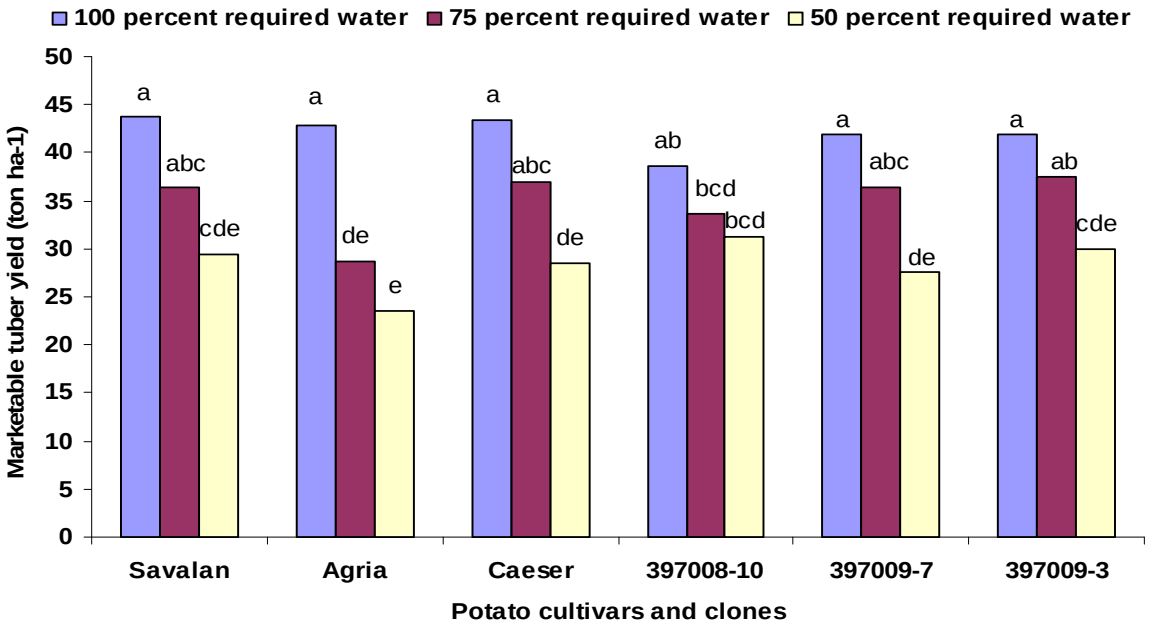
شدت تنش کم آبی (ملایم): ۰/۲۰، شدت تنش کم آبی (شدید): ۰/۳۵

water deficit stress intensity (mild): 0.20, water deficit stress intensity (severe): 0.35



