"مجله علوم زراعی ایران"
جلد دوازدهم، شماره ۳ پاییز ۱۳۸۹

اثر دورهای آبیاری بر عملکرد و صفات گیاهی سیب زمینی
Effect of irrigation intervals on yield and plant characteristics of potato (*Solanum tuberosum* L.)

فرهاد مسعودی[۱]، محمدرضا زردشتی[۲]، بابک عبدالهی مندولکانی[۳]، میر حسن رسولی صدقیانی[۴] و حسین نظرلی[۵]

چکیده

مسعودی، ف. م. ر. زردشتی، ب. عبدالهی مندولکانی، م. ح. رسولی صدقیانی و ح. نظرلی. ۱۳۸۹. اثر دوهای آبیاری بر عملکرد و صفات گیاهی سیب زمینی. **مجله علوم زراعی ایران. ۱۲ (۳) ۲۷۸-۲۶۵.**

به منظور بررسی اثر دورهای مختلف آبیاری بر عملکرد و صفات گیاهی سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) آزمایشی بصورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال زراعی ۱۳۸۷ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل دورهای آبیاری در چهار سطح: شش (I_0)، ۱۰ (I_1)،۱۴ (I_2) و ۱۸(I_3) روز یک بار در کرت‌های اصلی و مراحل رشدی در دو سطح: سبز شدن ۵۰ درصد بوته‌ها تا ۵۰ درصد گلدهی (GS_1) و ۵۰ درصد گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک (GS_2) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که صفات عملکرد تر غده، عملکرد خشک غده، میانگین وزن تر غده در بوته، درصد ماده خشک، قطر ساقه، ارتفاع بوته، و اندازه غده در سطح یک درصد و تعداد ساقه و محتوای نسبی آب برگ در سطح پنج درصد تحت تاثیر دورهای مختلف آبیاری قرار گرفتند، ولی دورهای آبیاری تاثیر معنی‌داری بر میانگین وزن خشک غده در بوته، وزن مخصوص و نشت یونی نداشتند. برای صفات قطر ساقه، ارتفاع بوته و نشت یونی بین مراحل رشدی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. اثر متقابل بین دورهای آبیاری و مراحل رشدی در هیچ یک از صفات به غیر از قطر ساقه و ارتفاع ساقه معنی‌دار نبود. نتایج این تحقیق نشان داد که دورهای مختلف آبیاری تاثیر معنی‌داری بر صفات گیاهی سیب زمینی داشتند ولی مراحل رشدی تاثیری بر این صفات نداشتند.

واژه های کلیدی : درصد ماده خشک، دور آبیاری، سیب زمینی، عملکرد خشک غده و مرحله رشدی.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۵/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۱/۷

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: farhad.masoudi@yahoo.com)
۲- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه
۳- استادیار دانشکده کشاورزی و گروه بیوتکنولوژی کشاورزی پژوهشکده بیوتکنولوژی دانشگاه ارومیه
۴- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.4.5]

مقدمه

سیب زمینی یکی از محصولات مهم زراعی بوده و از نظر میزان پروتئین، نشاسته، کربوهیدرات و اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی در تغذیه انسان اهمیت خاصی دارد. سیب زمینی با پتانسیل تولید ۳۲۷ میلیون تن در سال و ۱۸/۶ میلیون هکتار سطح زیر کشت، جایگاه بسیار مهمی را در کشاورزی جهان به خود اختصاص داده است (Akhavan *et al*., 2007). تغییر اقلیم در چند سال گذشته در ایران منجر به تغییر پراکنش بارندگی، تغییر دبی رودخانه‌ها و آبدهی چاه‌ها شده است، لذا شناسایی خصوصیات زراعی و نیاز آبی ارقام جدید به منظور بهره برداری مفیدتر از آب موجود برای بهبود عملکرد و کیفیت سیب زمینی ضرورت دارد (Khorshidi *et al*., 2002). تحقیقات نشان داده است که گیاه سیب زمینی بسیار حساس به تنش آبی است. با توجه به اینکه در شرایط تعرق شدید یا کمبود آب، محتوای آب نسبی (RWC) سیب زمینی از بسیاری از گونه ها مانند گوجه فرنگی و چچم کمتر است، جبران شبانه کمبود آب این گونه نیز نسبت به سایر گونه ها از جمله پنبه و سورگوم کمتر می باشد، این موضوع می‌تواند یکی از دلایل حساسیت سیب زمینی به کمبود آب باشد (Loon, 1981). عامل موثر دیگر در حساسیت سیب زمینی به کمبود آب، عمق محدود ریشه دهی آن است (Harris, 1992). تنش آبی باعث کاهش رشد و عملکرد سیب زمینی می شود. تنش آبی در مرحله رشد رویشی و تا قبل از مرحله تشکیل غده ها، سطح برگ، تعداد ساقه های فرعی، سیستم ریشه، ارتفاع بوته و به طور کلی نمو پوشش سبز گیاه را کاهش می‌دهد. دومین مرحله رشد سیب زمینی مرحله تشکیل غده هاست که تنش آبی در این مرحله یکی از اجزای عملکرد یعنی تعداد غده در بوته را کاهش می‌دهد. سومین مرحله رشد گیاه سیب زمینی، مرحله بزرگ شدن غده‌هاست. در این مرحله تنش آبی به شدت عملکرد و کیفیت محصول را کاهش می‌دهد. آخرین مرحله رشد گیاه سیب زمینی، مرحله رسیدگی است. در این مرحله پوشش سبز گیاه کاهش یافته و پوست غده ها ضخیم شده و نیاز آبی گیاه کاهش می‌یابد (Akhavan *et al*., 2007). حسن و همکاران (Hassan *et al*., 2002) گزارش نمودند که سیب زمینی در مرحله تشکیل استولون و تشکیل غده در مقایسه با مرحله بزرگ شدن و طویل شدن غده (رشد طولی غده)، به تنش آبی بسیار حساس‌تر است. بر اساس نتایج آنتال و همکاران (Antal *et al*.,2005) تعداد بوته‌های سیب زمینی در واحد سطح زمین در شرایط فاریاب در مقایسه با شرایط دیم ۱۰ تا ۱۵ درصد بیشتر است. برای تولید عملکرد بالاتر از ۴۰ تن در هکتار و بهبود کیفیت محصول سیب زمینی، آبیاری منظم مزرعه ضروری می‌باشد. هدف از این تحقیق ارزیابی اثر فواصل آبیاری در مراحل مختلف رشد سیب زمینی و تعیین مطلوب ترین زمان و دور آبیاری برای حصول حداکثر عملکرد بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه بصورت آزمایش کرت های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار در سال زراعی ۱۳۸۷ اجرا شد. با نمونه برداری روزانه از خاک و تعیین درصد رطوبت خاک براساس منحنی رطوبتی خاک (شکل ۱)، دورهای آبیاری تعیین شدند. نیاز آبی سیب زمینی رقم مارفونا بسته به شرایط محیطی، سال و مدت رشد و نمو گیاه از ۵۰۰ تا ۷۰۰ میلی متر متغیر است (Howell, 2001). آبیاری اول به هنگام کاشت و سایر آبیاری ها تا زمان اعمال تیمارهای تنش آبیاری در دوم تیر ماه (سبز شدن ۵۰ درصد بوته ها) با دور آبیاری ۶ روزه ادامه یافت. بر اساس آزمون خاک (جدول ۲) ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره در مزرعه پخش شد. نصف کود نیتروژن در زمان کاشت و بقیه آن به هنگام خاک دهی پای بوته ها

