نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۲۰، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۵، ص. ۹۹-۸۷

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 20, Apr.-May. 2026, p. 87-99

مقاله علمی-پژوهشی

اثر سامانه آبیاری بارانی بر بهره‌وری آب برگ تازه توت به‌منظور تولید ابریشم

مجید صابرزیده‌سرایی[۱]، یوسف حمیداوغلی[۲]، داود بخشی[۳]، محمدرضا خالدیان[۴*]، رضا صورتی زنجانی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۲

چکیده

آب نقشی اساسی در پیشرفت و توسعه اقتصادی جوامع ایفا می‌کند. اهمیت این منبع حیاتی نه‌تنها در مناطق خشک و کم‌آب، بلکه در نواحی مرطوب نیز به وضوح آشکار است. برگ‌های درخت توت تنها منبع غذایی شناخته‌شده برای پرورش کرم‌ابریشم به‌شمار می‌رود. تولید ابریشم مرغوب مستلزم بهره‌مندی از برگ توت با کیفیت و کمیت مناسب است، که این امر به‌نوبه خود نیازمند آبیاری اصولی و بهینه می‌باشد. در این پژوهش، اثر آبیاری بارانی بر مصرف آب آبیاری، عملکرد برگ توت و بهره‌وری آب در مقایسه با شرایط دیم و آبیاری سطحی از خرداد تا شهریور سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در مرکز تحقیقات ابریشم کشور واقع در شهرستان رشت مورد بررسی قرار گرفت. سه تیمار شامل: آبیاری بارانی (I2)، آبیاری سطحی (I3) و کشت دیم (I1) به‌عنوان شاهد مقایسه شدند. پس از انجام آبیاری‌ها، از هر تیمار آبیاری ۳ درخت توت به‌طور تصادفی انتخاب و سپس از انتهائی‌ترین نقطه ممکن برداشت شاخه انجام شد و عملکرد در دو مرحله (در ابتدای فصل آبیاری در خرداد ماه و بعد از اعمال کامل تیمارها در شهریور) مقایسه شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در دو مرحله نمونه‌برداری نشان داد که بین تیمارها تفاوت در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که عملکرد برگ در هکتار در آبیاری بارانی بیشتر از دیگر تیمارها بود (برداشت خرداد و شهریور به‌ترتیب ۱۰۲۵۷/۵۰ و ۳۸۰۴ کیلوگرم در هکتار بودند). مقدار آب مصرف شده در تیمار آبیاری بارانی کمتر از تیمار آبیاری سطحی بوده و به همین دلیل بهره‌وری آب با ۱۷/۰۲ کیلوگرم در مترمکعب بالاترین مقدار بود. نتایج نشان داد اعمال آبیاری بارانی در توتستان بر کاهش مصرف آب، افزایش تولید برگ توت و بهبود بهره‌وری آب اثر مثبت داشت.

واژه‌های کلیدی: پسیخان، درآمد، کرم ابریشم

مقدمه

برگ توت تنها منبع غذایی کرم ابریشم (*Bombyx mori L.*) است. لذا کیفیت و کمیت برگ توت می‌تواند مستقیماً روی ابریشم تولیدی تأثیرگذار باشد (عموئی بیجائیه و همکاران، ۱۴۰۲). ابریشم یک کالای بسیار استراتژیک برای توسعه است زیرا همانند سایر موجودات، تغذیه نقش مهمی در بهبود رشد و نمو لارو دارد (Radjabi, 2010). کیفیت برگ‌های توت ارتباط مستقیمی با رشد طبیعی لاروها و کیفیت پیله دارد (Radjabi et al., 2009). در صورت بروز برخی تغییرات کوچک در آب و هوا و شرایط پرورشی، کیفیت خوب برگ به‌عنوان عاملی مثبت در جلوگیری از کاهش عملکرد محصول کمک می‌کند. تولید با کیفیت برگ توت به‌طور عمده به سه عامل مهم پتانسیل ژنتیکی واریته توت، فاکتورهای محیطی (شامل آب، دی‌اکسید کربن و عوامل تعیین‌کننده دسترسی به انرژی) و شرایط حاصل‌خیزی خاک دارد (اکبرزاده و همکاران، ۱۳۸۸). رطوبت بیشتر برگ توت، با کمک به بلع، هضم و جذب مواد مغذی، تأثیر مستقیمی بر رشد و نمو کرم ابریشم دارد (Kumar et al., 2018).

تولید برگ توت اغلب با مقدار رطوبت موجود خاک محدود می‌شود و با آبیاری به‌موقع می‌توان آن را افزایش داد. پژوهش‌های پیشین نشان داد که آبیاری، عملکرد برگ گیاه توت را تا ۶۸ درصد افزایش می‌دهد. بنابراین، آبیاری به‌موقع و به اندازه نیاز گیاه توت موجب افزایش عملکرد برگ و بهره‌وری آب آبیاری می‌شود

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، گیلان، ایران
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، گیلان، ایران
۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، گیلان، ایران
۴- دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان و گروه پژوهشی مهندسی آب و محیط زیست پژوهشکده حوزه آبی دریای خزر، رشت، ایران
۵استادیار، مرکز تحقیقات ابریشم کشور، ایران
(*- نویسنده مسئول: khaledian@guilan.ac.ir)
DOI: 10.22034/idj.2025.550041.2633

(Sudhakar et al., 2018; Kanta, 2022). تولید محصولات کشاورزی با حداقل مصرف آب از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است و به‌عنوان یک استراتژی مهم برای کشورهایی که با کمبود آب مواجه هستند مطرح هست (حسینیان و همکاران، ۱۳۹۵). در استان گیلان متوسط میزان بارندگی ۱۰۰۰ میلی‌متر بوده، اما علیرغم بالا بودن مقدار بارندگی، توزیع آن در طی سال نامناسب است. به‌طوری‌که در ماه‌های اردیبهشت تا شهریور بارندگی کم و ناکافی است (بیژن‌نیا و همکاران، ۱۳۸۵). بنابراین توصیه به آبیاری درختان توت حتی در استان گیلان روی راندمان متغیرهای کمّی و کیفی درخت توت اثرگذاری قابل‌توجهی را نشان خواهد داد (بیژن‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵). سامانه‌های نوین آبیاری، از مهم‌ترین عواملی است که بر عملکرد گیاهان، مصرف آب و بهره‌وری اثر می‌گذارد (محمدخانی و همکاران، ۱۳۹۹).

اعمال آبیاری در سطح توتستان‌های دیم منطقه می‌تواند در بالا بردن راندمان متغیرهای کمی درختان توت خصوصاً میزان برگ و در نتیجه افزایش بازدهی توتستان‌ها در پرورش کرم‌ابریشم و به دنبال آن تولید ابریشم بیشتر موثر باشد. با توجه به اهمیت استفاده بهینه از منابع آبی در امر تولید محصولات کشاورزی، این پژوهش به دنبال بررسی اثر آبیاری بارانی بر مصرف آب، عملکرد برگ توت، بهره‌وری آب و درآمد ناشی از فروش پیله تر ابریشم تولیدی بود.