شکل ۱- میانگین عملکرد غده کل در ارقام و کلون‌های سیب زمینی و سطوح مختلف آبیاری

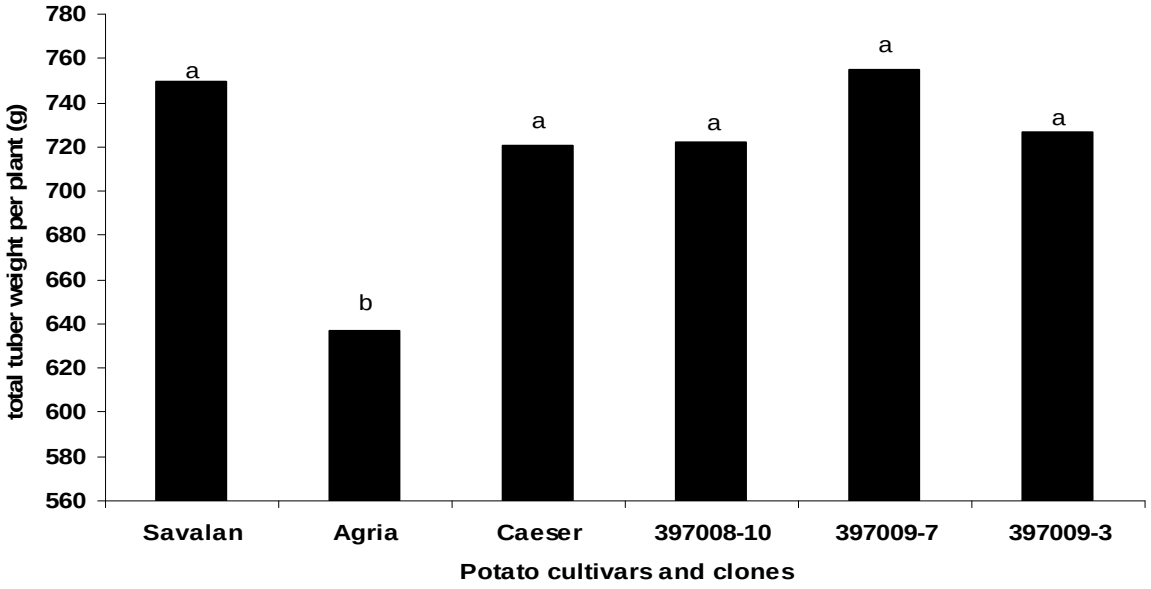
Figure 1- Mean of total tuber yield in potato cultivars and clones and irrigation different levels



شکل ۲- میانگین عملکرد غده قابل فروش در ارقام و کلون‌های سیب زمینی و سطوح مختلف آبیاری

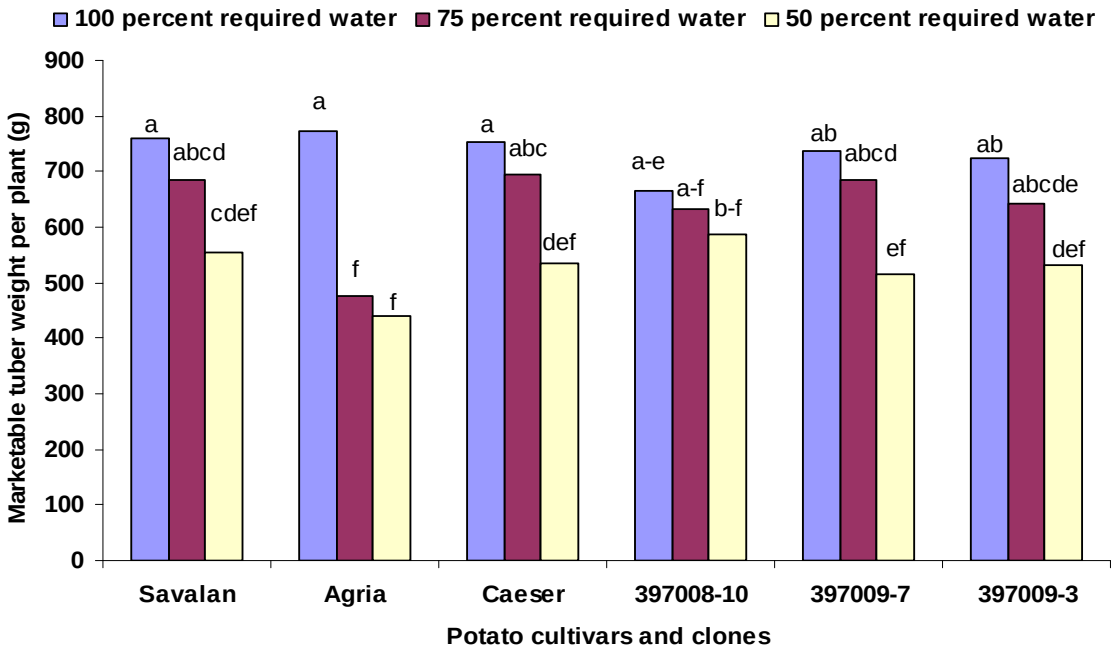
Figure 2- Mean of marketable tuber yield in potato cultivars and clones and irrigation different levels

