

اثر تاریخ و عمق کاشت بر صفات کیفی، عملکرد غده و کارایی مصرف آب ارقام سیب زمینی در کشت پاییزه و بهاره منطقه معتدله سردسیر

حجت اسفرم مشکین شهر^۱، بهرام میرشکاری^{۲*}، داوود حسن پناه^۳، فرهاد فرحوش^۴، مهرداد یارنیا^۵

۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز

۲. عضو هیئت علمی، گروه زراعت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز

۳. عضو هیئت علمی بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل

مشخصات مقاله	چکیده
واژه‌های کلیدی:	این تحقیق با هدف بررسی اثر تاریخ و عمق کاشت بر برخی صفات کیفی، عملکرد غده و کارایی مصرف آب ارقام سیب زمینی در کشت پاییزه و بهاره منطقه معتدله سردسیر در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آراالوی منطقه اردبیل به مدت ۲ سال اجرا شد. آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار تاریخ کاشت در سه سطح (۱۰ آبان، ۱۰ آذر و ۱۰ اردیبهشت) به عنوان عامل اصلی و ترکیب فاکتوریل چهار رقم سیب زمینی (اسپریت، مارفونا، ساوالان و آگریا) و چهار عمق کاشت (۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ سانتی متر) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی نشان داد اثر ساده تاریخ کاشت (عملکرد غده و کارایی مصرف آب) و اثر ساده عمق کاشت (مقدار نیتروژن، درصد فیبر و قندهای محلول) در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد دارای اختلاف آماری معنی دار بودند. از نظر اثر چهار جانبه صفات (درصد ماده خشک و قندهای محلول) دارای اختلاف معنی داری بودند. کارایی مصرف آب در کاشت آبان و آذرماه در عمق‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۵ با رقم اسپریت با کارایی مصرف آب ۶ (kg/m ³) بیشتر بود. بیشترین مقدار عملکرد غده در رقم مارفونا در اردیبهشت در چهار عمق کاشت (۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ سانتی متر) به ترتیب (۳۵/۸۶، ۳۲/۳۹، ۲۷/۴۵ و ۲۵/۰۲ تن در هکتار) بود. رابطه عملکرد غده با صفات درصد نشاسته غده و درصد فیبر غده منفی و معنی دار و با درصد ماده خشک غده مثبت و معنی دار بود.
تاریخ دریافت:	۱۳۹۹/۰۲/۱۸
تاریخ پذیرش:	۱۳۹۹/۱۲/۰۶
تاریخ انتشار:	بهار ۱۴۰۱
	۲۷۳-۲۵۹ (۱): ۱۵

مقدمه

حاصل می‌شود که میانگین دمای هوای گرم‌ترین ماه فصل رشد حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد و یا کمتر باشد. دمای مناسب برای حداکثر تولید سیب زمینی ۱۵ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد است. اگر میانگین دمای روزانه حدود ۲۱ درجه سانتی‌گراد باشد بیشترین محصول تولید می‌شود. یکی از عوامل مهم در رشد و نمو و عملکرد سیب زمینی تاریخ کاشت است. تولید و کیفیت غده در سیب زمینی تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله تنش‌های رطوبتی، آب و هوایی و تغذیه‌ای قرار می‌گیرد (Levy, 1985). اثر نوسانات دمایی بر رشد و

سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) گیاهی یک‌ساله (Ahmadvand and Hassanabadi, 2006) و اتوتتراپلوئید از خانواده سولاناسه (Solanaceae) بوده و از محصولات غده‌ای مهم جهان و ایران است و به دلیل عملکرد بسیار بالا در واحد سطح نقش مهمی در تغذیه مردم جهان دارد و عملکرد و مقدار پروتئین تولیدی سیب زمینی در واحد سطح بیشتر از گندم و برنج است (Trehan and Singh, 2013). سیب زمینی گیاهی است نسبتاً سرمادوست و جز سبزی‌های فصل خنک است (Darabi, 2007). بهترین رشد آن در نواحی

(Ezaazimi et al., 2009). ایجاد یک پوشش مناسب روی غده‌های سیب‌زمینی می‌تواند با ایجاد یک سیستم ریشه‌ای مناسب در افزایش عملکرد مؤثر باشد (Khayatnezhad and Gholamin, 2011). با افزایش عمق کاشت سیب‌زمینی، به دلیل مقاومت خاک در برابر خروج جوانه‌ها، تعداد ساقه و غده در بوته کاهش یافته و در اثر کم شدن رقابت درون گیاهی، وزن غده‌ها افزایش می‌یابد (Alimohammadi et al., 2003). عمق خاک زراعی و عمق کاشت در تشکیل ریزوم‌ها و ساقه‌های هوایی نقش اساسی داشته به‌طوری‌که با افزایش عمق کاشت تا ۲۰ سانتیمتر تعداد ریزوم‌ها و عملکرد افزایش نشان می‌دهد، کشت عمیق غده‌های سیب‌زمینی باعث تولید گیاهانی کم‌پشت و تک ساقه در مزرعه می‌گردد که این امر تراکم مطلوب را در مزرعه پایین می‌آورد و عمق کاشت کمتر نیز باعث تولید غده‌ها در سطح خاک شده که خطر آفتاب‌سوختگی غده‌های تولیدشده را به دنبال خواهد داشت (Ezaazimi et al., 2009). تفاوت بین ارقام در تولید غده می‌تواند به علت اختلاف در فتوپریود بحرانی آن‌ها باشد. فتوپریودی که از فتوپریود بحرانی کوتاه‌تر باشد باعث تحریک غده دهی می‌شود. بنابراین ارقام زودرس مناطق معتدل با داشتن فتوپریود بحرانی طولانی در روشنایی متوالی تولید غده می‌کنند، اما آن دسته از ژنوتیپ‌هایی که فتوپریود بحرانی کوتاه‌تر دارند، هنگامی تولید غده می‌کنند که در رژیم ۱۲ ساعت روشنایی قرار گیرند (Van Dam et al., 2008). گاله و همکاران (Gale et al., 2003) اظهار نمودند که با تأخیر در کاشت سیب‌زمینی، تعداد غده‌ها افزایش می‌یابد اما متقابلاً وزن متوسط غده‌ها کاهش پیدا می‌کند. طی تحقیقی که در هلند بر روی رقم دزیره در تاریخ‌های کاشت به فواصل ۷ روز از همدیگر بین اوایل مهر و اوایل دی‌ماه صورت گرفت، مشاهده شد که عملکرد کل در تاریخ کاشت اوایل آذرماه و عملکرد غده‌های بازارپسند در کشت آبان ماه بالاتر بوده است. با تأخیر در کاشت، درصد غده‌های کوچک‌تر از ۳۵ گرم افزایش پیدا کرد (Van Dam et al., 2008; Hassanpanah et al., 2009). اثر چهار تاریخ کاشت از اول اردیبهشت تا ۱۵ خرداد را بر عملکرد و خصوصیات زراعی دو رقم ساوالان و اگریا در اردبیل مطالعه نمودند. عملکرد سه تاریخ کاشت اول و ۱۵ اردیبهشت و اول خرداد تفاوت معنی‌داری نداشت. ولی عملکرد تاریخ کاشت ۱۵ خرداد نسبت به سه تاریخ کاشت دیگر به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. عملکرد رقم ساوالان از رقم اگریا بیشتر بود.

ناهنجاری‌های غده‌ها و کیفیت نامطلوب آن‌ها در یک محدوده خاص جغرافیایی به ویژگی‌های آب و هوایی منطقه مربوط بوده و خارج از توان کنترلی زارعین است؛ اما چنانچه با اتخاذ تاریخ کشت مناسب در هر منطقه بتوان از برخورد مراحل رشد با تنش دمایی پرهیز کرده و شرایط ممکن را به نفع غده سازی بهینه در سیب‌زمینی تغییر داد می‌توان از خسارت حاصل بر کیفیت غده‌های تولیدی ممانعت کرده و در ضمن کمیت تولید را نیز ارتقاء بخشید (Siddique et al., 1990). تاریخ کشت عمدتاً به شرایط آب و هوایی بستگی دارد. در سیب‌زمینی کشت بسیار زود هنگام بخصوص در نواحی با نوسانات ناگهانی دمای پایین اغلب منتج به آسیب‌پذیری غده بذری از سرما و پوسیدگی در خاک‌های سرد و مرطوب می‌شود، بدیهی است که وقوع چنین وضعیتی در مزرعه سبب کاهش عملکرد خواهد شد (Kazemi et al., 2011). از طرف دیگر با به تعویق افتادن کشت سیب‌زمینی از تاریخ کاشت مناسب بخصوص در مناطق گرمسیری کاهش عملکرد غده به دلیل کوتاه شدن دوره رشد مورد انتظار است (Kawakami et al., 2005). تاریخ کاشت نامناسب منجر به برخورد دوره رشد رویشی گیاه با شرایط نامساعد محیطی می‌گردد. کاهش طول دوره رشد یا برخورد دوره‌های حساس گیاه با شرایط نامساعد محیطی می‌تواند سبب کاهش رشد رویشی و اجزای عملکرد و یا حتی مرگ گیاه شود. بر اساس نتایج مطالعات انجام‌شده، دما مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده طول دوره رشد در گیاهان زراعی است. تاریخ کاشت بایستی بر اساس عکس‌العمل آن‌ها نسبت به دما تنظیم گردد (Hassanpanah et al., 2009). تاریخ کاشت از طریق انطباق مراحل رشد و نمو گیاه با وضعیت دمای خاک و هوا، طول روز، پتانسیل تبخیر و تعرق، بارندگی، رطوبت هوا و سایر خصوصیات جوی، شیوع آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز بر استقرار، رشد رویشی و زایشی و درنهایت عملکرد کمی و کیفی محصول و مسائل برداشت تأثیر می‌گذارند (Sief Amiri, 2000).