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.4.5]

مصرف شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل دورهای آبیاری در چهار سطح: شش (I_0)، ۱۰ (I_1)، ۱۴ (I_2) و ۱۸(I_3) روز یک بار در کرت های اصلی و مراحل رشدی در ۲ سطح سبز شدن ۵۰ درصد بوته ها تا ۵۰ درصد گلدهی (GS_1) و ۵۰ درصد گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک (GS_2) در کرت های فرعی قرار داده شدند. آبیاری به روش نشتی یا جوی و پشته ای انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کاشت به طول پنج متر و عرض سه متر بود. فاصله خطوط کاشت از هم ۷۵ سانتیمتر و فاصله بوته ها روی ردیف ها ۲۵ سانتیمتر در نظر گرفته شد. فاصله کرت ها جهت جلوگیری از تداخل تیمارهای مختلف دو متر در نظر گرفته شد. رقم سیب زمینی انتخابی، مارفونا با طول دوره رشد ۱۱۰-۹۰ روز بود. زمان کشت سیب زمینی بر اساس عرف منطقه (اواخر فروردین تا اواسط اردیبهشت ماه) در نیمه اردیبهشت ماه انتخاب شد. در طول فصل رشد دو بار بارندگی (در مراحل اولیه رشد و قبل از اعمال تیمارهای آبیاری) رخ داد. بعد از کاشت، اولین آبیاری برای رسیدن رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی انجام شد. مجموع حجم آب مصرفی در دورهای آبیاری به طور مستقیم اندازه گیری نشد، ولی با توجه به اینکه عمق آب افزوده شده به کرت‌ها در هر بار آبیاری برای تمام تیمارهای دور آبیاری یکسان بود (رابطه۱) و تعداد دفعات آبیاری برای هر دور آبیاری مشخص بود (۱۲، ۹، ۷ و ۵ بار به ترتیب برای دورهای آبیاری ۶ روز، ۱۰ روز، ۱۴ روز و ۱۸ روز)، لذا برای تخمین حجم آب آبیاری در کل دوره از روابط ۱ و ۲ (Masjedi *et al.*, 2008) استفاده و مقدار آن برای تیمارهای مختلف دور آبیاری برآورد گردید (جدول۱).

$$I = \frac{\theta_{FC} \times (\rho_b/\rho_w) \times D}{100} \qquad (۱)$$

I : عمق آب آبیاری بر حسب سانتیمتر، θ_{FC}: رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی، D: عمق موثر ریشه بر حسب سانتیمتر، ρ_b : وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب، ρ_w: وزن مخصوص ظاهری آب بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب هستند.

$$V = I \times A \times 1000 \qquad (۲)$$

V: حجم آب استفاده شده در هر کرت بر حسب لیتر، I: ارتفاع آب آبیاری بر حسب متر، A: مساحت کرت بر حسب متر مربع هستند.

جدول۱- مقدار آب مصرفی در دورهای مختلف آبیاری

Table1. Water amount for different irrigation intervals

مجموع آب مصرفی برای دورهای آبیاری Total water amount for irrigation intervals (lit)	دفعات آبیاری Irrigation times	مقدار آب آبیاری در کرت Irrigation water.plot^{-1} (lit)	دور آبیاری Irrigation interval (days)
13764	12	1147	6
10323	9	1147	10
8029	7	1147	14
5735	5	1147	18

برداشت محصول در اوایل شهریور ماه ۱۳۸۷ صورت گرفت. صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش شامل تعداد غده در بوته، تعداد ساقه اصلی، قطر ساقه اصلی، ارتفاع بوته، اندازه غده، میانگین وزن تر غده در بوته، میانگین وزن خشک غده در بوته، عملکرد تر غده در بوته، عملکرد خشک غده در بوته، محتوای نسبی آب برگ (RWC)، نشت یونی (CMS)، وزن مخصوص (SG) و درصد ماده خشک غده بودند. در انتهای فصل

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.4.5]