www.SID.ir



شکل ۳- میانگین وزن غده کل در بوته در ارقام و کلون‌های سیب زمینی

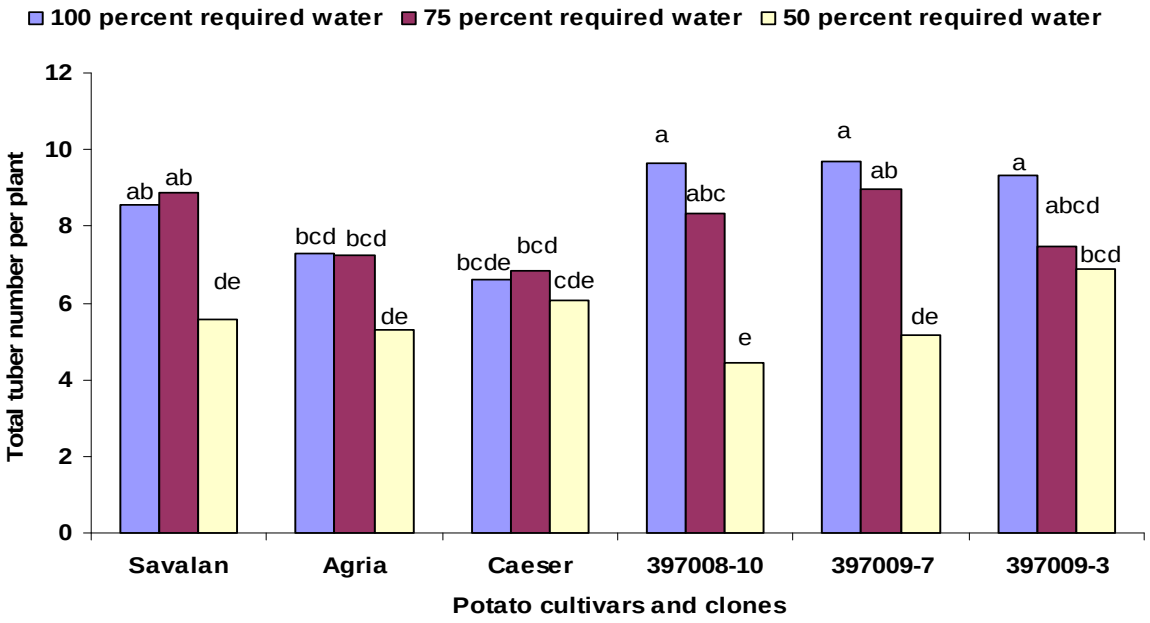
Figure 3- Mean of total tuber weight per plant in potato cultivars and clones



شکل ۴- میانگین وزن غده قابل فروش در بوته در ارقام و کلون‌های سیب زمینی و سطوح مختلف آبیاری