یکی دیگر از عوامل مهم در رشد و نمو و عملکرد سیب‌زمینی عمق کاشت است. عمق کاشت سیب‌زمینی یکی از مهم‌ترین عوامل است که نقش مهمی در تولید سیب‌زمینی دارد، به‌طوری‌که اگر عمق کاشت خیلی عمیق باشد، مقاومت خاک در برابر خروج جوانه‌ها افزایش یافته بیشتر جوانه‌ها به سطح خاک نرسیده و از بین خواهند رفت و اگر عمق کاشت سطحی باشد خطر آفتاب‌سوختگی غده‌ها وجود خواهد داشت

بارندگی ۳۱۰ میلی‌متر و آب‌وهوای تا حد کمی مرطوب و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۷۲ متر و طول و عرض جغرافیایی آن به ترتیب ۴۸° ۲۰' و ۳۸° ۱۵' است. زمین موردنظر مسطح بوده و وضعیت آن از نظر زهکشی مناسب و سفره آب زیرزمینی در آن عمیق و وضعیت تهویه خاک نیز مطلوب می‌باشد با خاک از نوع لومی رسی و میزان مواد آلی ۰/۷-۱ درصد بود. pH خاک حدود ۷/۷ و آب ۷/۱ است. در جدول ۲ برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آب محل آزمایش نشان داده شده است. در این تحقیق ارقام متوسط زودرس و متوسط دیررس سیب‌زمینی (جدول ۱) در عمق‌های مختلف کاشت در فصل پاییز و بهار در سه تاریخ به‌صورت آزمایش اسپلیت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ اجرا گردید. تاریخ کاشت در سه سطح (۱۰ آبان، ۱۰ آذر و ۱۰ اردیبهشت)، به‌عنوان عامل اصلی و ترکیب فاکتوریل چهار رقم سیب‌زمینی (اسپریت، مارفونا، ساوالان و آگریا) و چهار عمق کاشت (۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. کود دهی بر اساس آزمون خاک مصرف شد. بعد از عملیات آماده‌سازی بستر کاشت و مسطح کردن با دستگاه فاروئر یا شیار بازکن شیار و پشته ایجاد شد و هر رقم در چهار پشته به طول ۵ متر و به فاصله ۷۵ سانتی‌متر و فاصله دو بوته ۲۵ سانتی‌متر از یکدیگر در فصل پاییز بر اساس تاریخ‌های کاشت مورد آزمایش کشت شد (Hassanpanah, 2016). از سم پاراکوات به مقدار ۳ لیتر در هکتار بعد از کاشت و قبل از سبز شدن بوته‌های سیب‌زمینی برای کنترل علف‌های هرز در یک نوبت و از سم کنفیدور به مقدار ۲۵۰ میلی‌لیتر در هکتار در دو نوبت برای مبارزه با آفت سوسک کلرادو و ناقلین بیمارهای ویروسی استفاده شد. در ۲۰ تیرماه اقدام به سر زنی بوته به‌وسیله داس نموده و بعد از ۱۰ روز در تاریخ ۳۰ تیرماه از هر کرت ده بوته انتخاب و به‌وسیله بیل به‌دقت غده‌های هر کرت به‌صورت جداگانه برداشت و در داخل توری‌های پلاستیکی اتیکت دار جهت اندازه‌گیری و نمونه‌برداری‌های لازم به آزمایشگاه انتقال داده شد (Khandan et al., 2011). در این بررسی کارایی مصرف آب به شرح ذیل محاسبه شد.

$$WUE = TY/TWU \quad [1]$$

در این معادله WUE: کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب آب)، TY: عملکرد غده (کیلوگرم در هکتار)،

پرویزی و همکاران (Parvizi et al., 2011) گزارش کردند عملکرد قابل‌فروش در دو تاریخ کاشت ۲۰ اردیبهشت و پنجم خرداد در هر سه رقم وضعیت مطلوب‌تری داشت. رقم مارفونا در بیشتر تاریخ کاشت‌ها عملکرد قابل‌فروش بیشتری نسبت به دو رقم دیگر داشت. کاواکامی و همکاران (Kawakami et al., 2005) گزارش نمودند که با به تأخیر افتادن تاریخ کاشت عملکرد کاهش یافت. در تحقیقی که در هلند بر روی رقم دزیره در تاریخ کاشت‌های مختلف از اوایل مهر تا اوایل دی به فاصله ۷ روز از همدیگر صورت گرفت مشاهده شد که عملکرد کل در تاریخ کاشت اول آذر و عملکرد بازارپسند در تاریخ کاشت اول آبان بیشتر بود (Van Dam et al., 2008). عملکرد سیب‌زمینی از جمله تعداد غده‌های تولیدشده بستگی شدیدی به عمق کاشت دارد و عمق کاشت مناسب یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی در افزایش عملکرد است (Laei et al., 2012). با افزایش عمق کاشت سیب‌زمینی، تعداد غده‌ها در بوته کاهش یافته و وزن غده‌ها افزایش یافت (Lalehgani-dezaki et al., 2007). محققان گزارش کردند که عمق کاشت در عملکرد غده سیب‌زمینی تأثیر معنی‌داری دارد (Mortazavibak and Aminpoor, 2003; dezaki et Alimohammadi et al., 2004; Lalehgani-al., 2007; Pavék and Thornton 2009). لای و همکاران (Laei et al., 2012) گزارش کردند که بیشترین عملکرد غده در عمق کاشت ۱۵ سانتی‌متر حاصل شد و همچنین با افزایش عمق کاشت از تعداد غده‌ها کاسته شد و در مقابل وزن غده‌ها افزایش یافت.

هدف عمده این تحقیق بررسی اثر تاریخ و عمق کاشت بر صفات کیفی، کارایی مصرف آب و عملکرد غده تولیدی مورد ارزیابی ارقام سیب‌زمینی در منطقه معتدل و نیمه سردسیر اردبیل در کشت پاییزه و بهاره منطقه معتدله سردسیر در طی دو سال زراعی ۹۶ و ۹۷ به‌منظور دستیابی به ارقامی با عملکرد مطلوب و صفات کیفی مناسب، بازارپسندی آن‌ها، تعیین مناسب‌ترین زمان کاشت و عمق کاشت و استفاده بهینه از منابع بارشی پاییز و زمستان در رقم‌های تجارتي و در منطقه اردبیل است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آزالوی منطقه اردبیل اجرا شد. آزالو دارای اقلیم معتدل و نیمه سردسیر در استان اردبیل بوده و متوسط

مخصوص ظاهری خاک محل آزمایش به شرح ذیل محاسبه شد و مقدار آن ۱/۲۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب به دست آمد.

$$Bd.D = Ms - Vt \quad [2]$$

Bd.D: جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، Ms: جرم ذرات جامد (گرم) که از تفاضل جرم نمونه خشک با سیلندر (گرم) و جرم سیلندر (گرم) به دست آمد. Vt: حجم سیلندر (سانتی‌متر مکعب) که برابر $Vt = (\pi/4) \times d^2 \times h$ که در آن d قطر سیلندر و h ارتفاع سیلندر است.

TWU: کل آب مصرف‌شده توسط سیب‌زمینی (مترمکعب در هکتار).