رشد، پس از حذف ردیف‌های کناری و دو سر ردیف‌های وسطی، از هر کرت آزمایشی خطوط میانی انتخاب شدند و غده های سیب زمینی برداشت شدند. میانگین وزن تر غده در بوته با توزین غده های تر هر بوته و تقسیم آنها بر تعداد غده های هر بوته و میانگین وزن خشک غده در بوته، بعد از توزین غده های تر و خشکاندن به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد و توزین دوباره غده‌ها و تقسیم آنها بر تعداد غده‌های هر بوته محاسبه گردید. عملکرد غده در هر بوته از طریق توزین غده‌های تر هر بوته و غده‌های خشک هر بوته محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ و نشت یونی، در آخرین روز اعمال هر تیمار، چهارمین برگ انتهایی سه بوته بین ساعات ۱۱ تا ۱۴ برداشت و بلافاصله سه دیسک برگی (به قطر ۸ میلی متر از قسمت میانی پهنک برگ) تهیه و پس از توزین در داخل آب مقطر به مدت ۲۰ ساعت در دمای ۵ درجه سانتیگراد در تاریکی قرار داده شدند. پس از آن وزن اشباع نمونه های برگی اندازه‌گیری و پس از خشکاندن در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد توزین شدند. برای محاسبه محتوای نسبی آب برگ از رابطه ۳ استفاده شد (Kramer,1983).

(۳) $RWC=$ (وزن خشک-وزن اشباع)/(وزن خشک-وزن تر) ×۱۰۰

نشت یونی یا پایداری غشاء سلولی پس از خارج کردن نمونه های اشباع شده از درون آب مقطر با استفاده از دستگاه هدایت سنج الکتریکی اندازه‌گیری و با میزان هدایت الکتریکی آب مقطر مقایسه شد. وزن مخصوص غده‌ها از تقسیم وزن نمونه‌ها (حدود یک کیلوگرم) بر حجم نمونه‌ها با استفاده از استوانه مدرج اندازه‌گیری شد. درصد ماده خشک با خشکاندن ۳ نمونه از غده‌های هر بوته در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به دست آمد. تعداد غده در بوته، تعداد ساقه اصلی، قطر ساقه اصلی، ارتفاع بوته (طول بلندترین ساقه) و اندازه غده در انتهای فصل اندازه‌گیری شدند. تجزیه آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۵ و MSTATC انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول۳)، نشان داد که دورهای مختلف آبیاری بر صفات عملکرد تر غده در بوته، عملکرد خشک غده در بوته، متوسط وزن تر غده در بوته، درصد ماده خشک، قطر ساقه، ارتفاع بوته و اندازه غده در سطح یک درصد و تعداد ساقه و محتوای نسبی آب برگ در سطح پنج درصد اثر معنی داری داشت ، ولی بر میانگین وزن خشک غده در بوته، وزن مخصوص و نشت یونی (CMS) تاثیر معنی داری نداشت. آبیاری ۱۸ روز یک بار بیشترین تاثیر را بر روی صفات مذکور داشت. مقایسه میانگین صفات نشان داد که به غیر از تعداد ساقه و محتوای نسبی آب برگ در بقیه صفات تیمارهای شاهد برتری معنی‌داری بر تیمارهای دور آبیاری داشتند (جدول۴).

بین تیمارهای دور آبیاری اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد تر و عملکرد خشک غده وجود داشت، ولی بین مراحل رشدی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و اثر متقابل بین دورهای آبیاری و مراحل رشدی نیز معنی‌دار نبود (جدول ۳). دور آبیاری ۱۸روز یک بار (I_3) بیشترین تاثیر را درکاهش معنی‌دار در عملکرد تر و عملکرد خشک غده داشت. تیمار شاهد با ۳۹/۷۹ تن در هکتار بیشترین و تیمار I_3 با ۱۹/۷۵ تن در هکتار کمترین عملکرد تر غده را داشتند. بین تمام فواصل آبیاری از لحاظ عملکرد خشک غده اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول۴). کاشایاپ و پاندا (Kashyap and Panda,2003) در آزمایشی با پنج تیمار آبی (آبیاری پس از ۱۰، ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۷۵ درصد بهره برداری از آب قابل دسترس خاک) نشان دادند که عملکرد تر و خشک غده در طول چهار سال آزمایش در تیمارهای آبیاری بعد از ۱۰ ، ۳۰ و ۴۵ درصد بهره برداری از آب قابل دسترس خاک، یکسان بود و کاهش معنی‌دار عملکرد غده در تیمارهای آبیاری پس از ۶۰ و

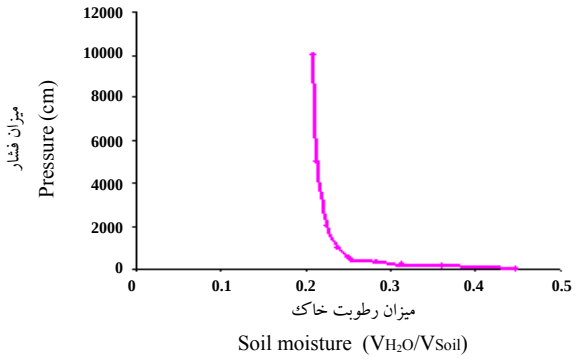
[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.4.5]

جدول۲- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table2. Physicochemical characteristics of soil experimental site

عمق نمونه برداری خاک Soil depth (cm)	درصد رطوبت وزنی Soil Moisture (%)	وزن مخصوص ظاهری Bulk density ($g.cm^{-3}$)	بافت خاک Soil texture	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	شن Sand (%)	ماده آلی O.C (%)	نیتروژن کل total N (%)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	واکنش گل اشباع pH
0-30	22.5	1.514	رسی لومی	28	33	40	1.9	20	21	449.5	0.455	7.6
30-60	22.5	1.571	رسی لومی	29	36	36	1.3	18	6.5	335.5	0.63	7.6

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.4.5]