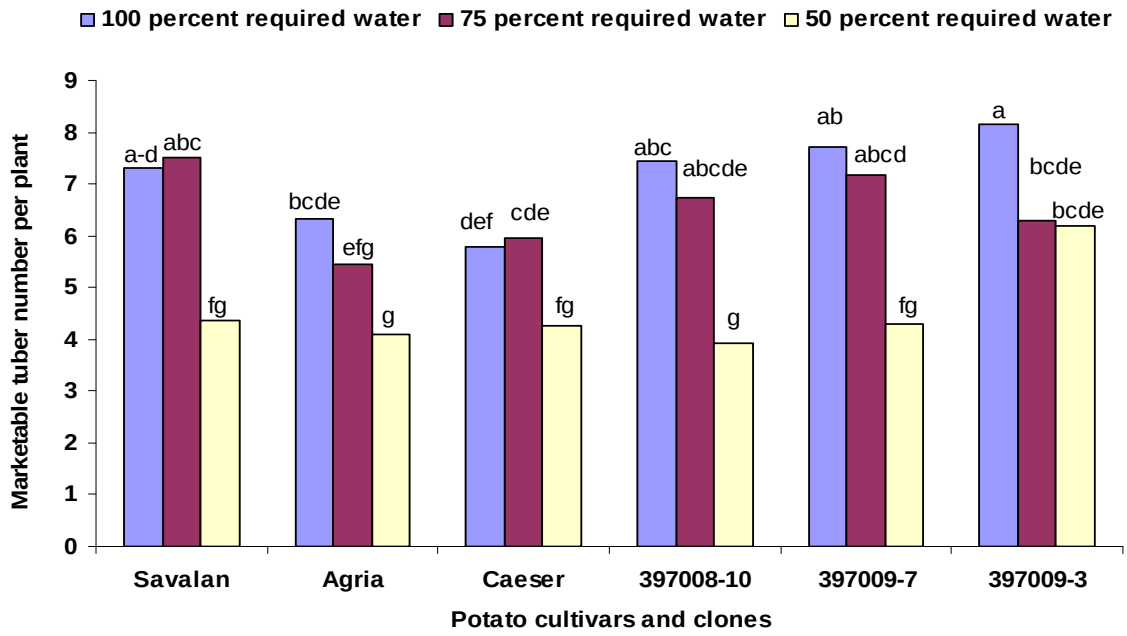
Figure 4- Mean of marketable tuber weight per plant in potato cultivars and clones and irrigation different levels

www.SID.ir



شکل ۵- میانگین تعداد غده کل در بوته ارقام و کلون‌های سیب زمینی و سطوح مختلف آبیاری

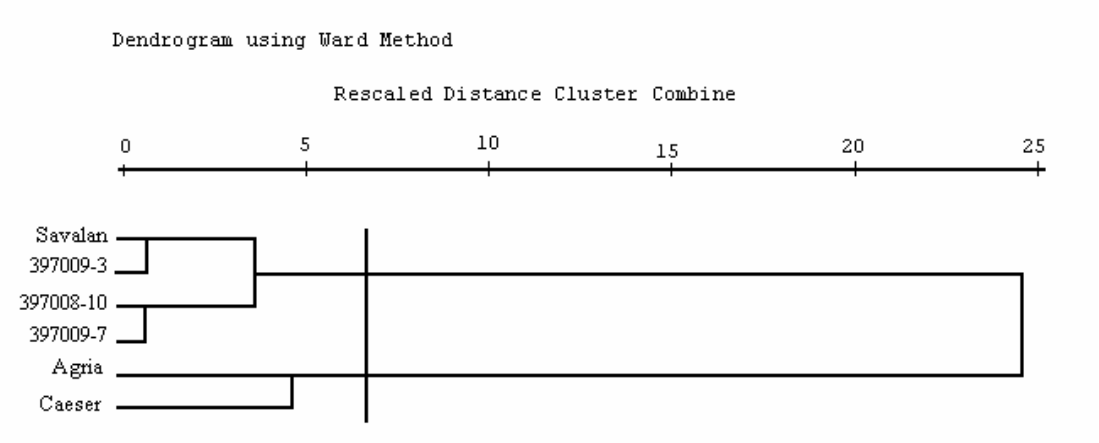
Figure 5- Mean of total tuber number per plant in potato cultivars and clones and irrigation different levels



شکل ۶- میانگین تعداد غده قابل فروش در بوته ارقام و کلون‌های سیب زمینی و سطوح مختلف آبیاری