مواد و روش

این پژوهش از خرداد تا شهریور سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در توتستان مرکز تحقیقات ابریشم کشور، واقع در منطقه پسیخان شهرستان رشت (استان گیلان) انجام شد. عرض جغرافیایی منطقه ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی آن ۴۹ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی هست. ارتفاع منطقه ۹- نسبت به سطح دریای آزاد می‌باشد (شکل ۱).

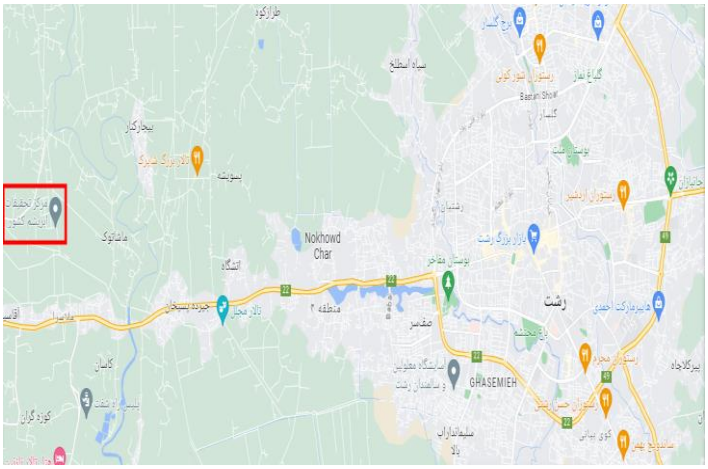
این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. در این آزمایش از هر تیمار آبیاری سه درخت توت به‌طور تصادفی انتخاب و اندازه‌گیری طول ساقه، تعداد برگ، رطوبت نسبی برگ و عملکرد برگ تازه توت انجام شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده‌اند. این آزمایش در سه قطعه زمین با مساحت هرکدام از آن‌ها حدود ۵۰۰۰ مترمربع (نیم هکتار) و به طول ۱۰۰ متر و عرض ۵۰ متر انجام شد. تیمارهای آبیاری شامل: آبیاری بارانی و آبیاری سطحی و همچنین کشت دیم به‌عنوان شاهد بودند. فاصله درخت‌های توت از یکدیگر روی خطوط تقریباً ۷۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۱۵۰ تا ۱۷۰ سانتی‌متر بود (شکل ۲). از هر تیمار آبیاری سه درخت توت به‌طور تصادفی انتخاب و سپس با قیچی‌های مخصوص از انتهایی‌ترین نقطه ممکن به‌صورت دستی بریده (هرس کف‌بُر) و به‌عنوان تکرار در هر تیمار در نظر گرفته شد. درختان توت موجود در زمین مورد آزمایش از رقم اصلاح‌شده ژاپنی به نام کن‌موچی بود. این رقم به دلیل اینکه حاوی مواد مغذی بیشتر است به کرم‌های ابریشم کمک می‌کند تا پیله‌های بزرگ‌تر و محکم‌تری تولید کنند (عموئی بیجائیه، ۱۴۰۰).

برای اندازه‌گیری طول ساقه‌ها، ابتدا از انتهایی‌ترین نقطه رشد، ساقه‌ها بریده شدند. سپس، با استفاده از یک متر، فاصله بین انتهای ساقه و نوک شاخه برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری و اعداد ثبت شدند. میانگین ارتفاع بوته‌ها به‌عنوان معیار اندازه‌گیری در نظر گرفته شد. تعداد برگ‌ها روی هر درخت به‌صورت دستی چیده و شمارش شد. سپس، برگ‌های چیده شده برای جلوگیری از کاهش رطوبت در اثر مجاورت با هوا، درون پلاستیک نایلون قرار داده شدند. پس از جداسازی برگ‌های ساقه، آن‌ها درون پلاستیک نایلونی قرار داده شدند. سپس، وزن برگ‌تر با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن برگ خشک، نمونه‌ها در پاکت‌های کاغذی قرار گرفتند و به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۶۵ تا ۷۰ درجه سلسیوس خشک شدند. سپس، وزن برگ خشک با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. از هر تیمار سه برگ از قسمت‌های بالا، وسط و پایین ساقه انتخاب شدند. پس از جدا کردن از ساقه، برگ‌ها داخل پاکت‌های کاغذی و به آزمایشگاه منتقل و وزن آن‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد (وزن‌تر). به‌منظور اندازه‌گیری وزن آماس، برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر (ظروف حاوی ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر) و در دمای اتاق قرار داده شدند. پس از ۲۴ ساعت برگ‌ها را از آب مقطر خارج نموده و بین دو لایه کاغذ صافی خشک نموده و وزن شدند (وزن آماس). سپس برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک و وزن شدند (وزن خشک). در نهایت با استفاده از فرمول زیر محتوای آب نسبی بر اساس درصد محاسبه گردید (Weatherly, 1950).

$$(\%)RWC = [(FW-DW)/(TW-DW)]*100 \quad (۱)$$

RWC(%) : درصد رطوبت نسبی برگ، FW : وزن‌تر برگ، DW : وزن خشک برگ، TW : وزن آماس برگ

آبیاری توتستان از اوایل خردادماه تا اواخر شهریور سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ انجام شد. آبیاری‌ها در اکثر مواقع قبل از ظهر انجام می‌شد. گاهی اوقات به دلیل فراهم نبودن شرایط آبیاری، قبل از غروب آفتاب آبیاری صورت می‌گرفت. در این پژوهش، آب مورد نیاز از کانال‌های شبکه آبیاری و زهکشی سفیدرود که از طریق لوله وارد مرکز تحقیقات ابریشم کشور می‌شد، تأمین شد. برای آبیاری از آبپاش‌های مدل ژاله ۳ با دبی ۰/۹ لیتر بر ثانیه و شعاع پرتاب حدود ۱۸ متر استفاده شد. برای آبیاری سطحی، از شیرفلکه پلی‌اتیلنی با دبی ۰/۵ لیتر در ثانیه استفاده شد. در مورد تیمار دیم نیز هیچ‌گونه آبیاری صورت نگرفت.



شکل ۱- محل اجرای پژوهش به‌ترتیب روی نقشه ایران، استان گیلان، شرق شهرستان رشت (کادر قرمز رنگ)

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (صورتی زنجانی، ۱۳۹۹)

بافت خا ک	جرم ویژه ظاهری (gr/cm³)	CEC (cmol/kg)	pH	پتاسیم (درصد)	فسفر (درصد)	کلسیم (درصد)	کربن (درصد)	نیتروژن (درصد)
شنی لومی	۱/۴۴	۴۰/۱۰	۷/۳	۰/۶	۰/۱۸	۰/۵۱	۱/۲۳	۱/۱

شکل ۲- سامانه آبیاری سطحی (سمت راست) و سامانه آبیاری بارانی (سمت چپ) در توتستان محل انجام پژوهش در مرکز تحقیقات ابریشم کشور

برای محاسبه نیاز آبی توت، داده‌های ماهانه ایستگاه هواشناسی فرودگاه رشت (نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی) از سال ۱۳۵۱ تا ۱۴۰۰ اخذ شد. داده‌ها به‌صورت میانگین ماهانه شامل میانگین حداقل و حداکثر دما برحسب درجه سلسیوس، مجموع بارندگی برحسب

میلی‌متر، مجموع ساعات آفتابی برحسب ساعت، میانگین سرعت باد برحسب متر بر ثانیه و میانگین رطوبت نسبی برحسب درصد بودند. با استفاده از نرم‌افزار کراپ‌وات مقادیر ETo تخمین زده شد. در ادامه با استفاده از داده‌های نشریه فائو ۵۶ (Allen et al., 1998)، طول مراحل رشد و میانگین ضریب گیاهی توت تعیین شد. سپس تبخیر-تعرق گیاه توت درطول فصل رشد به‌دست آمد (جدول ۲). با استفاده از مقدار تبخیر-تعرق گیاه توت، نیاز آبی محاسبه شد (علیزاده، ۱۳۸۵).