میزان آب مصرفی بر اساس مراحل مختلف رشد و نیاز گیاه مصرف گردید. برای محاسبه میزان آب آبیاری در هر نوبت و در هر مرحله از رشد سیب‌زمینی نیاز به مقادیر درصد ظرفیت مزرعه (FC)، درصد پژمردگی دائم (PWP)، جرم مخصوص ظاهری خاک (Bd.D)، آب قابل‌استفاده (AW) و آب سهل‌الوصول (RAW) است. جرم مخصوص ظاهری خاک از نسبت جرم خاک خشک به حجم خاک دست‌نخورده برحسب گرم بر سانتی‌متر مکعب به دست می‌آید. جرم

جدول ۱. خصوصیات ارقام کشت شده در طرح

Table 1. Characteristics of the cultivars cultivated in the design

ویژگی‌های ظاهری	Tuber flesh color	مصارف	Type of Use	دوره رشد	Growth period	رقم	Cultivars
با رنگ گوشت نسبتاً زرد	Light yellow	با مصرف تازه خوری و صنعتی	Fresh consumption	متوسط زودرس	Mid-late	اسپریت	Esprit
با گوشت زرد روشن	Light yellow	با مصرف تازه خوری و صنعتی	Fresh consumption	متوسط زودرس	Mid-late	مارفونا	Marfona
با رنگ گوشت زرد روشن	Light yellow	با مصرف تازه خوری	French Fries	متوسط دیررس	Mid-late	ساوالان	Savalan
با رنگ گوشت زرد	yellow	با مصرف تازه خوری	French Fries	متوسط دیررس	Mid-late	آگریا	Agria

رطوبت‌سنج خاک مدل PMS-714 ساخت کشور تایوان اندازه‌گیری گردید.

$$RAW + PWP = 6.547 + 14.6 = 21.147\% \quad [5]$$

برای اندازه‌گیری مقدار دبی عبوری از نهر آب در روش آبیاری سطحی از فلوم WSC تیپ ۴ استفاده شد. پس از نصب فلوم WSC در ورودی نهر آب، نهر اصلی را با نایلون پوشش داده شد تا از هدر رفت آب در داخل نهر جلوگیری شود. مقدار دبی در فلوم WSC تیپ ۴ از رابطه ذیل به دست آمد (Islami, 2016).

$$Q4 = 0.0294 \times H \quad 2.102 \quad [6]$$

H: ارتفاع آب داخل فلوم (اندازه‌گیری شده از طریق خط‌کش

نصب‌شده در بدنه فلوم برحسب سانتی‌متر)

بر اساس اندازه‌گیری‌های به‌عمل‌آمده در طی دوره رشد سیب‌زمینی، ارتفاع آب بین ۲۱-۱۹ سانتی‌متر بود و دبی آب بین ۱۷/۶۸۷-۱۴/۳۳ لیتر بر ثانیه محاسبه گردید.

$$Q4 = 0.0294 \times (21) \quad 102.2 = 17.687 \text{ لیتر بر ثانیه}$$

$$= 17.687 \times 3.6 = 63.673 \text{ مترمکعب بر ساعت} \quad [7]$$

مقدار ظرفیت مزرعه در پتانسیل ماتریک ۰/۳- بار و پژمردگی دائم در پتانسیل ماتریک ۱۵- بار با استفاده از دستگاه صفحه فشاری به دست آمد. مقدار ظرفیت مزرعه برابر ۲۹/۱ درصد ($FC = 29/1\%$) و مقدار پژمردگی دائم برابر ۱۴/۶ درصد ($PWP = 14/6\%$) و جرم مخصوص ظاهری خاک برابر ۱/۲۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب محاسبه گردید. حداکثر کمبود مجاز برای سیب‌زمینی ۰/۳۵ در نظر گرفته می‌شود. آب قابل‌استفاده (AW) از رابطه ۳ و آب سهل‌الوصول (RAW) از رابطه ۴ محاسبه شد.

$$AW = ((\theta_{FC} - \theta_{PWP}) / 100) \times Bd.D$$

$$= ((29.1 - 14.6) / 100) \times 1.29 = 18.705\% \quad [3]$$

$$RAW = AW \times MAD$$

$$= ((29.1 - 14.6) / 100) \times 1.29 \times 0.35 = 6.547\% \quad [4]$$

درصد رطوبت خاک برای تعیین زمان شروع آبیاری از طریق جمع مقادیر آب سهل‌الوصول و پژمردگی دائم محاسبه گردید. مقدار رطوبت خاک ۲۱/۱۴۷ درصد برای زمان شروع آبیاری در نظر گرفته شد. مقدار درصد رطوبت خاک محل آزمایش در طی دوره رشد سیب‌زمینی با استفاده از دستگاه پرتابل

هر کرت توزین و به تن در هکتار تبدیل شد و به عنوان عملکرد غده کل در هکتار در نظر گرفته شد. پس از انجام نرمال بودن داده‌ها و یکنواختی اشتباه آزمایشی تجزیه مرکب بر اساس طرح آماری اسپلیت فاکتوریل و مقایسه میانگین بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ توسط نرم افزار SAS9.1 و همبستگی بین صفات با استفاده از نرم افزار Minitab.16 و رسم نمودارها با نرم افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج آزمون لون برای تست اشتباهات آزمایشی در جدول ۳ آورده شده است. نتایج تجزیه واریانس مرکب تأثیر تاریخ و عمق کاشت روی صفات کمی و عملکرد غده سیب زمینی در دو سال زراعی در جدول (۴) آورده شده است.

$$Q4 = 0.0294 \times (19) 2.102 = 14.33 \text{ لیتر بر ثانیه} \\ [8] \quad 14.33 \times 3.6 = 51.588 \text{ مترمکعب بر ساعت}$$

مقدار آب مصرفی در کشت‌های مختلف سیب زمینی از طریق آبیاری سطحی با فلوم WSC تیپ ۴ در (جدول ۲) نشان داده شده است.

در این تحقیق صفات کیفی نظیر درصد ماده خشک (Khandan et al., 2011)، درصد نشاسته غده (روش معرف آنترن)، تعیین فیبر و قندهای قابل احیایی با استفاده از روش دی نیترو فینیل (Mostofi and Najafi, 2005) استخراج شدند. درصد نیتروژن غده با دستگاه کج‌لداال اندازه‌گیری و از حاصل ضرب این درصد با ضریب ثابت ۶/۲۵ درصد پروتئین محاسبه شد. همچنین میزان پتاسیم، فسفر، آهن و روی غده با استفاده از روش والینق و همکاران (Waling et al., 1989) و ولف و همکاران (Wolf et al., 2003) اندازه‌گیری و ارزیابی شدند. در آخر فصل رشد غده‌های برداشت‌شده از

جدول ۲. مقدار آب مصرفی در کشت‌های مختلف سیب زمینی از طریق آبیاری سطحی با فلوم WSC تیپ ۴

Table 2. Using water amount in different potato cultivations through surface irrigation with WSC-Flume type4

سال Year	کشت Ultivatcion	تعداد آبیاری Number of irrigation	مقدار آب مصرفی using water amount	مقدار باران مؤثر Effective rain amount	* حجم آب کاربردی * Practical water volume
				m ³ .ha ⁻¹	
۱۳۹۶	پاییزه و زمستانه Autumn and winter	4	4015	441	4456
2017	بهاره Spring	13	13699	562	14261
۱۳۹۷	پاییزه و زمستانه Autumn and winter	14	3950	696	4646
2018	بهاره Spring	12	13150	1017	14167

جدول ۳. مقادیر آزمون لون برای تست اشتباهات آزمایشی صفات مورد مطالعه

Table 3. Leven test values to test the experimental errors of the studied traits

کارایی مصرف آب water use efficiency (WUE)	عملکرد کل غده yield total tuber (ton/ha)	درصد نشاسته غده Percentage Starch of Tuber	مقدار نیتروژن غده Nitrogen of tuber	درصد فیبر غده Percentage fiber of Tuber	درصد ماده خشک غده Tuber dry matter	درصد قندهای محلول غده percentage of soluble sugars
0.537 ^{ns}	0.631 ^{ns}	8.247 ^{**}	13.518 ^{**}	15.425 ^{**}	12.695 ^{**}	16.799 ^{**}

در نتیجه عملکرد و مقدار پروتئین تولیدی سیب زمینی در واحد سطح از گندم و برنج بیشتر می‌شود (Gumul et al., 2011). نتایج تجزیه واریانس صفت مقدار نیتروژن غده نشان داد که (جدول ۴) اثر ساده عمق کاشت در سطح احتمال ۵٪،

مقدار نیتروژن غده

سیب زمینی از محصولات غده‌ای است و به دلیل عملکرد بسیار بالا در واحد سطح نقش مهمی در تغذیه مردم جهان دارد و با افزایش نیتروژن ساختار تولید پروتئین بیشتر می‌شود

رقم و اثر دوجانبه سال در رقم، تاریخ کاشت در رقم و اثر سه‌جانبه سال در تاریخ کاشت در رقم و اثر تاریخ کاشت در عمق کاشت در رقم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. بررسی تأثیر عمق‌های مختلف کاشت بر درصد نیتروژن غده به‌دست‌آمده نشان داد که عمق‌های کاشت ۱۵، ۲۰ و ۲۵ سانتی‌متر تفاوت معنی‌داری نداشتند و در یک گروه آماری بودند و عمق ۱۰ سانتی‌متر کمترین مقدار را داشت (جدول ۴).

