

مقاله علمی- پژوهشی

## بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری ژنوتیپ‌های مختلف خیار گلخانه‌ای در شرایط کم آبیاری

محمد رضا محمدپور<sup>۱</sup>، جمال‌علی الفتی<sup>۲</sup>، محمدرضا خالدیان<sup>۳\*</sup>، بابک ربیعی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۰۳

### چکیده

شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به کم آبیاری و معرفی آنها به بهره‌برداران و پژوهش‌گران راهکاری مناسب برای افزایش بهره‌وری آب آبیاری است. هدف از مطالعه حاضر، ارزیابی ۵۰ ژنوتیپ خیار از بانک ژرم پلاسما خیار دانشگاه گیلان در گلخانه دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان در دو سطح آبیاری کامل و کم آبیاری در سال ۱۴۰۱ و معرفی ژنوتیپ‌های برتر براساس عملکرد، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری بود. این پژوهش به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی شامل دو سطح آبیاری کامل و کم آبیاری (۵۰ درصد مقدار آب داده شده در آبیاری کامل)، ۵۰ ژنوتیپ و سه تکرار بود. این ژنوتیپ‌ها با هدف تولید بذر و کاربرد در برنامه‌های اصلاحی انتخاب شدند. برای آبیاری از سامانه آبیاری قطره‌ای تیپ استفاده شد و مدیریت آبیاری براساس نیاز آبی خیار در داخل گلخانه انجام شد. محصول در مرحله بلوغ تجاری برداشت شد و عملکرد، برخی صفات عملکردی و بهره‌وری آب آبیاری تعیین شدند. نتایج نشان داد که اثر آبیاری بر تعداد میوه، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری معنی‌دار بود ( $p < 0.01$ ). اثر ژنوتیپ و اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ بر وزن تر میوه، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری معنی‌دار بود ( $p < 0.01$ ). شاخص‌های عملکرد وزن تر میوه، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری برای تعیین ژنوتیپ‌های مناسب و نامناسب مدنظر قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های ۴۲، ۴۳ و ۴۵ با وزن تر میوه ۳۵۵-۲۰۰ گرم، بهره‌وری آب آبیاری ۷/۱-۲/۸ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری و بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری ۱۳۰۰-۵۵۷۸۵ ریال بر مترمکعب آب آبیاری بهترین انتخاب بودند. ژنوتیپ‌های ۱۳، ۱۵، ۱۶ و ۱۸ با وزن تر میوه ۱۴۱-۴۳ گرم، بهره‌وری آب آبیاری ۲/۸-۰/۷ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری و بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری ۳۳۰-۱۳۰۹۴ ریال بر مترمکعب آب آبیاری انتخاب نامناسبی با توجه به شرایط مطالعه حاضر بودند. استفاده از ژنوتیپ‌های انتخابی در تولید بذر خیار می‌تواند موجب بهبود همزمان عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری یا به عبارتی بهبود بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری شود.

### واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، بذر، عملکرد، محیط‌های کنترل شده، نیاز آبی

### مقدمه

در مناطق خشک و نیمه‌خشک همچون ایران، دسترسی محدود به منابع آب شیرین، یکی از چالش‌های اصلی در بخش کشاورزی، به‌ویژه کشت‌های گلخانه‌ای محسوب می‌شود. با توجه به رقابت فزاینده بر سر منابع آب بین بخش‌های مختلف، افزایش بهره‌وری

مصرف آب در کشاورزی، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. برنامه‌ریزی دقیق آبیاری به‌عنوان یک ابزار قدرتمند، می‌تواند نقش مؤثری در بهبود بهره‌وری مصرف آب و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی ایفا کند (غلامی و همکاران، ۱۴۰۳). در این میان، کشت گلخانه‌ای به دلیل قابلیت کنترل بیشتر شرایط رشد گیاه، فرصت مناسبی برای مطالعه و اجرای راهبردهای بهینه آبیاری فراهم می‌آورد. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که بین میزان آبیاری و عملکرد محصولات کشاورزی، همبستگی مستقیمی وجود دارد (رجا و همکاران، ۱۴۰۲). با این حال، کاهش بیش از حد آبیاری تا حدود ۴۰ درصد نیاز آبی، می‌تواند به کاهش عملکرد و افت کیفیت محصول منجر شود. از این رو، تعیین دقیق نیاز آبی گیاه و برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس آن، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Najarian et al., 2018; Parkash et al., 2021).

خیار گلخانه‌ای، با بهره‌گیری از شرایط ایده‌آل محیطی که در

- ۱- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی باغبانی پردیس دانشگاهی دانشگاه گیلان، گیلان، ایران
  - ۲- دانشیار 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 خزر، رشت، ایران
  - ۴- استاد گروه زراعت دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، گیلان، ایران
- (\*- نویسنده مسئول: (Email: [khaledian@guilan.ac.ir](mailto:khaledian@guilan.ac.ir))

ارقامی که تنها در یک محیط عملکرد خوبی دارند، به طور دقیق تفکیک کند. با وجود اهمیت این موضوع، تاکنون مطالعات جامعی در خصوص ارزیابی پایداری لاین‌های خیار و شناسایی مناسب‌ترین شاخص انتخاب برای این صفت در شرایط تنش آبی انجام نشده است (Abbas et al., 2023; Das et al., 2024).

رطوبت خاک، عامل تعیین‌کننده‌ای در رشد و نمو بوته‌های خیار و تولید محصول باکیفیت است. با توجه به سیستم ریشه‌ای سطحی خیار، این گیاهان به رطوبت مداوم خاک نیاز دارند (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۵). به‌ویژه در مراحل اولیه رشد و همچنین هنگام تشکیل و بزرگ شدن میوه‌ها، تأمین رطوبت کافی از اهمیت بالاتری برخوردار است (زرندی و همکاران، ۱۴۰۳). کمبود آب در این مراحل می‌تواند باعث کاهش رشد گیاه، ریزش گل و میوه و در نهایت کاهش عملکرد شود (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۵؛ زرندی و همکاران، ۱۴۰۳). میزان رطوبت خاک به‌عنوان عامل تعیین‌کننده‌ی اصلی در تأمین آب مورد نیاز گیاهان، به‌طور مستقیم بر مقدار آب مصرفی در هر نوبت آبیاری تأثیر می‌گذارد. از آنجایی که یکی از اهداف کلیدی در کشت گلخانه‌ای، ارتقای بهره‌وری از منابع تولید به ویژه آب است، استفاده از نسبت محصول اقتصادی به آب مصرفی به‌عنوان شاخصی برای سنجش بهره‌وری آبیاری پیشنهاد می‌شود (مقدم، ۱۳۹۷؛ متقی‌جهرمی، ۱۴۰۱). برای درک بهتر این شاخص، می‌توان به جای محصول اقتصادی، ارزش ریالی محصول را ملاک قرار داد (مقدم، ۱۳۹۷؛ متقی‌جهرمی، ۱۴۰۱؛ Najafi et al., 2021).

کم‌آبیاری روشی است که در شرایط محدودیت منابع آبی، برای افزایش بهره‌وری آب و بهینه‌سازی تولید محصولات کشاورزی به‌کار می‌رود. ساده‌ترین تعریف کم‌آبیاری، کاهش عمده‌ی میزان آبیاری نسبت به نیاز کامل گیاه است (Al-Ghobari and Dewidar, 2018). این روش با نام‌های دیگری همچون آبیاری با کسر آب، آبیاری ناقص، آبیاری تنظیم‌شده، آبیاری محدود و آبیاری کمتر از نیاز آبی نیز شناخته می‌شود (Al-Ghobari and Dewidar, 2018; Teshome et al., 2023).