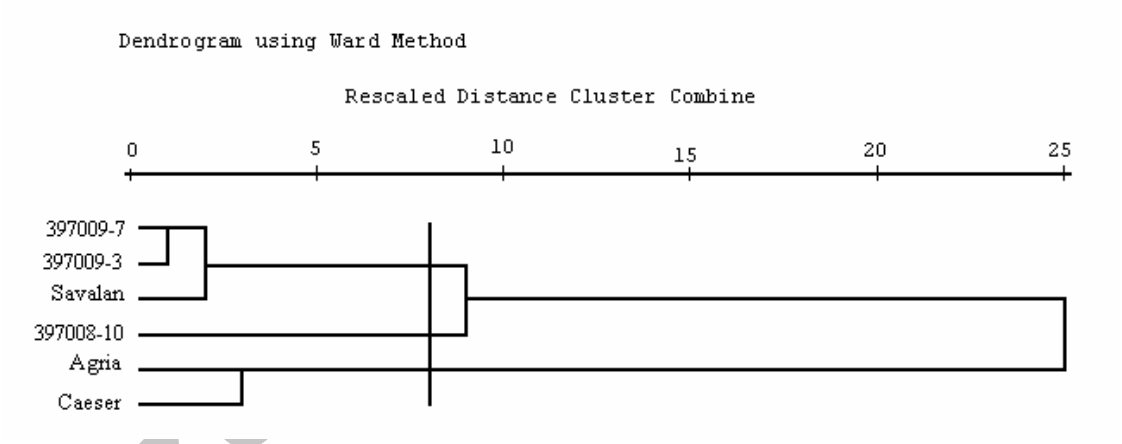
Figure 6- Mean of marketable tuber number per plant in potato cultivars and clones and irrigation different levels

www.SID.ir



شکل ۷- گروه بندی کلون‌ها و ارقام سیب زمینی در شرایط تنش ملایم براساس شاخص تحمل به تنش کم آبی با روش "وارد"

Figure 7- Grouping potato cultivars and clones in mild stress condition based on tolerance index to water deficit stress using "Ward" method



شکل ۸- گروه بندی کلون‌ها و ارقام سیب زمینی در شرایط تنش شدید بر اساس شاخص تحمل به تنش کم آبی با روش "وارد"

Figure 8 - Grouping potato cultivars and clones in severe stress condition based on tolerance index to water deficit stress using "Ward" method

References

منابع مورد استفاده

- Ahmadi Adli, R. 1996. Determination of potato use water. Project final report, Agricultural, Natural Resources Research Center of Ardebil. 15 pp. (In Persian).
- Anonymous. 2008. International year of the potato 2008. FAO :Focus on form: Retrived 28 May 2008, from http://www.potato2008.org/en/index.html

www.SID.ir

- Begg, J.E., and N.C. Turner. 1976. Crop water deficit. *Adavanced in Agron.* 28: 161-217.
- Blum, A. 2006. Use of PEG to induce and control plant water deficit in experimental hydroponics culture. Focus on form: Retrived 2007, from http://www.spectrapor.com
- Fischer, R.A., and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* 29: 897-912.
- Flack, S.J. 2002. Testing potato verities for response to drought and irrigation. In: G.J. Jellis and D.E. Richardson (eds.). The production of new potato varieties: Technological advances. Cambridge Univ. Press. 358 pp.
- Foti, S., G. Mauromicale, and A. Lerna. 1995. Influence of irrigation regimes on growth and yield of potato cultivar Spunta. *Potato Res.* 38: 307-318.
- Frenandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceedings of the international symposium on adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress. *Crop Sci.* 28: 13-16.
- Gopal, J., A. Chamail and D. Sarkar. 2005. Use of micro-tubers for slow growth *in vitro* conservation of potato germplasm. *Plant Genet. Resources. News*. 141: 56-60.
- Harris, P.M. 1992. The potato crop. Chapman and Hall Ltd.
- Hassanpanah, D. 2006. Yield compared of potato selective cultivars with the area control and introduced of tolerant cultivar to water stress and *Phytophthora infestans* disease for Ardabil region. Project final report, Agricultural, Natural Resources Research Center of Ardebil. 10 pp. (In Persian).
- Hassanpanah, D. 2009 a. Effects of water deficit and potassium humate on tuber yield and yield component of potato cultivars in Ardabil region, Iran. *Res. J. Environ. Sci*. 3(3): 351-356. (In Persian).
- Hassanpanah, D. 2009 b. *In vitro* and *in vivo* screening of potato cultivars plantlets against water stress by polyethylene glycol and potassium humate. *Biotech.* 8(1): 132-137.
- Hassanpanah, D. and A.A. Hoseinzadeh. 2007. Methodology and evaluation of resistance sources to drought in potato cultivars and path analysis yield and yield components. Project final report, Natural Resources Research Center of Ardebil. Press Registration Number 86/1124. 56 pp. (In Persian).
- Iritani, W.M., and L. Weller. 1973. Effects of tuber qualities on storage and processability. Proc. Sta. Pot. Conf. 12: 13-16.
- Khorshidi, M.B. 2002. Potato reflects to drought stress and evaluation resistance criteria. PhD thesis degree Plant Physiology, Islamic Azad University, Science and Research branch. 180 pp. (In Persian).
- Levy, D. 1983. Varietal differences in the response of potatoes to repeated short periods of water stress in hot climates. *Tuber Potato Res.* 26: 315–321.
- Li, C.H., D. Wang, and G.X. Wang. 2005. The protective effects of cobalt on potato seedling leaves during osmotic stress. *Bot. Bull. Acad. Sci*. 46: 119-125.

