

بررسی امکان بهبود صفات رشد و افزایش بهره‌وری مصرف آب با کشت تأخیری سیب‌زمینی در استان همدان

خسرو پرویزی^{۱*} و علی قدمی فیروزآبادی^۲

چکیده

به‌منظور بررسی امکان کشت تأخیری سیب‌زمینی در همدان و هم‌چنین مقایسه با کشت معمول آن در خرداد بر میزان مصرف آب و عملکرد کمی و کیفی سیب‌زمینی، آزمایشی طی دو سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان اجرا شد. در این آزمایش سه رقم سیب‌زمینی شامل ارقام سانته (متوسط‌رس)، آریندا (زودرس) و بانبا (نیمه‌دیررس) با چهار تاریخ کشت: پانزدهم خرداد (کشت معمول منطقه)، اول تیر، پانزدهم تیر و سی‌ام تیر در قالب طرح خردشده نواری کشت شد. در این آزمایش سیستم آبیاری تیپ استفاده شد. صفات مورد اندازه‌گیری شامل: سبز شدن ۹۰ درصد (جوانه‌زنی ۹۰ درصد)، تاریخ پوشش کامل، ارتفاع بوته در گلدهی، تعداد ساقه در بوته، عملکرد کل، درصد بدشکلی و رشد ثانویه غده، درصد ماده خشک غده و کارایی مصرف آب بود. براساس نتایج تجزیه واریانس مرکب حاصل از اجرای آزمایش طی دو سال مشخص شد که اثرات رقم و تاریخ کشت بر همه صفات رشد، عملکرد کل و کارایی مصرف آب معنی‌دار است. هم‌چنین اثر متقابل رقم و تاریخ کشت نیز در اغلب صفات رشد و هم‌چنین عملکرد غده و درصد ماده خشک غده معنی‌دار است. نتایج نشان داد در هر سه رقم مورد بررسی به‌طور متوسط افزایش عملکرد غده با کاشت در ۱۵ خرداد نسبت به کشت تأخیری (۳۰ تیر) با متوسط ۶/۲ درصد بیشتر بود، هرچند این سه رقم واکنش متفاوتی نشان دادند. در مقابل کارایی مصرف آب در کشت تأخیری (۳۰ تیر) نسبت به کشت معمول (۱۵ خرداد) به میزان ۱/۵۳ کیلوگرم در مترمکعب آب (۲۷ درصد) افزایش پیدا کرد.

واژه‌های کلیدی: آب مصرفی، سیب‌زمینی، شاخص رشد، تأخیر کشت، عملکرد غده

ارجاع: پرویزی خ. و قدمی فیروزآبادی ع. ۱۴۰۳ بررسی امکان بهبود صفات رشد و افزایش بهره‌وری مصرف آب با کشت تأخیری سیب‌زمینی در استان همدان. مجله پژوهش آب ایران. ۵۳: ۹۴-۸۵. <https://dx.doi.org/10.22034/IWRJ.2024.14709.2591>

۱- دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات گیاهان زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران.
۲- دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران.

* نویسنده مسئول: kparvizi@yahoo.com, k.parvizi@areeo.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۰

مقدمه

سیب‌زمینی گیاهی نسبتاً سرمادوست و جزو گیاهان فصل خنک است. یکی از عوامل مهم در رشد و نمو و عملکرد سیب‌زمینی، تاریخ کاشت است. تولید و کیفیت غده حاصل در سیب‌زمینی تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله تنش‌های رطوبتی، آب‌وهوایی و تغذیه‌ای قرار می‌گیرد (Jackson, 1999؛ Haverkort et al., 2013). اثر نوسانات دمایی بر رشد و ناهنجاری‌های غده‌ها و کیفیت نامطلوب آن‌ها در یک محدوده خاص جغرافیایی به ویژگی‌های آب‌وهوایی منطقه مربوط بوده و تا حدود زیادی خارج از توان کنترلی کشاورزان است (Parvizi et al., 2011)؛ اما چنانچه با اتخاذ تاریخ کشت مناسب در هر منطقه بتوان از برخورد مراحل رشد با تنش دمایی پرهیز کرد و شرایط ممکن را به نفع غده‌سازی بهینه در سیب‌زمینی تغییر داد، می‌توان از خسارت حاصل بر کیفیت غده‌های تولیدی ممانعت کرد و در ضمن کمیت تولید را نیز ارتقا بخشید (Siddique et al., 2012؛ Hassanpanah and Hassanabadi, 2012؛ Rabinowitch and Levy., 2001).

تغییر اقلیم^۱ یا گرمایش زمین^۲ چالشی جهانی و تهدیدی جدی برای محیط‌زیست کره زمین به شمار می‌رود که به اذعان کارشناسان این حوزه، عمده‌ترین دلیل آن، شدت یافتن فعالیت‌های صنعتی و در کنار آن بهره‌برداری نادرست از منابع تولید در کشاورزی است. علاوه بر افزایش محسوس دمای هوا، نوسانات شدید دما، بارش‌های نامتوازن و به هم ریختن الگوی بارش باران و برف، وقوع سیل و وزش نابهنگام بادهای محلی همگی از عوارض ناشی از تغییر اقلیم هستند (Moretti et al., 2010). کشور ما و به تبع آن استان همدان از این قاعده مستثنی نیست. گزارش شده است که در استان همدان با افزایش بیشینه دما، کاهش رطوبت نسبی و افزایش در میزان تبخیر و تعرق (ضریب خشکی)، نیاز آبی محصولات زراعی در سال‌های اخیر افزایش پیدا کرده و از پتانسیل نهایی عملکرد در آن‌ها کاسته است (Karimi Kakhki and Sepehri, 2011). با تجربیات کارشناسی و اطلاعات حاصل از سال‌های اخیر نیز مشخص شده است که با توجه به فیزیولوژی خاص گیاه سیب‌زمینی و اثرپذیری بیشتر آن

از تغییرات اقلیمی، در محصول تابستانه سیب‌زمینی در استان همدان، علاوه بر افزایش نیاز آبی، افت نسبی در کمیت تولید محصول ایجاد شده و موجب کاهش کیفیت غده‌های تولیدی شده است. به نظر می‌رسد با تأخیر در کاشت سیب‌زمینی در استان همدان، مرحله بحرانی رشد سیب‌زمینی (ذخیره‌سازی در غده) با افزایش ناگهانی دما در استان (تیر و اوایل مرداد) مصادف نشده و در عین حال نیاز آبی سیب‌زمینی نیز کاهش یابد. با این اوصاف آیا می‌توان با تأخیر در کشت سیب‌زمینی از خطر بروز دمای بالاتر و سطح تبخیر و تعرق بیشتر که عواملی محدودکننده در رشد سیب‌زمینی هستند، ممانعت یا گذر کرد؟ و آیا با تأخیر در کشت می‌توان اوج مصرف آبی سیب‌زمینی را به زمانی در اوایل تا اواسط شهریور که سطح کمتری از تبخیر و تعرق وجود دارد، به تعویق انداخته و بر کارایی مصرف آب در سیب‌زمینی افزود، ضمن اینکه عملکرد کمی و کیفی قابل قبول نیز حاصل شود؟ بنابراین تحقیق حاضر در راستای پاسخ به سؤالات مطرح شده و بررسی امکان تحقق اثرات مثبت کشت‌های تأخیری در استان همدان به انجام رسید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت طرح خردشده نواری به مدت دو سال (۹۹-۱۳۹۸) در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان اجرا شد. برای اجرای این آزمایش ۳ رقم سیب‌زمینی آریندا (زودرس)، سانته (میان‌رس)، و بانبا (نیمه‌دیررس) در قالب یک طرح استریپ پلات (نواری) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اکباتان در چهار تاریخ کاشت: ۱۵ خرداد، یک، ۱۵ و ۳۰ تیر مد نظر قرار گرفتند. تاریخ کاشت به عنوان فاکتور اصلی و رقم به عنوان فاکتور فرعی منظور شدند؛ بنابراین تعداد سطوح فاکتور در داخل هر پلات اصلی ۳ و تعداد کل پلات‌ها در هر بلوک آزمایشی ۱۲ عدد بود؛ بنابراین طرح با ۳۶ واحد آزمایشی انجام شد. هر کدام از پلات‌ها ۱۰ متر طول و ۳ متر عرض داشتند. هر واحد آزمایشی شامل ۴ خط کشت به فاصله ۷۵ سانتی‌متر بود و کاشت غده‌ها بر خط کاشت به فاصله ۲۲ سانتی‌متر با تراکم

¹ Climate Change

² Global Warming

از ۴ غده متوسط (۸۰-۴۰ میلی‌متر) از هر رقم تهیه و به‌صورت جداگانه در داخل آون به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار داده و از طریق معادله زیر محاسبه شد.

$$(۴) \quad ۱۰۰ \times \left(\frac{\text{وزن غده پس از خشک شدن}}{\text{وزن اولیه غده}} \right) = \text{درصد ماده خشک غده}$$

داده‌های حاصل، با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 تجزیه آماری شده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن و با سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

الف- صفات رشد

پس از انجام آزمون نرمال بودن داده‌ها و تست اشتباهات آزمایشی روی داده‌های حاصل از صفات مورد بررسی براساس آزمون بارتلت، تجزیه واریانس مرکب انجام و میانگین مربعات نیز براساس امیدریاضی مورد آزمون قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات رشد (جدول ۱) نشان داد که اثر رقم به غیر از طول دوره کاشت تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی بر سایر صفات رشد معنی‌دار شد ($p \leq 0.01$). اثرات تاریخ کاشت و نیز اثرات متقابل رقم و تاریخ کاشت بر همه صفات رشد؛ زمان لازم تا کسب ۹۰ درصد جوانه‌زنی، پوشش کامل، زمان گلدهی و تعداد ساقه کامل معنی‌دار شد ($p \leq 0.01$)؛ اما تفاوت معنی‌داری در اثر سال‌های آزمایش و نیز اثرات متقابل دوجانبه سال \times رقم، سال \times تاریخ کاشت و نیز اثر متقابل سه‌جانبه سال \times تاریخ کاشت \times رقم در تمامی صفات رشد مشاهده نشد (جدول ۱). با مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد هر سه رقم وضعیت تقریباً یکنواختی از نظر طول دوره زمانی لازم تا کسب ۹۰ درصد جوانه‌زنی داشتند. در هر سه رقم و با وضعیتی نسبتاً مشابه در تاریخ کاشت ۱۵ خرداد، طولانی‌ترین زمان لازم تا رسیدن به ۹۰ درصد جوانه‌زنی اتفاق افتاد (متوسط ۱۸/۸۸ روز) و با سه تاریخ کاشت دیگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون مقایسه میانگین دانکن نشان داد (جدول ۲). در سه تاریخ کاشت دیگر متوسط طول زمان لازم تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی در دوره ۱۵/۶۶ روز اتفاق افتاد و از نظر آماری نیز تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۱).

حدود ۶۰ هزار بوته در هکتار انجام شد. کودهای پتاسیم، فسفر و نیتروژن نیز براساس آزمون تجزیه خاک مصرف شد. یک‌سوم کود نیتروژنی در هنگام کاشت و بقیه در دو نوبت در مرحله خاک‌دهی و در زمان گل‌دهی به‌کار گرفته شد.

برای محاسبه عمق آبیاری، ابتدا با استفاده از رابطه پنمن مانیتیت اصلاح‌شده، تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_0) محاسبه شد. سپس با در نظر گرفتن ضریب گیاهی در مراحل مختلف رشد و راندمان آبیاری، عمق آبیاری با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (ASCE-EWRE, 2005).

$$(۱) \quad ET_c = K_c \times ET_0$$

$$(۲) \quad D_i = \left(\frac{ET_c - P_e}{E_i} \right)$$

در روابط فوق ET_c تبخیر و تعرق گیاه (میلی‌متر)؛ K_c ضریب گیاهی؛ ET_0 تبخیر و تعرق پتانسیل؛ D_i میزان عمق آبیاری (میلی‌متر)؛ E_i راندمان آبیاری و P_e میزان بارندگی مؤثر (میلی‌متر) است.

آبیاری به‌صورت قطره‌ای نواری (تیپ) با لوله‌های ۱۶ میلی‌متری با فاصله قطره‌چکان‌های ۳۳ سانتی‌متر و دبی ۱/۶ لیتر بر ساعت در فشار ۱/۲ بار انجام شد. مقدار آب مصرفی توسط کنتورهای کالیبره‌شده اندازه‌گیری و به‌منظور محاسبه کارایی مصرف آب آبیاری از رابطه زیر استفاده شد.

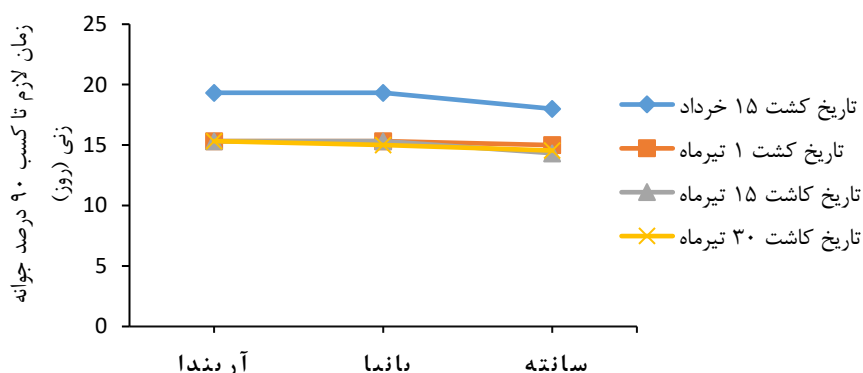
$$(۳) \quad WUE = \frac{Yield}{I}$$

که در آن WUE شاخص کارایی مصرف آب برحسب کیلوگرم بر متر مکعب، $Yield$ عملکرد محصول بر حسب کیلوگرم و I حجم آب آبیاری برحسب متر مکعب است. طی مراحل داشت صفات مختلف رشد شامل: سبزشدن ۹۰ درصد (جوانه‌زنی ۹۰ درصد)، تاریخ پوشش کامل، ارتفاع بوته در گل‌دهی و تعداد ساقه در بوته، اندازه‌گیری شد.

در هنگام برداشت با نمونه‌برداری تصادفی از یک مترمربع و با حذف اثر حاشیه‌ای، غده‌های حاصل وزن شد و میزان عملکرد کل غده برحسب کیلوگرم در مترمربع به‌دست آمد. برای تعیین درصد ماده خشک غده، برش‌های نازک

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب داده‌های حاصل از صفات رشد

| متوسط تعداد ساقه در بوته | تعداد روز تا گلدهی (روز) | پوشش کامل (روز) | زمان کسب ۹۰ درصد جوانه‌زنی (روز) | درجه آزادی | منابع تغییرات S.O.V |
|--------------------------|--------------------------|-----------------|----------------------------------|------------|------------------------|
| ۰/۰۶ ns | ۰/۶۸ ns | ۰/۱۲ ns | ۰/۳۴ ns | ۱ | سال |
| ۲/۰۵ ns | ۱/۰۹ ns | ۹/۰۴ ns | ۲/۵۱ ns | ۴ | تکرار × سال |
| ۰/۶۷ ** | ۳۷۲/۱۶ ** | ۳۴۷/۶۸ ** | ۶۶/۳۸ ** | ۳ | تاریخ کاشت |
| ۰/۰۱ ns | ۲/۴۹ ns | ۳/۱۲ ns | ۰/۷۹ ns | ۳ | سال × تاریخ کاشت |
| ۱/۳۷ ** | ۲۷۳/۷۲ ** | ۱۷۱/۱۶ ** | ۴/۰۱ ns | ۲ | رقم |
| ۰/۰۰۹ ns | ۰/۷۲ ns | ۰/۵۰ ns | ۰/۰۱ ns | ۲ | سال × رقم |
| ۰/۲۳ ** | ۲۲/۵۹ ** | ۸/۴۴ ** | ۰/۰۶ ns | ۶ | تاریخ کاشت × رقم |
| ۰/۰۰۸ ns | ۱/۳۷ ns | ۱/۲۲ ns | ۰/۴۵ ns | ۶ | سال × تاریخ کاشت × رقم |
| ۰/۰۳ | ۲/۴۷ | ۲/۰۵ | ۱/۳۲ | ۴۰ | خطا |
| | | | | ۷۱ | کل |
| ۴/۴۹ | ۳/۰۲ | ۳/۰۲ | ۷/۱۸ | | ضریب تغییرات C.V |



شکل ۱- زمان لازم تا کسب ۹۰ درصد جوانه‌زنی در تاریخ‌های مختلف کاشت و در سه رقم سیب‌زمینی

سایر تاریخ‌های کاشت در بیشترین میزان قرار گرفت و از نظر آماری نیز تفاوت معنی‌دار با سایر ارقام و دیگر تاریخ‌های کاشت نشان داد (جدول ۲). کمترین تعداد روز تا گلدهی با رقم بانبا و در تاریخ کشت ۱۵ تیر حاصل شد که با متوسط ۴۲ روز با سایر تاریخ‌های کاشت از این رقم و نیز دو رقم دیگر از چهار تاریخ کاشت تفاوت معنی‌دار نشان داد. عموماً هر سه رقم واکنش‌های متفاوتی به زمان گل‌دهی در تاریخ کاشت نشان دادند. رقم بانبا در تاریخ کاشت تأخیری ۳۰ تیر با متوسط تعداد ۵۵/۳۳ روز در موقعیت دوم قرار گرفت، اما همین رقم در تاریخ کشت ۱ تیر با سپری‌شدن تعداد روز کمتری به گل‌دهی رسیده و با متوسط ۴۹/۳۳ روز در موقعیت نسبتاً پایین‌تری قرار گرفت ($p \leq 0.05$).

نتایج مقایسه میانگین‌ها در جدول ۲ نشان می‌دهد در تاریخ کاشت ۱۵ خرداد و با رقم آریندا، طولانی‌ترین زمان ممکن تا پوشش کامل حاصل شد که با متوسط ۵۴ روز با دو رقم دیگر از این تاریخ کاشت و با هر سه رقم در سایر تاریخ‌های کاشت تفاوت معنی‌دار نشان داد. سرعت رسیدن به پوشش کامل در دو تاریخ کشت تأخیری ۱۵ و ۳۰ تیر نسبت به تاریخ‌های ۱۵ خرداد و ۱ تیر سریع‌تر بود، هرچند واکنش سه رقم متفاوت بود. در حالت کلی سرعت رسیدن به پوشش کامل در تاریخ کشت تأخیری ۱۵ تیر نسبت به کشت تأخیری ۳۰ تیر سریع‌تر بود و هر سه رقم تفاوت معنی‌داری در این دو تاریخ کاشت نسبت به همدیگر نشان دادند. همچنین تعداد روز تا رسیدن گیاهان به مرحله گلدهی در رقم آریندا و با تاریخ کشت ۱۵ خرداد نسبت به دو رقم دیگر در این تاریخ کاشت و

معنی دار شد. این وضعیت در رقم بانبا نسبتاً مشابه و در رقم آریندا تا حدودی متفاوت بود؛ به طوری که در رقم بانبا در تاریخ کاشت ۱۵ تیر تعداد ساقه کمتری نسبت به سه تاریخ کشت دیگر ایجاد شد. در مقابل در رقم آریندا در دو تاریخ کاشت تأخیری ۱۵ و ۳۰ تیر، ساقه کمتری نسبت به دو تاریخ کشت دیگر (۱۵ خرداد و ۱ تیر) ایجاد شد (جدول ۲).

واکنش سه رقم مورد مطالعه از نظر تعداد ساقه اصلی در بوته در تاریخ‌های مختلف کاشت متفاوت بود و هر سه رقم وضعیت یکنواختی از نظر تعداد ساقه در تاریخ‌های مختلف کاشت نداشتند. رقم سانته در تاریخ کاشت ۱ تیر با متوسط ۴/۵ عدد ساقه در بوته در بالاترین سطح قرار گرفت که با تاریخ کاشت ۳۰ تیر (کشت تأخیری) از رقم سانته تفاوت معنی دار نشان نداد اما با تاریخ کاشت ۱۵ تیر از همین رقم و تاریخ کاشت ۱ تیر از رقم بانبا تفاوت‌ها

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل تاریخ کاشت و رقم بر صفات رشد سیب‌زمینی

| تیمارها | زمان کسب ۹۰ درصد جوانه‌زنی (روز) | زمان لازم تا پوشش کامل (روز) | تعداد روز تا گلدهی (روز) | متوسط تعداد ساقه اصلی در بوته |
|-------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| ۱۵ خرداد × سانته | ۱۸/۰۰ b | ۵۰/۶۶ b | ۵۴/۰۰ b | ۴/۶ cde |
| ۱۵ خرداد × بانبا | ۱۹/۳۳ a | ۵۱/۰۰ b | ۵۴/۸۳ b | ۳/۹۳ e |
| ۱۵ خرداد × آریندا | ۱۹/۳۳ a | ۵۴/۰۰ a | ۶۰/۰۰ a | ۴/۰۳ de |
| ۱ تیر × سانته | ۱۵/۰۰ c | ۴۳/۶۶ d | ۵۰/۰۰ c | ۴/۵ a |
| ۱ تیر × بانبا | ۱۵/۳۳ c | ۴۳/۵ d | ۴۹/۳۳ c | ۴/۲ bcd |
| ۱ تیر × آریندا | ۱۵/۳۳ c | ۵۱/۰۰ b | ۵۴/۱۶ b | ۴/۰۶ cde |
| ۱۵ تیر × سانته | ۱۴/۳۳ c | ۳۹/۶۶ e | ۴۵/۵ d | ۴/۲۶ bc |
| ۱۵ تیر × بانبا | ۱۵/۳۳ c | ۴۰/۳۳ e | ۴۲/۰ e | ۳/۴ g |
| ۱۵ تیر × آریندا | ۱۵/۳۳ c | ۴۳/۵ d | ۵۰/۶۶ c | ۳/۷ f |
| ۳۰ تیر × سانته | ۱۴/۸۳ c | ۴۴/۸۳ d | ۵۰/۰۰ c | ۴/۴ ab |
| ۳۰ تیر × بانبا | ۱۵/۰۰ c | ۴۳/۶۶ d | ۵۵/۳۳ b | ۴/۱۸ cd |
| ۳۰ تیر × آریندا | ۱۵/۰۰ c | ۴۸/۶۶ c | ۵۹/۰۰ a | ۳/۶۶ f |

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد آزمون دانکن نداشته‌اند.

ضریب تعداد تشکیل جوانه بر غده افزایش یافته و نسبت تعداد ساقه به بوته که از اجزای اصلی عملکرد در سیب‌زمینی است، افزایش پیدا خواهد کرد. زمان لازم تا گل‌دهی در سیب‌زمینی اگرچه ارتباط نزدیکی با ریخته‌ارثی رقم دارد، تأثیر عوامل محیطی بر آن قابل توجه است. ثابت شده است که سطوح نیتروژن و طول روز و دمای هوا به شدت آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Nookaraju et al., 2012). با پژوهش اخیر مشخص شد که تأخیر در کاشت سیب‌زمینی با تغییر مراحل فنولوژی گیاه سیب‌زمینی، قادر به کاهش قابل توجه در زمان رسیدن به گل‌دهی است. این یافته می‌تواند یک ارزش دوجانبه از حیث رسیدن سریع به پوشش کامل و تسریع در زمان

نتایج این تحقیق نشان داد که تأخیر در کاشت سیب‌زمینی اثرات مثبتی در سرعت جوانه‌زنی و نیز تسریع در تشکیل تاج پوشش^۱ دارد. تأخیر در کاشت عملاً سبب می‌شود که غده‌ها پس از خروج از سردخانه، فرصت کافی در اختیار داشته باشند و از نظر فیزیولوژیکی به شرایط مطلوب در غلبه بر غالبیت انتهایی برسند. این تغییرات در سن فیزیولوژیکی عملاً غده‌ها را مهیا می‌کند که از مرحله غالبیت عبور کرده و به شرایط چندجوانه‌ای^۲ برسند (Andrea et al., 2020; Jackson, 1999). بنابراین با تأخیر در کاشت، متوسط تعداد ساقه اصلی تشکیل شده در بوته نیز افزایش می‌یابد. این وضعیت در ارقامی با غالبیت انتهایی شدیدتر، بسیار مطلوب خواهد بود، زیرا

¹ Canopy

² Multiple sprouting

احتمال ۱ درصد بر عملکرد کل، درصد ماده خشک غده و کارایی مصرف آب معنی‌دار بوده است ($p \leq 0.01$)؛ اما در ارتباط با درصد رشد ثانویه و بدشکلی غده اثر رقم و تاریخ کاشت معنی‌دار شد و در اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت تفاوت معنی‌داری ایجاد نشد (جدول ۳).

بیشترین میزان عملکرد کل در رقم بانبا و در تاریخ‌های کاشت ۱۵ خرداد و ۱ تیر، تولید شد که با متوسط ۴۶/۱۵ تن در هکتار با دو تاریخ کاشت دیگر از این رقم و همه ترکیب‌های دیگر تاریخ کاشت از دو رقم دیگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون دانکن نشان داد. عملکرد کل غده در تاریخ‌های کشت تأخیری نسبت به تاریخ کشت متداول در هر سه رقم کاهش پیدا کرد؛ اما در رقم بانبا این افت عملکرد بسیار شدید و در دو رقم سانته و آریندا نسبتاً کم بود. به‌گونه‌ای که از لحاظ درصد کاهش عملکرد غده در رقم بانبا در کشت تأخیری در مقایسه با کشت معمول در منطقه، ۲۰ درصد کاهش عملکرد ایجاد شد. در مقابل این کاهش عملکرد غده در دو رقم سانته و آریندا به‌طور متوسط ۷/۵ درصد (۳-۲/۸ تن در هکتار) بود (جدول ۴).

گل‌دهی داشته باشد، زیرا در سیب‌زمینی پوشش کامل اگر با سرعت در زمان گلدهی همراه باشد، به‌دلیل فراهم‌کردن حداکثر قدرت رشد رویشی زمینه ورود به غده‌زایی را فراهم می‌کند و این می‌تواند در سرعت غده‌زایی و بالابردن ظرفیت ذخیره‌زایی در غده سیب‌زمینی مؤثر باشد (Rabinowitch and Levy, 2001). از طرفی سرعت رسیدن به پوشش کامل با اختلاف ۷ روزه در کشت تأخیری و آبیاری قطره‌ای شرایط مناسب برای رقابت بهتر محصول سیب‌زمینی با علف‌های هرز و نیز غده‌زایی سریع‌تر را فراهم می‌کند. تأثیر تاریخ کشت بر تغییر مراحل فنولوژی، گل‌دهی و صفات رشد در سیب‌زمینی که در این پژوهش ایجاد شد، با نتایج Sniey and Ludko (1995) و هم‌چنین Andrea et al. (2020) همخوانی دارد.

ب- عملکرد، رشد ثانویه غده، ماده خشک غده و کارایی مصرف آب

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات سطوح مختلف تاریخ‌های کاشت، رقم و نیز اثر متقابل آن‌ها در سطح

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد، اندازه غده تولیدی، درصد ماده خشک غده و کارایی مصرف آب

| میانگین مربعات (MS) | | | | | |
|--|-------------------|------------------------------|----------------------------|------------------|------------------------|
| کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) | درصد ماده خشک غده | درصد رشد ثانویه و بدشکلی غده | عملکرد کل (تن در هکتار) | درجه آزادی df | منابع تغییرات S.O.V |
| ns/۰.۸ | ns/۱۱ | ns/۲۲ | ns/۳۰ | ۱ | سال |
| ns/۰.۲ | ns/۴ | ۳/۰۱ | ns/۰.۷ | ۴ | تکرار × سال |
| **۵۷/۸۳ | **۲/۱۰ | **۴۸/۷۹ | **۳۷۷/۸۷ | ۲ | تاریخ کاشت |
| ns/۰.۳ | ns/۰.۳ | ns/۳۷ | ns/۲۰ | ۲ | سال × تاریخ کاشت |
| **۴/۷۲ | ns/۹۸ | **۲۸/۸۴ | **۶۹/۰.۶ | ۳ | رقم |
| ns/۰.۲ | ns/۱۲ | ns۲/۷۶ | ns/۰.۸ | ۳ | سال × رقم |
| ns/۰.۵۷ | **۲/۷۳ | ns۳/۳۶ | **۹/۳۴ | ۶ | تاریخ کاشت × رقم |
| ns/۰.۱ | ns/۰.۳ | ns۱/۸ | ns/۰.۴ | ۶ | سال × تاریخ کاشت × رقم |
| ۰/۱۴ | ۰/۳۳ | ۱/۵۱ | ۱/۷۱ | ۴۲ | خطا |
| | | | | ۷۱ | کل |
| ۴/۰.۷ | ۲/۸۶ | ۱۴/۸۴ | ۳/۲۲ | | ضریب تغییرات C.V |

در کشت تأخیری ۳۰ تیر به‌طور معنی‌داری از شدت رشد ثانویه بر غده‌ها و بدشکلی آن‌ها کاسته شد. در

میزان رشد ثانویه در غده‌ها با تأخیر در کاشت ارتباط مستقیم داشت. به‌طوری‌که با تأخیر در کاشت و به‌ویژه

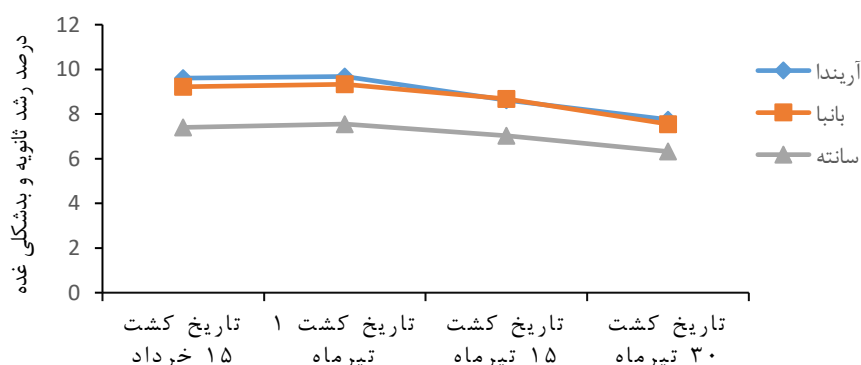
داد. روند رشد ثانویه و بدشکلی غده در سه رقم و در تاریخ‌های مختلف کاشت یکسان بود و در مجموع دو رقم بانبا و آریندا با متوسط ۹/۳۴ درصد نسبت به رقم سانته رشد ثانویه بالاتری در غده نشان دادند و تفاوت‌ها هم در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار شد (شکل ۲).

تاریخ کاشت ۱۵ خرداد با ۹/۷۷ درصد، بیشترین رشد ثانویه در غده مشاهده شد که از نظر آماری صرفاً با ۱ تیر تفاوت معنی‌دار نشان نداد. کمترین میزان رشد ثانویه با متوسط ۶ درصد مربوط به تاریخ کاشت ۳۰ تیر (کشت تأخیری) بود و از نظر آماری نیز تفاوت معنی‌داری با سه تاریخ کشت دیگر در سطح ۵ درصد آزمون دانکن نشان

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد، اندازه غده، درصد رشد ثانویه غده، درصد ماده خشک غده و کارایی مصرف آب

| تیمارها | عملکرد کل (تن در هکتار) | درصد ماده خشک غده |
|-------------------|-------------------------|-------------------|
| ۱۵ خرداد × سانته | ۴۰/۵۵ b | ۲۰/۴۴ ab |
| ۱۵ خرداد × بانبا | ۴۵/۹۰ a | ۲۰/۶۴ ab |
| ۱۵ خرداد × آریندا | ۴۰/۶۵ b | ۲۰/۳۱ b |
| ۱ تیر × سانته | ۳۹/۸۷ b | ۲۰/۴۵ ab |
| ۱ تیر × بانبا | ۴۶/۴۰ a | ۲۰/۲۴ b |
| ۱ تیر × آریندا | ۳۹/۷۰ b | ۲۱/۰۸ a |
| ۱۵ تیر × سانته | ۳۸/۲۷ c | ۲۰/۳۳ b |
| ۱۵ تیر × بانبا | ۴۱/۰۰ b | ۲۰/۲۵ b |
| ۱۵ تیر × آریندا | ۳۷/۳۱ d | ۱۹/۰۲ c |
| ۳۰ تیر × سانته | ۳۷/۵۳ d | ۲۰/۵۵ ab |
| ۳۰ تیر × بانبا | ۳۷/۰۰ d | ۱۹/۰۳ c |
| ۳۰ تیر × آریندا | ۳۷/۶۰ d | ۲۰/۵۵ ab |

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون دانکن نداشته‌اند



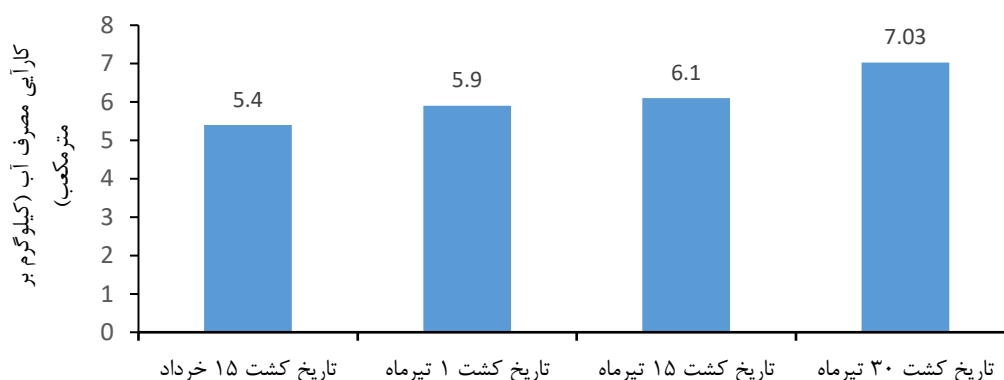
شکل ۲- روند تغییرات درصد رشد ثانویه و بدشکلی غده در تاریخ‌های مختلف کاشت در سه رقم

شد. کمترین میزان ماده خشک غده با متوسط ۱۹/۰۲ درصد در رقم آریندا و تاریخ کاشت ۱۵ تیر حاصل شد که صرفاً با رقم بانبا در کشت تأخیری ۳۰ تیر تفاوت معنی‌دار نداشت و با سایر ترکیب‌های تاریخ کاشت و رقم تفاوت‌ها معنی‌دار شد (جدول ۴).

بهره‌وری مصرف آب در ارقام مورد بررسی و در تاریخ‌های کاشت متفاوت بود. تاریخ کاشت ۳۰ تیر با متوسط تولید ۷ کیلوگرم غده در مترمکعب آب مصرفی از بیشترین

درصد ماده خشک غده تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار گرفت، هرچند واکنش سه رقم نسبت به تاریخ‌های مختلف کاشت متفاوت بود. در رقم آریندا و تاریخ کاشت ۱ تیر بیشترین مقدار ماده خشک غده (۲۱/۰۸ درصد) حاصل شد که نسبت به تاریخ کاشت تأخیری ۳۰ تیر از این رقم و رقم سانته و همچنین ترکیب تاریخ‌های کاشت ۱۵ خرداد از سانته و بانبا تفاوت معنی‌دار نشان نداد، اما با سایر ترکیب‌های تاریخ کاشت و رقم تفاوت‌ها معنی‌دار

در متر مکعب آب مصرفی بود و تفاوت‌ها از نظر آماری نیز معنی‌دار شد. در تاریخ کاشت یک تیر نیز سه رقم وضعیت متفاوتی داشته و به‌طور متوسط در سه رقم سانته، بانبا و آریندا به ترتیب ۵/۸، ۶/۳ و ۵/۸۰ کیلوگرم در متر مکعب آب مصرفی حاصل شد و تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار شد (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه کارایی مصرف آب در تاریخ‌های مختلف کاشت سیب‌زمینی در همدان

و رقم بانبا در گروه نیمه‌دیررس قرار می‌گیرند؛ بنابراین این نتایج دور از ذهن نبوده و قابل توجه هستند. نتایج این تحقیق نشان داد که با تأخیر در کاشت سیب‌زمینی در استان همدان، مرحله بحرانی از رشد سیب‌زمینی (ذخیره‌سازی در غده) با افزایش ناگهانی دما در استان (تیر و اوایل مرداد) مصادف نشده و ضمن پرهیز از برخورد با تنش‌های احتمالی، منجر به کاستن از میزان ناهنجاری‌های رشدی در غده و افزایش کیفیت ظاهری غده می‌شود. افزون بر این موارد با مصادف شدن دوره رشد بوته با درجه حرارت خنک‌تر در منطقه، از ضریب تبخیر و تعرق در بوته سیب‌زمینی کاسته شده و در نتیجه نیاز آبی سیب‌زمینی نیز کاهش می‌یابد. با این آزمایش در کشت تأخیری سیب‌زمینی در شرایط کشت تابستانه و در استان همدان مشخص شد که کاهش بیشتری در عملکرد رقم بانبا (نیمه‌دیررس) ایجاد می‌شود و در ارقام سانته (میان‌رس) و آریندا (زودرس) کاهش در عملکرد جزئی است. این وضعیت با افزایش قابل توجه در بهره‌وری آب آبیاری جبران شده و در مجموع می‌تواند منجر به صرفه‌جویی به میزان ۱۷ تا ۳۰ درصد در میزان مصرف آب شود.

میزان بهره‌وری آب برخوردار شد. سه رقم مورد بررسی نیز تفاوت معنی‌داری در این تاریخ کاشت نشان ندادند، اما در سایر تاریخ‌های کاشت با روندی متفاوت در هر سه رقم کارایی مصرف آب به‌طور محسوسی کاهش پیدا کرد. در تاریخ کاشت ۱۵ تیر متوسط بهره‌وری آب به ترتیب در سه رقم سانته، بانبا و آریندا ۶/۱، ۶/۳۰ و ۵/۹ کیلوگرم

از نتایج عملکرد نیز به‌خوبی می‌توان استنتاج کرد که سرعت تشکیل تاج‌پوشش به‌ویژه در ارقام زودرس و در کشت تأخیری با افزایش میزان فتوسنتز منجر به بالارفتن سطح زیست‌توده و ذخیره‌سازی برای تشکیل فرایند غده‌سازی می‌شود. مجموعه این عوامل شرایطی را ایجاد می‌کند که کاهش چشمگیری نیز در عملکرد نسبت به شرایط کشت معمول (۱۵ خرداد و یک تیر) که فرصت کافی در اختیار گیاه سیب‌زمینی وجود دارد، ایجاد نشود. نتایج این یافته با تفاوت جزئی در کاهش عملکرد ارقام زودرس نسبت به ارقام دیررس در کشت تأخیری در مقایسه با تاریخ کشت معمول با پژوهش Hassanpanah and Hassanabadi (2012) نیز همخوانی دارد.

با معنی‌دار شدن اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم در میزان غده تولیدی در اندازه بذری، عملکرد غده کل و همچنین کارایی مصرف آب می‌توان دریافت که اصولاً ارقام سیب‌زمینی با طول دوره رشد متفاوت، واکنش‌های متفاوتی به شرایط محیطی ایجاد شده در تاریخ‌های مختلف کاشت نشان می‌دهند، به‌ویژه از این نظر که دو رقم سانته و آریندا به ترتیب در گروه میان‌رس و زودرس

و زودرس) به خوبی جبران می‌شود؛ از این رو این مسئله می‌تواند به تولید پایدار سیب‌زمینی در استان کمک قابل توجهی کند.

منابع

1. Andrea, A.V., Muriel, Q., Stanley, L., Juan, Pablo, M. and Carolina, Lizana, X., 2020. Tuber yield and quality responses of potato to moderate temperature increase during Tuber bulking under two water availability scenarios. *Field Crops Research*, 251: 1071- 1086.
2. ASCE-EWRI., 2005. The ASCE standardized reference evapotranspiration equation. Technical Committee Report to the Environmental and Water Resources Institute of the American Society of Civil Engineers from the Task Committee on Standardization of Reference Evapotranspiration. ASCE-EWRI, 1801 Alexander Bell Drive, Reston.
3. Hassanpanah, D. and Hassanabadi, H., 2012. Investigating the possibility of potato cultivation after harvesting barley in Ardabil region. The final report of the research, Plant and Seed Improvement Institute, Registration number 89/1021, pp 125. [In Persian].
4. Haverkort, A.J., Franke, A.C., Engelbrecht, A.F. and Steyn, J.M., 2013. Climate change and potato production in contrasting South African Agro-ecosystems 1. Effects on Land and Water Use Efficiencies. *Potato Research*, 26: 31-50.
5. Jackson, S.D., 1999. Multiple Signaling Pathways Control Tuber Induction in Potato. *Plant Physiology*, 119(1): 1-8.
6. Karimi Kakhki, M. and Sepehri, A., 2011. Climate change trends during two periods in Hamedan and Tabriz. *Water and Soil Science*, 20(4): 143-155. [In Persian].
7. Moretti, C.L., Mattos, L.M., Calbo, A.G. and Sargent, S.A., 2010. Climate changes and potential impacts on postharvest quality of fruit and vegetable crops: A review. *Food Research International*, 43: 1824-1832.
8. Nookaraju, A., Shashank Pandey., K., Upadhyaya, P., Heung, J.J., Hyun, S.K., Chul, S.C., Doo, H. K. and Park, S.W., 2012. Role of Ca²⁺-mediated signaling in potato tuberization. *Botanical Studies*. 53: 177-189.
9. Parvizi, K., Souri, J. and Mahmoodi, R., 2011. Evaluation of cultivation date effect on yield and amount of tuber disorders of potato cultivars in Hamadan province. *Journal of Horticultural Science*, 25(1): 82-93. [In Persian].
10. Rabinowitch, H.D. and Levy, D., 2001. Biology and physiology of the potato. *Kluwer Academic Publishers*, 208 p.

براساس نتایج این پژوهش در ارقام دیررس با کشت تأخیری کاهش نسبتاً بیشتری در عملکرد ایجاد می‌شود؛ ضمن اینکه در ارقام دیررس با طول دوره رشد بالاتر از ۱۲۰ روز امکان برخورد اواخر دوره رشد با سرمای اواخر مهر و آبان وجود دارد؛ بنابراین ممکن است پوست‌گیری به خوبی انجام نشده و غده‌های تولیدی در انبار دچار مشکل شوند؛ بنابراین لازم است برای مقابله با این چالش‌ها و پرهیز از خطرات احتمالی عوارض فیزیولوژیکی غده در کشت تأخیری از ارقام نیمه‌زودرس و زودرس به جای ارقام نیمه‌دیررس یا دیررس بهره گرفت.

با توجه به اینکه با تأخیر در کاشت سیب‌زمینی هیچ کاهشی در تولید غده با اندازه متوسط ایجاد نمی‌کند، انجام کشت تأخیری می‌تواند در تولید غده‌های متوسط که هم مناسب بذر بوده و همچنین در صنعت و فرآوری نیز بیشتر مورد پسند هستند، یک مزیت محسوب شود. کاهش نسبتاً کم عملکرد در کشت تأخیری بیشتر ناشی از کاهش در تولید غده‌های درشت بوده و این مسئله ممکن است در ارقامی که بیشتر غده درشت تولید می‌کنند، مهم باشد. از طرفی با توجه به اینکه در معرفی ارقام جدید سیب‌زمینی ارجحیت و اولویت بر تولید و معرفی ارقامی با تولید غده یکنواخت و متوسط قرار دارد، نمی‌تواند به‌عنوان یک مسئله و مشکل در کشت تأخیری منظور شود. ضمن اینکه چنانچه قیمت و ارزش واقعی آب منظور شود، با کشت تأخیری و حتی در ارقامی با اندازه غده درشت، کاهش ۸ درصدی عملکرد به‌خوبی با کاهش وجه ۲۵ تا ۳۰ درصدی در مصرف آب جبران شده و این مهم می‌تواند به دوام و پایداری کشت و تولید سیب‌زمینی در استان همدان و مناطق مشابه کمک کند.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج کلی آزمایش مشخص شد که کشت تأخیری در استان همدان در هر سه گروه رسیدگی ارقام (دیررس، میان‌رس و زودرس)، منجر به تسریع در رسیدن به پوشش کامل می‌شود. نتایج این تغییر بر رشد، در کاهش مصرف آب و تولید غده‌هایی با کیفیت ظاهری بهتر، نمود پیدا می‌کند. ضمن اینکه در کشت تأخیری کاهش عملکرد تا حداکثر ۶ درصد، با افزایش کارایی مصرف آب به میزان ۲۷ درصد (به‌ویژه در ارقام میان‌رس

12. Sniey, L. and Ludko, M., 1995. Regulation of potato cultivars to delay planting date in western Pomerania. *Potato Journal*, 10: 461-46.

11. Siddique, K., Tennant, H. and Belford, P.K., 1989. Growth development and weight interception of old and modern potato cultivars in mediterranean type environment. *Austria Journal Agricultural Research*, 41: 431-437.