

اثر دوره‌های 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 عبدالحی مندولکانی^۳، میر حسن رسولی صدقیانی^۴ و
حسین نظرلی^۵

چکیده

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

به منظور بررسی اثر دوره‌های 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 دوره‌های 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 دوره‌های مختلف آبیاری قرار گرفتند، ولی دوره‌های 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 دوره‌های 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 دوره‌های مختلف آبیاری تاثیر معنی‌داری بر صفات گیاهی سیب زمینی داشتند ولی مراحل رشدی تاثیر بر این صفات نداشتند.

واژه‌های 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

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 تعلق شدید یا کمبود آب، محتوای آب نسبی (RWC) سیب زمینی از بسیاری از گونه‌ها مانند گوجه فرنگی و چچم کمتر است، جبران شبانه کمبود آب این گونه نیز نسبت به سایر گونه‌ها از جمله پنبه و سورگوم کمتر می‌باشد، 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 می‌شود. تنش آبی در مرحله رشد رویشی و تا قبل از مرحله تشکیل غده‌ها، سطح برگ، تعداد ساقه‌های فرعی، سیستم ریشه، ارتفاع بوته و به طور کلی نمو پوشش سبز گیاه را کاهش می‌دهد. دومین مرحله رشد سیب زمینی مرحله تشکیل غده‌هاست 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 غده‌ها 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. براساس 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 مطلوب‌ترین زمان و دور آبیاری برای حصول حداکثر عملکرد بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه بصورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های 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)، دوره‌های آبیاری تعیین شدند. نیاز آبی سیب زمینی رقم مارفونا بسته به شرایط محیطی، سال و مدت رشد و نمو گیاه از ۵۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر متغیر است (Howell, 2001). آبیاری اول به هنگام کاشت و سایر آبیاری‌ها تا زمان اعمال تیمارهای تنش آبیاری در دوم تیر ماه (سبز شدن ۵۰ درصد بوته‌ها) 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 بوته‌ها

افزوده شده به کرت‌ها در هر بار آبیاری برای تمام تیمارهای دور آبیاری یکسان بود (رابطه ۱) و تعداد دفعات آبیاری برای هر دور آبیاری مشخص بود (۱۲، ۹، ۷ و ۵ بار به ترتیب برای دوره‌های 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 (جدول ۱).

$$I = \frac{\theta_{FC} \times (\rho_b / \rho_w) \times D}{100} \quad (1)$$

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.

$$V = I \times A \times 1000 \quad (2)$$

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.

مصرف شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل دوره‌های 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 ۹۰-۱۱۰ 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 دوره‌های آبیاری به طور مستقیم اندازه گیری نشد، ولی با توجه به اینکه عمق آب

جدول ۱- مقدار آب مصرفی در دوره‌های مختلف آبیاری

Table 1. Water amount for different irrigation intervals

مجموع آب مصرفی برای دوره‌های 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

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

برداشت محصول در اوایل شهریور ماه ۱۳۸۷ صورت گرفت. صفات اندازه گیری 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،

نرم افزار SPSS نسخه ۱۵ و MSTATC انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳)، نشان داد که دوره‌های 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 معنی داری بر تیمارهای دور آبیاری داشتند (جدول ۴).

بین تیمارهای دور آبیاری اختلاف معنی داری از نظر عملکرد تر و عملکرد خشک غده وجود داشت، ولی بین مراحل رشدی اختلاف معنی داری مشاهده نشد و اثر متقابل بین دوره‌های آبیاری و مراحل رشدی نیز معنی دار نبود (جدول ۳). دور آبیاری ۱۸ روز یک بار (I_3) بیشترین تاثیر را در کاهش معنی دار 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 معنی داری وجود داشت (جدول ۴). 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 معنی دار عملکرد غده در تیمارهای آبیاری پس از ۶۰

رشد، پس از حذف ردیف‌های کناری و دو سر ردیف‌های وسطی، از هر کرت آزمایشی خطوط میانی انتخاب شدند و غده‌های سیب زمینی برداشت شدند. میانگین وزن تر غده در بوته با توزین غده‌های تر هر بوته و تقسیم آنها بر تعداد غده‌های هر بوته و میانگین وزن خشک غده در بوته، بعد از توزین غده‌های 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 نمونه‌های 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).