جدول ۲- مقادیر تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ETo) و تبخیر-تعرق گیاه (ETc)

ماه‌های فصل آبیاری	ETo (mm/day)	ETc (mm/day)
خرداد	۳/۵	۳/۷
تیر	۳/۷	۳/۹
مرداد	۳/۴	۳/۶
شهریور	۲/۸	۲/۹

فاصله بین آبیاری‌های بارانی مرسوم سه روز و آبیاری سطحی هر ۱۰ روز یک‌بار در نظر گرفته شد. با داشتن تبخیر-تعرق گیاهی و بارندگی موثر، نیاز خالص آبیاری محاسبه شد. سپس با در نظر گرفتن راندمان آبیاری بارانی معادل ۷۵ درصد و راندمان آبیاری سطحی معادل۵۰ درصد، عمق ناخالص آبیاری محاسبه شد. با در نظر گرفتن مساحت تحت آبیاری، حجم آب آبیاری تعیین و آبیاری اعمال شد.

مقدار آب مصرف‌شده در هر روش آبیاری، با اندازه‌گیری دبی خروجی آبپاش‌ها در آبیاری بارانی و دبی آب خروجی شیرفلکه در آبیاری سطحی، محاسبه شد. هدف اصلی آبیاری توت، تأمین نیاز آبی گیاه برای تولید برگ باکیفیت مطلوب و مناسب برای تغذیه کرم ابریشم است. نمونه‌برداری برگ تازه توت برای تغذیه کرم ابریشم در دو مرحله یکی قبل از شروع دوره آبیاری در تاریخ ۱۵ خرداد و دیگری بعد از پایان دوره آبیاری در تاریخ ۳۱ شهریور انجام شد. از هر تیمار آبیاری سه درخت توت به‌طور تصادفی انتخاب و از انتهای شاخه‌ها به‌صورت دستی قطع شدند و وزن برگ هر درخت اندازه‌گیری شد (شکل ۳). در ادامه، با توجه به فواصل درختان از هم، مقدار عملکرد گیاه توت برای هر تیمار آبیاری با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد.

$$Y_P = \frac{Y}{A} \qquad (۲)$$

Y_P : عملکرد محصول برحسب کیلوگرم بر هکتار، Y : محصول برحسب کیلوگرم، A : مساحت برحسب هکتار

شکل ۳- نمونه‌های گیاهی برداشت شده و تفکیک برگ‌های تازه توت

بهره‌وری آب آبیاری

بهره‌وری عبارت است از مقدار محصول تولیدی تقسیم بر مقدار آب استفاده‌شده در فرآیند تولید محصول (Khaledian et al., 2011) که با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد.

$$WP = \frac{Y}{I} \quad (۳)$$

WP : بهره‌وری آب برحسب kg/m^3 ، Y : عملکرد محصول kg/ha ، I : آب آبیاری m^3/ha

بهره‌وری آب آبیاری + بارندگی

عبارت است از مقدار محصول تولیدی تقسیم بر مقدار آب آبیاری و باران موثر که با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد.

$$WPi+r = \frac{Y}{I+r} \quad (۴)$$

WPi+r : بهره‌وری آب آبیاری + بارندگی برحسب kg/m^3 ، Y : عملکرد محصول kg/ha ، I : آب آبیاری m^3/ha ، r : آب باران m^3/ha

نیاز تغذیه‌ای یک جعبه نوغان، ۶۰۰ کیلوگرم برگ تازه توت است. تولید متوسط هر جعبه نوغان ۴۲ کیلوگرم پیله تر است. با توجه به عملکرد برگ توت در هکتار مقدار پیله تولیدی با استفاده از رابطه ۵ به‌دست آمد (صورتی زنجانی، ۱۳۹۹). درآمد حاصل از فروش پیله تر، با در نظر گرفتن قیمت آن در سال ۱۴۰۱ به‌عنوان سال پایه (دریافت شده از مرکز تحقیقات ابریشم کشور) به میزان ۹۵۰۰۰۰ ریال محاسبه شد.

$$C = \frac{Y*42}{600} \quad (۵)$$

C : وزن پیله تر تولیدی kg/ha ، Y : عملکرد برگ توت kg/ha

نتایج و بحث

بررسی پارامترهای مختلف گیاه

طول ساقه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در دو مرحله نمونه‌برداری در اول دوره و آخر دوره رشد نشان داد که اثر روش‌های آبیاری در سطح احتمال پنج درصد بر طول ساقه گیاه معنی‌دار بود، لیکن اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر طول ساقه گیاه معنی‌دار نبوده است (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص اثر روش آبیاری بر طول ساقه گیاه نشان داد (شکل ۴) که بیشترین مقدار طول ساقه برای تیمار I3 که در اول دوره (۱۹۸/۶۸ سانتی‌متر) و آخر دوره (۷۴/۸۶ سانتی‌متر) و تیمار I1 به‌عنوان کمترین که در اول دوره (۱۴۲/۳۰ سانتی‌متر) و آخر دوره (۵۱/۵۸ سانتی‌متر) به‌دست آمد.

کانتا طی پژوهشی روی آبیاری توت به این نتیجه رسید که آبیاری بارانی نسبت به سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، زیرسطحی و جوی و پشته، طول ساقه‌های بلندتری داشته که با نتیجه حاصل در این تحقیق مطابقت ندارد (Kanta, 2022). بیشترین مقدار طول ساقه را تیمار آبیاری سطحی داشت. دور آبیاری در تیمار سطحی بیشتر از آبیاری‌های بارانی بوده است که این موضوع می‌تواند بر طول ساقه تاثیرگذار بوده باشد. پس از انجام آبیاری سطحی و نفوذ آب به درون خاک، رطوبت لایه‌های بالایی خاک براثر تابش خورشید و گرما، تبخیر می‌شود و در نتیجه رطوبت در عمق‌های پایین‌تر، بیشتر از لایه‌های بالایی خاک می‌باشد. لذا ریشه‌ی توت از مناطق پایین‌تر رطوبت را جذب می‌کند. درحالی که در آبیاری بارانی معمولا لایه‌های سطحی و بالایی خاک مرطوب شده و مانند آبیاری سطحی نفوذ عمقی ندارد. طول بیشتر شاخه‌ها در تیمار آبیاری سطحی نیز می‌تواند به دلیل همین مساله بوده باشد. در آبیاری بارانی که دور آبیاری کوتاه‌تر بوده است، گیاه به دلیل فضای مرطوب اطراف خود، بیشتر ترغیب به فتوسنتز شده و در نتیجه برگ‌های بیشتری تولید نموده است. اما در آبیاری سطحی این فضای مرطوب وجود نداشته و به همین دلیل افزایش طول ساقه دیده شده است.