قریشی و همکاران (۱۴۰۲) اثر کم‌آبیاری بر رشد، عملکرد و شاخص‌های فیزیولوژیکی خیار شاخدار آفریقایی را بررسی نمودند. سطوح آبیاری شامل سه سطح ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه بود. نتایج نشان داد که تنش کم‌آبیاری، رشد و عملکرد میوه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد.

به‌منظور بررسی اثر روش‌های کم‌آبیاری بر خیار کشت شده تحت شرایط گلخانه‌ای آزمایشی توسط شکری و همکاران (۱۴۰۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه سطح آبیاری ۱۰۰، ۸۵ و ۷۵ درصد نیاز آبی در ۲ فصل کشت انجام گرفت. عملکرد و شاخص‌های کمی و کیفی عملکرد در طول آزمایش اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که در کشت اول در تیمارهای ۸۵ و ۷۵ درصد نیاز آبی به‌ترتیب

گلخانه فراهم می‌شود، رشد بسیار سریعی دارد. معمولاً تنها ۶۰ تا ۷۰ روز پس از کاشت بذر، گیاه شروع به تولید میوه می‌کند. اما این سرعت رشد بالا با حساسیت بسیار بالای خیار به شرایط محیطی همراه است که از آن جمله می‌توان به نمک‌های کودها، نور، دمای هوا، رطوبت خاک، دی‌اکسید کربن و رطوبت نسبی هوا اشاره کرد (مقدم، ۱۳۹۷).

خیار با نام علمی *Cucumis sativus*، عضوی محبوب از خانواده کدویان است که در سرتاسر جهان طرفداران بسیاری دارد. این گیاه خزنده، نه‌تنها به‌عنوان یک سبزی پرطرفدار شناخته می‌شود، بلکه از نظر علمی نیز جایگاه ویژه‌ای در گروه سبزی‌های میوه‌ای دارد. کشت گلخانه‌ای، به‌عنوان یکی از روش‌های نوین کشاورزی، شرایط ایده‌آلی را برای رشد خیار فراهم کرده است، به‌ویژه برای این گیاه که نسبت به سایر اعضای خانواده خود به دمای پایین‌تر سازگاری بیشتری نشان می‌دهد (زرندی و همکاران، ۱۴۰۳). بر اساس آمار منتشر شده توسط سازمان فائو، چین با تولید سالانه ۶۱ میلیون تن خیار، مقام نخست تولیدکنندگان جهانی این محصول را از آن خود کرده است. طبق آمار وزارت جهاد کشاورزی حدود ۷۵ درصد تولیدات گلخانه‌ای کشور به خیار گلخانه‌ای اختصاص دارد. خیار با سطح زیر کشت ۷۵۳۹ هکتار، تولید حدود ۱/۹۳ میلیون تن در سال دارد. این آمار نشان‌دهنده اهمیت اقتصادی و غذایی خیار در سبد غذایی بسیاری از کشورهای از جمله ایران است. امروزه خیار یکی از محصولات اصلی گلخانه‌ای در ایران محسوب می‌شود و نقش مهمی در تأمین این محصول در فصول سرد سال دارد. بر اساس آمار ارائه شده توسط مرکز آمار، فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی، میزان تولید خیار در کشور در سال ۱۴۰۱ بالغ بر ۵۷۷۴۱۸ تن، سطح زیر کشت ۲۲۶۸۶ هکتار و عملکرد آن در بخش آبی ۲۵۵۴۴ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. در این میان جنوب کرمان با تولید ۹۵۴۳۷ تن در رتبه اول میزان تولید قرار دارد (آمارنامه کشاورزی، ۱۴۰۱).

مطالعات پیشین نشان داده‌اند که انتخاب مستقیم ارقام بر اساس عملکرد در هر دو شرایط نرمال و تنش، روشی کارآمد برای بهبود عملکرد در محیط‌های تحت تنش است. بر این اساس، ژنوتیپ‌ها معمولاً به چهار گروه اصلی ارقام با عملکرد بالا در هر دو شرایط نرمال و تنش (گروه A)، ارقام با عملکرد بالا تنها در شرایط نرمال (گروه B)، ارقام با عملکرد بالا تنها در شرایط تنش (گروه C) و ارقام با عملکرد پایین در هر دو شرایط (گروه D) تقسیم‌بندی می‌شوند (Fernandez, 1992; Wang et al., 2018; Wang, 2021).

کارایی نسبی ژنوتیپ‌ها در محیط‌های با و بدون تنش، شاخصی کلیدی برای شناسایی ارقام متحمل به خشکی و بهره‌برداری از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی است. شاخص مناسب برای انتخاب ارقام ایده‌آل بایستی قادر باشد ارقام با عملکرد برتر در هر دو محیط را از

باشند.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه گیلان واقع در ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی، ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۷ متر از سطح دریا در سال ۱۴۰۱ انجام شد. جدول ۱ برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش را نشان می‌دهد. در این پژوهش ۵۰ ژنوتیپ خیار از بانک ژرم‌پلاس دانشگاه گیلان مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی شامل دو سطح آبیاری کامل و کم‌آبیاری (۵۰ درصد مقدار آب داده شده در آبیاری کامل)، ۵۰ ژنوتیپ و سه تکرار (۳۰۰ واحد آزمایشی) اجرا شد. برای تامین آب و مواد مغذی مورد نیاز گیاه از یک سامانه آبیاری قطره‌ای استفاده شد. نشاها در مرحله دوبرگی به زمین اصلی منتقل شدند. برای ارزیابی عملکرد از روش برداشت چندگانه استفاده شد. عملکرد هر ژنوتیپ در هر تیمار آبیاری پس از رسیدن میوه به وضعیت قابل عرضه در بازار تعیین شد. برداشت محصول به روش و هنر و لاور (Wehner and Lower, 1996) در زمانی که میوه‌ها کمی نابالغ و نزدیک به اندازه کامل (بلوغ تجاری) و قبل از اینکه دانه‌های آنها کاملاً بزرگ و سفت شوند، نمونه‌های مورد نیاز جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل و ویژگی‌هایی مانند تعداد میوه در بوته و وزن تر میوه با استفاده از ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۱ گرم اندازه‌گیری شدند.

میزان بهره‌وری مصرفی آب نسبت به تیمار شاهد به میزان ۶/۱۲ و ۱۵/۷۳ درصد کاهش یافته است. همچنین در کشت دوم در تیمارهای ۸۵ و ۷۵ درصد نیاز آبی میزان بهره‌وری مصرفی آب نسبت به تیمار شاهد به میزان ۳/۴ و ۱۲/۶ درصد کاهش یافته است. تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به عملکرد، شاخص‌های عملکرد و شاخص‌های رشد گیاه نشان داد که با کاهش میزان مصرف آب، بهره‌وری مصرف آب و عملکرد به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

رضوانی و همکاران (۱۳۹۹) اثر سطوح آب آبیاری بر عملکرد و برخی خصوصیات کمی و بهره‌وری آب در کشت خیار (رقم نگین) گلخانه‌ای را بررسی نمودند. تیمار آبیاری شامل تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی بر اساس رسیدن مکش تانسومتر به ۴۰ سانتی‌بار بود. دو تیمار دیگر آبی ۲۰ درصد کمتر و بیشتر از نیاز آبی ۱۰۰ نیز اعمال شد. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد، تعداد میوه در بوته، تعداد میوه‌های بد فرم، وزن متوسط یک خیار و بهره‌وری آب تفاوت معنی‌داری نداشت هرچند عملکرد، تعداد میوه در بوته و متوسط وزن یک خیار با افزایش حجم آب آبیاری افزایش و تعداد میوه‌های بد فرم و بهره‌وری آب کاهش یافت.