جدول ۴. تجزیه واریانس مرکب تأثیر تاریخ و عمق کاشت روی صفات مورد مطالعه در سیب‌زمینی
Table 4. Analysis of variance of variance. Effect of date and sowing depth on tuber yield and qualitative traits in potato

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد نشاسته		درصد فیبر غده		درصد ماده خشک
		غده Percentage Starch of Tuber	مقدار نیتروژن غده Nitrogen of tuber	Percentage fiber of Tuber	غده Tuber dry matter	
Year (A)	سال	1	2.042 ^{ns}	0.065 ^{ns}	0.025 ^{ns}	4.009 ^{ns}
Error 1	اشتباه آزمایش اول	4	0.277	0.034	0.036	0.746
Planting Date (B)	تاریخ کاشت	2	0.624 ^{ns}	0.042 ^{ns}	0.028 ^{ns}	17.943 ^{ns}
A × B	سال × تاریخ کاشت	2	0.623 ^{ns}	0.042 ^{ns}	0.027 ^{ns}	1.079 ^{ns}
Error 2	اشتباه آزمایش دوم	8	0.357	0.034	0.025	0.692
Planting Depth (C)	عمق کاشت	3	0.279 ^{ns}	0.014*	0.023**	2.524 ^{ns}
A × C	سال × عمق کاشت	3	0.129 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.008 ^{ns}	4.929*
B × C	عمق کاشت × تاریخ کاشت	6	0.07 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.004 ^{ns}	5.009**
A × B × C	سال × تاریخ کاشت × عمق کاشت	6	0.07 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.004 ^{ns}	3.29 ^{ns}
Variety (D)	رقم	3	21.996**	0.197**	0.034**	273.653**
A × D	سال × رقم	3	1.612**	0.024**	0.006 ^{ns}	0.394 ^{ns}
B × D	تاریخ کاشت × رقم	6	2.869**	0.021**	0.01 ^{ns}	14.889**
A × B × D	سال × تاریخ کاشت × رقم	6	2.869**	0.021**	0.01 ^{ns}	1.918 ^{ns}
C × D	عمق کاشت × رقم	9	1.188**	0.006 ^{ns}	0.007 ^{ns}	2.861 ^{ns}
A × C × D	سال × عمق کاشت × رقم	9	0.329*	0.005 ^{ns}	0.008 ^{ns}	1.681 ^{ns}
B × C × D	تاریخ کاشت × عمق کاشت × رقم	18	0.322 ^{ns}	0.055**	0.006 ^{ns}	5.604 ^{ns}
A × B × C × D	سال × تاریخ کاشت × عمق کاشت × رقم	18	0.321**	0.005 ^{ns}	0.006 ^{ns}	2.742 ^{ns}
Error 2	اشتباه کل	180	0.155	0.005	0.005	1.662
C.V%	ضریب تغییرات		2.79	3.27	3.37	6.43

4. Continued Table

جدول ۴. ادامه

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	درصد قندهای محلول غده percentage of soluble sugars	عملکرد کل غده yieldtotal tuber(ton/ha)	کارایی مصرف آب water use efficiency (WUE)
Year (A)	سال	1	0.001 ^{ns}	1.021 ^{ns}	0.587 ^{ns}
Error 1	اشتباه آزمایش اول	4	0.00024	72.527	1.639
Planting Date (B)	تاریخ کاشت	2	0.000282 ^{ns}	2179.495 ^{**}	26.983 [*]
A × B	سال × تاریخ کاشت	2	0.000382 ^{ns}	1.123 ^{ns}	0.316 ^{ns}
Error 2	اشتباه آزمایش دوم	8	0.000187 ^{ns}	114.575	3.884
Planting Depth (C)	عمق کاشت	3	0.002 ^{**}	337.039 ^{**}	2.707 ^{ns}
A × C	سال × عمق کاشت	3	0.000085 ^{ns}	3.041 ^{ns}	0.67 ^{ns}
B × C	عمق کاشت × تاریخ کاشت	6	0.000487 ^{**}	176.274 ^{**}	2.506 ^{ns}
A × B × C	سال × تاریخ کاشت × عمق کاشت	6	0.000293 ^{ns}	2.701 ^{ns}	0.385 ^{ns}
Variety (D)	رقم	3	0.000257 ^{ns}	10.233 ^{ns}	10.013 ^{**}
A × D	سال × رقم	3	0.00008 ^{ns}	0.443 ^{ns}	4.365 ^{ns}
B × D	تاریخ کاشت × رقم	6	0.000481 ^{ns}	114.1277 ^{**}	8.52 ^{ns}
A × B × D	سال × تاریخ کاشت × رقم	6	0.000329 ^{ns}	0.224 ^{ns}	3.955 ^{ns}
C × D	عمق کاشت × رقم	9	0.000134 ^{ns}	52.699 ^{**}	3.220 ^{**}
A × C × D	سال × عمق کاشت × رقم	9	0.000159 ^{ns}	1.53 ^{ns}	0.88 ^{ns}
B × C × D	تاریخ کاشت × عمق کاشت × رقم	18	0.000335 ^{ns}	30.583 ^{**}	2.037 [*]
A × B × C × D	سال × تاریخ کاشت × عمق کاشت × رقم	18	0.000338 [*]	1.334 ^{ns}	0.845 ^{ns}
Error 2	اشتباه کل	180	0.000167	14.272	2.065
C.V%	ضریب تغییرات		9.17	16.76	21.10

ns: **, * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵ درصد و ۱ درصد و عدم وجود تفاوت معنی‌دار

*, **, ns: Significant at 5 and 1% level of probability and Non significant, respectively.

ساوالان در بالاترین سطح بود بنابراین نتیجه نشان می‌دهد رقم آگria با عمق کاشت ۱۵ سانتی‌متر بیشترین درصد نیتروژن در غده را دارد. رابطه درصد نیتروژن غده با درصد نشاسته غده، درصد فیبر غده و درصد ماده خشک غده مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۸).

رقم آگria در سال اول در هر سه تاریخ کشت و در سال دوم در تاریخ کاشت آبان ماه و آذرماه با ۲/۲۳ درصد بیشترین میزان درصد نیتروژن را دارا بود. در سال دوم در تاریخ کاشت آذرماه رقم اسپریت با افزایش درصد نیتروژن به ۲/۲۳ درصد نیتروژن در غده داشت و در تاریخ کاشت اردیبهشت رقم

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر ساده عمق کشت و رقم بر صفات مورد ارزیابی غده سیب‌زمینی
Table 5. Comparison of the average simple effect of cultivation depth and cultivar on the traits evaluated by potato tuber

Simple effects	اثرات ساده	Traits	صفات
Planting Depth	عمق کشت	درصد نیتروژن غده Nitrogen og tuber (%)	درصد فیبر غده Fiber of tuber (%)
10 cm	۱۰ سانتی‌متر	2.095 ^b	2.103 ^a
15 cm	۱۵ سانتی‌متر	2.128 ^a	2.107 ^a
20 cm	۲۰ سانتی‌متر	2.117 ^{ab}	2.102 ^a
25 cm	۲۵ سانتی‌متر	2.112 ^{ab}	2.069 ^b
Genotypes	ارقام		
Sprit	اسپریت		2.083 ^{ab}
Marfona	مارفونا		2.114 ^a
Savalan	ساوالان		2.07 ^b
Agria	آگریا		2.113 ^a