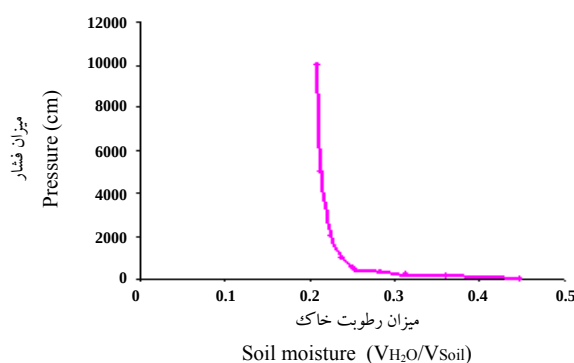
$$RWC = \frac{(وزن خشک - وزن اشباع)}{(وزن خشک - وزن تر)} \times 100 \quad (3)$$

نشت یونی یا پایداری غشاء سلولی پس از خارج کردن نمونه‌های 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 داده‌ها با استفاده از

جدول ۲- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table2. Physicochemical characteristics of soil experimental site

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



شکل ۱- منحنی رطوبتی خاک محل اجرای آزمایش

Fig 1. Soil moisture curve at experimental site

(I_3) بود. بین دور آبیاری ۱۰ روز یک بار (I_1) و دور آبیاری ۱۸ روز یک بار (I_3) اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول ۴). 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 می آید. علت کاهش زیاد میانگین وزن تر غده در دور آبیاری 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 ($10/083$) مربوط به دور آبیاری ۱۸ روز یک بار (I_3) و بیشترین تعداد غده ($13/53$) مربوط به تیمار شاهد (I_0) بود (جدول ۴). 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 معنی دار در تیمارهای ۰/۵۰ و ۰/۲۵ اتفاق افتاد که 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

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 می گردد. 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 معنی داری کاهش داد. نتایج این آزمایشات با آزمایش حاضر مشابه می باشد. به نظر می رسد که علت کاهش عملکرد تر غده در بوته با کاهش آبیاری، کاهش تعداد غده و میانگین وزن تر هر غده می باشد. بیشتر بودن تعداد غده در بوته نمی تواند تنها دلیل بالا بودن عملکرد باشد زیرا ممکن است تعداد غده بیشتر بوده و این حالت موجب تشدید رقابت در بین غده ها برای دریافت مواد پرورده شده و در نتیجه اندازه غده ها کوچک بماند. بین دورهای آبیاری برای میانگین وزن تر و خشک غده در بوته اختلاف معنی داری وجود داشت، ولی بین مراحل رشدی از لحاظ میانگین وزن تر غده در بوته اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۳). کمترین وزن تر غده ($36/93$ گرم) مربوط به دور آبیاری ۱۸ روز یک بار

"اثر دوره‌های آبیاری بر عملکرد و....."

جدول ۳- 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 ^{**}	6.07 ^{ns}	41.67 ^{ns}
Irrigation intervals (I)	دورهای آبیاری	3	9.41 ^{**}	0.006 ^{ns}	129.41 [*]	121154 ^{ns}	14.57 ^{ns}	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	0.001 ^{ns}	0.004 ^{ns}	1.68 ^{ns}	406901 [*]	0.207 ^{ns}	16.5 ^{ns}
I×GS	دور آبیاری × مرحله رشدی	3	0.001 ^{ns}	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

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

ns: غیر معنی دار

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

ادامه جدول ۳

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

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

ns: غیر معنی دار

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

جدول ۴- 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 (%)
دور آبیاری 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