با توجه به خروج مقادیر بالای ارز برای ورود بذر هیبرید خیار، تولید بومی بذور هیبرید خیار در داخل کشور به‌عنوان یک راهکار مناسب تلقی می‌شود، از طرفی کشور ما با مشکل کمبود آب مواجه است؛ بنابراین، هدف اصلی این پژوهش، شناسایی و ارزیابی ۵۰ ژنوتیپ مختلف برای اصلاح با تحمل بالا در برابر کم‌آبی است. با بهره‌گیری از روش‌های مختلف ارزیابی تحمل و حساسیت ژنوتیپ‌ها به تنش کم‌آبی یا خشکی، این پژوهش به دنبال یافتن ژنوتیپ‌هایی است که در شرایط کم‌آبیاری عملکرد و بهره‌وری آب مطلوبی داشته

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل مورد مطالعه

مقادیر	برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک
۱۴۰/۱۴۶	EC ( $\mu\text{s.cm}^{-1}$ )
۷/۲	pH
۳۶	درصد رس
۴۸	درصد سیلت
۱۶	درصد شن
لومرسی سیلتی	بافت
۲/۹۳	درصد کربن آلی
۱/۰۲۹	نسبت جذب سدیم (SAR)

(۱۳۹۶) به‌روزرسانی شد. سپس با توجه به ضریب گیاهی خیار بر اساس نشریه ۵۶ فائو (Allen et al., 1998)، نیاز آبی فصلی گیاه محاسبه شد (جدول ۲). ضریب گیاهی خیار برای مرحله اولیه، میانی و انتهایی براساس نشریه فائو ۵۶ به‌ترتیب ۰/۶، ۱/۱۵ (برای خیار با داربست با ارتفاع ۱/۵ تا ۲/۵ متر) و ۰/۷۵ بود. مقدار نیاز آبی خیار

نیاز آبی خیار براساس داده‌های هواشناسی شامل دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و ساعات آفتابی از ایستگاه تحقیقات هواشناسی کشاورزی رشت که در مجاورت محل اجرای آزمایش قرار دارد، با استفاده از نرم‌افزار کراپوات محاسبه شد و براساس تبخیر-تغرق گیاه چمن کشت شده در میکروولایسیمتر با روش وزنی (امیدی و همکاران،

کم آبیاری)، از نمونه بردای رطوبت خاک استفاده شد. همچنین برای به روزرسانی داده‌های تبخیر-تعرق مرجع در گلخانه از چمن کشت شده در میکرو لایسی متر در داخل گلخانه استفاده شد. وضعیت رطوبت بستر ریشه خیار با نمونه بردای و تعیین رطوبت خاک با روش وزنی پایش شد. قبل از کشت، بذرها به مدت ۴۸ ساعت جوانه دار شدند. پس از تهیه نشاء و آماده کردن بستر کشت مناسب، انتقال نشاء به گلخانه و عملیات داشت تا رسیدن به مرحله تولید میوه انجام شد. شکل ۱ تصاویری از مراحل کاشت، داشت و برداشت خیار به همراه میکرو لایسی متر حاوی چمن را نشان می‌دهد.

گلخانه‌ای ۲۲۳ میلی‌متر بود. براساس نیاز آبی محاسبه شده دو سطح آبیاری شامل آبیاری کامل (۱۰۰ درصد نیاز آبی) و کم آبیاری (۵۰ درصد نیاز آبی) اعمال شد و کل سطح زیر کشت گلخانه براساس این دو تیمار به دو قسمت آبیاری کامل و کم آبیاری تقسیم شد. پس از انتقال نشاء به داخل گلخانه و استقرار مناسب گیاه از ابتدای مرحله میانی، کم آبیاری به اندازه ۵۰ درصد نیاز آبی تا انتهای فصل آبیاری اعمال شد و مقدار آب آبیاری در تیمار کم آبیاری ۱۳۵ میلی‌متر بود. آبیاری گلخانه با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) به صورت روزانه انجام شد. برای کنترل شرایط آبیاری (آبیاری کامل و

جدول ۲- تبخیر-تعرق گیاه مرجع (mm)، ضریب گیاهی، نیاز آبی فصلی در تیمار آبیاری کامل و کم آبیاری (mm)

مجموع	مرحله انتهایی	مرحله میانی	مرحله توسعه	مرحله اولیه	
۲۲۹	۴۸/۵	۱۲۱	۴۲	۱۷/۵	تبخیر-تعرق گیاه مرجع
-	۰/۷۵	۱/۱۵		۰/۶	ضریب گیاهی
۲۲۳	۳۶/۵	۱۳۹	۳۷	۱۰/۵	نیاز آبی فصلی در تیمار آبیاری کامل
۱۳۵	۱۸	۶۹/۵	۳۷	۱۰/۵	نیاز آبی فصلی در تیمار کم آبیاری



شکل ۱- تصاویری از مراحل کاشت، داشت و برداشت خیار به همراه میکرو لایسی متر حاوی چمن

کم‌آبیاری با ۵۰ ژنوتیپ مختلف خیار در جدول ۳ ارائه شده است. تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه وجود تنوع ژنتیکی ذاتی ژنوتیپ‌های مختلف خیار مورد مطالعه را نشان می‌دهد. درک این تفاوت بین ژنوتیپ‌های مختلف یک گیاه بسیار مهم است، چرا که زمینه انتخاب ژنوتیپ یا ژنوتیپ‌های برتر براساس معیارهای مدنظر پژوهشگران را فراهم می‌آورد (Ndoukaula et al., 2015). مطالعات راگوندرا و همکاران و میرحسینی و همکاران (۲۰۲۴) موید تنوع و تفاوت معنی‌دار عملکرد و اجزای آن بین ژنوتیپ‌های مختلف خیار است (Raghvendra et al., 2011).

براساس نتایج ارائه شده در جدول ۳، آبیاری بر تعداد میوه اثر معنی‌داری داشت، به طوری که کم‌آبیاری باعث کاهش متوسط تعداد میوه از ۳/۱ به ۱/۴ در بوته شد ( $p < 0.01$ )، ولی اثر ژنوتیپ بر تعداد میوه در بوته معنی‌دار نبود، به عبارت دیگر تعداد میوه در بوته در ژنوتیپ‌های مختلف با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند که به دلیل انتخاب لاین‌ها از تیپ تک گل می‌باشد ( $p > 0.01$ ). همچنین اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ بر تعداد میوه معنی‌دار نبود که نشان از واکنش یکسان ژنوتیپ‌ها به کم‌آبیاری داشت ( $p < 0.01$ ). مطالعات قبلی نشان داد که تعداد میوه خیار در هر بوته از جمله مهم‌ترین اجزا عملکرد محسوب می‌شود (الفتی و همکاران، ۱۳۸۹، عرب‌سلمانی و همکاران، ۱۴۰۲). نتایج پژوهش حاضر با نتایج پرکاش و همکاران که نشان دادند که کم‌آبیاری موجب کاهش میوه در بوته می‌شود، همخوانی دارد (Parkash et al., 2021).