شکل۱- منحنی رطوبتی خاک محل اجرای آزمایش

Fig 1. Soil moisture curve at experimental site

۷۵ درصد بهره برداری از آب قابل دسترس خاک اتفاق افتاد. بر اساس گزارشات مک کرون و جفریز (Jefferies and Mackerron, 1993) تنش آبی باعث پیری زودرس برگ‌ها، کاهش طول دوره رشد، کاهش دریافت تابش خورشیدی و در نتیجه کاهش عملکرد ماده خشک غده می‌گردد. محمدیان و همکاران (Mohammadian *et al.*, 2004) نیز در آزمایشی روی چغندر قند نشان دادند که دورهای آبیاری ۹ و ۱۲ روز یک بار باعث بیشترین عملکرد ریشه شد و دورهای آبیاری ۱۵ و ۱۸ روز عملکرد ریشه را بطور معنی‌داری کاهش داد. نتایج این آزمایشات با آزمایش حاضر مشابه می‌باشد. به نظر می‌رسد که علت کاهش عملکرد تر غده در بوته با کاهش آبیاری، کاهش تعداد غده و میانگین وزن تر هر غده می‌باشد. بیشتر بودن تعداد غده در بوته نمی‌تواند تنها دلیل بالا بودن عملکرد باشد زیرا ممکن است تعداد غده بیشتر بوده و این حالت موجب تشدید رقابت در بین غده‌ها برای دریافت مواد پرورده شده و در نتیجه اندازه غده‌ها کوچک بماند. بین دورهای آبیاری برای میانگین وزن تر و خشک غده در بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت، ولی بین مراحل رشدی از لحاظ میانگین وزن تر غده در بوته اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول۳). کمترین وزن تر غده (۳۶/۹۳ گرم) مربوط به دور آبیاری ۱۸روز یک بار (I_3) بود. بین دور آبیاری ۱۰ روز یک بار (I_1) و دور آبیاری ۱۸روز یک بار (I_3) اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول۴). افزایش میانگین وزن تر غده با افزایش آب آبیاری بوسیله یوان و همکاران (Yuan *et al.*,2003) نیز گزارش شده است. با این حال کارافیلیدیس و همکاران (Karafyllidis *et al.*,1996) نشان دادند که بالاترین میزان میانگین وزن غده در ۶۵ درصد رطوبت قابل دسترس خاک بدست می‌آید. علت کاهش زیاد میانگین وزن تر غده در دورآبیاری ۱۸ روز یک بار به افزایش دمای خاک در این دور نسبت به سایر دورها و نامساعد شدن شرایط برای رشد و نمو غده ها نسبت داده شد.

با افزایش دور آبیاری تعداد غده در بوته کاهش یافت و کمترین تعداد غده (۱۰/۰۸۳) مربوط به دور آبیاری ۱۸روز یک بار (I_3) و بیشترین تعداد غده (۱۳/۵۳) مربوط به تیمار شاهد (I_0) بود (جدول۴). یوان و همکاران (Yuan *et al.*,2003) گزارش کردند که تعداد غده در بوته در تیمارهای ۱/۲۵، ۱ و ۰/۷۵ برابر تبخیر از تشتک تبخیر، اختلافی با هم نداشته و کاهش معنی‌دار در تیمارهای ۰/۵۰ و ۰/۲۵ اتفاق افتادکه با نتایج این آزمایش مطابقت ندارد. نتایج کارافیلیدیس و همکاران (Karafyllidis *et al.*,1996) نشان داد که بیشترین تعداد غده در گیاه با آبیاری در ۶۵ درصد رطوبت قابل

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.4.5]

جدول۳- تجزیه واریانس صفات گیاهی سیب زمینی در تیمارهای دور آبیاری

Table 3. Analysis of variance for plant characteristics of potato in irrigation interval treatments

			میانگین مربعات (MS)					
S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	درصد ماده خشک Dry matter	وزن مخصوص غده Tuber specific weight	محتوی نسبی آب برگ RWC	نشت یونی CMS	تعداد غده No.of.tubers	اندازه غده Tuber size
Replication	تکرار	2	0.001 ns	0.007 ns	165.52*	409324**	6.07ns	41.67 ns
Irrigation intervals (I)	دور های آبیاری	3	9.41 **	0.006 ns	129.41 *	121154 ns	14.57ns	473.86**
Error a	خطای اصلی	6	0.003	0.032	128.45	104404.5	5.9	18.79
Growth stage (GS)	مرحله رشدی	1	0.001ns	0.004ns	1.68 ns	406901*	0.207 ns	16.5 ns
I×GS	دور آبیاری× مرحله رشدی	3	0.001ns	0.001 ns	59.46 ns	16177 ns	10.07 ns	43.32 ns
Error b	خطای فرعی	8	0.004	0.005	27.43	50598.9	3.68	11.72

ns: Non-significant

ns: غیر معنی دار

* and**: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و**: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ادامه جدول۳

Table 3: continued

			میانگین مربعات (MS)						
S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	تعداد ساقه No.of stem	قطر ساقه Stem diameter	ارتفاع ساقه Stem height	عملکرد تر غده Fresh tuber yield	عملکرد خشک غده Dry tuber yield	میانگین وزن تر غده Mean of tuber fresh weight	میانگین وزن خشک غده Mean of tuber dry weight
Replication	تکرار	2	5.53 ns	1.07 ns	0.64 ns	35.53 ns	46.58*	122.66 ns	359.73 ns
Irrigation intervals (I)	دورهای آبیاری	3	9.3*	36.05 **	126.5**	429.2**	299.02**	527.57**	266 ns
Error a	خطای اصلی	6	1.82	0 .457	16.63	25.83	6.47	16.79	63.03
Growth stage (GS)	مرحله رشدی	1	0.094 ns	12.11**	220.5**	54.93 ns	0.191 ns	96.68 ns	266.66 ns
I×GS	دور آبیاری × مرحله رشدی	3	0.742 ns	4.84**	63.06**	16.38 ns	4.17 ns	41.92 ns	63.03 ns
Error b	خطای فرعی	8	1.71	0 .781	7.31	22.22	5.95	49	99.77

ns: Non-significant

ns: غیر معنی دار

* and**: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و**: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.4.5]

جدول۴- مقایسه میانگین صفات گیاهی سیب زمینی در تیمارهای دور آبیاری

Mean comparison of plant characteristics of potato in irrigation interval treatments Table 4.