سودهاکار و همکاران پژوهشی درخصوص آبیاری زیرسطحی روی گیاه توت انجام دادند و نتیجه گرفتند با نصب لوله‌های آبیاری در عمق ۱/۵ فوت ارتفاع ساقه‌های گیاه بلندتر از آبیاری در عمق‌های کمتر شده است (Sudhakar et al., 2018). پس هرچه رطوبت در نقاط عمیق‌تر خاک باشد، ارتفاع ساقه افزایش خواهد یافت. نتایج این پژوهش با پژوهش عموئی بیجائیه و همکاران که نشان داد در آبیاری سطحی طول ساقه بیشتر از تیمارهای بارانی و کشت دیم بوده، مطابقت دارد (عموئی بیجائیه و همکاران، ۱۴۰۲).

تعداد برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در اول دوره نشان داد که اثر روش‌های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر تعداد برگ گیاه و همچنین اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر تعداد برگ گیاه معنی‌دار بوده است (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص اثر روش آبیاری بر تعداد برگ گیاه در اول دوره نشان داد (شکل ۴) که بیشترین مقدار برای تیمار I2 (۱۷۶۳/۱۷ برگ در هر درخت) و تیمار I1 به‌عنوان کمترین (۵۷۳/۵۰ برگ در هر درخت) بود و همچنین در خصوص اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر تعداد برگ گیاه نشان داد که بیشترین تعداد برگ در سال دوم تیمارآبیاری I2 به مقدار ۲۰۶۵ برگ در هر درخت و کمترین تعداد مربوط به سال اول تیمار I1 است، که با سال دوم تیمار I1 با مقدار ۵۰۵/۳۳ و ۶۴۱/۶۷ برگ در هر درخت در یک سطح قرار دارند. نتایج حاصل از

تجزیه واریانس داده‌ها در آخر دوره نشان داد که اثر روش‌های آبیاری در سطح احتمال 5 درصد بر تعداد برگ گیاه معنی‌دار بود و اما اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر تعداد برگ گیاه تاثیر معنی‌داری نداشته است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص اثر روش آبیاری بر تعداد برگ گیاه در آخر دوره نشان داد که بیشترین مقدار برای تیمار I2 (۶۰۵ برگ در هر درخت) و تیمار I1 به‌عنوان کمترین (۳۰۰ برگ در هر درخت) به‌دست آمد.

جدول ۳- تجزیه واریانس طول ساقه، تعداد برگ در هر درخت و درصد رطوبت‌نسبی

صفات مورد بررسی منبع تغییرات	درجه آزادی	طول ساقه اول دوره	طول ساقه آخر دوره	تعداد برگ اول دوره	تعداد برگ آخر دوره	درصد رطوبت‌نسبی اول دوره	درصد رطوبت‌نسبی آخر دوره
		میانگین مربعات					
سال	۱	۲۲۸۹/۳۸ ns	۹۶/۱۴ ns	۴۵۰۹۳۳/۳۸ ns	۸۴۹۳/۳۸ ns	۳۸/۰۷ns	۲۳/۹۴ns
تیمارهای آبیاری	۲	۴۸۳۲/۲۷*	۸۱۵/۰۷*	۲۲۱۸۷۳۶/۲۲*	۱۳۹۳۸۶/۷۲*	۶۴۲/۰۷*	۹۶۳/۸۶*
سال × تیمارهای آبیاری	۲	۸۶/۵۹ ns	۳۴/۸۱ ns	۹۴۷۵۳/۵۵*	۲۴۶۰/۰۵ ns	۵/۷۸ns	۸۹/۰۲*

ns: معنی‌دار نیست. *: در سطح ۵٪ معنی‌دار است.

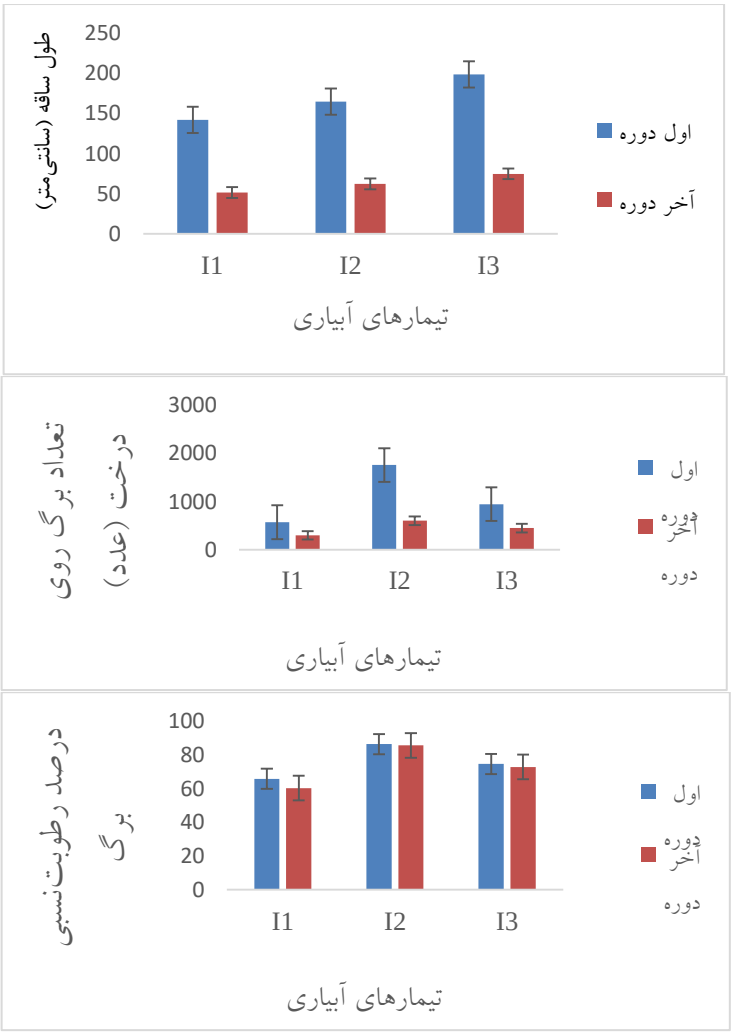
نتایج کانتا نشان داد که تعداد برگ در هر بوته در آبیاری بارانی به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از دیگر روش‌ها (سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، زیرسطحی و جویچه‌ای متناوب) بود (Kanta, 2022). بیژن‌نیا و همکاران (۱۳۸۵) نیز به این نتایج رسیدند که در آبیاری بارانی برگ‌های بیشتری نسبت به آبیاری سطحی روی شاخسار درخت توت تشکیل می‌شود. یافته‌های مشابهی توسط سودهاکار و همکاران ثبت شد که تعداد برگ‌ها در آبیاری قطره‌ای در مقایسه با آبیاری غرقابی بیشترین مقدار را داشتند (Sudhakar et al., 2018). نتایج این مطالعه با یافته‌های تحقیقات مشابه همسو است. به‌عنوان مثال، پل و کیوم در مطالعه‌ای به این نتیجه رسیدند که در گیاهان با رطوبت مناسب تعداد برگ بیشتر می‌شود و تعداد برگ از مهم‌ترین ویژگی‌های ارقام توت برای افزایش عملکرد برگ هستند (Paul and Quiyyum, 2010).