جدول ۵- 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

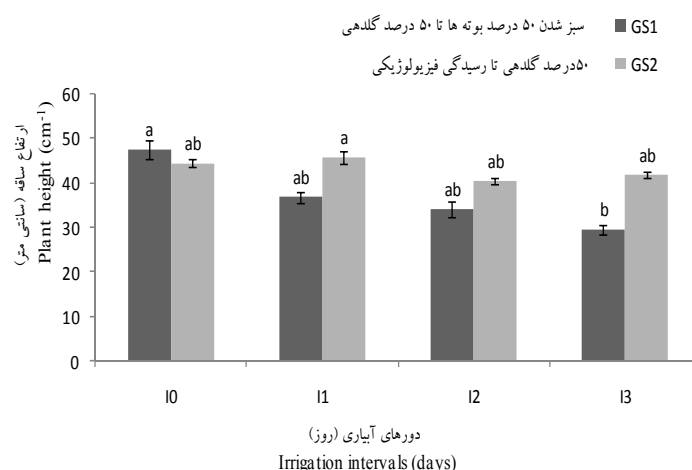
دور آبیاری Irrigation intervals (I)	مرحله رشدی GS Growth stag)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (mm)
(control) I ₀	GS ₁ (سبز شدن ۵۰٪ بوته‌ها تا گلدهی ۵۰٪ بوته‌ها)	47.3 ^a	12.2 ^{ab}
	GS ₂ (گلدهی ۵۰٪ بوته‌ها تا رسیدگی فیزیولوژیک)	44.3 ^{ab}	12.8 ^a
(10 day interval) I ₁	GS ₁ (سبز شدن ۵۰٪ بوته‌ها تا گلدهی ۵۰٪ بوته‌ها)	36.7 ^{ab}	9.2 ^{abc}
	GS ₂ (گلدهی ۵۰٪ بوته‌ها تا رسیدگی فیزیولوژیک)	45.5 ^a	10.0 ^{abc}
(14 day interval) I ₂	GS ₁ (سبز شدن ۵۰٪ بوته‌ها تا گلدهی ۵۰٪ بوته‌ها)	34.0 ^{ab}	7.5 ^{bc}
	GS ₂ (گلدهی ۵۰٪ بوته‌ها تا رسیدگی فیزیولوژیک)	40.3 ^{ab}	7.8 ^{abc}
(18 day interval) I ₃	GS ₁ (سبز شدن ۵۰٪ بوته‌ها تا گلدهی ۵۰٪ بوته‌ها)	29.5 ^b	5.0 ^c
	GS ₂ (گلدهی ۵۰٪ بوته‌ها 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

شاهد (I_0) و کمترین ارتفاع بوته ($29/5$ سانتیمتر) مربوط به دور آبیاری ۱۸ روز یک بار (I_3) و مرحله سبز شدن ۵۰ درصد بوته‌ها تا ۵۰ درصد گلدهی (GS_1) بود. بین دور آبیاری ۱۰ روز یک بار (I_1) در مرحله ۵۰ درصد گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیکی (GS_2) و دور آبیاری ۱۸ روز یک بار (I_3) در مرحله سبز شدن ۵۰ درصد بوته‌ها تا ۵۰ درصد گلدهی (GS_1) از لحاظ ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۵). بازار 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.

دسترس خاک بدست آمد. والورس و همکاران (Walworth *et al.*, 2002) نتایج متناقضی از یافته‌های قبلی بدست آوردند و نشان دادند که تعداد غده در گیاه می‌تواند با نوع رقم مرتبط باشد. شرایط محیطی مانند دما و نوع خاک نیز روی تعداد غده اثر می‌گذارند. برخلاف الگوی کشت، سبب 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 دوره‌های آبیاری، مراحل رشدی و اثر متقابل آنها از لحاظ ارتفاع بوته اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت (جدول ۳). اثر متقابل بین مراحل رشدی و دوره‌های آبیاری بر ارتفاع بوته در شکل ۲ ارائه شده است. بیشترین ارتفاع بوته ($47/33$ سانتیمتر) مربوط به تیمار



شکل ۲- اثر متقابل دوره‌های آبیاری و مراحل رشدی بر ارتفاع بوته سبب زمینی

نتایج میانگین سه تکرار $\pm$ 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 potato. Results are shown as mean $\pm$ standard error ($P < 0.05$), obtained from three replicates.

Similar letters indicate that the difference is not significant ($P < 0.05$)

نسبت به سایر تیمارها داشت و بین دور آبیاری ۱۰ روز یک بار (I_1) و دور آبیاری ۱۸ روز یک بار (I_3)، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). موسوی و فائزینیا (Moosavi and Faezania, 2001) نیز گزارش کردند که

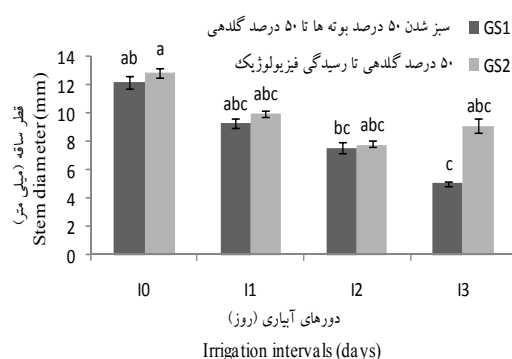
بین دوره‌های آبیاری از لحاظ اندازه غده اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت، ولی بین مراحل رشدی و اثر متقابل آنها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). تیمار شاهد (I_0) برتری معنی‌داری