دور آبیاری (I) Irrigation intervals	عملکرد خشک غده Dry tuber yield (t.ha^{-1})	عملکرد تر غده Fresh tuber yield (t.ha^{-1})	متوسط وزن تر غده Mean of tuber fresh weight (g.plant^{-1})	محتوی نسبی آب برگ RWC (%)	اندازه غده Tuber size (mm)	تعداد ساقه No of stem	درصد ماده خشک DM (%)
دورآبیاری ۱۰ روز (10 day interval) I_1	23.2 ^{b}	29.2 ^{b}	46.5 ^{b}	50.4 ^{a}	33.1 ^{b}	7.8 ^{a}	25.6 ^{b}
دور آبیاری ۱۴ روز (14 day interval) I_2	17.7 ^{c}	25.3 ^{b}	42.7 ^{b}	48.0 ^{a}	27.2 ^{bc}	6.3 ^{ab}	25.3 ^{c}
دور آبیاری ۱۸ روز (18 day interval) I_3	12.1 ^{d}	19.7 ^{b}	36.9 ^{c}	41.7 ^{b}	23.5 ^{c}	5.4 ^{b}	25.3 ^{c}
شاهد (control) I_0	28.5 ^{a}	39.7 ^{a}	59.0 ^{a}	52.3 ^{a}	43.9 ^{a}	8.0 ^{a}	27.9 ^{a}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column, followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level, using Duncans Multiple Range Test

جدول۵- مقایسه میانگین ارتفاع بوته و قطر ساقه سیب زمینی در اثر متقابل تیمارهای دور آبیاری و مراحل رشدی

Table 5.Mean comparison of plant height and stem diameter of potato in interaction effect of irrigation intervals and growth stage treatments

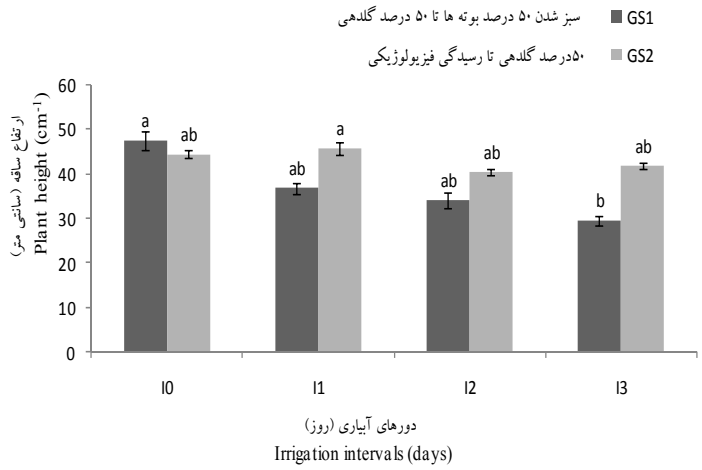
دور آبیاری Irrigation intervals (I)		مرحله رشدی GS Growth stag)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (mm)
شاهد (control) I_0	GS_1	(سبز شدن ۵۰٪ بوته ها تا گلدهی ۵۰٪ بوته ها)	47.3 ^{a}	12.2 ^{ab}
	GS_2	(گلدهی ۵۰٪ بوته ها تا رسیدگی فیزیولوژیک)	44.3 ^{ab}	12.8 ^{a}
دورآبیاری ۱۰ روز (10 day interval) I_1	GS_1	(سبز شدن ۵۰٪ بوته ها تا گلدهی ۵۰٪ بوته ها)	36.7 ^{ab}	9.2 ^{abc}
	GS_2	(گلدهی ۵۰٪ بوته ها تا رسیدگی فیزیولوژیک)	45.5 ^{a}	10.0 ^{abc}
دور آبیاری ۱۴ روز (14 day interval) I_2	GS_1	(سبز شدن ۵۰٪ بوته ها تا گلدهی ۵۰٪ بوته ها)	34.0 ^{ab}	7.5 ^{bc}
	GS_2	(گلدهی ۵۰٪ بوته ها تا رسیدگی فیزیولوژیک)	40.3 ^{ab}	7.8 ^{abc}
دور آبیاری ۱۸ روز (18 day interval) I_3	GS_1	(سبز شدن ۵۰٪ بوته ها تا گلدهی ۵۰٪ بوته ها)	29.5 ^{b}	5.0 ^{c}
	GS_2	(گلدهی ۵۰٪ بوته ها تا رسیدگی فیزیولوژیک)	41.5 ^{ab}	9.1 ^{abc}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column, followed by similar letters are not significantly different at 5% probability level, using Duncans Multiple Range Test

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.4.5]

دسترس خاک بدست آمد. والورس و همکاران (Walworth *et al.*,2002) نتایج متناقضی از یافته های قبلی بدست آوردند و نشان دادند که تعداد غده در گیاه می تواند با نوع رقم مرتبط باشد. شرایط محیطی مانند دما و نوع خاک نیز روی تعداد غده اثر می گذارند. برخلاف الگوی کشت، سیب زمینی به خاطر دارا بودن ریشه‌های کم پشت، نازک و قدرت جذب کمتر آب از خاک، گیاهی است که عملکرد و اجزای آن نسبت به تنش آبی بسیار حساس است. بین دورهای آبیاری، مراحل رشدی و اثر متقابل آنها از لحاظ ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت (جدول۳). اثر متقابل بین مراحل رشدی و دورهای آبیاری بر ارتفاع بوته در شکل ۲ ارائه شده است. بیشترین ارتفاع بوته (۴۷/۳۳ سانتیمتر) مربوط به تیمار شاهد (I_0) وکمترین ارتفاع بوته (۲۹/۵ سانتیمتر) مربوط به دور آبیاری ۱۸روز یک بار (I_3) و مرحله سبز شدن ۵۰ درصد بوته ها تا ۵۰ درصد گلدهی (GS_1) بود. بین دور آبیاری ۱۰ روز یک بار (I_1) در مرحله ۵۰ درصد گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک (GS_2) و دور آبیاری ۱۸روز یک بار (I_3) در مرحله سبز شدن ۵۰ درصد بوته ها تا ۵۰ درصد گلدهی(GS_1) از لحاظ ارتفاع بوته اختلاف معنی-داری وجود داشت (جدول۵). یازار و همکاران (Yazar *et al.*,2002) گزارش کرده‌اند که تنش آبی در طول رشد رویشی سریع، ارتفاع ساقه ذرت را بطور چشمگیری کاهش می‌دهد. یوان و همکاران (Yuan *et al.*,2003) نیز نشان دادند که با افزایش مقدار آبیاری از ۰/۲۵ به ۱/۲۵ تبخیر از تشتک تبخیر، ارتفاع بوته افزایش یافت.