مقدار بهره‌وری آب آبیاری با رابطه (۱) محاسبه شد (Khaledian et al., 2011).

$$WP = \frac{Y}{I} \quad (1)$$

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 آبیاری یا درآمد به ازای فروش محصول به ازای فروش خیار با توجه به قیمت فروش بازار محلی معادل ۲۰۰ هزار ریال در سال ۱۴۰۱ محاسبه شد. با در دست داشتن میزان آب آبیاری مصرفی، مقدار درآمد به ازای حجم واحد آب آبیاری مصرف‌شده با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد (احسانی و خالدی، ۱۳۸۱).

$$BPD = \frac{P}{I} \quad (2)$$

در این رابطه،  $BPD$ : درآمد 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.

## نتایج و بحث

آنالیز واریانس صفات مورد مطالعه در دو تیمار آبیاری کامل و

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر آبیاری کامل و کم‌آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری ۵۰ ژنوتیپ خیار

میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد میوه	وزن تر میوه	بهره‌وری آب آبیاری	بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری
آبیاری	۱	۲/۰۸۳**	۴/۱×۱۰ <sup>-۱۰</sup> ns	۰/۶۷۹**	۱۹۵**
خطای فاکتور اصلی	۴	۰/۰۰۹	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۱۵	۰/۴۷
ژنوتیپ	۴۹	۰/۰۱۹ <sup>ns</sup>	۰/۱۰۸**	۰/۰۷۲**	۲۰/۴۷**
آبیاری × ژنوتیپ	۴۹	۰/۰۱۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۷**	۰/۰۴۷**	۱۳/۳۸**
خطای فاکتور فرعی	۱۹۶	۰/۰۱۴	۰/۰۲۵	۰/۰۱۶	۴/۶۹

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

ژنوتیپ خیار تحت دو شرایط آبیاری کامل و کم‌آبیاری به همراه درصد تغییرات آن در جدول ۴ ارائه شده است. میزان تغییر این صفت در ژنوتیپ‌های مختلف بین ۱ تا ۱۸۸ درصد بود که در این بین کمترین درصد تغییر مربوط به ژنوتیپ‌های ۲ و ۲۱ و بیشترین درصد تغییر نیز مربوط به ژنوتیپ ۱۶ بود. کاهش کم صفات عملکردی مربوط به یک ژنوتیپ به معنی تحمل آن نسبت به شرایط محیطی اعمال شده است

اثر ساده آبیاری بر وزن تر میوه معنی‌دار نبود، به عبارت دیگر متوسط وزن تر میوه ۵۰ ژنوتیپ خیار مورد مطالعه در دو شرایط آبیاری کامل و کم‌آبیاری از نظر آماری یکسان بود، اما اثر ساده ژنوتیپ و اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ بر وزن تر میوه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳) که حاکی از واکنش متفاوت ژنوتیپ-ها از نظر این صفت به کم‌آبیاری است. میانگین وزن تر میوه ۵۰

جدول ۴- اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ بر وزن تر میوه خیار

ژنوتیپ	تیمار کم آبیاری	تیمار آبیاری کامل	درصد تغییرات نسبت به آبیاری کامل
۱	a-h	۱۶۴/۶۷	۱۷۷/۳۳
۲	c-h	۹۴/۳۳	۹۵/۶۷
۳	a-h	۱۴۷/۰۰	۱۴۲/۰۰
۴	c-h	۹۱/۳۳	۱۳۱/۰۰
۵	a-h	۱۴۱/۳۳	۱۹۵/۶۷
۶	d-h	۷۴/۰۰	۱۷۵/۳۳
۷	a-h	۱۲۲/۰۰	۲۴۰/۶۷
۸	a-h	۱۸۱/۰۰	۱۲۸/۰۰
۹	c-h	۸۷/۶۷	۱۰۰/۳۳
۱۰	h	۴۵/۶۷	۱۳۰/۰۰
۱۱	a-h	۱۵۵/۳۳	۱۰۶/۶۷
۱۲	a-h	۱۵۷/۶۷	۷۱/۳۳
۱۳	h	۴۳/۶۷	۷۳/۶۷
۱۴	c-h	۹۷/۳۳	۵۸/۰۰
۱۵	fgh	۶۲/۳۳	۷۵/۳۳
۱۶	a-h	۱۴۱/۳۳	۴۹/۰۰
۱۷	b-h	۱۱۶/۶۷	۵۶/۶۷
۱۸	c-h	۸۶/۰۰	۴۸/۶۷
۱۹	a-h	۱۷۷/۳۳	۱۰۱/۳۳
۲۰	c-h	۱۰۷/۳۳	۱۵۲/۰۰
۲۱	a-h	۱۷۷/۶۷	۳۰۷/۳۳
۲۲	a-h	۲۲۹/۶۷	۲۲۸/۳۳
۲۳	a-h	۱۶۸/۰۰	۱۷۲/۶۷
۲۴	a-h	۱۴۲/۰۰	۲۱۰/۶۷
۲۵	a-h	۱۶۹/۳۳	۲۲۴/۳۳
۲۶	a-h	۱۲۲/۳۳	۲۳۵/۳۳
۲۷	a-h	۱۷۰/۳۳	۳۱۸/۰۰
۲۸	a-h	۱۳۳/۳۳	۱۸۸/۰۰
۲۹	c-h	۸۳/۳۳	۲۲۱/۶۷
۳۰	c-h	۹۲/۰۰	۱۴۰/۳۳
۳۱	gh	۵۶/۶۷	۱۱۸/۶۷
۳۲	a-h	۱۴۹/۳۳	۱۸۴/۰۰
۳۳	a-h	۱۹۱/۳۳	۹۵/۰۰
۳۴	a-h	۱۴۰/۰۰	۱۰۵/۶۷
۳۵	a-h	۱۴۷/۳۳	۲۴۴/۳۳
۳۶	a-h	۲۰۲/۶۷	۱۲۷/۶۷
۳۷	b-h	۱۱۹/۰۰	۶۹/۸۳
۳۸	a-h	۱۹۹/۶۷	۱۴۷/۳۳
۳۹	a-h	۱۲۶/۰۰	۱۴۰/۶۷
۴۰	c-h	۱۰۸/۰۰	۲۵۶/۰۰
۴۱	gh	۵۳/۶۷	۲۹۷/۰۰
۴۲	a-h	۲۰۰/۶۷	۳۵۵/۳۳
۴۳	a-f	۲۹۱/۶۷	۲۴۴/۶۷
۴۴	a-e	۲۹۷/۰۰	۱۱۹/۰۰
۴۵	a	۳۵۵/۳۳	۲۰۷/۳۳
۴۶	a-h	۲۴۴/۶۷	۱۱۶/۶۷
۴۷	b-h	۱۱۹/۰۰	۱۷۵/۰۰
۴۸	a-h	۱۹۹/۶۷	۷۷/۶۷
۴۹	b-h	۱۱۵/۶۷	۹۴/۶۷
۵۰	a-h	۱۸۶/۰۰	۱۷۰/۰۰

بهره‌وری آب نیز اثر منفی دارد. تنش آبی موجب تغییرات نامناسبی مانند نسبت ریشه به اندام هوایی، کاهش سطح برگ، کاهش تعداد برگ و در نتیجه کاهش رشد و عملکرد گیاه خواهد شد (Rahil and Qanadillo, 2015). اگرچه این تغییرات در ژنوتیپ‌های مختلف، متفاوت است و ژنوتیپ‌های متحمل به تنش آبی با استفاده از مکانیزم‌های مختلف، شرایط نامساعد محیطی را تحمل کرده و در نتیجه با افزایش بهره‌وری مصرف 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. بانک ژرم‌پلاس خیار دانشگاه گیلان تازه تاسیس شده است و هنوز شناخت کاملی از ژنوتیپ‌ها وجود ندارد، به همین دلیل، تلاش می‌شود گام به گام با طراحی مطالعات مختلف شناخت مناسبی از ویژگی‌های ژنوتیپ‌ها کسب شود. بنابراین از نظر مقاومت اطلاعات مورد نیاز در حال تکمیل است و در گام بعدی با استفاده از شاخص‌های تحمل ارزیابی کامل‌تری از ژنوتیپ‌ها انجام خواهد شد.