درصد رطوبت‌نسبی برگ

بررسی نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها در اول دوره نشان داد که اثر روش‌های آبیاری بر درصد رطوبت نسبی برگ اول دوره با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد دارند لیکن اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر درصد رطوبت‌نسبی برگ اول دوره معنی‌دار نبوده است (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص اثر روش آبیاری بر درصد رطوبت‌نسبی برگ اول دوره گیاه نشان داد که بیشترین مقدار برای تیمار I2 (۸۶/۵۴ درصد) و تیمار I1 به‌عنوان کمترین (۶۵/۹۲ درصد) درصد رطوبت‌نسبی برگ به‌دست آمد. نتایج حاصل از تجزیه آماری داده‌های به‌دست‌آمده در آخر دوره نشان داد که روش‌های آبیاری بر درصد رطوبت‌نسبی برگ آخر دوره و همچنین اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر درصد رطوبت‌نسبی برگ آخر دوره اثر معنی‌داری در سطح ۵ درصد دارد (شکل ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص اثر روش آبیاری بر درصد رطوبت‌نسبی برگ آخر دوره گیاه نشان داد که بیشترین مقدار برای تیمار I2 (۸۵/۸۱ درصد) و تیمار I1 به‌عنوان کمترین (۶۰/۴۶ درصد) و همچنین در خصوص اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر درصد رطوبت‌نسبی برگ آخر دوره گیاه نشان داد که بیشترین درصد رطوبت‌نسبی برگ در سال دوم تیمار I2 به مقدار ۸۸/۹۰ و کمترین درصد رطوبت‌نسبی مربوط به سال دوم تیمار I1 با مقدار ۵۶/۰۳ است. از لحاظ آماری بین سال اول و دوم تیمار I3 هیچ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و هر دو در یک سطح قرار دارند.

پژوهش‌های پیشین نشان داد که برگ‌های توت به‌دست آمده از توتستان‌های آبیاری شده، رطوبت بیشتری نسبت به برگ‌های استحصالی از توتستان‌های دیم دارند. میزان رطوبت برگ نیز در تیمارهای آبیاری شده نسبت به شاهد در سطح آماری بالاتری بوده است. بیژن‌نیا و همکاران (۱۳۸۵) گزارش کردند که میزان رطوبت برگ توت، رابطه مستقیمی با کمیت و کیفیت پیله استحصالی دارد (حسینی امام و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین مشاهده شد که آبیاری قطره‌ای زیرسطحی توت نسبت به آبیاری غرقابی باعث افزایش معنی‌دار سطح رطوبت برگ و کلروفیل کل شد (Sudhakar et al., 2018). محتوای رطوبت برگ توت در سامانه‌های آبیاری تحت فشار (بارانی و قطره‌ای) بیشتر از آبیاری غرقابی می‌باشد (Rajaram and Qadri, 2014). نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های پژوهش‌های مشابه همسو است. به‌عنوان مثال، رحمت‌اله و همکاران در مطالعه‌ای بیان کردند که تغذیه کرم‌ابریشم با برگ‌های دارای رطوبت بیشتر، منجر به

تجمع رطوبت بیشتر در بدن کرم و افزایش بهره‌وری در صنعت ابریشم‌کشی می‌شود (Rahmathulla et al., 2006). پژوهش حاضر با پژوهش‌های پیشین مطابقت دارد.



شکل ٤- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آبیاری بر طول ساقه، تعداد برگ روی درخت و درصد رطوبت نسبی برگ (کشت دیم به‌عنوان شاهد (I1)، آبیاری بارانی (I2) و آبیاری سطحی (I3))

عملکرد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در اول دوره نشان داد که اثر روش‌های آبیاری در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد گیاه معنی‌دار بود (جدول ۴) ولی اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر عملکرد گیاه معنی‌دار نبوده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص اثر روش آبیاری بر عملکرد گیاه در اول دوره نشان داد که بیشترین مقدار برای تیمار I2 (۱۰۲۵۷/۵۰ کیلوگرم بر هکتار) و تیمار I1 دارای کمترین مقدار عملکرد (۴۳۲۰ کیلوگرم بر هکتار) بود (شکل ۵).

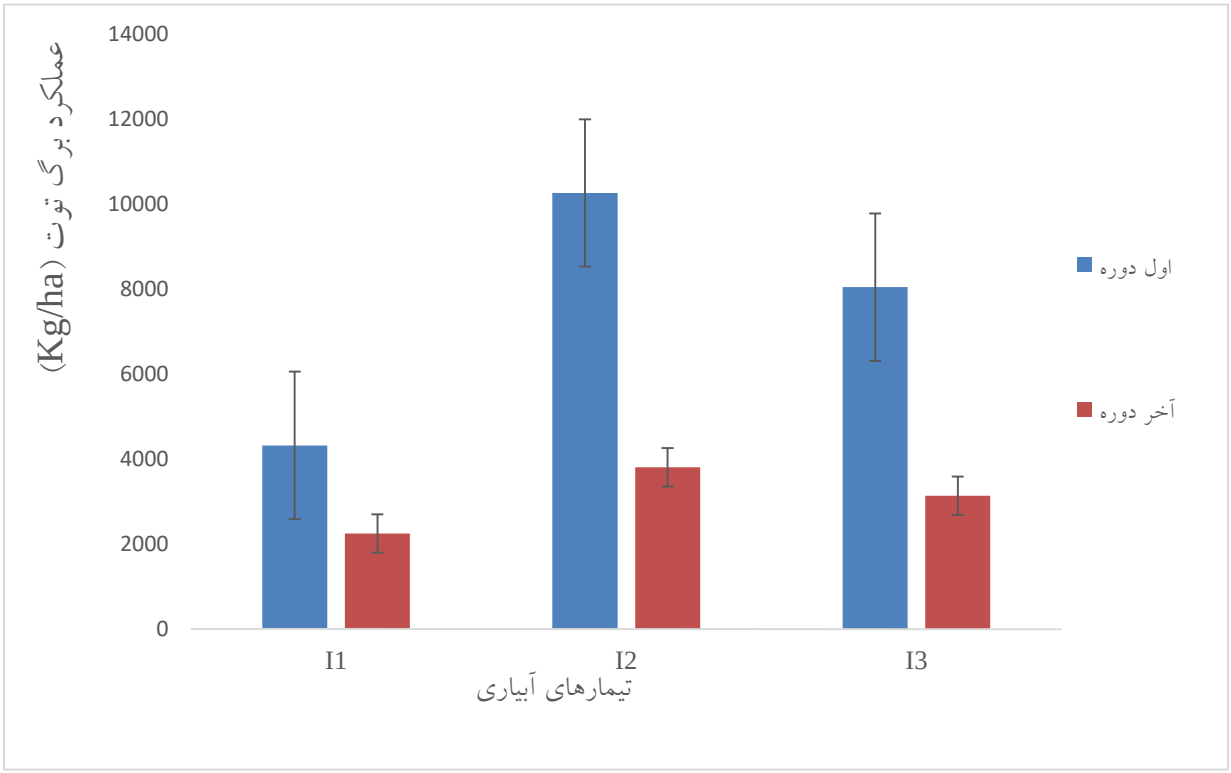
نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در آخر دوره نشان داد که تفاوت معناداری بین عملکرد برگ توت در دو سال وجود دارد و در سال دوم با میانگین ۳۵۹۰/۶۷ کیلوگرم بر هکتار بیشتر از سال اول با میانگین ۲۵۳۳/۳۳ کیلوگرم بر هکتار است و در خصوص اثر روش آبیاری، بیشترین مقدار برای تیمار I2 (۳۸۰۴ کیلوگرم بر هکتار) و تیمار I1 دارای کمترین مقدار عملکرد (۲۲۴۸ کیلوگرم بر هکتار) بود (شکل ۵).