شکل۲- اثر متقابل دورهای آبیاری و مراحل رشدی بر ارتفاع بوته سیب زمینی
نتایج میانگین سه تکرار ± انحراف معیار($P< 0.05$) را نشان می‌دهد
میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Fig 2. Interaction effect of irrigation intervals and growth stages on plant height of potao. Results are shown as mean ± standard error ($P < 0.05$), obtained from three replicates.
Similar letters indicate that the difference is not significant ($P < 0.05$)

بین دورهای آبیاری از لحاظ اندازه غده اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت، ولی بین مراحل رشدی و اثرمتقابل آنها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول۳). تیمار شاهد(I_0) برتری معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها داشت و بین دور آبیاری ۱۰ روز یک بار (I_1) و دور آبیاری ۱۸روز یک بار (I_3)، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول۴). موسوی و فائزنیا (Moosavi and Faeznia, 2001) نیز گزارش کردند که

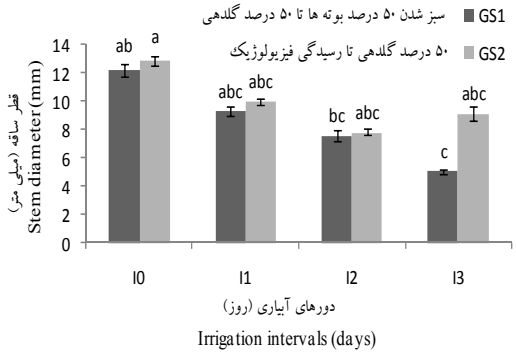
[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.4.5]

با افزایش میزان مصرف آب، درصد غده‌های درشت (بیشتر از ۱۵۰ گرم) افزایش یافت و تامین ۷۵ درصد آب مورد نیاز گیاه باعث شدکه درصد غده‌های متوسط افزایش، غده های درشت و ریز کاهش یافته و باعث بازار پسندی بهتر محصول شد. حیدری و همکاران (Heidari *et al*., 2004) در آزمایشی با سه دور آبیاری روی سیب زمینی نشان دادندکه اثر دور آبیاری بر اندازه غده معنی‌دار نیست. کاهش در اندازه غده سیب زمینی در پاسخ به دورهای آبیاری با مشاهدات قبلی مطابقت داشت (Eldredge *et al*.,1992). علت کاهش در اندازه غده با کاهش میزان آب آبیاری را می‌توان به تاخیر افتادن سرعت رشد گیاه در اثر تنش آبی دانست.

بین دورهای آبیاری از نظر محتوای نسبی آب برگ در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول۳). بالاترین مقدار محتوای نسبی آب برگ در تیمار شاهد(I_0) و کمترین مقدار آن در تیمار ۱۸ روز یک بار (I_3) بدست آمده است (جدول ۴). نتایج این آزمایش با نتایج آزمایشات فرات و لوات (Ferrat and Lovatt,1999) در لوبیا، ایریگوین و همکاران (Irigoyen *et al*.,1992) در یونجه و سیمون و همکاران (Simon *et al*., 1992) در ریحان مطابقت دارد.

نتایج نشان داد که دورهای آبیاری اثر معنی‌داری بر درصد ماده خشک داشتند (جدول۳). تیمار شاهد (I_0) اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت و دورهای آبیاری باعث کاهش معنی‌دار درصد ماده خشک شد، بطوریکه با کاهش میزان آب آبیاری درصد ماده خشک به کمترین مقدار (۲۵/۳۱ درصد) در تیمار ۱۸ روز یک بار I_3 رسید (جدول۴). نتایج حاصل از تحقیق محمدی و همکاران (Mohammadi *et al*., 2001) نشان داد که با افزایش میزان مصرف آب، درصد ماده خشک غده‌های سیب زمینی افزایش می‌یابدکه با نتایج این تحقیق یکسان است. هرس و کولپال (Herse and Kolpal,1976) نشان دادند که تنش آبی باعث کاهش درصد نشاسته شد در حالی که جفریز و مک کرون (Jefferies and MacKerron,1993) نشان دادند که تنش آبی، مجموع ماده خشک و عملکرد را کاهش داده ولی درصد ماده خشک (نسبت ماده خشک به آب موجود) را افزایش می دهد.

تجزیه واریانس (جدول۳) نشان داد که بین دورهای آبیاری، مراحل رشدی و اثر متقابل آنها از نظر قطر ساقه اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت. مقایسه میانگین ها نشان داد که تیمار شاهد (I_0) با



شکل ۱- اثر متقابل دورهای آبیاری و مراحل رشدی بر قطر ساقه سیب زمینی
نتایج میانگین سه تکرار ± انحراف معیار($P< 0.05$) را نشان می دهد
میانگین های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Fig 3. interaction effect of irrigation intervals and growth stages on stem diameter of potato
Results are shown as mean ± standard error ($P < 0.05$), obtained from three replicates.
Similar letters indicate that the difference is not significant ($P < 0.05$)

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.4.5]

نتایج تیمار ۱۰ روز یک بار(I_1) اختلاف معنی‌داری نداشت ولی بین تیمار شاهد با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول۵). اثر متقابل دور آبیاری و مرحله رشدی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (شکل۳). نتایج حاصل از تحقیق کازی وهمکاران (Kazi *et al.*,2002) نشان داد که حداکثر قطر ساقه آفتابگردان در چهار آبیاری منظم، ۴۰ روز بعد از کاشت بدنبال سه آبیاری با دور آبیاری ۱۵ روز بدست آمد، که با نتایج این آزمایش مشابه است.