Archive of SID

www.SID.ir

- Lugt, C., K.B.A. Boldlaender, and G. Goodjik. 1964. Observations on the induction of second growth in potato tubers. *Eur. Potato. J*. 7: 219-227.
- Mosavi Fazl, S.M.H. 1998. Water management in potato production. Agric. Education Publishing.
- Naderi, A., I. Majidi Heravan, A. Hashemi dezfoli, A.M. Rezaei and G.H. Nourmahamadi. 1999. Performance analyzes of manufacturer evaluation indicators of crop tolerance to environmental stress and introduce a new index. *Seed and Plant.* 15(21): 390-402.
- Ranalli, P., B.G. Ruaro, P. Delre, M. Dicandilo, and G. Mandilino. 1994. Microtuber and minitubers production and field performance compared with normal tubers. *Potato Res.* 37: 383-391.
- Rosielle, A.A., and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Sci*. 21: 943-946.
- Sadeghi, A. 2006. Evaluation of potato promising cultivars to salinity stress. MA thesis, Plant Breeding, Islamic Azad University, Ardabil branch. 128 pp. (In Persian).
- Shahriari, R., D. Hassanpanah, F. Salimi, M. Manafian and A. Parchebaf. 2009. Potato mini-tuber production in water deficit condition using polyethylene glycol 6000. 6th Biotech. National Cong. Islamic Republic of Iran. 1-5 pp. (In Persian).
- Spitters, C.J.T., and A.H.C.M. Schapendonk. 1990. Evaluation of breeding strategies for drought tolerance in potato by means of crop growth simulation. *Plant and Soil.* 123: 193–203.
- Struik, P.C., and G.V. Voorst. 1986. Effect of drought on the initiation, yield and size distribution of tuber of *Solanum tuberosum* L. cv. Bintje. *Potato Res.* 29: 487-500.
- Tourneux, C., A. Devaux, M.R. Camacho, P. Mamani, and J.F. Ledent. 2003. Effects of water shortage on six potato genotypes in the high lands of Bolivia (I): Morphological parameters, growth and yield. *Agron. J*. 23: 169-179.
- van Loon, C.D. 1981. The effects of water stress on potato growth, development and yield. *Amer*. *Potato J*. 58: 51-69.
- Vayda, M.E. 1994. Environmental stress and its impact on potato yield. In: J.E. Bradshaw and G.R. Mackay (eds.). Potato Genetics, Wallingford, UK. 239-261.
- Zhang, Y., and D.J. Donnelly. 1997. *In vitro* bioassays for salinity tolerance screening of potato. *Potato Res*. 40: 285-295.

Archive of SID

www.SID.ir