پژوهش‌های پیشین نشان داد که اثر روش آبیاری بارانی بر عملکرد برگ توت بیشتر از تیمارهای آبیاری سطحی و کشت دیم بود (عموئی بیجائیه و همکاران، ۱۴۰۲). در یک مطالعه دیگر روی آبیاری درختان توت، مشاهده شد که روش آبیاری بارانی بیشترین میزان عملکرد برگ توت را در هر هکتار به ارمغان می‌آورد. این عملکرد

به‌طور قابل توجهی بهتر از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، زیرسطحی و جوی و پشته بود (Kanta, 2015). پژوهش دیگری نشان داد که در بین سطوح مختلف آبیاری، سامانه‌های آبیاری تحت فشار بیشترین عملکرد برگ توت را نسبت به آبیاری سنتی داشته است (Ranjitha and Chandrashekhar, 2021). نتایج مطالعه حاضر با یافته‌های تحقیقات مشابه همسو است. به‌عنوان مثال در پژوهشی دیگر این نتیجه حاصل شد که آبیاری دو هفته‌ای در توت نسبت به آبیاری ماهانه عملکرد بیشتری داشته است، در حالی که عملکرد در گیاهان بدون آبیاری کمترین بود (Paul and Quiyyum, 2010) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

جدول ٤- تجزیه واریانس عملکرد برگ در هکتار

صفات مورد بررسی منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد اول دوره	عملکرد آخر دوره
		میانگین مربعات	
سال	۱	۶۳۵۴۶۱۲/۵۰ ns	۵۰۳۰۷۹۲*
تیمارهای آبیاری	۲	۵۴۰۰۹۶۱۲/۵۰*	۳۶۵۵۰۳۲*
سال × تیمارهای آبیاری	۲	۲۱۹۳۰۴۸/۵۰ ns	۱۴۲۱۶ns



شکل ٥- مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای آبیاری بر عملکرد برگ توت در هکتار (I1: بدون آبیاری (دیم)، I2: آبیاری بارانی و I3: آبیاری سطحی)

بهره‌وری آب

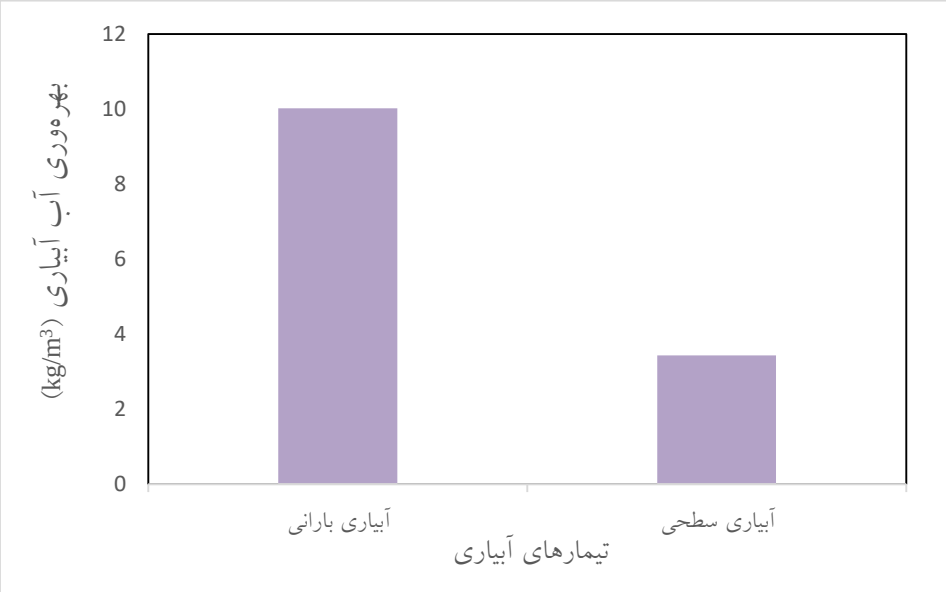
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر روش های آبیاری در سطح احتمال پنج درصد بر بهره‌وری آب آبیاری و همچنین اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر بهره‌وری آب آبیاری معنی‌دار بوده است (جدول ۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که روش آبیاری بارانی، بهره‌وری آب آبیاری بیشتری (۱۰/۰۲ کیلوگرم بر مترمکعب) نسبت به روش آبیاری سطحی (۳/۴۳ کیلوگرم بر مترمکعب) دارد که در سال دوم بیشتر از سال اول بود (شکل ۶).

نتایج این پژوهش با نتایج قدمی فیروزآبادی و همکاران (۱۳۹۹) که بیان کردند سامانه آبیاری بارانی نسبت به سامانه آبیاری سطحی با کاهش پنج درصدی در مصرف آب باعث افزایش ۱۰۶ درصدی در بهره‌وری مصرف آب لوبیا شده است و کیانی و همکاران (۱۴۰۱) که در تحقیق خود در خصوص بهره‌وری آب آبیاری سویا در مزارع استان گلستان به این نتیجه رسیدند که بهره‌وری آب آبیاری در روش بارانی بیشتر از روش سطحی بود، مطابقت دارد. همچنین با نتایج احمدزاده (۱۳۹۱) که بیان کردند بهره‌وری آب در سامانه آبیاری بارانی به‌طور قابل توجهی بالاتر از سامانه آبیاری سطحی است و با تغییر سامانه آبیاری از سطحی به بارانی بهره‌وری آب افزایش یافت، مطابقت دارد.