نتایج تجزیه واریانس بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری نیز نشان داد که اثرات اصلی آبیاری، ژنوتیپ و اثر متقابل آبیاری  $\times$  ژنوتیپ بر بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری در سطح احتمال یک درصد ( $p < 0.01$ ) معنی‌دار بود. کم‌آبیاری موجب افزایش بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری از ۴۲۵۲۱۱ ریال بر مترمکعب آب آبیاری در تیمار آبیاری کامل به ۵۸۲۸۲۷ ریال بر مترمکعب آب آبیاری در تیمار کم‌آبیاری شده است (جدول ۶). نتایج حاصل با نتایج ساکیر و همکاران (۲۰۱۷) و لیو و همکاران از نظر اثر کم‌آبیاری بر بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری همخوانی دارد (Cakir et al., 2017; Liu et al., 2021). در تیمار کم‌آبیاری ژنوتیپ ۱۳ با ۱۷۴۶۷۰ ریال بر مترمکعب کمترین و ژنوتیپ ۴۵ با ۱۴۲۱۳۰۰ ریال بر مترمکعب بیشترین بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری را داشتند. در تیمار آبیاری کامل ژنوتیپ ۱۸ با ۱۳۰۹۴۰ ریال بر مترمکعب و ژنوتیپ ۴۲ با ۹۵۶۰۵۰ ریال بر مترمکعب به‌ترتیب کمترین و بیشترین بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری را داشتند. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ که معنی‌دار بود ( $p < 0.01$ ) و درصد تغییرات بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری در تیمار کم‌آبیاری نسبت به آبیاری کامل در جدول ۶ ارائه شده است. کمترین بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری با مقدار ۱۳۰۹۴۰ ریال بر مترمکعب در تیمار آبیاری کامل با ژنوتیپ ۱۸ و بیشترین بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری با مقدار ۱۴۲۱۳۰۰ ریال بر مترمکعب در تیمار کم‌آبیاری با ژنوتیپ ۴۵ مشاهده شد ( $p < 0.01$ ). میزان تغییر این صفت در ژنوتیپ‌های مختلف بین صفر تا ۳۲۹ درصد بود که در این بین کمترین درصد تغییر مربوط به ژنوتیپ ۲۴ و بیشترین درصد تغییر مربوط به ژنوتیپ ۱۶ بود.

(مثلاً کاهش وزن تر میوه در شرایط کم‌آبیاری نسبت به شرایط آبیاری کامل)، اما اگر توان تولیدی ذاتی یک ژنوتیپ کم باشد، تحمل شرایط تنش به‌تهدایی در پروژه اصلاحی کارایی نخواهد داشت. 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 میوه 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 (عرب‌سلمانی و همکاران، ۱۴۰۲؛ Panghal et al., 2016). نتایج پژوهش حاضر با نتایج ساکیر و همکاران، لیو و همکاران و پرکاش و همکاران که نشان دادند کم‌آبیاری موجب کاهش عملکرد می‌شود، همخوانی دارد (Cakir et al., 2017; Liu et al., 2021; Parkash et al., 2021).

نتایج تجزیه واریانس بهره‌وری آب آبیاری (جدول ۳) نشان داد که اثرات اصلی آبیاری، ژنوتیپ و اثر متقابل آبیاری  $\times$  ژنوتیپ بر بهره‌وری آب آبیاری معنی‌دار بود ( $p < 0.01$ )، کم‌آبیاری موجب افزایش بهره‌وری آب آبیاری از ۲/۱۳ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری در تیمار آبیاری کامل به ۲/۹۱ کیلوگرم بر مترمکعب آب آبیاری در تیمار کم‌آبیاری شد (جدول ۵). در تیمار کم‌آبیاری ژنوتیپ‌های ۱۳ و ۴۵ به‌ترتیب با ۰/۸۷ و ۷/۱۱ کیلوگرم بر مترمکعب کمترین و بیشترین بهره‌وری آب آبیاری را داشتند. در تیمار آبیاری کامل ژنوتیپ‌های ۱۶ و ۱۸ با ۰/۶۶ کیلوگرم بر مترمکعب و ژنوتیپ ۴۲ با ۴/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب به‌ترتیب کمترین و بیشترین بهره‌وری آب آبیاری را داشتند. اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ معنی‌دار بود ( $p < 0.01$ ) که نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ در جدول ۵ ارائه شده است. کمترین بهره‌وری آب آبیاری با مقدار ۰/۶۶ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار آبیاری کامل با ژنوتیپ ۱۶ و ۱۸ و بیشترین بهره‌وری آب آبیاری با مقدار ۷/۱۱ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار کم‌آبیاری با ژنوتیپ ۴۵ مشاهده شد ( $p < 0.01$ ). میزان تغییر این صفت در ژنوتیپ‌های مختلف بین صفر تا ۳۲۹ درصد بود که در این بین کمترین درصد تغییر مربوط به ژنوتیپ ۲۴ و بیشترین درصد تغییر مربوط به ژنوتیپ ۱۶ بود (جدول ۵). نتایج حاصل با نتایج ساکیر و همکاران و لیو و همکاران از نظر اثر کم‌آبیاری بر بهره‌وری آب آبیاری همخوانی دارد (Cakir et al., 2017; Liu et al., 2021). فراهم بودن مقدار کافی آب در خاک در مراحل حساس رشد موجب بهبود فرآیند متابولیسم در سلول‌های گیاهی و بهبود جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌شود (Saif et al., 2003). بنابراین، تنش آبی موجب اختلال در رشد و در نتیجه کاهش عملکرد خواهد شد که بر

جدول ۵- اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ بر بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب)