درصد نشاسته غده

نتایج تجزیه واریانس درصد نشاسته غده نشان داد که اثر ساده رقم در سطح احتمال ۱ درصد، اثر دوجانبه سال در رقم، تاریخ کاشت در رقم، عمق کاشت در رقم و اثرات سه‌جانبه سال در تاریخ کاشت در رقم و سال در عمق کاشت در رقم در سطح احتمال ۵ و ۱٪ و اثر چهارجانبه سال در تاریخ کاشت در عمق کاشت در رقم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۴). نتایج جدول مقایسه میانگین صفت درصد نشاسته غده نشان داد در سال دوم در کشت آذرماه رقم اسپریت در عمق ۲۰ سانتی‌متر با ۱۵/۲۹۰ درصد بیشترین مقدار را دارا بود (جدول ۷). همچنین رابطه بین صفت درصد نشاسته غده با درصد نیتروژن، فیبر، ماده خشک و قندهای محلول غده مثبت و معنی‌دار دارد (جدول ۸). برای ارزیابی کیفی سیب‌زمینی از شاخص‌های مختلفی استفاده می‌شود که غلظت نشاسته و قندهای احیایی سیب‌زمینی از مهم‌ترین آن شاخص‌ها هستند و در ارزیابی‌ها برای فرآوری سیب‌زمینی در صنایع غذایی استفاده می‌شوند؛ همچنین با توجه به سرانه مصرف سیب‌زمینی در ایران (بیش از ۴۵ کیلوگرم در سال) که بعد از گندم و برنج بیشترین سهم را در سبد غذایی مردم کشور دارد (Eskandari et al., 2011). از آنجایی که ۸۰ – ۶۰ درصد ماده خشک غده از نشاسته تشکیل شده است لذا یک همبستگی خاصی بین درصد نشاسته و ماده خشک غده وجود دارد و همان‌طوری که ملاحظه شد ارقامی که بیشترین

ماده خشک غده را داشتند به همان نسبت از میزان نشاسته بالاتری برخوردار بودند گزارش شده است که درصد ماده خشک غده‌های بزرگ معمولاً کمتر از غده‌های کوچک است چراکه بافت مغزی غنی از آب نسبتاً بیشتری دارند اما رابطه بین اندازه غده و درصد ماده خشک یک رابطه خطی نیست (Narpinder et al., 2003).

درصد فیبر غده

نتایج تجزیه واریانس مقدار فیبر غده نشان داد که تنها از نظر اثر ساده رقم و عمق کاشت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ۴). درصد فیبر تأثیر گرفته از عمق‌های مختلف کاشت نشان داد عمق‌های کاشت ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر با متوسط ۲/۱۱ درصد بالاترین مقدار را داشتند و در یک گروه قرار گرفتند و کمترین درصد فیبر در عمق ۲۵ سانتی‌متر با ۲/۰۶۹ درصد بود (جدول ۵). درصد فیبر ارقام آگریا، مارفونا و اسپریت با بیشترین مقدار درصد فیبری در یک گروه آماری بودند که در این میان رقم ساوالان در پایین‌ترین سطح بود. در نتیجه ارقام آگریا، مارفونا و اسپریت در عمق کاشت ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر با متوسط ۲/۱۰ درصد فیبر بیشترین مقدار را دارا بودند (جدول ۵). رابطه بین فیبر غده با درصد نیتروژن غده، قندهای محلول غده مثبت و معنی‌دار و با عملکرد غده، درصد نشاسته غده و ماده خشک غده منفی و معنی‌دار بودند (جدول ۸).

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌جانبه (تاریخ کاشت × رقم × عمق) بر صفات مورد ارزیابی غده سیب‌زمینی

Table 6. Comparison of the mean of the three-way effect planting date, cultivar, depth

تاریخ کاشت × عمق × رقم Genotype × Depth × Data			عملکرد غده yield of potato tuber	کارایی مصرف آب water use efficiency (WUE)	درصد ماده خشک percentage of dry matter
۱۰ آبان 10 Aban (Nov)	۱۰ سانتی‌متر 10cm	Sprit	25.3 ^{d-h}	5.56 ^{ab}	20.785 ^{b-f}
		Marfona	18.3 ^{h-o}	4.11 ^{c-j}	15.612 ⁱ
		Savalan	24.3 ^{d-h}	5.43 ^{abc}	22.07 ^{a-d}
		Agria	24.5 ^{d-h}	5.5 ^{abc}	21.12 ^{b-f}
	۱۵ سانتی‌متر 15cm	Sprit	27.4 ^{c-f}	6.15 ^a	20.04 ^{c-f}
		Marfona	21.1 ^{e-l}	4.74 ^{a-gj}	16.05 ⁱ
		Savalan	25.2 ^{d-h}	5.66 ^{ab}	22.09 ^{a-d}
		Agria	18.9 ^{g-n}	4.24 ^{b-i}	20.34 ^{c-f}
	۲۰ سانتی‌متر 20cm	Sprit	18.6 ^{h-o}	4.17 ^{b-j}	21.88 ^{a-d}
		Marfona	13.2 ^{l-o}	2.96 ^{i-p}	15.55 ⁱ
		Savalan	14.8 ^{n-o}	3.32 ^{g-n}	20.86 ^{b-f}
		Agria	21.4 ^{e-l}	4.18 ^{a-g}	20.16 ^{c-f}
	۲۵ سانتی‌متر 25cm	Sprit	22.7 ^{e-j}	5.10 ^{a-d}	21.76 ^{a-d}
		Marfona	20.9 ^{e-m}	4.69 ^{a-g}	16.78 ^{hi}
		Savalan	21.4 ^{e-l}	4.79 ^{a-g}	21.93 ^{a-d}
		Agria	22 ^{e-k}	4.94 ^{a-e}	20.18 ^{c-f}
۱۰ آذر 10 Azar (Dec)	۱۰ سانتی‌متر 10cm	Sprit	12.2 ^o	2.73 ^{j-p}	19.82 ^{def}
		Marfona	15.1 ^{l-o}	3.39 ^{f-n}	16.33 ⁱ
		Savalan	16.6 ^{j-o}	3.73 ^{d-l}	20.30 ^{c-f}
		Agria	22.4 ^{e-j}	5.02 ^{a-d}	20.25 ^{c-f}
	۱۵ سانتی‌متر 15cm	Sprit	24.3 ^{d-h}	5.46 ^{abc}	21.02 ^{b-f}
		Marfona	22.8 ^{e-j}	5.11 ^{a-d}	16.75 ^{hi}
		Savalan	20.7 ^{f-m}	4.64 ^{b-h}	22.23 ^{abc}
		Agria	21.2 ^{e-l}	4.76 ^{a-g}	21.34 ^{a-e}
	۲۰ سانتی‌متر 20cm	Sprit	17.3 ^{i-o}	3.89 ^{d-k}	18.78 ^{fgh}
		Marfona	16.8 ^{j-o}	3.76 ^{d-l}	17.11 ^{ghi}
		Savalan	20.3 ^{g-m}	4.56 ^{b-h}	21.76 ^{a-d}
		Agria	19.8 ^{g-n}	4.45 ^{b-h}	20.49 ^{c-f}
	۲۵ سانتی‌متر 25cm	Sprit	21.5 ^{e-l}	4.84 ^{a-f}	22.26 ^{abc}
		Marfona	16.3 ^{j-o}	3.65 ^{d-l}	16.29 ⁱ
		Savalan	14.2 ^{mno}	3.18 ^{h-o}	21.39 ^{a-d}
		Agria	15.4 ^{k-o}	3.45 ^{e-m}	20.35 ^{c-f}
۱۰ اردیبهشت 10 Ordibehesht (May)	۱۰ سانتی‌متر 10cm	Sprit	29.6 ^{a-d}	2.15 ^{m-p}	21.06 ^{b-f}
		Marfona	35.9 ^a	2.56 ^{k-p}	18.84 ^{fgh}
		Savalan	33.9 ^{ab}	2.42 ^{l-p}	23.36 ^a
		Agria	30.2 ^{a-d}	2.16 ^{m-p}	21.27 ^{a-e}
	۱۵ سانتی‌متر 15cm	Sprit	27.3 ^{c-f}	1.95 ^{nop}	21 ^{b-f}
		Marfona	32.4 ^{abc}	2.31 ^{l-p}	19 ^{efg}
		Savalan	30.3 ^{a-d}	2.16 ^{m-p}	20 ^{c-f}
		Agria	25.8 ^{d-g}	1.84 ^{op}	21.12 ^{b-f}
	۲۰ سانتی‌متر 20cm	Sprit	24.6 ^{d-h}	1.79 ^{op}	21 ^{b-f}
		Marfona	27.5 ^{c-f}	1.96 ^{nop}	19 ^{efg}
		Savalan	27.7 ^{b-e}	1.98 ^{nop}	20 ^{c-f}
		Agria	24.6 ^{d-h}	1.75 ^{op}	21 ^{b-f}
	۲۵ سانتی‌متر 25cm	Sprit	24.1 ^{d-i}	1.72 ^{op}	20 ^{c-f}
		Marfona	25 ^{d-h}	1.79 ^{op}	19 ^{efg}
		Savalan	24.3 ^{d-h}	1.74 ^{o-p}	23 ^{ab}
		Agria	22.1 ^{e-k}	1.57 ^p	20 ^{c-f}