جدول ۵- تجزیه واریانس بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب آبیاری + بارندگی

صفات مورد بررسی / منبع تغییرات	درجه آزادی	بهره‌وری آب آبیاری	بهره‌وری آب آبیاری + بارندگی
		میانگین مربعات	
سال	۱	۹/۹۸*	۱/۰۳*
تیمارهای آبیاری	۲	۱۵۵/۶۱*	۳/۱۴*
سال × تیمارهای آبیاری	۲	۲/۷۳*	۰/۴۱*

ns معنی‌دار نیست. * در سطح ۵٪ معنی‌دار است.

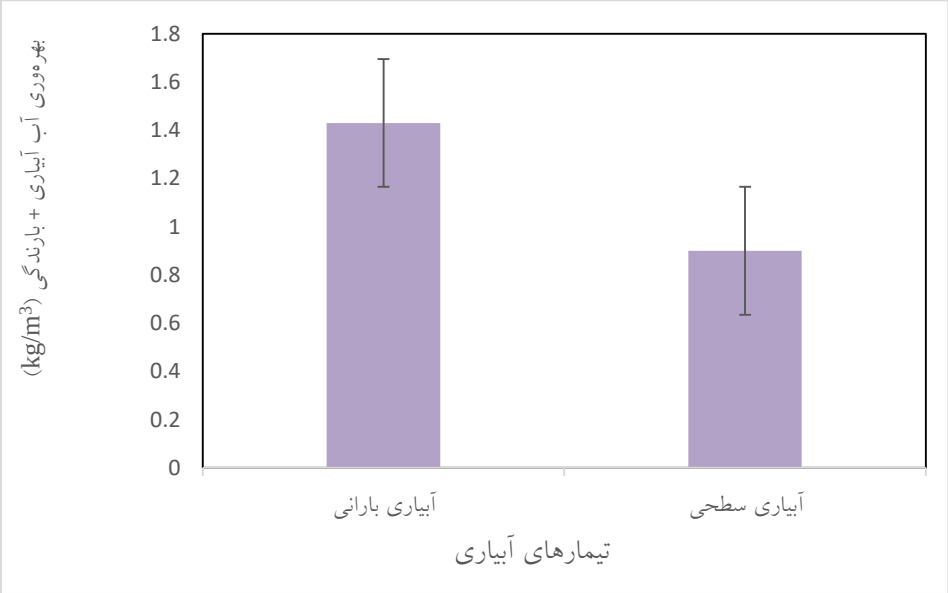


شکل ٦- مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای آبیاری بر بهره‌وری آب آبیاری

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر روش های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر بهره‌وری آب آبیاری + بارندگی و همچنین اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر بهره‌وری آب آبیاری + بارندگی معنی‌دار بوده است (جدول ۵). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که روش آبیاری بارانی بهره‌وری آب آبیاری + بارندگی بیشتری (۱/۴۳ کیلوگرم بر متر مکعب) نسبت به روش آبیاری سطحی (۰/۹۰ کیلوگرم بر متر مکعب) دارد و همچنین در خصوص اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر بهره‌وری آب آبیاری + بارندگی، نتایج نشان داد که بیشترین بهره‌وری آب آبیاری + بارندگی در سال اول آبیاری بارانی (I2) به مقدار ۱/۹۵ کیلوگرم بر متر مکعب و کمترین مربوط به سال دوم آبیاری سطحی با مقدار ۰/۷۱ کیلوگرم بر متر مکعب است (شکل ۷).

درآمد به ازای فروش پیله تر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر روش های آبیاری در سطح احتمال پنج درصد بر درآمد به ازای فروش پیله تر معنی‌دار بود (جدول ۶). همچنین در خصوص اثر روش آبیاری بر درآمد به ازای فروش پیله تر، بیشترین مقدار برای تیمار آبیاری بارانی (۹۳۵۰۸۹/۷۵ هزار ریال در هکتار) و تیمار دیم به‌عنوان کمترین (۴۳۶۷۷۲ هزار ریال در هکتار) به‌دست آمد (شکل ۸).

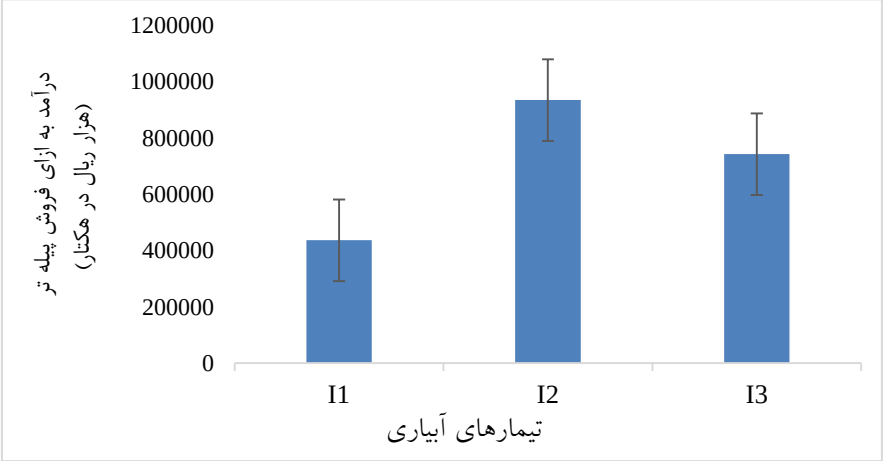


شکل ۷- مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای آبیاری بر بهره‌وری آب آبیاری + بارندگی

جدول ٦- تجزیه واریانس درآمد به ازای فروش پیله تر

منبع تغییرات	درجه آزادی	درآمد به ازای فروش پیله تر
سال	۱	۱۹۰۰۹۷۲۱۳۵۱۵۳/۱۲*
تیمارهای آبیاری	۲	۶۰۷۲۹۶۶۰۸۳۶۲/۵۴*
سال × تیمارهای آبیاری	۲	۳۴۳۵۳۳۶۱۳۵/۰۴ns

ns معنی‌دار نیست. * در سطح ۵٪ معنی‌دار است.



شکل ۸- مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای آبیاری بر درآمد به ازای فروش پیله تر (هزار ریال در هکتار) (کشت دیم به‌عنوان شاهد (I1)، آبیاری بارانی (I2) و آبیاری سطحی (I3))

نتیجه‌گیری

هدف از انجام پژوهش حاضر، ارزیابی اثر آبیاری سطحی و بارانی در مقایسه با کشت دیم بر مصرف آب، عملکرد برگ تازه توت، بهره‌وری آب آبیاری و درآمد ناشی از فروش پیله ابریشم بود. نتایج نشان داد که آبیاری توتستان‌ها به‌طور قابل‌توجهی منجر به بهبود عملکرد