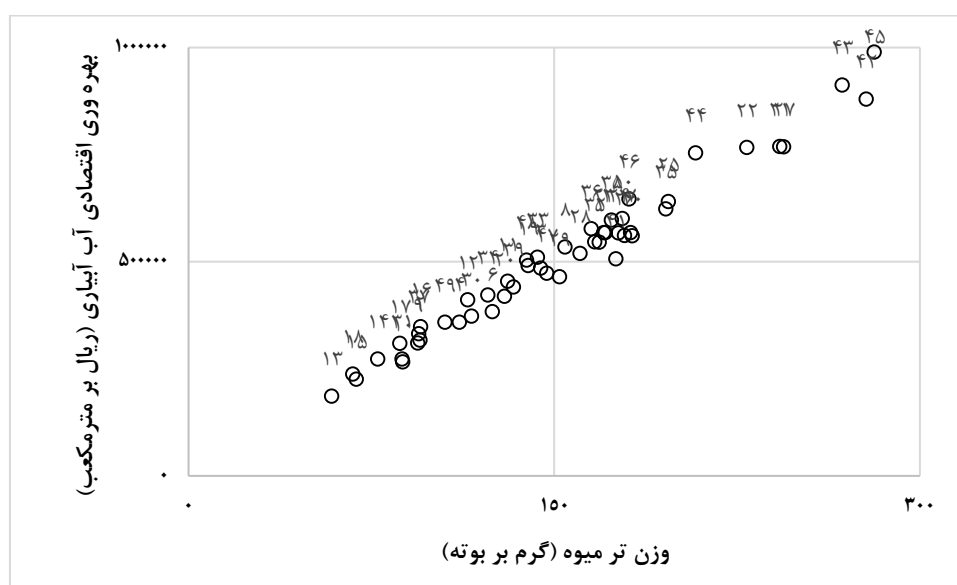
ژنوتیپ	تیمار کم آبیاری	تیمار آبیاری کامل	درصد تغییرات نسبت به آبیاری کامل
۱	b-g	۲/۲۹	۲۸
۲	d-g	۱/۸۹	۴۷
۳	b-g	۲/۹۴	۵۴
۴	d-g	۱/۸۳	۴
۵	b-g	۲/۸۳	۸
۶	d-g	۱/۴۸	-۳۷
۷	b-g	۲/۴۴	-۲۵
۸	a-g	۳/۶۲	۱۱۰
۹	d-g	۱/۷۵	۳۰
۱۰	fg	۰/۹۱	-۴۸
۱۱	b-g	۳/۱۱	۱۱۷
۱۲	b-g	۳/۱۵	۲۲۸
۱۳	fg	۰/۸۷	-۱۲
۱۴	d-g	۱/۹۵	۱۵۰
۱۵	d-g	۱/۲۵	۲۴
۱۶	b-g	۲/۸۳	۳۲۹
۱۷	b-g	۲/۳۳	۲۰۷
۱۸	d-g	۱/۷۲	۱۶۱
۱۹	a-g	۳/۵۵	۱۶۱
۲۰	c-g	۲/۱۵	۵
۲۱	a-g	۳/۵۵	-۱۴
۲۲	a-f	۴/۵۹	۵۰
۲۳	a-g	۳/۳۶	۴۵
۲۴	b-g	۲/۸۴	۰
۲۵	a-g	۳/۳۹	۱۲
۲۶	b-g	۲/۴۵	-۲۲
۲۷	a-g	۳/۴۱	-۲۰
۲۸	b-g	۲/۶۷	۶
۲۹	d-g	۱/۶۷	-۴۴
۳۰	d-g	۱/۸۴	-۳
۳۱	d-g	۱/۱۳	-۲۹
۳۲	b-g	۲/۹۹	۲۱
۳۳	a-g	۳/۸۳	۱۹۹
۳۴	b-g	۲/۸۰	۹۷
۳۵	b-g	۲/۹۵	-۱۰
۳۶	a-g	۴/۰۵	۱۳۵
۳۷	b-g	۲/۳۸	۱۵۳
۳۸	a-g	۳/۹۹	۱۰۲
۳۹	b-g	۲/۵۲	۳۳
۴۰	c-g	۲/۱۶	-۳۷
۴۱	efg	۱/۰۷	-۷۳
۴۲	a-g	۴/۰۱	-۱۶
۴۳	abc	۵/۸۳	۷۷
۴۴	ab	۵/۹۴	۲۷۱
۴۵	a	۷/۱۱	۱۵۵
۴۶	a-d	۴/۸۹	۲۱۱
۴۷	b-g	۲/۳۸	۱
۴۸	a-g	۳/۹۹	۲۸۴
۴۹	b-g	۲/۳۱	۸۲
۵۰	a-g	۳/۷۲	۶۲

جدول ۶- اثر متقابل آبیاری و ژنوتیپ بر بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری (ریال بر مترمکعب آب آبیاری)

ژنوتیپ	تیمار کم آبیاری	تیمار آبیاری کامل	درصد تغییرات نسبت به آبیاری کامل
۱	b-g	۴۷۷۱۳۰	۳۸
۲	def	۲۵۷۴۰۰	۴۷
۳	b-g	۳۸۲۰۶۰	۵۴
۴	d-g	۳۵۲۴۷۰	۴
۵	b-g	۵۲۶۴۶۰	۷
۶	d-g	۴۷۱۷۵۰	-۳۷
۷	b-g	۶۴۷۵۲۰	-۲۵
۸	a-g	۳۴۴۳۹۰	۱۱۰
۹	d-g	۲۶۹۹۶۰	۳۰
۱۰	fg	۳۴۹۷۸۰	-۴۸
۱۱	b-g	۲۸۷۰۰۰	۱۱۶
۱۲	b-g	۱۹۱۹۳۰	۲۲۹
۱۳	fg	۱۹۸۲۱۰	-۱۲
۱۴	d-g	۱۵۶۰۵۰	۱۴۹
۱۵	d-g	۲۰۲۶۹۰	۲۳
۱۶	b-g	۱۳۱۸۴۰	۳۲۹
۱۷	b-g	۱۵۲۴۷۰	۲۰۶
۱۸	d-g	۱۳۰۹۴۰	۱۶۳
۱۹	a-g	۲۷۲۶۵۰	۱۶۰
۲۰	c-g	۴۰۸۹۷۰	۵
۲۱	a-g	۸۲۶۹۱۰	-۱۴
۲۲	a-f	۶۱۴۳۵۰	۵۰
۲۳	a-g	۴۶۴۵۷۰	۴۵
۲۴	b-g	۵۶۶۸۲۰	۰
۲۵	a-g	۶۰۳۵۹۰	۱۲
۲۶	b-g	۶۳۳۱۸۰	-۲۳
۲۷	a-g	۸۵۵۶۱۰	-۲۰
۲۸	b-g	۵۰۵۸۳۰	۵
۲۹	def	۵۹۶۴۱۰	-۴۴
۳۰	d-g	۳۷۷۵۸۰	-۳
۳۱	d-g	۳۱۹۲۸۰	-۲۹
۳۲	b-g	۴۹۵۰۷۰	۲۱
۳۳	a-g	۲۵۵۶۱۰	۱۹۹
۳۴	b-g	۲۸۴۳۰۰	۹۷
۳۵	b-g	۶۵۷۴۰۰	-۱۰
۳۶	a-g	۳۴۳۵۰۰	۱۳۶
۳۷	b-g	۱۸۷۸۸۰	۱۵۳
۳۸	a-g	۳۹۶۴۱۰	۱۰۱
۳۹	b-g	۳۷۸۴۸۰	۳۳
۴۰	c-g	۶۸۸۷۹۰	-۳۷
۴۱	efg	۷۹۹۱۰۰	-۷۳
۴۲	a-e	۹۵۶۰۵۰	-۱۶
۴۳	abc	۶۵۸۳۰۰	۷۷
۴۴	ab	۳۲۰۱۸۰	۲۷۱
۴۵	a	۵۵۷۸۵۰	۱۵۵
۴۶	a-d	۳۱۳۹۰۰	۲۱۲
۴۷	b-g	۴۷۰۸۵۰	۱
۴۸	a-g	۲۰۸۹۷۰	۲۸۲
۴۹	b-g	۲۵۴۷۱۰	۸۲
۵۰	a-g	۴۵۷۴۰۰	۶۳

بیشترین عملکرد کاملاً مناسب و سه ژنوتیپ ۱۳، ۱۵ و ۱۸ نامناسب کلاس بندی شدند. پاسخ عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف به سطوح آبیاری مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری داشتند. بنابراین انتخاب مدیریت آبیاری بایستی متناسب با ژنوتیپ انتخابی باشد. کلاس بندی ژنوتیپ‌های مختلف براساس بهره‌وری آب آبیاری اطلاعات مناسبی در اختیار پژوهش‌گران به‌خصوص اصلاح‌گران و کشاورزان برای شناسایی ژنوتیپ‌های با بهره‌وری آب مناسب قرار می‌دهد. همچنین افق مناسبی برای جهت‌دهی مطالعات پیش رو با هدف توسعه ژنوتیپ‌های با بهره‌وری مناسب آب آبیاری قرار می‌دهد.