درصد ماده خشک

میزان ماده خشک سیب‌زمینی شاخص مهمی از کیفیت است. به‌طوری‌که در صنایع تبدیلی، راندمان تولید محصول برحسب وزن تازه، از غده‌های که میزان مواد جامد بیشتری دارند، افزایش می‌یابد. نتایج تجزیه واریانس درصد ماده خشک غده نشان داد که اثر ساده رقم در سطح احتمال ۱ درصد، اثر دوجانبه تاریخ کاشت در رقم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بودند (جدول ۴). میانگین درصد ماده خشک غده در ارقام و عمق‌های کشت و تاریخ‌های کاشت بین ۱۵/۶۲ تا ۲۳/۵ بودند که در این میان رقم ساوالان در عمق‌های کاشت (۱۰، ۱۵ و ۲۵ سانتی‌متر) و رقم اسپریت در عمق کاشت ۲۰ سانتی‌متر در تاریخ کاشت ۱۰ آبان در یک گروه آماری قرار گرفتند و دارای بیشترین مقدار بودند و رقم مارفونا در هر چهار رقم در پایین‌ترین سطح قرار داشت. در تاریخ کاشت ۱۰ آذرماه در عمق کاشت (۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر) رقم ساوالان و در عمق کاشت ۲۵ سانتی‌متر ارقام ساوالان و اسپریت در بالاترین مقدار بودند و رقم مارفونا در پایین‌ترین سطح آماری قرار داشت. در تاریخ کاشت اردیبهشت رقم ساوالان در عمق‌های ۱۰ و ۲۵ سانتی‌متر در بالاترین مقدار قرار داشتند. نتایج نشان داد رقم ساوالان در هر سه تاریخ کاشت و در هر چهار عمق کاشت بیشترین مقدار را دارا بودند (جدول ۶). رابطه بین درصد ماده خشک غده با عملکرد غده، درصد نیتروژن و نشاسته غده مثبت و معنی‌دار و با فیبر و قندهای محلول غده منفی و معنی‌دار بودند (جدول ۷). بر اساس گزارش‌های جفریز و مک‌کرون (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 می‌شود. نتایج حاصل از تحقیق محمدی و همکاران (Mohammadi and Faeznia, 2001) نشان داد که با افزایش کارایی مصرف آب، درصد ماده خشک غده‌های سیب‌زمینی نیز افزایش می‌یابد هرس و کولپال (Herse and Kolpal, 1976) نشان دادند که تنش آبی باعث کاهش درصد نشاسته غده می‌شود درحالی‌که جفریز و مک‌کرون (Jefferies and MacKerron, 1993) بیان کرد که تنش آبی، مجموع ماده خشک و عملکرد را کاهش داده ولی درصد ماده خشک (نسبت ماده خشک به آب موجود) را افزایش می‌دهد.

قندهای محلول

نتایج تجزیه واریانس قندهای محلول غده نشان داد که اثر ساده عمق کاشت در سطح احتمال ۱ درصد، اثر دوجانبه سال در تاریخ کاشت و اثر چهارجانبه سال در تاریخ کاشت در عمق کاشت در رقم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۴). میانگین درصد قندهای محلول در رقم اسپریت در عمق ۲۰ سانتی‌متر در تاریخ کشت اردیبهشت در سال اول با ۰/۲۳ میلی‌گرم بالاترین مقدار را دارا بود که نسبت به رقم شاهد ۱۶/۷۵ درصد افزایش داشت (جدول ۷). درصد قندهای محلول با درصد نشاسته و فیبر غده همبستگی مثبت و معنی‌دار را داشت (جدول ۸). مطالعات سوووکینس و همکاران (Sowokines et al., 2000) بیان داشتند با کاهش آب آبیاری و ایجاد استرس در مراحل پس از غده سازی در سیب‌زمینی افزایش زیادی در میزان قند گلوکز در انتهای غده سیب‌زمینی نسبت به ابتدای آن به وجود می‌آید. همچنین فعالیت آنزیم‌های دخیل در سنتز نشاسته و سوکروز کاهش چشمگیری داشتند. مازورریک و لیس (Mazurczyk and Lis, 2002) گزارش کردند که میزان ماده خشک و مقدار نشاسته ارقام مختلف در رژیم‌های متفاوت آبیاری در شرایطی که تنش ایجاد نشود، تقریباً ثابت بوده است، میانگین ضریب تنوع بهترین تیب برای درصد ماده خشک غده و درصد نشاسته غده ۸/۴ و ۸/۸ به دست آمد. در این آزمایش‌ها ارقام مختلف کمتری میزان قندهای احیاء در رژیم‌های مختلف آبیاری نشان دادند. تغییرات میزان قندهای احیاء در ۳۴/۲ تا ۵۰ درصد متغیر بود. همچنین بیان کردند که عواملی چون صدمات مکانیکی، جوانه زدن، دما و تنش‌های رطوبت و مدیریت نامناسب آبیاری از عوامل مؤثر بر میزان تغییرات قند در غده می‌باشند. اگر میزان قند غده بیش از حد معمول گردد باعث افزایش رنگ محصول تولیدی به‌خصوص چیپس و کاهش کیفیت آن‌ها خواهد شد. سمت و همکاران (Semet et al., 2005) گزارش دادند قندهای احیایی غده سیب‌زمینی عمدتاً شامل منوساکاریدهای گلوکز و فرکتوز و مقدار کمی دی‌ساکارید و ساکارز است. میزان قندهای احیائی از عوامل مؤثر در کیفیت رنگ فرآورده‌های سیب‌زمینی بوده لذا شرایطی که میزان قندهای احیائی را کاهش دهند جهت تولید سیب‌زمینی مناسب با مصارف صنعتی قابل توصیه هستند.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل چهار جانبه (سال × تاریخ کاشت × عمق کاشت × رقم) بر صفات مورد ارزیابی غده سیب زمینی

Table 7. Comparison of the mean of quadrilateral effects (year × planting date × planting depth × cultivar) on the traits evaluated by potato tuber