برگ تازه توت و درآمد ناشی از فروش پیله ابریشم شد. آبیاری بارانی به دلیل توزیع یکنواخت آب در کل توتستان، در مقایسه با آبیاری سطحی باعث افزایش تعداد برگ و درصد رطوبت نسبی برگ شد و در مقایسه با روش بدون آبیاری (دیم) موجب افزایش تعداد برگ و درصد رطوبت نسبی برگ شد. عملکرد برگ در روش آبیاری بارانی بیشتر از روش آبیاری سطحی و بیشتر از روش بدون آبیاری (دیم) بود و همچنین عملکرد روش آبیاری سطحی بیشتر از روش بدون آبیاری (دیم) بود. بهبود عملکرد توتستان در اثر آبیاری به‌دلیل افزایش دسترسی گیاه به آب و مواد مغذی در این روش آبیاری است. از طرف دیگر، تنش آبی در تیمار دیم باعث کاهش رشد و عملکرد گیاه شده است. آبیاری بارانی سبب افزایش بهره‌وری آب آبیاری شد که نشان‌دهنده نقش موثر به‌کارگیری سامانه آبیاری بارانی در مقایسه با آبیاری سطحی است. استفاده از سامانه‌های آبیاری بارانی در توتستان نسبت به آبیاری سطحی منجر به کاهش مصرف آب شد. روش آبیاری بارانی در مقایسه با آبیاری دیم منجر به افزایش معنی‌دار درآمد به ازای فروش پیله تر شد. پیشنهاد می‌شود که سازمان جهاد کشاورزی برای تجهیز توتستان‌ها به سامانه‌های آبیاری بارانی اقدام به پرداخت یارانه راه‌اندازی سامانه آبیاری تحت فشار نماید. با توجه به آبیاری انجام شده و فراهم بودن برگ توت در طول بهار و تابستان پیشنهاد می‌شود که در انتهای تابستان و اوایل پاییز یک دوره دیگر پرورش پیله ابریشم انجام داد تا به اقتصاد خانوارهای روستایی کمک شود.

منابع

احمدزاده، ح. ۱۳۹۱. ارزیابی بهره‌وری آب کشاورزی با استفاده از مدل SWAT؛ مطالعه موردی، حوضه زرینه‌رود. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس.

اکبرزاده، ح. ۱۳۸۸. بررسی مقایسه‌ای شاخص‌های مورفولوژیکی و آناتومیکی واریته‌های پرمصرف توت در تغذیه کرم ابریشم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم پایه. تهران.

بیژن‌نیا، ع.، رضوی‌پور، ت. و حسینی‌امام، ا. ۱۳۹۵. اهمیت آبیاری درختان توت جهت پرورش کرم ابریشم، مرکز تحقیقات ابریشم کشور - مؤسسه تحقیقات برنج کشور.

بیژن‌نیا، ع.، رضوی‌پور، ت.، صیداوی، ع. و حسینی‌امام، ا. ۱۳۸۵. بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر متغیرهای کمی گیاه توت در استان گیلان. فصلنامه پژوهش و سازندگی. ۱۹(۳):۶۰-۶۵.

بیژن‌نیا، ع.، صیداوی، ع. و غنی‌پور، م. ۱۳۸۷. ارزیابی تاثیر رژیم غذایی و زمان پرورش بر پارامترهای بیولوژیکی و اقتصادی کرم ابریشم. اقتصاد و توسعه کشاورزی. ۲۲(۲): ۱-۱۳.

حسینیان، ص.، خالدیان، م. و معتمد، م. ۱۳۹۵. ارزیابی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی از لحاظ شاخص‌های اقتصادی بهره‌وری آب در جنوب فرانسه. پژوهش آب در کشاورزی. ۳۰(۲): ۲۱۵-۲۲۶.

صورتی زنجانی، ر. ۱۳۹۹. ارزیابی سودمندی کشت مخلوط گیاهان زراعی و علوفه‌ای با درخت توت (*Morus alba* L). رساله دکتری دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان.

علیزاده، ا. ۱۳۸۵. اصول و عملیات آبیاری قطره‌ای. انتشارات دانشگاه آستان قدس رضوی.

عموئی بیجائیه، ص. ۱۴۰۰. اثر روش‌های آبیاری سطحی و بارانی در مقایسه با دیم بر کمیت و کیفیت برگ توت. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان.

عموئی بیجائیه، ص.، خالدیان، م. و صورتی زنجانی، ر. ۱۴۰۲. بهبود بهره‌وری آب و انرژی با کاربرد سامانه هوشمند آبیاری بارانی توتستان. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۷(۲): ۳۷۵-۳۸۵.

قدمی فیروزآبادی، ع.، اکبری، م. و فرزام نیا، م. ۱۳۹۹. تعیین بهره‌وری مصرف آب محصول لوبیا در دو سامانه آبیاری بارانی و سطحی (مطالعه موردی: استان لرستان). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۴(۵): ۱۸۱۵-۱۸۲۷.

کیانی، ع.، کمالی، م ا. و عباسی، ف. ۱۴۰۱. بررسی بهره‌وری آب آبیاری سویا در مزارع استان گلستان. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۶(۱): ۶۹-۸۲.

محمدخانی، ا.، پورغلام آمیجی، م.، سهرابی، تیمور. و لیاقت، ع. ۱۳۹۹. اثر سطوح مختلف تنش آبی در دو سامانه آبیاری قطره‌ای نواری سطحی و زیرسطحی بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت. مدیریت آب و آبیاری. ۱۰(۲): ۲۴۷-۲۶۴.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Paper No 56. FAO. Italy.

Kanta, S. 2015. Effect of micro-sprinkler, drip, subsurface and furrow irrigation systems on growth and leaf yield of mulberry in the Shivalik foot hill of Punjab. Cibtech Journal of Bio-Protocols. 4(3): 13-16.

Kanta, S. 2022. Effect of irrigation systems on growth of various parts of mulberry plant by spacing

leaves on the economic characters of the silkworm B*ombyx mori* (lepidoptera: bombycidae). Formosan Entomologist. 29: 73-81.

Rahmathulla, V.K., Tilak, R. and Rajan, R.K. 2006. Influence of moisture content of mulberry leaf on growth and silk production in *Bombyx mori* L. Caspian Journal of Environmental Sciences. 4(1): 25-30.

Rajaram, S. and Qadri, S.M.H. 2014. Computation of irrigation water requirements, its managements and calendering in mulberry crop for sustainable sericulture under tamil nadu conditions. International Journal of Engineering Science. 4(1): 1-19.

Sudhakar, P., Hanumantharayappa, S.K., Swamy, G.M.R., Jalaja, S.K. and Sivaprasad, V. 2018. Impact of micro irrigation methods on mulberry (*Morus alba* L.) leaf quality and production. International Journal of Pure and Applied Bioscience. 6: 332-339.

Weatherly, P. 1950. Studies in the water relations of cotton plants. I. The field measurement of water deficit in leaves. New Phytologist. 49: 81-87.

method. Asian Journal of Organic & Medicinal Chemistry. 7(2): 390-392.

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.

Kumar, K., Mohan, M., Tiwari, N. and Kumar, S. 2018. Production potential and leaf quality evaluation of selected mulberry (Morus alba) clones. Journal Pharmacognosy Phytochemistry. 7(2): 482-486.

Paul, N.K. and Quiyyum, M.A. 2010. Effect of soil moisture regimes on growth and yield of mulberry. Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research. 45(4): 331-336.

Radjabi, R. 2010. Effect of mulberry leaves enrichment with amino acid supplementary nutrients on silkworm, *Bombyx mori* L. at north of Iran. Academic Journal of Entomology. 3(1): 45-51.

Radjabi, R., Ebadi, R., