نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد ۲۰، مهر - آبان ۱۴۰۵، ص. ۶۲۲-۶۱۱

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.4, Vol. 20, Oct.-Nov. 2026, p. 611-622

مقاله علمی-پژوهشی

بهره‌وری اقتصادی آب در تولید مینی‌تیوبر سیب‌زمینی گلخانه‌ای تحت شرایط کم‌آبیاری

کبری جانقربان[۱]، جمالعلی الفتی[۲]، محمدرضا خالدیان[۳*]، حسن حسن‌آبادی[۴]، یوسف حمیداوغلی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۲۷

چکیده

شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به کم‌آبیاری و معرفی آنها به بهره‌برداران و پژوهش‌گران راهکاری مناسب برای افزایش بهره‌وری آب آبیاری است. هدف از مطالعه حاضر، ارزیابی ارقام آگریا و دزیره و ۱۷ ژنوتیپ حاصل از تلاقی آن‌ها در یک گلخانه تجاری در میانداشت اصفهان در دو سطح آبیاری کامل و کم‌آبیاری و معرفی ژنوتیپ‌های برتر بر اساس عملکرد، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری اقتصادی آب بود. این پژوهش به‌صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل دو سطح آبیاری کامل و کم‌آبیاری (۵۰ درصد نیاز آبی در گلخانه)، ۱۹ ژنوتیپ و سه تکرار با هدف تولید مینی-تیوبر و کاربرد در برنامه‌های اصلاحی انجام شد. نتایج نشان داد که اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ بر کلیه صفات مطالعه شده به جز وزن تک غده معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که ژنوتیپ AD15 و رقم دزیره به ترتیب با ۳۲۳ و ۲۸ گرم، بیشترین و کمترین وزن کل غده‌های یک بوته را در شرایط کم‌آبیاری تولید کرده‌اند. ژنوتیپ‌های AD89 و AD15 نیز بیشترین تعداد غده کل (۲۸ و ۲۴ عدد) و تعداد غده تجاری (۲۸ و ۲۴ عدد) را به‌ترتیب در شرایط آبیاری کامل و کم‌آبیاری تولید کردند. همچنین نتایج نشان داد که ژنوتیپ AD15 با ۶۳/۵ کیلوگرم بر متر مکعب بیشترین بهره‌وری آب را در شرایط کم آبیاری و با میزان ۳۰۳/۶ میلیون ریال بر متر مکعب بیشترین بهره‌وری اقتصادی آب را داشته است. دو شاخص تعداد غده تجاری و بهره‌وری اقتصادی آب برای تعیین ژنوتیپ‌های مناسب و نامناسب مدنظر قرار گرفتند. ژنوتیپ‌هایAD15، AD50 و AD2 با تعداد غده تجاری ۱۷-۱۳ و بهره-وری اقتصادی آب ۲۰۶-۱۵۱ میلیون ریال بر مترمکعب آب آبیاری بهترین انتخاب بودند. ژنوتیپ‌های AD40، AD81 و AD34 با تعداد غده تجاری ۵-۲ و بهره‌وری اقتصادی آب ۴۴-۱۹ میلیون ریال بر مترمکعب آب انتخاب نامناسبی با توجه به شرایط مطالعه حاضر بودند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، تنش آبی، مینی‌تیوبر، نیاز آبی

مقدمه

سیب‌زمینی با نام علمی *Solanum tuberosum* متعلق به خانواده سولاناسه است. تعداد کمی از ارقام قادر به تولید بذر هستند، بنابراین تولید مینی‌تیوبر برای کشت معمول است (Acquaah, 2007). تولید مینی‌تیوبر با کیفیت و دارای صفات مناسب نظیر وزن و اندازه مناسب، متحمل به تنش‌آبی و عاری از آلودگی بسیار مهم است. در قرن بیستم سیب‌زمینی به‌عنوان یکی از منابع مهم غذایی در جهان محسوب می‌شد به‌گونه‌ای که طبق گزارش FAO در سال ۲۰۱۷ در ۱۶۲ کشور دنیا سیب‌زمینی کشت شده است (FAO, 2017). طبق آخرین آمار گزارش شده توسط FAO در سال ۲۰۲۲ بعد از ذرت، گندم و برنج، سیب‌زمینی چهارمین محصول غذایی مهم جهان محسوب می‌شود (FAO, 2022). ایران به‌عنوان یکی از کشورهای تولید کننده سیب‌زمینی با تولید ۲۶۰۰۰۰۰ تن سالانه رتبه نوزدهم جهان را دارد (FAO, 2022). مقدار مواد مغذی که از یک هکتار سیب‌زمینی به‌دست می‌آید دو تا چهار برابر بیشتر از غلات در همان سطح کشت می‌باشد (FAO, 2008). همچنین سیب‌زمینی نسبت به اکثر محصولات، غذای بیشتری در واحد مصرف آب تولید می‌کند و هفت برابر کارآمدتر از غلات است (CIP, 2016). سیب‌زمینی تنها برای مصرف انسان نیست و در صنایعی مانند تولید نشاسته، صنایع

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، گیلان، ایران
۲- استاد گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، گیلان، ایران
۳- دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان و گروه پژوهشی مهندسی آب و محیط زیست پژوهشکده حوزه دریای کاسپین، رشت، ایران
۴ -عضو هیات علمی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۵- دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، گیلان، ایران
(*- نویسنده مسئول: khaledian@guilan.ac.ir)
DOI: 10.22034/idj.2026.556450.2639

نساجی، کاغذ و مصالح ساختمانی نیز کاربرد دارد. همچنین سیب-زمینی می‌تواند جایگزین خوبی برای غلات به عنوان سوخت‌های زیستی باشد (Li et al., 2019).

گیاهان در طول زندگی خود با تنش‌های زیستی و غیرزیستی مواجه می‌شوند. الگوی واکنش گیاهان به خشکی بر اساس شدت، مدت و سرعت تنش تنظیم می‌شود (Pinheiro and Chaves, 2011). تنش در حد خفیف تا متوسط ویژگی‌های روزنه را تحت تاثیر قرار می‌دهد که نتیجه آن از دست دادن زیست‌توده خواهد بود اما در شرایط تنش شدید، عوامل غیر روزنه‌ای غالب خواهند شد (Campos et al., 2014). تحت شرایط تنش شدید متابولیسم‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Xu et al., 2010). پاسخ فیزیولوژیکی در سیب‌زمینی در برابر کم‌آبی به ژنوتیپ و سن فیزیولوژیکی سیب‌زمینی وابسته است (Steckel and Gray, 1979). تفاوت در ژنوتیپ بر رشد شاخه و برگ، عملکرد، تعداد پریموردیای ریشه و اندازه نهایی سیستم ریشه موثر است (Wurr, 1978). سیب-زمینی یکی از حساس‌ترین گیاهان به کم‌آبیاری در مرحله تشکیل غده است (Ferreira and Carr, 2002). کاهش رطوبت خاک سبب پیری زودرس برگ، کاهش طول دوره رشد، کاهش دریافت تشعشع خورشیدی و در نتیجه کاهش عملکرد را در پی دارد (مستعلی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹). افزون بر این کمبود آب باعث افزایش مقاومت روزنه‌ای برگ، کاهش فتوسنتز، کاهش رشد غده و کاهش عملکرد می‌شود (حقیقتی و همکاران، ۱۳۹۴). اما، یکی از پاسخ‌های فیزیولوژیکی سیب‌زمینی به تنش آبی، بسته شدن روزنه‌ها است که نرخ تعرق را کاهش می‌دهد و سبب می‌شود تا کارایی مصرف آب ذاتی بدون در نظر گرفتن میزان تشعشع افزایش یابد و در نتیجه رشد گیاه با وجود دسترسی محدود به آب افزایش یابد (Coleman, 2008). سیب‌زمینی به کم‌آبیاری حساس است و پاسخ‌های فیزیولوژیکی آن، مانند کاهش تعرق و تغییر در ویژگی‌های برگ، بر بهره‌وری آب و عملکرد غده اثرگذار است (Albiski et al., 2012).

تعداد کمی از مطالعات انجام شده به‌طور مستقیم اثر تنوع ژنتیکی در بهره‌وری آب را تخمین زده‌اند و بیشتر مطالعات از طریق اجزای آن یا ویژگی‌های مرتبط با آن بوده است (Li et al., 2019). عملکرد غده در شرایط تنش هم از نظر تعداد غده تولید شده و هم از نظر اندازه نهایی غده قابل بررسی است و تنش خشکی بر هر دو تاثیر منفی دارد (Aliche et al., 2020). مجموعه‌ای از سازگاری‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی به گیاه این اجازه را می‌دهد تا به شرایط تنش غلبه کرده و رشد مناسب خود را داشته باشد، عواملی مانند قدرت رشد و گسترش ریشه، میزان بالاتر فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و سطوح بالاتر آبسیزیک اسید، پرولین، قندهای محلول و پلی‌آمین‌ها و غیره از عوامل دخیل در مقاومت به تنش خشکی محسوب می‌شوند (Zhang et al., 2018).

اصلاح سیب‌زمینی برای تحمل به خشکی نیاز به یک سیستم ارزان، قابل تکرار و با توان بالا دارد. نتایج پژوهشی که روی سیب-زمینی شیرین انجام شد، نشان داد که اعمال تنش و انتخاب در گلخانه می‌تواند یک روش جایگزین برای انتخاب اولیه در مزرعه باشد. همچنین نشان داده شد که صفات وزن ریشه، طول بزرگترین ریشه و میزان ماده خشک بوته از صفات مناسب برای انتخاب ژنوتیپ مقاوم در گلخانه هستند (Placide et al., 2016). کشت گلخانه‌ای با قابلیت کنترل بهتر شرایط رشد گیاه، فرصت مناسبی برای مدیریت بهینه آبیاری فراهم می‌آورد. از آنجایی که یکی از اهداف کلیدی در کشت گلخانه‌ای، ارتقای بهره‌وری از منابع تولید به ویژه آب است، استفاده از نسبت درآمد ناشی از محصول به آب مصرفی به‌عنوان شاخصی برای سنجش بهره‌وری اقتصادی آب پیشنهاد می‌شود. برای درک بهتر این شاخص، می‌توان به جای عملکرد در صورت کسر برای محاسبه بهره‌وری، ارزش ریالی عملکرد را ملاک قرار داد (Najafi et al., 2021). در مناطق خشکی مانند ایران، با چالش کمبود شدید آب و اثرات منفی تغییر اقلیم بر دسترسی به منابع آب، یکی از مشکلات اصلی بخش کشاورزی حتی گلخانه‌ها تامین آب محسوب می‌شود. در شرایط محدودیت دسترسی به منابع آبی می‌توان از کم‌آبیاری استفاده کرد که سبب افزایش بهره‌وری آب و بهینه‌سازی عملکرد گیاهان می‌شود (Al-Ghobari and Dewidar, 2018). با توجه به نیاز کشور به حجم بالایی از مینی‌تیوبر به‌منظور استفاده در مناطق مستعد کشت سیب‌زمینی در کشور و همچنین بحران آب در تقریبا تمام مناطق ایران، شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا و تحمل تنش آبی یک ضرورت ملی است. هدف پژوهش حاضر، شناسایی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی متحمل به کم‌آبیاری با بهره‌وری اقتصادی آب بالا برای تولید مینی‌تیوبر بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه شرکت پرتیکان بذر گستر (تولیدکننده کلاس‌های مختلف بذر سیب‌زمینی) واقع در شهر مینا دشت در استان اصفهان در موقعیت جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۱۶۱۷ متر از سطح دریا انجام شد. برای تولید ژنوتیپ‌های جدید، دو رقم نیمه مقاوم به خشکی آگریا به عنوان والد مادری و دزیره به عنوان والد پدری انتخاب شدند، زیرا این ارقام ویژگی‌های مطلوبی از نظر تحمل کم‌آبی و تولید مینی‌تیوبر دارند. در ادامه ۱۷ ژنوتیپ حاصل از تلاقی به همراه دو رقم اگریا و دزیره در دو شرایط کم‌آبیاری و آبیاری کامل قرار گرفتند تا اثر کم آبیاری بر عملکرد، بهره‌وری آب و بهره-

وری اقتصادی آب در مقایسه با آبیاری کامل بررسی و بهترین ژنوتیپ‌ها معرفی شوند.

آماده‌سازی پیش از کشت: این بخش از آزمایش در یک گلخانه پلاستیکی دو پوش با دمای ۳±۲۵ درجه سلسیوس (سامانه‌های تنظیم دمای بخاری و پنجره سقفی) در پاییز و زمستان ۱۴۰۱ انجام شد. برای ممانعت از تاثیر جریان باد روی نتیجه آزمایش بخش کناری گلخانه که از بخاری و پنجره سقفی فاصله داشت انتخاب شد. برای آماده‌سازی بستر کشت، دو کارتن پلاست با عرض ۰/۵ متر، عمق ۳۰ سانتی‌متر و طول ۲۰ متر استفاده شد. یکی از کارتن‌ها برای شرایط آبیاری کامل و دیگری برای کم‌آبیاری اختصاص یافت جهت جداسازی فضای مورد نیاز برای رشد و غده‌دهی هر ژنوتیپ، طول کارتن پلاست به کمک یک تکه کارتن پلاست به عرض نیم متر و عمق ۳۰ سانتی‌متر به ۶۰ قسمت ۲۰ سانتی‌متری تقسیم شد (شکل ۱). سامانه آبیاری مورد استفاده، آبیاری قطره‌ای بود و تنظیم سامانه آبیاری قطره‌ای به‌صورتی انجام شد که در هر فضای کشت گیاه سیب‌زمینی دو قطره‌چکان وجود داشته باشد (شکل ۱). مدت زمان آبیاری از طریق رابطه ۱ محاسبه شد.

$$\text{مدت زمان آبیاری (ثانیه)} = \frac{X \times \text{Kc} \times 60}{2 \times 22(cm^3/min)} \qquad (۱)$$

در این رابطه: X= میانگین کاهش وزن میکرولایسیمترهای حاوی گیاه مرجع (بر حسب گرم) و Kc= میانگین ضریب گیاهی سیب‌زمینی دو رقم دزیره و اگریا (جانقربان و همکاران، ۱۴۰۴) بود. همچنین عدد ۲۲، میزان آب خروجی از هر قطره‌چکان بر حسب سانتی‌متر مکعب در دقیقه است. عدد ۲ مربوط به تعداد قطره‌چکان برای هر گیاه است.

بستر مورد استفاده کوکوپیت-پرلیت با نسبت ۱:۱ و محلول غذایی مورد استفاده در این بخش، محلول غذایی ویژه سیب‌زمینی در کشت هیدروپونیک بود. پیش از کشت نشای ژنوتیپ‌های سیب زمینی، سه میکرولایسیمتر حاوی چمن برای تعیین تبخیروتعرق گیاه مرجع و در ادامه تعیین تبخیروتعرق گیاهی و میزان آب آبیاری تهیه شد. یک پیش‌آزمایش با استفاده از میکرولایسیمتر و گیاه مرجع (چمن) انجام شد تا تبخیروتعرق و ضرایب گیاهی دو رقم والد سیب‌زمینی مورد مطالعه در شرایط گلخانه تعیین شود (جانقربان و همکاران، ۱۴۰۴). با پوشش کامل بستر توسط چمن، تبخیر مستقیم از سطح خاک به حداقل رسید و تبخیروتعرق اصلی مربوط به گیاه مرجع اندازه‌گیری شد. ضریب گیاهی مینی‌تیوبر سیب‌زمینی در شرایط گلخانه برای مرحله اولیه، میانی و انتهایی براساس مطالعه جانقربان و همکاران (۱۴۰۴) به‌ترتیب ۰/۴۹، ۱/۱۴ و ۰/۸۷ بود. براساس ضرایب گیاهی سیب‌زمینی و میزان تبخیروتعرق روزانه گیاه مرجع (چمن) میزان آبیاری روزانه ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی محاسبه و دو سطح آبیاری شامل آبیاری کامل (۱۰۰ درصد نیاز آبی) و کم‌آبیاری (۵۰ درصد نیاز آبی) اعمال شد.

قبل از شروع کشت گیاهچه‌های سیب‌زمینی در آذر ماه ۱۴۰۱، بسترهای کشت، کاملا آبیاری و سپس گیاهچه‌ها کشت شدند. در یک هفته اول بعد از کشت آبیاری انجام نشد و بعد از گذشت یک هفته بر اساس میزان آبیاری برآورد شده توسط چمن و ضریب گیاهی سیب‌زمینی (رابطه ۱)، ۱۹ ژنوتیپ مورد بررسی به‌صورت روزانه آبیاری شدند. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح کاملاً تصادفی شامل دو سطح آبیاری کامل و کم‌آبیاری (۵۰ درصد نیاز آبی) به‌عنوان کرت اصلی، ۱۹ ژنوتیپ به‌عنوان کرت فرعی و سه تکرار (۱۱۴ واحد آزمایشی) اجرا شد. برای تامین آب و مواد مغذی مورد نیاز گیاه از یک سامانه آبیاری قطره‌ای استفاده شد. پس از ۹۷ روز از کشت به دلیل تاثیر تنش بر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، برداشت مینی-تیوبرها و تعیین صفات مورد مطالعه انجام شد. نمونه‌های برداشت شده به آزمایشگاه منتقل و ویژگی‌هایی مانند تعداد غده در بوته، تعداد غده تجاری در بوته، وزن یک غده و وزن تمام غده‌های یک بوته با استفاده از ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۱ گرم اندازه‌گیری شدند.

مقدار بهره‌وری آب آبیاری با رابطه (۲) محاسبه شد (Khaledian et al., 2011).

$$WP = \frac{Y}{I} \qquad (۲)$$

در این رابطه، WP: بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)، Y: عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار) و I: آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار) است.

بهره‌وری اقتصادی آب یا درآمد به ازای فروش محصول به ازای فروش مینی‌تیوبر سیب‌زمینی با توجه به قیمت فروش بازار کشوری معادل ۷۶ هزار ریال در سال ۱۴۰۲ محاسبه شد. با در دست داشتن میزان آب آبیاری مصرفی، مقدار درآمد به ازای حجم واحد آب آبیاری مصرف‌شده با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد (محمدپور و همکاران، ۱۴۰۳).

$$EWP = \frac{P}{I} \qquad (۳)$$

در این رابطه، EWP: درآمد (سود ناخالص) به ازای واحد حجم آب آبیاری (ریال بر مترمکعب)، P: درآمد حاصل از فروش محصول (ریال در هکتار) و I: آب آبیاری مصرف‌شده (مترمکعب بر هکتار) هست. بررسی نرمال بودن داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS و SPSS انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۴) انجام و میانگین داده‌ها توسط آزمون توکی در سطوح متناظر معنی‌داری مقایسه شد.



شکل ۱ -تصاویری از مراحل پرورش سیب‌زمینی به همراه میکرولایسیمتر حاوی چمن

نتایج و بحث

آنالیز واریانس صفات مورد مطالعه در دو تیمار آبیاری کامل و کم‌آبیاری با ۱۹ ژنوتیپ مختلف سیب‌زمینی در جدول ۱ ارائه شده است. وجود تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی ذاتی بین ژنوتیپ‌ها است. درک این تفاوت بین ژنوتیپ-های مختلف یک گیاه بسیار مهم است، چرا که زمینه انتخاب ژنوتیپ یا ژنوتیپ‌های برتر براساس معیارهای مدنظر پژوهشگران را فراهم می‌آورد (Ndukaula et al., 2015). پژوهش‌های مختلف از جمله حاجی‌برات و همکاران (۱۴۰۳) و حمزه‌پور و همکاران (۱۴۰۳) نیز نشان داد که تنوع و تفاوت معنی‌دار عملکرد و اجزای آن بین ژنوتیپ-های مختلف سیب‌زمینی وجود دارد.

بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۱، آبیاری بر تعداد مینی‌تیوبر اثر معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که کم‌آبیاری باعث کاهش متوسط تعداد غده از ۱۳/۵ به ۱۱/۶ در بوته شد ($p<0.01$). همچنین آبیاری بر تعداد غده تجاری اثر معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که کم‌آبیاری باعث کاهش متوسط تعداد غده تجاری از ۹/۴ به ۶/۱ در بوته شد ($p<0.01$). ولی اثر آبیاری بر وزن تک غده معنی‌دار نبود، که از نظر تجاری برای فروش غده‌ها بسیار مهم است($p>0.01$). اثر آبیاری بر وزن تمام غده‌های یک بوته معنی‌دار بود و کم‌آبیاری سبب افزایش متوسط این شاخص از ۱۳۴/۲ گرم در بوته به ۱۵۳/۸ گرم در بوته شد، هر چند این افزایش به تنهایی سودمند نیست، چرا که موجب افزایش تعداد غده‌های تجاری و در نتیجه کسب درآمد بیشتر نشده است. بلکه موجب تولید تعداد کمتر غده شده که درشت هستند ($p<0.01$). اثر آبیاری بر بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری اقتصادی آب معنی‌دار بود ($p<0.01$). کم‌آبیاری سبب افزایش ۱۲۵ درصدی بهره‌وری آب آبیاری از ۱۳/۴ به ۳۰/۲ کیلوگرم بر مترمکعب شد. همچنین کم‌آبیاری با یک افزایش ۲۷ درصدی سبب افزایش بهره-وری اقتصادی آب از ۷۱۶۰۴۴۴۵ ریال بر مترمکعب به ۹۰۶۳۵۲۳۲ ریال بر مترمکعب شد. یافته‌های حاضر با نتایج پژوهش‌های پیشین همخوانی دارد (Aliche et al., 2020; Qin et al., 2019).

اثر ساده ژنوتیپ بر کلیه صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱) که حاکی از واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر این صفات به کم‌آبیاری است. اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ نیز بر کلیه صفات مورد بررسی به جز وزن تک غده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). این نتیجه با نتایج مستعلی‌زاده و همکاران (۱۳۹۹) همراستا است. آنها گزارش دادند که اثر ارقام مورد مطالعه شامل مارفونا، سانته، اگریا و بانبا بر صفات عملکردی سیب‌زمینی معنی‌دار بوده است. با توجه به اینکه اثر ساده آبیاری و ژنوتیپ و نیز اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ بر کلیه صفات مورد مطالعه به جز وزن یک غده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است، لذا فقط مقایسه میانگین در مورد اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ انجام شده است.

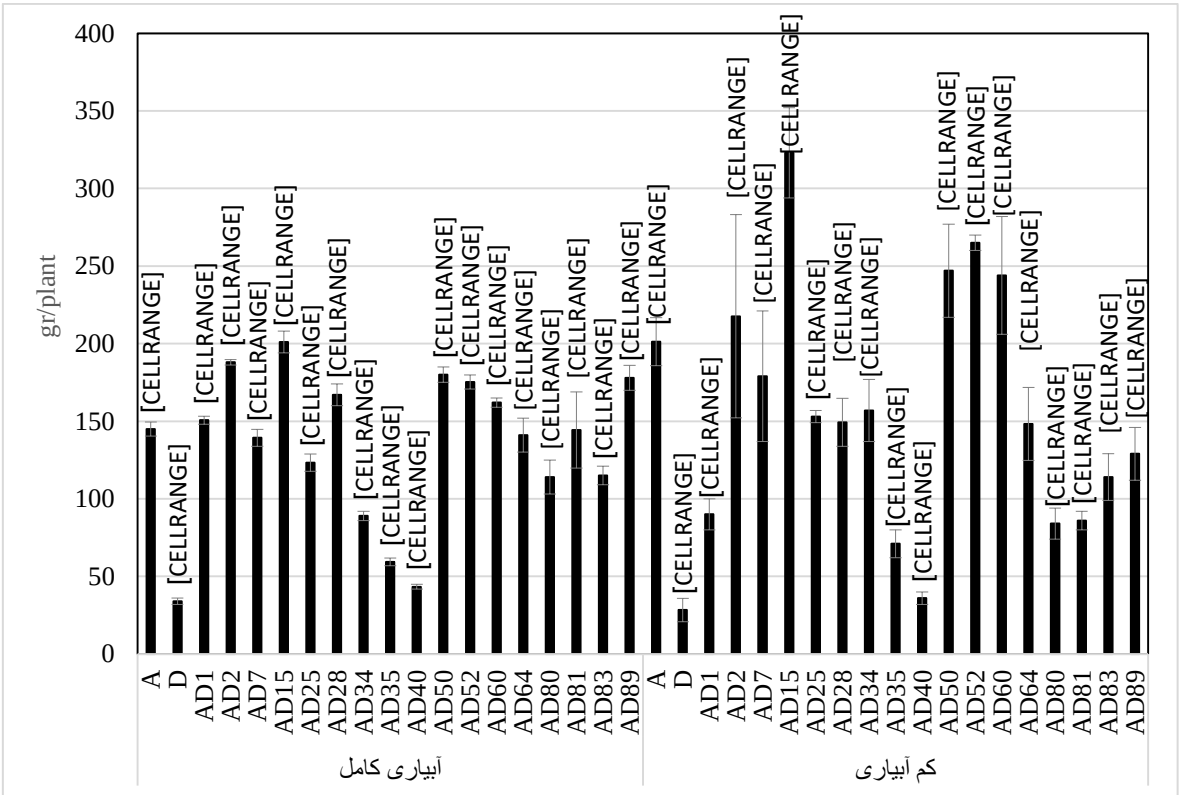
در شکل ۲ مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ بر میانگین وزن کل غده‌های یک بوته ارائه شده است. ژنوتیپ AD15 در تیمار کم‌آبیاری بیشترین میانگین وزن کل غده‌های یک بوته را با وزن ۳۲۳ گرم در بوته تولید کرده است. اما رقم دزیره در تیمار کم-آبیاری با میانگین وزن کل غده‌های یک بوته با وزن ۲۸ گرم در بوته کمترین تولید را داشته است ($p<0.01$). این تفاوت نشان‌دهنده حساسیت و تحمل متفاوت ژنوتیپ‌ها به تنش آبی است. در حقیقت اصلاح‌گر به دنبال ژنوتیپ‌هایی است که علاوه بر تحمل شرایط

تنش، در هر دو شرایط تنش و بدون تنش (نرمال) عملکرد مطلوبی داشته باشد. باید توجه داشت که تفاوت آماری معنی‌دار بین ارزش هر ژنوتیپ در دو شرایط محیطی وجود نداشته و به عبارت دیگر اثر متقابل ژنوتیپ و محیط از نوع تغییر در مقدار بوده است و همه ژنوتیپ‌ها بدون تغییر رتبه از نظر میزان وزن تر غده دستخوش تغییر تحت شرایط تنش رطوبتی اعمال شده قرار گرفتند. در هر حال تفاوت عملکرد گیاه علاوه بر تفاوت ذاتی ژنوتیپ‌ها به مدیریت آبیاری بستگی دارد (Drapal et al., 2017; Obidiegwu et al., 2015).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر آبیاری کامل و کم‌آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری ۱۹ ژنوتیپ سیب‌زمینی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		تعداد غده	تعداد غده تجاری	وزن یک غده	وزن تمام غده‌های یک بوته	بهره‌وری آب آبیاری	بهره‌وری اقتصادی آب
آبیاری	۱	۱۱۱**	۴۱۰**	۳۰^{ns}	۵۱۰۸**	۷۲۲۳**	۱/۰۳×۱۰^{۱۶**}
خطای فاکتور اصلی	۴	۰/۵۵	۰/۸۱	۲۳	۸۷۶	۲۷	۲/۶×۱۰^{۱۳}
ژنوتیپ	۱۸	۱۲۷**	۸۶**	۱۴۵**	۲۱۹۶۷**	۷۴۴**	۱/۴×۱۰^{۱۶**}
آبیاری × ژنوتیپ	۱۸	۳۶**	۲۲**	۴^{ns}	۳۳۵۷**	۷۷**	۵/۵×۱۰^{۱۵**}
خطای فاکتور فرعی	۷۶	۳/۸	۱/۲	۷/۷	۳۳۳	۸/۳	۱/۵×۱۰^{۱۴}
ضریب تغییرات (٪)		۲۰	۱۹	۲۰	۲۰	۱۹	۱۸

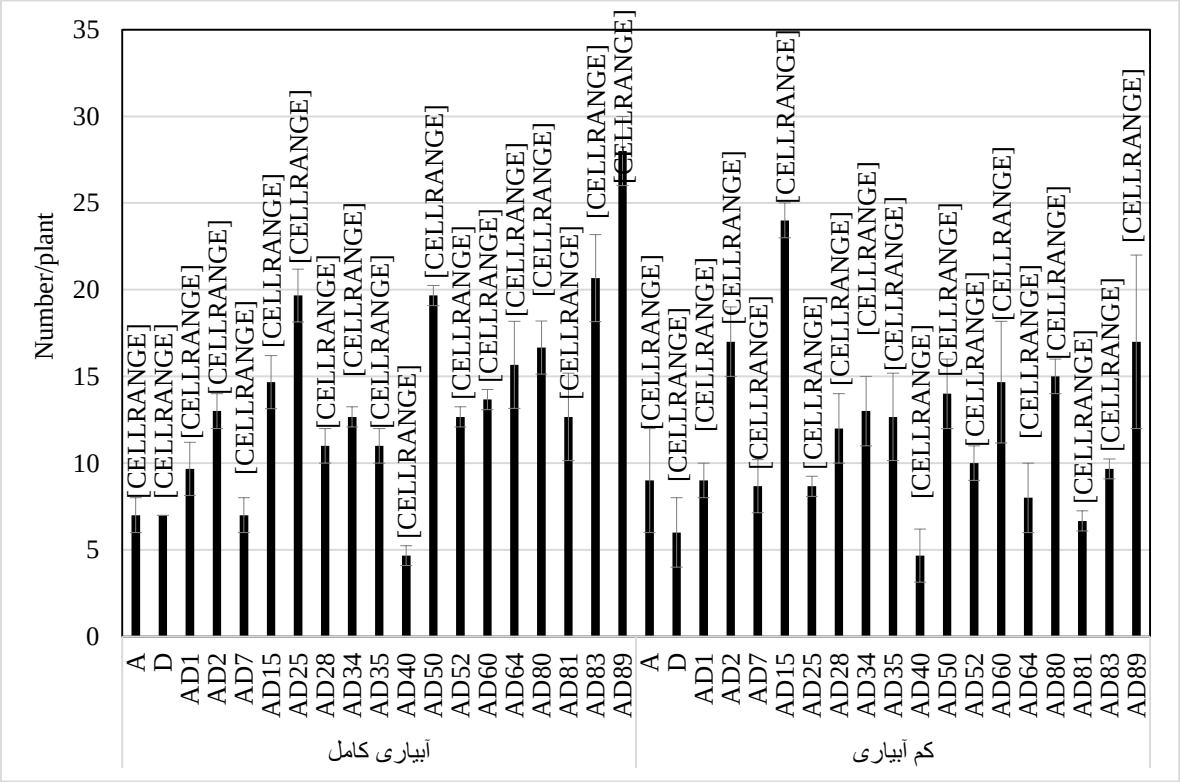
ns: عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ۲- اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ بر میانگین وزن کل غده‌های یک بوته

در شکل ۳ مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ بر میانگین تعداد کل غده‌های یک بوته ارائه شده است. ژنوتیپ‌های AD89 در تیمار آبیاری کامل و AD15 در تیمار کم‌آبیاری بیشترین میانگین تعداد کل غده‌های یک بوته با به‌ترتیب ۲۸ و ۲۴ مینی‌تیوبر در بوته تولید کرده‌اند. اما ژنوتیپ AD40 در تیمار آبیاری کامل و کم‌آبیاری با ۴/۷ مینی‌تیوبر در بوته کمترین تولید را داشته است. مطالعات پیشین نیز اثر کم‌آبیاری و تنش آبی بر کاهش تعداد غده سیب‌زمینی را گزارش کردند. کاهش تعداد غده تحت تنش کم‌آبی را

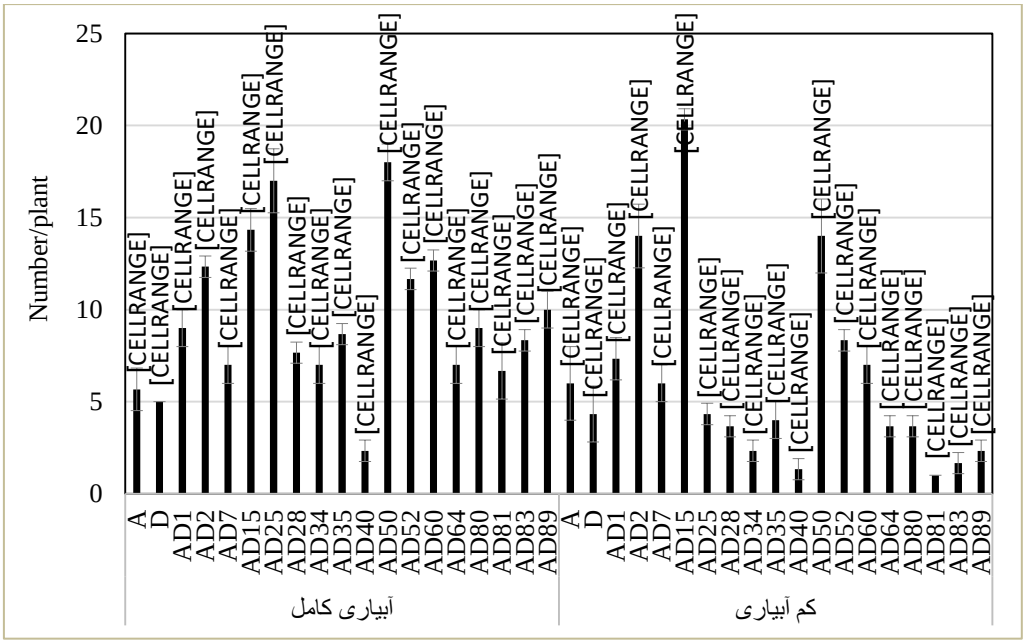
می‌توان ناشی از تأخیر در استقرار اولیه گیاه، کاهش تشکیل استولون و محدود شدن انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های زیرزمینی دانست (Obidiegwu et al., 2015). همچنین گزارش شده است که سیب‌زمینی در مرحله آغاز غده‌دهی حساسیت بالایی به تنش آبی دارد (ضیاچهره و همکاران، ۱۴۰۳). برتری نسبی ژنوتیپ AD15 در شرایط کم‌آبیاری بیانگر پایداری عملکردی این ژنوتیپ در شرایط تنش بوده و می‌توان آن را به‌عنوان گزینه‌ای مناسب برای برنامه‌های اصلاحی با هدف افزایش تحمل به کم‌آبی معرفی کرد. نتایج حاضر با یافته‌های پیشین (مستعلی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹؛ Qin et al., 2019) در خصوص تأثیر کم‌آبی بر تعداد غده‌های سیب‌زمینی همخوانی دارد و اهمیت انتخاب ژنوتیپ مناسب برای مدیریت بهینه آب آبیاری را نشان می‌دهد.



شکل ۳- اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ بر میانگین تعداد کل غده‌های یک بوته

شکل ۴ مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ بر میانگین تعداد کل غده‌های تجاری یک بوته را نشان می‌دهد. ژنوتیپ‌های AD89 در تیمار آبیاری کامل و AD15 در تیمار کم‌آبیاری بیشترین میانگین تعداد کل غده‌های یک بوته با به‌ترتیب ۲۸ و ۲۴ مینی‌تیوبر در بوته تولید کرده‌اند. اما ژنوتیپ AD40 در تیمار آبیاری کامل و کم‌آبیاری با ۴/۷ مینی‌تیوبر در بوته کمترین تولید را داشته است. تفاوت حدود هشت برابری در تولید مینی‌تیوبر تجاری در بوته بین ژنوتیپ‌های AD15 و AD50 و ژنوتیپ AD40 اثر مستقیمی بر درآمدزایی دارد. بنابراین انتخاب درست ژنوتیپ و معرفی به پرورش-دهندگان اثر به‌سزایی بر درآمد آنها خواهد داشت.

کم‌آبی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که سبب ایجاد محدودیت در رشد و نمو گیاه و در نتیجه عملکرد اقتصادی آن می‌شود (Fahad et al., 2017). کم‌آبی باعث ایجاد تغییرات زیادی در رفتار و بروز صفات ژنتیکی گیاهان می‌شود، که از جمله می‌توان از روابط آب و گیاه یاد کرد. میزان این تغییرات به شدت، زمان وقوع و دوام آن وابسته است (Hasanuzzaman et al., 2018). دسترسی گیاه به آب در مراحل حساس رشد سبب بهبود فرآیند متابولیسم در سلول‌های گیاهی و بهبود جذب عناصر غذایی مورد نیاز و در نتیجه رشد و نمو بهتر گیاه می‌شود (Saif et al., 2003). اگرچه این تغییرات در ژنوتیپ‌های مختلف، متفاوت است و ژنوتیپ‌های متحمل به تنش کم‌آبی با استفاده از فرآیندهای مختلف، شرایط نامساعد موجود در محیط را تحمل کرده و در نتیجه با افزایش بهره‌وری آب، عملکرد بالاتری تولید می‌کنند. بنابراین، در فرآیند اصلاح ژنتیکی گیاهان باید ژنوتیپ‌هایی را انتخاب کرد که ضمن تحمل تنش‌های محیطی، عملکرد قابل قبولی را تولید می‌کنند.

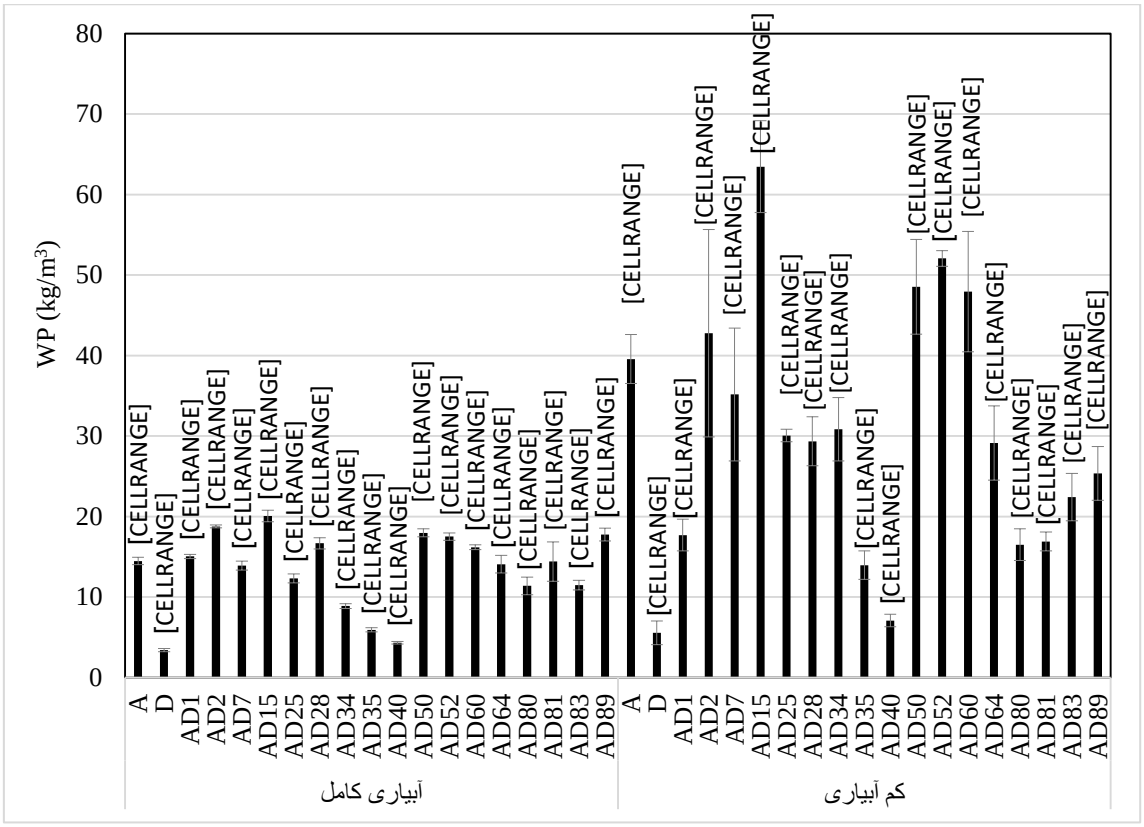


شکل ٤- اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ بر میانگین تعداد کل غده‌های تجاری یک بوته

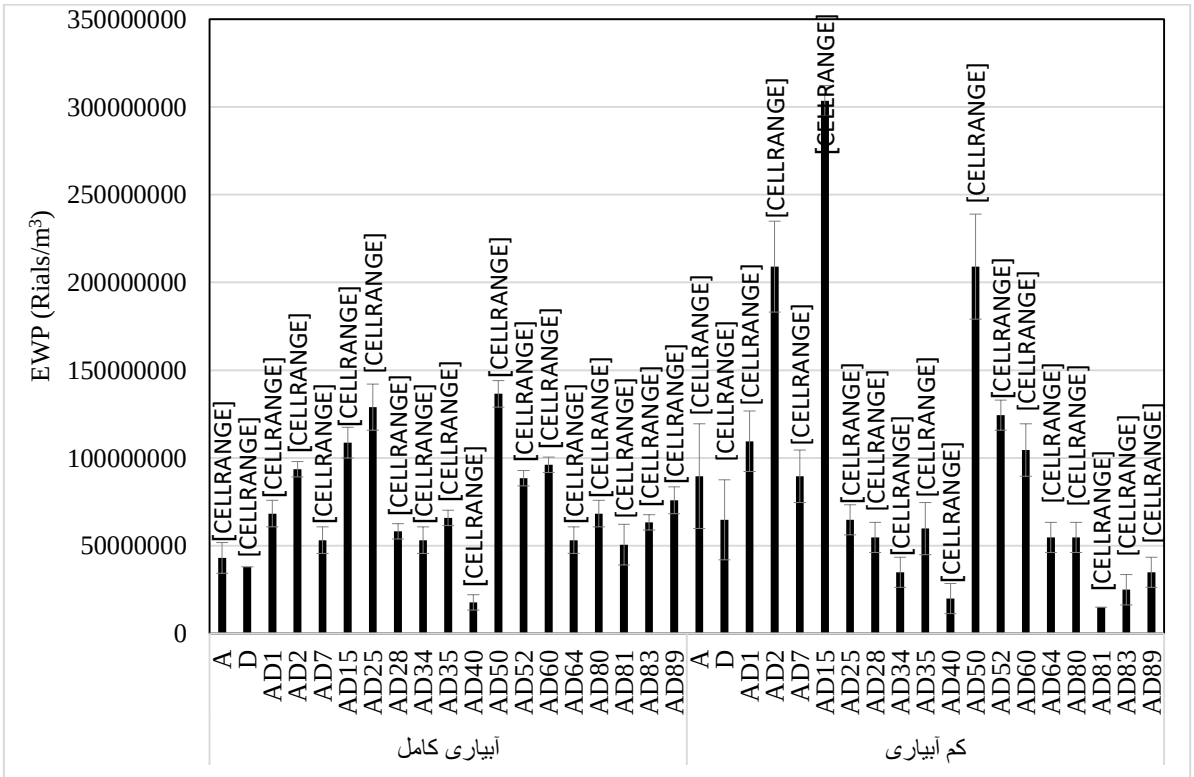
شکل ۵ مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ بر میانگین بهره‌وری آب آبیاری را نشان می‌دهد. ژنوتیپ‌های AD15 در تیمار - کم‌آبیاری با ۶۳/۵ کیلوگرم بر مترمکعب بیشترین بهره‌وری آب را داشته است ($p<0.01$). اما رقم دزیره در تیمار آبیاری کامل با ۳/۴ کیلوگرم بر مترمکعب کمترین بهره‌وری آب را داشته است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که کم‌آبیاری اصولی می‌تواند بهره‌وری آب را در اکثر ژنوتیپ‌ها بهبود دهد (جوزی و همکاران، ۱۳۹۹) و انتخاب ژنوتیپ‌هایی مانند AD15 در پژوهش حاضر برای مناطق با محدودیت منابع آب بهینه است. یکی از چالش‌های اساسی بخش کشاورزی حتی در گلخانه‌های مناطق خشک تامین آب آبیاری و افزایش بهره‌وری آب است. دستیابی به ژنوتیپ‌های با بهره‌وری آب بالا یکی از اهداف مهم اصلاح‌گران در مناطق خشک است. نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های پیشین مبنی بر اثر کم‌آبیاری بر بهبود بهره‌وری آب همراستا است (حقیقتی و همکاران، ۱۳۹۴؛ Ahmadi et al., 2014).

شکل ۶ مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ بر میانگین بهره‌وری اقتصادی آب را نشان می‌دهد. ژنوتیپ‌های AD15 در تیمار کم‌آبیاری با ۳۰۳/۶ میلیون ریال بر مترمکعب بیشترین بهره‌وری اقتصادی آب را داشته است ($p<0.01$). ژنوتیپ AD40 در تیمار آبیاری کامل با ۱۷/۷ میلیون ریال بر مترمکعب کمترین بهره‌وری اقتصادی آب را داشته است. این نتایج نشان می‌دهد که انتخاب ژنوتیپ مناسب، به ویژه ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا تحت کم‌آبیاری، می‌تواند درآمد کشاورزان را به ازای هر واحد آب مصرفی به‌طور قابل توجهی افزایش دهد. قطعا درآمد بالا به ازای واحد آب مصرفی مهم‌ترین پیشران در جهت اتخاذ مدیریت‌های مناسب آبیاری است. بنابراین معرفی ژنوتیپی که ضمن داشتن عملکرد مناسب به ازای واحد آب مصرفی درآمد مناسبی نیز تولید کند ضامن انتخاب آن توسط کشاورزان است.

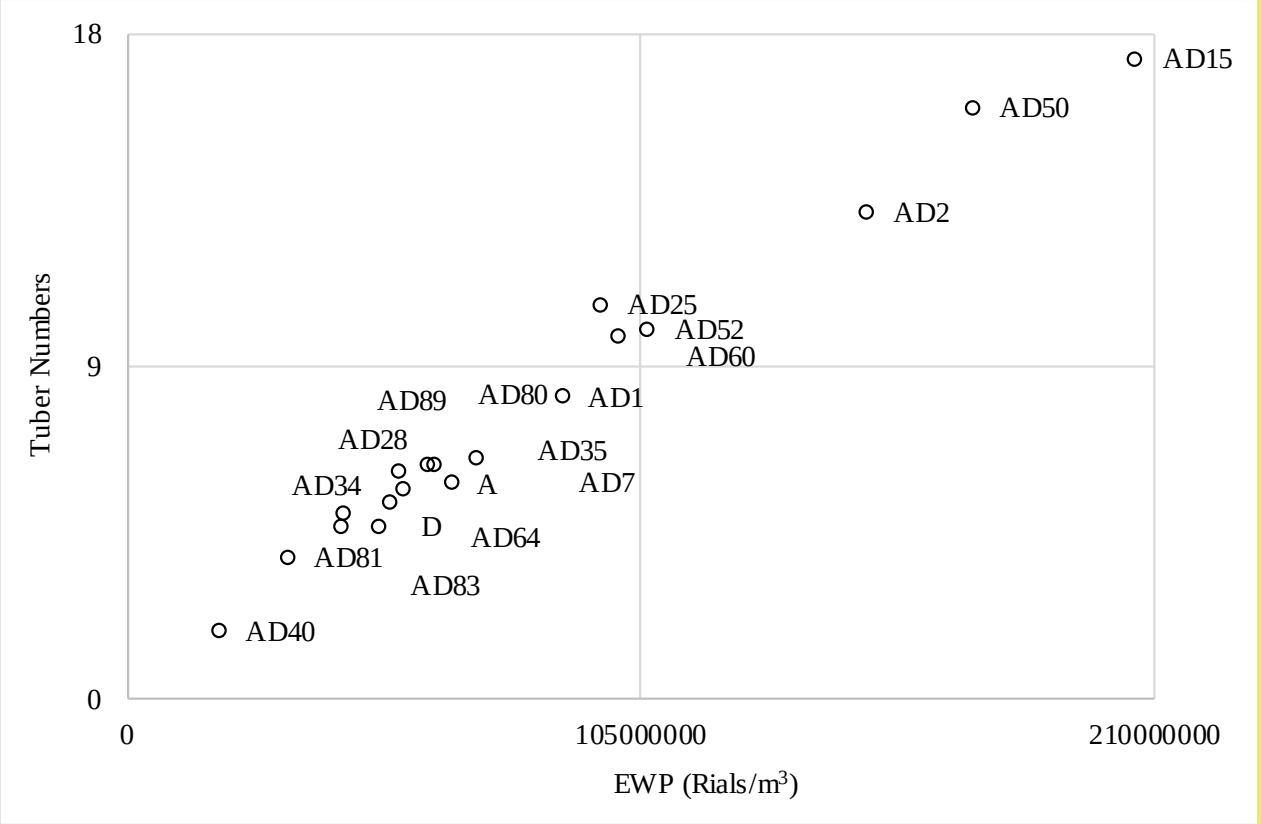
شکل ۷ کلاس‌بندی ژنوتیپ‌های مختلف سیب‌زمینی تحت دو تیمار آبیاری کامل و کم‌آبیاری براساس تعداد غده تجاری و بهره‌وری اقتصادی آب را نشان می‌دهد. ژنوتیپ‌های مختلف در چهار کلاس کاملاً مناسب، مناسب، کمتر مناسب و نامناسب تقسیم شدند(Mirhosseyni et al., 2024). برای رسم این نمودار از متوسط تعداد غده تجاری و بهره‌وری اقتصادی آب استفاده شد. در جهت حرکت عقربه‌های ساعت چهار کلاس مختلف مشخص شدند. همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، ارتباط مستقیمی بین عملکرد بر اساس تعداد غده تجاری و بهره‌وری اقتصادی آب مشاهده شد. بر این اساس، سه ژنوتیپ AD15، AD50 و AD2 با داشتن بیشترین عملکرد در کلاس کاملاً مناسب و سه ژنوتیپ AD40، AD81 و AD34 در کلاس نامناسب تقسیم‌بندی شدند. پاسخ عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف به سطوح آبیاری مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری داشتند. این نتایج نشان می‌دهد که انتخاب مدیریت آبیاری باید متناسب با ژنوتیپ انجام شود. کلاس‌بندی ارائه شده می‌تواند به پژوهش‌گران و اصلاح‌گران کمک کند تا ژنوتیپ‌های با بهره‌وری آب بالا را شناسایی کرده و توسعه دهند. همچنین افق مناسبی برای جهت‌دهی مطالعات پیش رو با هدف توسعه ژنوتیپ‌های با بهره‌وری مناسب آب آبیاری ایجاد می‌کند.



شکل ۵- اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ بر بهره‌وری آب



شکل ٦- اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ بر بهره‌وری اقتصادی آب



شکل ۷- کلاس‌بندی ۱۹ ژنوتیپ مختلف سیب‌زمینی براساس تعدادغده تجاری و بهره‌وری اقتصادی آب

نتیجه‌گیری

هدف مطالعه حاضر شناسایی ژنوتیپ‌های مناسب سیب‌زمینی برای تولید مینی‌تیوبر بذر در شرایط کم‌آبیاری در مقایسه با آبیاری کامل در محیط کنترل شده گلخانه بود. ارزیابی صفات کلیدی شامل تعداد غده تجاری و بهره‌وری اقتصادی آب نشان داد که سه ژنوتیپ AD15، AD50 و AD2 از نظر عملکرد و ارزش اقتصادی برتر بوده و می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی و توسعه کشت مورد توجه قرار گیرند. پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف سیب‌زمینی مورد مطالعه به کم-آبیاری در صفات مورد بررسی متغیر بود. این نتیجه بیانگر این واقعیت است که حتی ژنوتیپ‌های مختلف یک گیاه ممکن است پاسخ‌های متفاوتی در واکنش به تنش کم‌آبی نشان دهند. این موضوع اهمیت انتخاب ژنوتیپ بر اساس شرایط منابع آب، اهداف تولید و محدودیت‌های مدیریتی را برجسته می‌سازد. تکرار این مطالعه در شرایط مدیریتی و محیطی مختلف (روش‌های کاشت، بسترهای کشت، مدیریت تغذیه و سایر عوامل) می‌تواند امکان معرفی هیبریدهای مناسب و قابل تجاری‌سازی را برای مناطق گوناگون کشور فراهم کند و به توسعه پایدار تولید مینی‌تیوبر در شرایط محدودیت آب کمک نماید.

منابع

امیدی، ا.، خالدیان، م.، حسن‌پور اصیل، م. و الفتی، ج. ۱۳۹۶. برآورد نیاز آبی و ضرایب گیاهی گل سوسن در شرایط کشت گلخانه‌ای در شهرستان رشت. آبیاری و زهکشی ایران. ۶(۱۱): ۱۱۲۰-۱۱۱۱.

جانقربان، ک.، الفتی، ج.، خالدیان، م.، حسن‌آبادی، ح.، و حمیداوغلی، ی. ۱۴۰۴. برآورد نیاز آبی و ضریب گیاهی مینی‌تیوبر سیب‌زمینی سه رقم رایج در ایران در شرایط گلخانه. مدیریت آب در کشاورزی (پذیرش شده و در نوبت چاپ).

جوزی، م.، قربانی، ز.، قدمی‌فیروزآبادی، ع.، سپهری، ن. و زارع‌ابیانه، ح. ۱۳۹۹. ارزیابی مدل AquaCrop تحت مدیریت کم‌آبیاری کلون‌های جدید سیب‌زمینی در همدان. آبیاری و زهکشی ایران. ۱۴(۱): ۲۴۰-۲۳۰.

حاجی‌برات، ز.، سعیدی، ع. و موسی‌پورگرجی، ا. ۱۴۰۳. مقایسه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی در شرایط کم‌آبیاری توسط آماره‌های پارامتریک و ناپارامتریک. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۷(۱): ۱۹۱-۱۷۵.

حقیقتی، ب.، برومندنسب، س. و ناصری، ع. ۱۳۹۴. اثر میزان آب آبیاری بر عملکرد، برخی ویژگی‌های کیفی و بهره‌وری آب دو رقم سیب‌زمینی. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۷(۲۸): ۶۰-۴۵.

حمزه‌پور، غ.، توبه، ا.، حسن‌پناه، د. و فرزانه، س. ۱۴۰۳. بررسی تحمل ژنوتیپ‌های امیدبخش سیب‌زمینی به تنش خشکی در منطقه اردبیل. علوم سبزی‌ها. ۶(۲): ۵۰-۲۹.

ضیاچهره، م.، توبه، ا.، حسن‌پناه، د. و فرزانه، س. ۱۴۰۳. پاسخ‌های برخی صفات زراعی و کیفی ژنوتیپ‌های سیب‌زمینی به محلول-پاشی ترکیبات ضدسرما (فریزبن و پتاسیم) در دو تاریخ کاشت مختلف. علوم سبزی‌ها. ۱۵(۱): ۹۰-۶۹.

محمدپور، م.، الفتی، ج.، خالدیان، م. و ربیعی، ب. ۱۴۰۳. بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری ژنوتیپ‌های مختلف خیار گلخانه‌ای در شرایط کم‌آبیاری. آبیاری و زهکشی ایران. ۶(۱۸): ۸۷۷-۸۶۵.

مستعلی‌زاده، ب.، خواجویی‌نژاد، غ. و مرادی، ر. ۱۳۹۹. بررسی خواص فیزیکوشیمیایی ارقام مختلف غده سیب‌زمینی تحت تاثیر روش-های مختلف آبیاری. فرآیند و کارکرد گیاهی. ۹(۳۶): ۴۸-۳۳.

Ahmadi, S.H., Agharezaee, M. and Kamgar-Haghighi, A. & Sepaskhah, A.R. 2014. Effects of dynamic and static deficit and partial root zone drying irrigation strategies on yield, tuber sizes distribution and water Productivity of two field grown potato cultivars. Agricultural Water Management. 134: 126-136.

Albiski, F., Najla, S., Sanoubar, R., Alkabani, N. and Murshed, R. 2012. In vitro screening of potato lines for drought tolerance. Physiology and Molecular Biology of Plants. 18: 315-321.

Al-Ghobari, H.M. and Dewidar, A.Z. 2018. Deficit irrigation and irrigation methods as on-farm strategies to maximize crop water productivity in dry areas. Journal of Water and Climate Change. 9(2): 399–409.

Aliche, E.B., Theeuwen, T.P., Oortwijn, M., Visser, R.G. and van der Linden, C.G. 2020. Carbon partitioning mechanisms in potato under drought stress. Plant Physiology and Biochemistry. 146: 211-221.

Campos, H., Trejo, C., Peña-Valdivia, C.B., García-Nava, R., Conde-Martinez, F.V. and Cruz-Ortega, M.R. 2014. Stomatal and non-stomatal limitations of bell pepper (Capsicum annuum L.) plants under water stress and re-watering: Delayed restoration of photosynthesis during recovery. Environmental and Experimental Botany. 98: 56-64.

CIP. 2016. Annual Report. Nutrition in a climate changing world. International Potato Center.

Coleman, W.K. 2008. Evaluation of wild Solanum species for drought resistance: 1. Solanum gandarillasii Cardenas. Environmental and Experimental Botany. 62(3): 221-230.

Drapal, M., Farfan-Vignolo, E.R., Bonierbale, M., Mihovilovich, E. and Gutierrez, O.R. 2017. Identification of metabolites associated with water stress responses in Solanum tuberosum L. clones. Phytochemistry. 135: 24-33.

Fahad, S., Bajwa, A.A., Nazir, U., Anjum, S.A., Farooq, A., Zohaib, A., Sadia, S., Nasim, W., Adkins, S. and Saud, S. 2017. Crop production under drought and heat stress: plant responses and management options. Frontiers in Plant Science. 8: 1-16.

FAO. 2008. Crops and livestock products. FAO Statistical Database FAOSTAT.

FAO. 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. FAOSTAT.

FAO. 2022. World Crop Production Statistics. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Ferreira, T.C. and Carr, M.K.W. 2002. Response of potatoes (Solanum tuberosum L.) to irrigation and nitrogen in a hot, dry climate. I. Water use. Field Crops Research. 78: 51-64.

Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Anee, T.I., Khan, M.I.R. and Fujita, M. 2018. Silicon-mediated regulation of antioxidant defense and glyoxalase systems confers drought stress tolerance in Brassica napus L. South African Journal of Botany. 115: 50–57.

Khaledian, M.R., Mailhol, J.C., Ruelle, P., Mubarak, I. and Maraux, F. 2011. Nitrogen balance and irrigation water productivity for corn, sorghum and durum wheat under direct seeding into mulch when compared with conventional tillage in the southeastern France. Irrigation Science. 29(5): 413-422.

Li, X., Ramírez, D.A., Qin, J., Dormatey, R., Bi, Z., Sun, C., Wang, H. and Bai, J. 2019. Water restriction scenarios and their effects on traits in potato with different degrees of drought tolerance. Scientia Horticulturae. 256: 108525.

Mirhosseyni, A., Hasanpour Asil, M., Olfati, J.A. and Farhangi, M.B. 2024. Genotypic variation in nitrogen use efficiency trait in 35 cucumber inbred lines. Acta Physiologiae Plantarum. 46(10): 1-12.

Najafi, S., Khaledian, M.R. and Rezaei, M. 2021. Evaluation of water productivity with three rice genotypes under different irrigation regimes and nitrogen fertilizer treatments in Rasht, northern Iran. Irrigation and Drainage. 70(4): 679-689.

Obidiegwu, J.E., Bryan, G.J., Jones, H.G. and Prashar, A. 2015. Coping with drought stress and adaptive responses in potato, perspectives for improvement. Frontiers in Plant Science. 6: 542.

Pinheiro, C. and Chaves, M.M. 2011. Photosynthesis

potatoes. The Journal of Agricultural Science. 92(2): 375-381.

Wurr, D.C.E. 1978. Seedtuber production and management. In: The Potato Crop: The Scientific Basis for Improvement. Springer US. 327-354.

Xu, Z., Zhou, G. and Shimizu, H. 2010. Plant responses to drought and rewatering. Plant Signaling & Behavior. 5(6): 649-654.

Zhang, S.H., Xu, X.F., Sun, Y.M., Zhang, J.L. and Li, C.Z. 2018. Influence of drought hardening on the resistance physiology of potato seedlings under drought stress. Journal of Integrative Agriculture. 17(2): 336-347.

Acquaah, G. 2007. Principles of Plant Genetics and Breeding. Blackwell Publishing Ltd. 569.

.

and drought: can we make metabolic connections from available data? Journal of Experimental Botany. 62(3): 869-882.

Placide, R., Shimelis, H., Laing, M. and Daphrose, G. 2016. Greenhouse and in vitro screening of sweetpotato genotypes for drought tolerance. Research on Crops. 17(3): 568-578.

Qin, J., Bian, C., Liu, J., Zhang, J. and Jin, L. 2019. An efficient greenhouse method to screen potato genotypes for drought tolerance. Scientia Horticulturae. 253: 61-69.

Saif, U., Maqsood, M., Farooq, M., Hussain, S. and Habib, A. 2003. Effect of planting patterns and different irrigation levels on yield and yield component of maize (Zea mays L.). International Journal of Agriculture and Biology. 1: 64-66.

Steckel, J.R. and Gray, D. 1979. Drought tolerance in

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.4, Vol. 20, Oct.-Nov. 2026, p. 611-622

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد ۲۰، مهر - آبان ۱۴۰۵، ص. ۶۲۲-۶۱۱

Economic Water Productivity of Potato Mini-tuber Genotypes Production in Greenhouse under Deficit Irrigation Conditions

K. Janghorban[1], J. Olfati[2], M. Khaledian[3], H. Hassanabadi[4], Y. Hamidoghli[5]
Recived: Nov.02, 2025 Accepted: Jun.17, 2026

Abstract

Identifying genotypes tolerant to deficit irrigation and introducing them to farmers and researchers is a suitable solution for increasing irrigation water productivity. The aim of the present study was to evaluate the cultivars Agria and Desiree and 17 genotypes resulting from their crossing in a commercial greenhouse in Minadasht, Isfahan, at two levels of full irrigation and deficit irrigation. Furthermore, introducing superior genotypes based on yield, irrigation water productivity, and economic irrigation water productivity was considered. This study was conducted as a split-plot experiment based on a completely randomized design with two irrigation levels (full irrigation and deficit irrigation equal to 50% of crop water requirement), 19 genotypes, and three replications. These genotypes were selected with the aim of producing mini-tubers and using them in breeding programs. The results showed that the interaction effect of irrigation and genotype on all the studied traits except the weight of a single tuber was significant ($p<0.01$). The results showed that the AD15 genotype and the Desire cultivar produced the highest and lowest total tuber weight per plant under deficit irrigation conditions, with 323 and 28 grams, respectively. The AD89 and AD15 genotypes also produced the highest number of total tubers (28 and 24) and number of commercial tubers (28 and 24) under full and deficit irrigation conditions, respectively ($p<0.05$). The results also showed that the AD15 genotype had the highest irrigation water productivity under deficit irrigation conditions with 63.5 kg/m^3 and the highest Economic Water Productivity (EWP) with 303.6 million Rials/m^3 ($p<0.05$). Two indices of commercial tuber number and EWP were considered to determine suitable and unsuitable genotypes. The genotypes AD15, AD50, and AD2 with the commercial tuber number of 13-17 and EWP of 151-206 million Rials/m^3 were the best choices. The genotypes AD40, AD81, and AD34 with the commercial tuber number of 2–5 and EWP of 19–44 million Rials/m^3 were inappropriate choices under the conditions of the present study.

Keywords: Drip irrigation, Mini-tuber, Water deficit, Water requirement

1- Ph.D. Student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan; P.O.BOX 41635-3756, Rasht, Iran
2- Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Guilan, Iran Tel: 00989112481285, Fax: 00981316690281
3- Associate Professor, Department of Water Eng., Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan; P.O.BOX 41635-3756, Rasht, Iran, and Department of Water Engineering and Environment, Caspian Sea Basin Research Center, Rasht, Iran
4- Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran
5- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, , Guilan, Iran
(*-Corresponding Author Email: khaledian@guilan.ac.ir)