شکل ۲ کلاس بندی ژنوتیپ‌های مختلف خیار تحت دو تیمار آبیاری کامل و کم آبیاری براساس وزن تر میوه و بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری را نشان می‌دهد. ژنوتیپ‌های مختلف در چهار کلاس کاملاً مناسب، مناسب، کمتر مناسب و نامناسب تقسیم شدند (Mirhosseini et al., 2024). برای این کار، متوسط وزن تر میوه و بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری برای هر ژنوتیپ روی نمودار برده شد. در جهت حرکت عقربه‌های ساعت چهار کلاس مختلف مشخص شدند. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، ارتباط مستقیمی بین عملکرد بر اساس وزن تر میوه و بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری مشاهده شد. بر این اساس، سه ژنوتیپ ۴۲، ۴۳ و ۴۵ با داشتن



شکل ۲- کلاس بندی ۵۰ ژنوتیپ مختلف خیار براساس وزن تر میوه و بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری

ویژگی‌های آن ژنوتیپ تنظیم شود. با تکرار پژوهش حاضر در شرایط مدیریتی مختلف (روش کاشت، بسترهای مختلف، مدیریت کود و ...) و ارزیابی پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف می‌توان به معرفی هیبرید مناسب و تجاری‌سازی آن کمک کرد. مطالعه حاضر گام اول در شناخت ویژگی‌های ژنوتیپ‌های موجود در بانک ژرم پلاسما خیار دانشگاه گیلان در ارتباط با آبیاری است و در گام‌های بعدی ویژگی‌های دیگر نظیر شاخص‌های تحمل تنش بررسی خواهند شد.

## منابع

احسانی، م و خالدی، ه. ۱۳۸۱. شناخت و ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی به‌منظور تأمین امنیت آبی و غذایی کشور. یازدهمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی، تهران.

## نتیجه‌گیری

هدف مطالعه حاضر شناسایی ژنوتیپ‌های مناسب از بانک ژرم-پلاسما خیار دانشگاه گیلان با هدف تولید بذر در شرایط کم آبیاری بود. نتایج کشت گلخانه‌ای و ملاک قرار دادن عملکرد، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری نشان داد که ژنوتیپ‌های مناسب شماره ۴۲، ۴۳ و ۴۵ بودند که بایستی در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرند. پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف خیار به آبیاری به‌طور قابل توجهی در ویژگی‌های مورد مطالعه متغیر بود. این نتیجه نشان می‌دهد که حتی ژنوتیپ‌های مختلف یک گیاه ممکن است ویژگی‌های متفاوتی در پاسخ به آبیاری داشته باشد. با توجه به نتایج می‌توان گفت که پاسخ به آبیاری در کشت یک ژنوتیپ با ژنوتیپ دیگر متفاوت است. بنابراین مدیریت آبیاری بایستی با توجه به

- آمارنامه کشاورزی. ۱۴۰۱. وزارت جهاد کشاورزی.
- الفتی، ج.، پیوست، غ.، سمیع‌زاده، ح.، ربیعی، ب. و خداپرست، س.ا. ۱۳۸۹. برآورد ترکیب‌پذیری عمومی، خصوصی و هتروزیس تعدادی از لاین‌های خیار برای کیفیت میوه از طریق تلاقی دی-آلل ناقص. رساله دکتری، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان.
- امیدی، ا.، خالدیان، م.، حسن‌پور اصیل، م.، 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.
- حسام، م. و شاکر، م. ۱۴۰۲. کم‌آبیاری راهکاری در برابر کمبود آب. انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۲۷۲ صفحه.
- حسندخت، م. ۱۳۸۴. مدیریت گلخانه. انتشارات مرز دانش.
- رجاء، ا.، پیغان، خ. و پارسی‌نژاد، م. ۱۴۰۲. کم‌آبیاری (نسخه‌ای برای مشکل کم آبی) (ترجمه). انتشارات شهرآب. ۳۲۴ صفحه.
- رضوانی، س.م.، زارعی، ق. و، سالمی، ح. ۱۳۹۹. اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب خیار گلخانه‌ای. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۴(۵): ۱۵۳۷-۱۵۲۷.
- زرندی، م.، رضانی، ع. و مجردی، م. ۱۴۰۳. گیاهان گلخانه‌ای (کشت خیار). انتشارات چشم انداز قطب. ۱۶۸ صفحه.
- شکری، س.، گلابی، م.، هوشمند، ع.، عالم‌زاده انصاری، ن.، استرو، د. ۱۴۰۱. بررسی اثر رژیم‌های کم آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب خیار در اهواز. مهندسی آبیاری و آب ایران. ۱۳(۱): ۱۷۵-۱۶۱.
- عرب‌سلمانی، ک.، جلالی، ا. و جعفری، پ. ۱۴۰۲. مقایسه برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و عملکرد هیبریدهای خیار (*Cucumis sativus*). نشریه علوم باغبانی. ۳۷(۴): ۱۱۹۰-۱۱۷۹.
- علیجانی، آ.م.، سیفی، س.م.، پیکرستان، ب. و علیزاده، و. ۱۳۹۵. آموزش کشت و پرورش خیار (خاکی و گلخانه‌ای). انتشارات تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی (تاک). ۱۲۵ صفحه.
- غلامی، ر.، عظیمی، م.، ارجی، ع. و خوش‌خوی، ش. ۱۴۰۳. مدیریت کم‌آبیاری و تنش خشکی در باغ‌های زیتون. انتشارات جهاد دانشگاهی کرمانشاه. ۱۵۲ صفحه.
- قریشی، م.، نکونام، ف.، برزگر، ط. و نیکبخت، ج. ۱۴۰۲. ارزیابی پاسخ‌های رشدی، عملکردی و فیزیولوژیکی خیار شاخدار
- آفریقای (Cucumis metuliferus L.) به تنش کم‌آبیاری. علوم باغبانی: ۳۷(۲): ۴۳۶-۴۲۳.
- متمی‌جهرمی، م.ر. ۱۴۰۱. مدیریت خیار گلخانه‌ای با رویکرد نوین. انتشارات مردابویج. ۱۶۸ صفحه.
- مقدم، ع. ۱۳۹۷. راهنمای پرورش خیار: با تاکید بر روش‌های افزایش بهره‌وری کمی و کیفی آن. انتشارات مرز دانش. ۷۶ صفحه.
- Abbas, K., Li, J., Gong, B., Lu, Y., Wu, X., Lü, G. and Gao, H. 2023. Drought Stress Tolerance in Vegetables: The Functional Role of Structural Features, Key Gene Pathways, and Exogenous Hormones. International Journal of Molecular Sciences. 24(18):13876. DOI: 10.3390/ijms241813876.
- 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. DOI: 10.2166/wcc.2017.014
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and smith, M. 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Italy.
- Cakir, R., Kanburoglu-Cebi, U., Altintas, S. and Ozdemir, A. 2017. Irrigation scheduling and water use efficiency of cucumber grown as a spring-summer cycle crop in solar greenhouse. Agricultural Water Management. 180: 78-87.
- Das, A., Munshi, A.D. and Raju, D. 2024. Key physiological traits for drought tolerance identified through phenotyping a large set of slicing cucumber (*Cucumis sativus* L.) genotypes under field and water-stress conditions. Genetic Resources and Crop Evolution. 71: 1-14. DOI: 10.1007/s10722-023-01737-y
- Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress. Aug. 13-18, Taiwan. pp. 257-270. doi: 10.22001/wvc.72511.
- Khaleidian, 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.
- Liu, H., Yin, C., Gao, Z. and Hou, L. 2021. Evaluation of cucumber yield, economic benefit and water productivity under different soil matric potentials in solar greenhouses in North China. Agricultural Water Management. 243: 106442.