سال × تاریخ کاشت × عمق × رقم (Year × Data × Depth × Genotype)		صفات Traits			
		نشاسته غده Starch of Tuber		قندهای محلول soluble sugars	
		سال اول Year 1	سال دوم Year 2	سال اول Year 1	سال دوم Year 2
۱۰ آبان 10 Aban (Nov)	۱۰ سانتی متر 10cm	Sprit	14.450 ^{a-f}	14.07 ^{e-m}	14.927 ^{a-e}
		Marfona	13.200 ^{k-o}	12.867 ^{no}	13.253 ^{j-o}
		Savalan	14.400 ^{a-f}	14.773 ^{a-e}	14.327 ^{a-h}
		Agria	14.650 ^{a-e}	14.483 ^{a-f}	14.527 ^{a-f}
	۱۵ سانتی متر 15cm	Sprit	14.400 ^{a-f}	14.067 ^{e-m}	15.153 ^{a-d}
		Marfona	13.300 ^{h-n}	13.300 ^{h-n}	13.135 ^{l-o}
		Savalan	14.300 ^{a-h}	14.167 ^{c-l}	14.153 ^{c-l}
		Agria	14.600 ^{a-e}	14.267 ^{a-j}	14.153 ^{c-l}
	۲۰ سانتی متر 20cm	Sprit	14.927 ^{a-e}	15.260 ^{ab}	14.017 ^{e-m}
		Marfona	13.250 ^{j-o}	12.250 ^{op}	12.667 ^{no}
		Savalan	14.327 ^{a-h}	14.100 ^{c-m}	14.733 ^{a-e}
		Agria	14.527 ^{a-f}	14.527 ^{a-f}	14.483 ^{a-f}
	۲۵ سانتی متر 25cm	Sprit	15.150 ^{a-d}	15.167 ^{bc}	14.067 ^{e-m}
		Marfona	13.150 ^{l-o}	13.267 ⁱ⁻ⁿ	13.300 ^{h-n}
		Savalan	14.150 ^{c-l}	14.083 ^{d-m}	14.167 ^{c-l}
		Agria	14.150 ^{c-l}	13.483 ^{f-n}	14.267 ^{a-j}
۱۰ آذر 10 Azar (Dec)	۱۰ سانتی متر 10cm	Sprit	14.453 ^{a-f}	14.320 ^{a-h}	15.260 ^{ab}
		Marfona	13.200 ^{k-o}	11.807 ^p	12.250 ^{op}
		Savalan	14.400 ^{a-f}	14.280 ^{a-i}	14.100 ^{c-m}
		Agria	14.653 ^{a-e}	14.203 ^{b-k}	14.527 ^{a-f}
	۱۵ سانتی متر 15cm	Sprit	14.400 ^{a-f}	14.343 ^{a-g}	15.167 ^{bc}
		Marfona	13.300 ^{h-n}	12.977 ^{no}	13.267 ⁱ⁻ⁿ
		Savalan	14.300 ^{a-h}	14.543 ^{a-f}	14.083 ^{d-m}
		Agria	14.600 ^{a-e}	14.003 ^{c-m}	13.483 ^{f-n}
	۲۰ سانتی متر 20cm	Sprit	14.927 ^{a-e}	15.290 ^a	14.320 ^{a-h}
		Marfona	13.253 ^{j-o}	3.087 ^{mno}	11.807 ^p
		Savalan	14.327 ^{a-h}	13.227 ^{k-o}	14.028 ^{a-i}
		Agria	14.527 ^{a-f}	14.390 ^{a-f}	14.203 ^{b-k}
	۲۵ سانتی متر 25cm	Sprit	15.153 ^{a-d}	14.477 ^{a-f}	14.343 ^{a-g}
		Marfona	13.153 ^{l-o}	13.187 ^{k-o}	12.977 ^{no}
		Savalan	14.153 ^{c-l}	14.363 ^{a-f}	14.543 ^{a-f}
		Agria	14.153 ^{c-l}	13.320 ^{g-n}	14.003 ^{c-m}
۱۰ اردیبهشت 10 Ordibehesht (May)	۱۰ سانتی متر 10cm	Sprit	14.453 ^{a-f}	13.150 ^{l-o}	15.290 ^a
		Marfona	13.200 ^{k-o}	14.150 ^{c-l}	3.087 ^{mno}
		Savalan	14.400 ^{a-f}	14.150 ^{c-l}	13.227 ^{k-o}
		Agria	14.653 ^{a-e}	14.450 ^{a-f}	14.390 ^{a-f}
	۱۵ سانتی متر 15cm	Sprit	14.40 ^{a-f}	13.200 ^{k-o}	14.447 ^{a-f}
		Marfona	13.30 ^{h-n}	14.400 ^{a-f}	13.187 ^{k-o}
		Savalan	14.30 ^{a-h}	14.650 ^{a-e}	14.363 ^{a-f}
		Agria	14.60 ^{a-e}	14.400 ^{a-f}	13.320 ^{g-n}
	۲۰ سانتی متر 20cm	Sprit	14.927 ^{a-e}	13.300 ^{h-n}	0.230 ^a
		Marfona	13.253 ^{j-o}	14.300 ^{a-h}	0.213 ^{a-d}
		Savalan	14.327 ^{a-h}	14.600 ^{a-e}	0.213 ^{a-d}
		Agria	14.527 ^{a-f}	14.927 ^{a-e}	0.197 ^{a-e}
	۲۵ سانتی متر 25cm	Sprit	15.153 ^{a-d}	13.250 ^{j-o}	0.207 ^{a-e}
		Marfona	13.153 ^{l-o}	14.327 ^{a-h}	0.200 ^{a-e}
		Savalan	14.153 ^{c-l}	14.527 ^{a-f}	0.207 ^{a-e}
		Agria	14.153 ^{c-l}	15.150 ^{a-d}	0.197 ^{a-e}

جدول ۸. همبستگی بین صفات مورد مطالعه

Table 8. Correlation between of evaluated traits in cultivars

همبستگی صفات Correlation coefficient	1	2	3	4	5	6
1 نیتروژن غده Nitrogen of tuber	1					
2 نشاسته غده Starch of Tuber	0.127*	1				
3 فیبر غده Fiber of Tuber	0.213**	0.076	1			
4 ماده خشک غده Tuber dry matter	0.233**	-0.586**	-0.478**	1		
5 قندهای محلول غده Soluble sugars	-0.072	0.108	0.083	0.073	1	
6 عملکرد غده Total tuber yield	-0.086	-0.079	-0.084	-0.017	-0.039	1
7 کارایی مصرف آب WUE	0.06	-0.088	-0.065	-0.092	-0.063	-0.089

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

*, ** Significant at $p \leq 0.05$ and 0.01 , respectively

کارایی مصرف آب

جدول تجزیه واریانس مرکب کارایی مصرف آب نشان داد که اثر تاریخ کاشت، عمق، رقم و اثر سه‌جانبه تاریخ کاشت در عمق کاشت در رقم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۴). در ادامه بررسی مشاهده شد در تاریخ کاشت آبان در عمق ۱۰ سانتی‌متر ارقام اسپریت، آگria و ساوالان در عمق ۱۵ سانتی‌متر ارقام اسپریت، ساوالان، مارفونا، در عمق ۲۰ سانتی‌متر رقم آگria و در عمق ۲۵ سانتی‌متر هر چهار رقم؛ در تاریخ کاشت آذرماه، رقم آگria در عمق ۱۰ سانتی‌متر، ارقام اسپریت و مارفونا در عمق ۱۵ سانتی‌متر و رقم اسپریت در عمق ۲۵ سانتی‌متر در یک گروه قرار گرفتند. تاریخ کاشت اردیبهشت در هر چهار عمق همه ارقام در پایین‌ترین گروه بودند. چون میزان مصرف آب به دلیل افزایش دفعات آبیاری بالا است در تاریخ کاشت اردیبهشت‌ماه برای سیب‌زمینی ۱۲ مرتبه آبیاری صورت گرفت اما مشخص شد در کاشت آبان ماه رقم اسپریت در عمق ۱۰، ۱۵ و ۲۵ سانتی‌متر و رقم آگria در عمق ۲۰ سانتی‌متر با کارایی مصرف آب ۶ و در کاشت آذرماه رقم اسپریت با عمق کاشت ۱۵ و ۲۵ و رقم آگria در عمق ۱۰ سانتی‌متر و رقم ساوالان در عمق ۲۰ سانتی‌متر با کارایی مصرف آب ۵/۵ بود که نشان می‌دهد برای مناطقی با کمبود آب و کمبود تعداد دفعات آبیاری مواجه هستند مناسب می‌باشند (جدول ۶). کمبود آب در طول دوره

حجیم شدن غده‌ها تا حد زیادی باعث کاهش وزن غده‌های سیب‌زمینی می‌گردد به نظر می‌رسد که با عمق کاشت مناسب گیاه از سیستم ریشه‌ای مناسبی برخوردار شده و با جذب مطلوب آب و مواد غذایی، رشد رویشی مناسبی انجام داده و سطح فتوسنتزی گیاهی افزایش یافته و مواد فتوسنتزی بیشتری تولید شده و در اثر آن عملکرد افزایش یافت (Rezaei et al., 2004).

عملکرد غده

نتایج تجزیه واریانس عملکرد غده نشان داد که اثر ساده تاریخ کاشت و عمق کاشت در سطح احتمال ۱ درصد، اثر دوجانبه تاریخ کاشت در عمق کاشت، تاریخ کاشت در رقم و عمق کاشت در رقم و اثرات سه‌جانبه سال در تاریخ کاشت در عمق کاشت در رقم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بودند (جدول ۴). در مطالعه اثر متقابل ترکیبات تیماری ارقام و عمق‌های کاشت در تاریخ کاشت اردیبهشت در عمق کاشت ۱۰ سانتی‌متر ارقام ساوالان، مارفونا، اسپریت و آگria در عمق کاشت ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر ارقام مارفونا و ساوالان بالاترین میزان عملکرد در بالاترین گروه آماری بودند. در تاریخ کاشت آبان در عمق‌های کاشت ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر به ترتیب ارقام اسپریت و آگria دارای بیشترین عملکرد بودند. در تاریخ کاشت آذرماه در عمق کاشت ۱۰ سانتی‌متر رقم آگria و در عمق ۱۵

به طوری که کارایی مصرف آب به عنوان یک شاخص مهم در شناسایی عملکرد گیاه در مقابل آب مصرفی اندازه گیری شد و نتایج دو سال حاکی از آن بود که کارایی مصرف آب در کاشت آبان و آذرماه در عمق های ۱۰، ۱۵ و ۲۵ با توجه مصرف کمتر آب با رقم اسپریت بیشتر بود. در کاشت آذرماه رقم اسپریت با عمق کاشت ۱۵ و ۲۵ و رقم آگریا در عمق ۱۰ سانتی متر و رقم ساوالان در عمق ۲۰ سانتی متر با کارایی مصرف آب $5/5 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ برای مناطقی با کمبود آب و کمبود تعداد دفعات آبیاری مواجه هستند، این ترکیب تیماری مناسب می باشند. بیشترین مقدار عملکرد به ترتیب در تاریخ کاشت (اردیبهشت) بود و نسبت به دو تاریخ کاشت آبان و آذر برتری داشت. رابطه عملکرد غده با صفات درصد نشاسته غده و درصد فیبر غده منفی و معنی دار و با درصد ماده خشک غده مثبت و معنی دار بود.

سانتی متر اسپریت و در عمق ۲۰ سانتی متر ساوالان و آگریا و در عمق کاشت ۲۵ سانتی متر رقم اسپریت عملکرد بیشتر نشان داده بودند. نتیجه نهایی مشخص کرد در تاریخ کاشت اردیبهشت ماه رقم مارفونا در هر چهار عمق کاشت به طور متوسط با ۳۶ تن در هکتار بیشترین عملکرد مطلوب را نشان داده بود (جدول ۶). رابطه عملکرد غده با صفات درصد نشاسته غده و درصد فیبر غده منفی و معنی دار و با درصد ماده خشک غده مثبت و معنی دار بود (جدول ۸).

نتیجه گیری نهایی

نتایج نشان داد کاشت پاییزه سیب زمینی بخصوص در مناطق که از کمبود آب رنج می برند بسیار مناسب است عملکرد با تعداد کم آبیاری از ۱۲ مرحله به ۴ مرحله کاهش می یابد.

منابع

- Ahmadvand, R., Hassanabadi, H., 2006. Evaluation of promising potato clones in terms of resistance levels the major virus diseases. Research Reports, Seed and Plant Improvement Institute. Karaj. Iran. 68 p. [In Persian].
- Alimohammadi, R., Imani, A., Rezaei, A., 2003. Effect of planting density and depth on growth and tuber yield of potato cultivar Diamant in Mianeh. Seed and Plant Journal. 19, 75-58. <https://doi.org/10.22092/spij.2017.110940> [In Persian with English summary].
- Darabi, A.S., 2007. Effects of autumn and winter planting and temperature stress on total yield, marketable yield and yield components of some potato cultivars. Seed and Plant Improvement Journal. 23(3), 373-386. <https://doi.org/10.22092/spij.2017.110736> [In Persian with English summary].
- Eskandari, A., Khazaie, H.R., Nezami, A., Kafi, M., 2011. Study the effects of irrigation regimes on yield and some qualitative characteristics of three cultivars of potato (*Solanum tuberosum* L.). Journal of Water and Soil. 25, 240-247. [In Persian with English summary].
- Ezaazimi, J.M., Svadar, M., Zsaefzadh, M. Haghjo, S.H., 2009. Different tillage and planting methods on yield of potato in the Irbil region. Proceedings of the Fifth National Congress of Agricultural Engineering and Mechanization Machine. 27-28 August, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. [In Persian].
- Gale, E., Kleinkof, T., Brandt L., Nora, O., 2003. Physiology of tuber bulking in potato. Idaho Potato Conference. 23 Jan. 2003. Idaho, USA.
- Gumul, D., Ziobro, R., Noga, M., Sabat, R., 2011. Characterization of five potato cultivars according to their nutritional and pro-health components. Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria. 10(1), 73-81.
- Hassanpanah, D., Nikisad, K., Hassani, M., 2009. Seed Potatoes. Ardabil Agricultural Jihad Organization. 193p. [In Persian].
- Hassanpanah, D., 2016. The most suitable cultivars and planting depths for autumn fallow cultivation potato in different regions of Ardebil province. Ardabil Agricultural Jihad Organization, Coordination of Promotion Affairs. Promotion magazine No. 115. Register number 45825 at Agricultural Science Information Center. [In Persian].
- Hassanpanah, D., Hossienzaded, A., Allahyari, N., 2009. Evaluation of planting date effect on Savalan and Agria potato cultivars in Ardabil region. Journal of Food, Agriculture and Enviroment. 2, 525-528.
- Herse, J., Kolpal, R., 1976. Effect of irrigation and high rates of mineral fertilizers on yield and

- nutritive value of potatoes. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. 181, 255-267.
- Islami, A., 2016. Irrigation water measurement tools in surface irrigation methods. *Agricultural Research, Training and Extension Organization, Fars Province Agricultural and Natural Resources Research and Training Center. Technical Journal*, No. 44. 24 p. [In Persian].
- Jefferies, R.A., MacKerron, D.K., 1993. Response of potato genotypes to drought. II. Leaf area index growth and yield. *Ann. Appl. Biol.* 122, 105-122.
- Jefferies, R.A., MacKerron, D.K.L, 1993. Responses of potato genotypes to drought. II. Leaf area index, growth and yield. *Annals of Applied Biology*. 122, 105-112. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1993.tb04018.x>
- Kawakami, J., Iwama, K., Jitsuyama, Y., 2005. Effects of planting date on growth and yield of two potato cultivars from microtubers and conventional seed tubers. *Plant Production Science*. 8, 74-78.
- Kazemi, M., Hassanabadi, H., Tavakoli, H., 2011. *Potato Production Management*. Nashre-Amozesh Keshavarzi. 156p. [In Persian].
- Khandan, A., Mobzar, S., Moslemkhani, K., Hassan Abadi, H., 2011. National guidelines for determining the value of croP cultivars. *Seed and Plant Registration and Certification Institute*. 35p. [In Persian]
- Khayatnezhad, M., Gholamin, R., 2011. Effects of planting depth and soiling time of the plant foot on the potato yield. *African Journal of Agricultural Research*. 16, 3804-3809.
- Laei, G., Noryan, M., Afshari, H., 2012. Determination of the planting depth of potato seed tuber yield and yield components of two varieties agria and draga response curves seed. *Annals of Biological Research*, 12, 5521-5528.
- Levy, D., 1985. The response of potatoes to a single transient heat or drought stress imposed at different stages of tuber growth. *Potato Research*. 28(3), 415-425.
- Mazurrecyk, W., Lis, B., 2002. Variation of Chemical composition of tuber potato table cultivars under deficit and excess of water. *Research Division of Jadwisin. Plant Breeding and Agricultural Institute (IHAR). Annual Report*. 257p.
- Mohammadi, A., Faeznia, F., 2001. Effect of water stress on growth and yield of two potato cultivars. *Research Report of Semnan Agricultural Research Center*. [In Persian].
- Mortazavibak, A., Aminpor, R., 2003. Effect of season and planting depth on commercial yield varieties of potatoes. *Seed and Plant Journal*. 4, 33-42. [In Persian with English summary].
- Mostofi, Y., Najafi F., 2005. *Laboratory Analytical Methods in Horticultural Science*. Tehran University Press, Tehran, Iran. [In Persian].
- Narpinder, S., Jaspreet, S., Lovedeep, S., Navedee, P., Balmeet, S.G., 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chemistry*, 8, 219-231.
- Parvizi, Kh., Souri, J., Mahmoodi, R., 2011. Evaluation of cultivation date on yield and amount of tuber disorders of potato cultivars in Hamadan province. *Journal of Horticultural Science* 25, 82-93. [In Persian with English summary].
- Pavek, M.J., Thornton, R.E., 2009. Planting depth influences potato plant morphology and economic value. *American Journal of Potato Research*. 86, 56-67.
- Rezaei, A., Soltani, A., 2004. *Potato Farming*. Publication of Mashhad University. [In Persian].
- Semet, O., Mehmet, E., Derya, O., Sevgi, C., 2005. Different irrigation Methods and Water stress effects on potato yield and yield components. *Agricultural Water Managment Journal*. 37, 37-86.
- Siddique, K.H.M., Tennant, D., Perry, M.W., Belford, R.K. 1990. Water use and water use efficiency of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean-type environment. *Australian Journal of Agricultural Research* 41, 431-447. <https://doi.org/10.1071/AR9900431>
- Sief Amiri, R., 2000. The evaluation of the different planting data on the three potato cultivars tuber yield and yield components in Ardabil, Iran. *The Second Iranian Horticultural Science Congress*. 19 Sept., 2000, Karaj, Iran [In Persian].
- Sowokines, J. R., Shock, C.C., Stieberand, T.D., 2000. Compositional and enzymatic changes associated with sugar end deficit in Russet Burbank potatoes. *American Journal of Potato Research*. 77, 47-56.

- Trehan, S.P., Singh, B.P., 2013. Nutrient efficiency of different crop species and potato varieties – in retrospect and prospect. *Potato Journal*. 40, 1-21.
- Van Dam, J., Kooman, P.L., Strik, P.C., 2008. Effects of temperature and photoperiod on early growth and final number of tubers in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Potato Research* 39, 51-62.
- Waling, I., Vark, W.V., Houba, V.J.G., Van der lee, J.J., 1989. Soil and Plant Analysis, a series of syllabi. Part 7. Plant Analysis Procedures. Wageningen Agriculture University, Netherland.
- Wolf, A., Watson, M., Wolf, N., 2003. Digestion and dissolution methods for P, K, Ca, Mg and trace elements. P: 30-38. In: Peters, J. Recommended Methods of Manure Analysis. Cooperative Extension publishing, University of Wisconsin.