اثر دورهای آبیاری، مراحل رشدی و اثر متقابل آنها بر وزن مخصوص غده‌ها معنی دار نبود (جدول۳). یوان و همکاران (Yuan *et al.*,2003) گزارش کردند که با افزایش آب آبیاری وزن مخصوص غده‌ها کاهش می‌یابد که با نتایج این تحقیق مشابه است. شوک و همکاران (Shock *et al.*, 1998) نشان دادند که کم آبیاری مرتبط با کاهش وزن مخصوص غده بود. کاهش در وزن مخصوص غده در پاسخ به دور های آبیاری طول فصل نشان داد که گیاهان سیب زمینی ممکن است تا اندازه‌ای مقاومت به خشکی را داشته باشند.گیاهان کامل آبیاری شده در معرض کم آبیاری‌های بعد از تشکیل غده در طول اواسط فصل رشد، غده هایی با وزن مخصوص کم تولید کردند.

اثر دورهای آبیاری بر تعداد ساقه اصلی در بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول۳). بطوریکه بین تیمار شاهد (I_0) با تیمار ۱۸ روز یک بار(I_3) اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول۴). بر اساس گزارشات حسن پناه و همکاران (Hassanpanah *et al.*,2009) تحت تنش کم آبی، رابطه مثبت و معنی‌داری بین عملکرد کل غده با عملکرد قابل فروش، وزن غده در بوته، تعداد ساقه اصلی و ارتفاع بوته و درصد ماده خشک وجود داشت، که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. تعداد ساقه اصلی در بوته یکی از صفات مهم برای سیب زمینی است، بطوریکه اگر تعداد ساقه در سیب زمینی کمتر شود، وزن غده و در نهایت عملکرد غده کاهش می‌یابد. تعداد ساقه اصلی در بوته به اندازه و سن فیزیولوژیک غده بذری و خصوصیات ژنتیکی رقم (تعداد چشم در غده بذری) بستگی دارد (Allen,1972).

بین مراحل رشدی از لحاظ نشت یونی اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد وجود داشت، ولی بین دورهای آبیاری تفاوت معنی‌دار نبود (جدول۳). هرچه وقوع کم آبی در مراحل انتهایی‌تر رشد گیاه رخ دهد، نشت دیواره سلولی بیشتر می‌شود و تنش خشکی از تکامل دیواره ممانعت نموده و باعث نشت دیواره سلولی و کاهش رطوبت غده می‌شود (Shibairo *et al.*,1998). برخلاف نتایج تحقیق حاضر، استوانوویچ و همکاران (Stevanovic *et al.*,1998) نشان دادندکه ارقام مقاوم کمترین نشت از دیواره سلولی را دارا هستند. نتایج این آزمایش نشان داد که صفات کمی سیب زمینی به شدت تحت تاثیر دورهای مختلف آبیاری قرار گرفتند و از نظر مرحله رشدی در صفات مختلف اثر معنی‌داری مشاهده نشد.

منابع مورد استفاده

References

Akhavan, S., S. F. Moosavi., P. Mostafazadeh and A. Gadami. 2007. Study of drip and furrow irrigation with regard to yield and WUE in potato cultivation. J. Sci. Tech. Agric. Nat. Resour. 11 (41) 15-26. (In Persian with English abstract).

Allen, E. J. 1972. The effect of row width on the yield of three potato varietes. J. Agric. Sci. Cambridge. 79:315-321.

Antal, J., J. Kruppa., K. Pocsai and M. Sarvari. 2005. Burgonya, in (szerk): Antal. J: Novenytermesztestan 2.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.4.5]

Mezogazda Kiado. 51-88.

Eldredge, E. P., C. C. Shock and T.D. Stieber. 1992. Plot sprinklers for irrigation research. Agron. J. 84: 1081-1084.

Ferrat, I. L. and C. J. Lovatt. 1999. Relationship between relative water content, nitrogen pools, and growth of *Phaseolus vulgaris* L. and *P.acutifolius* A. Gray during water deficit. Crop Sci. 39: 467-475.

Harris, P. M. 1992. The potato crop. Chapman and Hall Ltd. 910 Pp.

Hassan, A. A., A. A. Sarkar., M. H. Ali and N. N. Karim. 2002. Effect of deficit irrigation at different growth stages on the yield of potato. Pak. J. Biol. Sci. 5: 128-134.

Hassanpanah, D. 2009. 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 with English abstract).

Heidari, A., M. D. Rezvani and A. Hemmat. 2004. The effects of subsoiling and irrigation regimes on potato yield. J. Agric. Sci. Natur. Resour. Vol.11 (3) 35-43. (In Persian with English abstract).

Herse, J. and R. Kolpal. 1976. Effect of irrigation and high rates of mineral fertilizers on yield and nutritive value of potatoes. Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolnicych. 181: 255-267.

Howell, T. A. 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. Agron. J. 93: 281-289.

Irigoyen, J. J., D. W. Emerich and M. Sanchez- Diaz. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiol. Plant. 84: 55-60.

Jefferies, R. A. and D. K. MacKerron. 1993. Response of potato genotypes to drought. II. Leaf area index growth and yield. Ann. Appl. Biol. 122: 105-122.

Karafyllidis, D. I., N. Stavrapoulos and D. Georgakis. 1996. The effect of water stress on the yielding capacity of potato crops and subsequent performance of seed tubers. Potato Res. 39: 153-163.

Kashyap, P. S. and P. K. Panda. 2003. Effect of irrigation scheduling on potato crop parameters under water stressed conditions. Agric. Water Manage. 56:49-66.

Kazi, B. R., F. C. Oad., G. H. Jamro., L. A. Jamali and L. N. Oad. 2002. Effect of water stress on the growth, yield and oil content of sunflower. Pak. J. Appl. Sci .2(5): 550-552.

Khorshidi, M. B., F. Rahimzadeh., M. J. Mirhadi and G. Nourmohammadi. 2002. Study of drought stress effects in different growth stages on potato cultivars. Iran. J. Crop. Sci. 4 (1) 48-58. (In Persian with English abstract).

Kramer, P. J. 1983. Water relations in plants. Academic Press. Pp.34,41.

Loon, C. D. van. 1981. The effect of water stress on potato growth, development and yield. Americ. Potato. J. 58: 51-69.

Lynch, D. R. and G. C. Tai. 1989. Yield and yield component response of eight potato to water stress. Crop Sci. 29: 1207-1211.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.4.5]

Masjedi, A., A. Shokoohfar and M. Alavai-Fazel. 2008. Determination of the best irrigation interval for maize (SC704) and evaluation of drought stress on yields using clay pan evapotranspiration classA. J. Sci. Tech. Agric. Nat. Resour. 46: 543-551. (In Persian with English abstract).

Mohammadi, A and F. Faeznia. 2001. Effect of water stress on growth and yield of two potato cultivars. Research Report of Semnan Agricultural Research Center. (In Persian).

Mohammadian, R., M. Ahmadi., M. Kolarostagi and S. Galebi. 2004. Study of potassium application at different regimes of drip irrigation on yield and WUE of two sugar beet genotypes. J. Sugar Beet 20(1): 55-72. (In Persian with English abstract).

Moosavi, S. H and F. Faeznia.2001. Effect of various contents of water and nitrogen fertilization on quantitative and qualitative characters of potato. 11th congress of Irrigation and Drainage National Committee. Pp.273-294. (In Persian).

Shibairo, S. I., M. K. Opadhyaya and P. M. Toivonen. 1998. Influence of pre harvest water stress on post harvest moisture loss of carrots (*Daucus carota* L.). J. Hort.Sci. and Biotech. 73: (3) 347-352.

Shock, C. C., E. B. G. Feibert, and L. D. Saunders. 1998. Potato yield and quality effects on some physiological response to deficit irrigation. HortSci. 33(4): 655-659.

Simon, J. E., R. D. Bubenheim., R. J. Joly and D. J. Charles. 1992. Water stress- induced alterations in essential oil content and composition of sweet basil. J. Essential Oil Res. 4: 71-75.

Stevanovic, B., J. Sinzar and O. Glisic. 1998. Electrolyte leakage differences between poikilohdrous and nomoihydrous species of Gesneriaceae. Biologia Plantarum 40: (2) 299-303.

Walworth, J. L. and D. E. Carling. 2002. Tuber initiation and development in irrigated and non- irrigated potatoes. Am. J. Potato Res. 79: 387-395.

Yazar, A., S. Sezen and B. Gencel. 2002. Drip irrigation of corn in the Southest Anatolia Project (SAP) area in Drainage. Irrig. and Drain. 51: 293-300.

Yuan, B. Z., S. Nishiyama and Y. Kang. 2003. Effects of different drip irrigation regimes on the growth and yield of drip- irrigated potato. Agric. Water Manage. 63: 153-167.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.4.5]

Effect of irrigation intervals on yield and plant characteristics of potato (*Solanum tuberosum* L.)

Masoudi, F.[1], M. R. Zardashti[2], B. Abdollahi Mandoulakani[3], M. H. Rasoli Sadghiani[4] and H. Nazarli[5]

ABSTRACT

Masoudi, F., M. R. Zardashti, B. Abdollahi Mandoulakani, M. H. Rasoli Sadghiani and H. Nazarli. 2010. Effect of irrigation intervals on yield and plant characteristics of potato (*Solanum tuberosum* L.)**. Iranian Journal of Crop Sciences. 12 (3) 265-278. (In Persian)**

To study the effect of different irrigation intervals on the yield and plant characteristics of potato (*Solanum tuberosum* L.), a field exoeriment was carried out in split plot arrangements using randomized complete block design with three replications at research field station, faculty of agricultural, the university of Urmia, in 2008 growing season. Experimental treatments were included irrigation intervals at four levels: 6 (I_0), 10 (I_1), 14 (I_2) and 18 (I_3) day assigned to main plots, and growth stages at two levels: 50% emergence to 50% flowering (GS_1) and 50% flowering to physiological maturity (GS_2) randomized in sub-plots. Results showed that tuber fresh yield, tuber dry yield, mean of tuber fresh weight.plant^{-1}, stem diameter, plant height, tuber size and dry matter at 1%, and the number of stem and relative water content in 5% probability level were affected by different irrigation intervals. However, irrigation intervals had no significant effect on mean of tuber dry weight.plant^{-1}, specific weight and cell membrane stability. Significant difference was also observed between the growth stages for stem diameter, plant height and cell membrane stability. Interaction effect between irrigation intervals × growth stages was not significant on any traits except for stem diameter and plant height. It was concluded that irrigation intervals had a significant effect on plant characteristics of potato, but growth stages had no effect on these traits.

Key words: Dry matter, Dry tuber yield, Growth stage, Irrigation interval and Potato.

Received: August, 2009 **Accepted: January, 2010**

1- M.Sc. student, The University of Urima, Urima, Iran (Corresponding author) (Email: farhad.masoudi@yahoo.com)
2- Assistant Prof., The University of Urima, Urima, Iran
3- Assistant Prof., The University of Urima, Urima, Iran
4- Assistant Prof., The University of Urima, Urima, Iran
5- M.Sc. student, The University of Urima, Urima, Iran

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.3.4.5]