- Studies in Cucumber (*Cucumis sativus* L). Vegetable Science. 38(1): 49- 52.
- Rahil, M.H. and Qanadillo, A. 2015. Effects of different irrigation regimes on yield and water use efficiency of cucumber crop. Agricultural Water Management. 148: 10-15.
- 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.
- Teshome, F.T., Bayabil, H.K., Schaffer, B., Ampatzidis, Y., Hoogenboom, G. and Singh, A. 2023. Exploring deficit irrigation as a water conservation strategy: Insights from field experiments and model simulation. Agricultural Water Management. 289: 108490. DOI: 10.1016/j.agwat.2023.108490
- Wang, H. 2021. Cucumber Economic Values and Its Cultivation and Breeding. BoD – Books on Demand, 2021. 228 pages.
- Wang, J., Zhang, L., Cao, Y., Qi, C., Li, S., Liu, L., Wang, G., Mao, A., Ren, S. and Guo, Y.D. 2018. CsATAF1 positively regulates drought stress tolerance by an ABA-dependent pathway and by promoting ROS scavenging in cucumber. Plant and Cell Physiology. 59(5): 930-945. DOI: 10.1093/pcp/pcy030.
- Wehner, T.C. and Lower, R.L. 1996. Once-over harvest yield of cucumber hybrids made with a determinate parent. Report-Cucurbit Genetics Cooperative. 19: 17-20.
- Mirhosseyni, A., Hassanpour 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.
- Najarian, M., Mohammadi Ghehsareh, A., Fallahzade, J. and Peykanpour, E. 2017. Responses of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to ozonated water under varying drought stress intensities. Journal of Plant Nutrition. 41(1): 1-9.
- Ndukauba J., Nwofia, G.E, Okocha, P.I. and Ene-Obong, E.E. 2015. Variability in Egusi-Melon Genotypes (*Citrullus lanatus* [Thumb] Matsum and Nakai) in derived Savannah environment in South-Eastern Nigeria. International Journal of Plant Research. 5(1): 19-26.
- Panghal, V.P.S., Bhatia, A.K., Duhan, D.S. and Batra, V.K. 2016. Phenological development and production potential of parthenocarpic cucumber hybrids under polyhouse environment. Indian Journal of Horticulture. 73: 604-606.
- Parkash, V., Singh, S., Deb, S., Ritchie, G. and Wallace, W. 2021. Effect of deficit irrigation on physiology, plant growth, and fruit yield of cucumber cultivars. Plant Stress. DOI: 10.1016/j.stress.2021.100004.
- Raghvendra, S., Kumarsingh, A., Sanjay, K., Singh, B.K. and Psingh, S. 2011. Combining Ability

## Economic Productivity of Irrigation Water of Different Genotypes of Greenhouse Cucumber in Deficit Irrigation Conditions

M. Mohammadpour<sup>1</sup>, J. Olfati<sup>2</sup>, M.R. Khaledian<sup>3</sup>, B. Rabiei<sup>4</sup>

Received: Oct.18, 2024

Accepted: Nov. 23, 2024

### Abstract

Identifying genotypes tolerant to deficit irrigation and introducing them to farmers and breeder is a suitable solution to improve the productivity of irrigation water. This study aims to evaluate 50 cucumber genotypes from the cucumber germplasm bank of University of Guilan in the greenhouse of the Faculty of Agricultural Sciences at University of Guilan in 2022 under two irrigation levels: full irrigation and deficit irrigation (50% of full irrigation). This research was conducted in a split-plot in a completely randomized design including two levels of full irrigation and deficit irrigation (50% of the amount of water used in full irrigation), 50 genotypes, and three replications. The goal is to identify the best genotypes based on yield, irrigation water productivity, and economic productivity of irrigation water. These genotypes were selected for seed production and use in breeding programs. A drip irrigation system was used, and irrigation management was based on the water requirement of cucumbers inside the greenhouse. The cucumbers were harvested at commercial maturity, and yield, some yield component, irrigation water productivity, and economic productivity of irrigation water were determined. The results showed that irrigation significantly affected the number of fruits, irrigation water productivity, and economic productivity of irrigation water ( $p<0.01$ ). The effects of genotype and the interaction between irrigation and genotype on fruit fresh weight, irrigation water productivity, and economic productivity of irrigation water were also significant ( $p<0.01$ ). The indices of fruit fresh weight, irrigation water productivity and economic productivity of irrigation water were considered to determine suitable and unsuitable genotypes. Genotypes 42, 43, and 45 with fruit fresh weight of 200-355 gr, irrigation water productivity of 2.7-8.2 kg/m<sup>3</sup> of irrigation water and economic productivity of irrigation water of 1,421,300-557,850 Rials/m<sup>3</sup> of irrigation water were the best choices. Genotypes 13, 15, 16, and 18 with fruit fresh weight of 43-141 gr, irrigation water productivity of 0.7-8.2 kg/m<sup>3</sup> of irrigation water and economic productivity of irrigation water of 565,330-130,940 Rials/m<sup>3</sup> of irrigation water were unsuitable choices according to the conditions of the present study. Based on the number of fruits per plant, fruit fresh weight yield, irrigation water productivity, and economic productivity of irrigation water, genotypes 42, 43, and 45 were identified as the best choices, while genotypes 13, 15, 16, and 18 were deemed inappropriate under the conditions of this study. Using the selected genotypes for cucumber seed production can simultaneously improve yield and irrigation water productivity, thereby enhancing the economic productivity of irrigation water.

**Keywords:** Controlled environment, Drip irrigation, Seed, Water requirement, Yield

1- Ph.D. Student, Department of Horticultural Sciences, University Campus, University of Guilan, Guilan, Rasht, Iran  
P.O.BOX 41635-3756

2- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Guilan, Rasht, Iran

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.,  
Tel: 00989112481285, Fax: 00981316690281

4- Professor, Department of Plant Production and Genetic Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

(\*Corresponding Author Email: [khaledian@guilan.ac.ir](mailto:khaledian@guilan.ac.ir))