نتایج نشان داد که دوره‌های آبیاری اثر معنی‌داری بر درصد ماده خشک داشتند (جدول ۳). تیمار شاهد (I_0) اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت و دوره‌های آبیاری باعث کاهش معنی‌دار درصد ماده خشک شد، بطوریکه با کاهش میزان آب آبیاری درصد ماده خشک به کمترین مقدار ($25/31$ درصد) در تیمار ۱۸ روز یک بار I_3 رسید (جدول ۴). 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 می‌یابد که 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 می‌دهد.

تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که بین دوره‌های آبیاری، مراحل رشدی و اثر متقابل آنها از نظر قطر ساقه اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار شاهد (I_0) با

با افزایش میزان مصرف آب، درصد غده‌های درشت (بیشتر از ۱۵۰ گرم) افزایش یافت و تامین ۷۵ درصد آب مورد نیاز گیاه باعث شد که درصد غده‌های متوسط افزایش، غده‌های 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 دادند که اثر دور آبیاری بر اندازه غده معنی‌دار نیست. کاهش در اندازه غده سیب زمینی در پاسخ به دوره‌های 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 دوره‌های آبیاری از نظر محتوای نسبی آب برگ در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). 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.



شکل ۱- اثر متقابل دوره‌های آبیاری و مراحل رشدی بر قطر ساقه سیب زمینی

نتایج میانگین سه تکرار $\pm$ انحراف معیار ($P < 0.05$) را نشان می‌دهد

میانگین‌های 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 $\pm$ standard error ($P < 0.05$), obtained from three replicates.

Similar letters indicate that the difference is not significant ($P < 0.05$)

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 دوره‌های آبیاری تفاوت معنی‌دار نبود (جدول ۳). هرچه وقوع کم آبی در مراحل انتهایی تر 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 دادند که ارقام مقاوم کمترین نشت از دیواره سلولی را دارا هستند. نتایج این آزمایش نشان داد که صفات کمی سیب زمینی به شدت تحت تاثیر دوره‌های مختلف آبیاری قرار گرفتند و از نظر مرحله رشدی در صفات مختلف اثر معنی‌داری مشاهده نشد.

نتایج تیمار ۱۰ روز یک بار (I_1) اختلاف معنی‌داری نداشت ولی بین تیمار شاهد با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۵). اثر متقابل دور آبیاری و مرحله رشدی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (شکل ۳). نتایج حاصل از تحقیق کازی و همکاران (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 دوره‌های آبیاری، مراحل رشدی و اثر متقابل آنها بر وزن مخصوص غده‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۳). 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، غده‌هایی با وزن مخصوص کم تولید کردند.

اثر دوره‌های آبیاری بر تعداد ساقه اصلی در بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بطوریکه بین تیمار شاهد (I_0) با تیمار ۱۸ روز یک بار (I_3) اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۴). بر اساس گزارشات

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 varieties. J. Agric. Sci. Cambridge. 79:315-321.
- Antal, J., J. Kruppa., K. Pocsai and M. Sarvari. 2005. Burgonya, in (szerk): Antal. J: Novenytermesztetan 2.

منابع مورد استفاده

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 Rolniczych.* 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.

- 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 class A. 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 poikilohydrous 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 Southeast 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.

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

Masoudi, F.¹, M. R. Zardashti², B. Abdollahi Mandoulakani³, M. H. Rasoli
Sadghiani⁴ and H. Nazarli⁵

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 experiment 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 (I₀), 10 (I₁), 14 (I₂) and 18 (I₃) day assigned to main plots, and growth stages at two levels: 50% emergence to 50% flowering (GS₁) and 50% flowering to physiological maturity (GS₂) 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 Urmia, Urmia, Iran (Corresponding author) (Email: farhad.masoudi@yahoo.com)

2- Assistant Prof., The University of Urmia, Urmia, Iran

3- Assistant Prof., The University of Urmia, Urmia, Iran

4- Assistant Prof., The University of Urmia, Urmia, Iran

5- M.Sc. student, The University of Urmia, Urmia, Iran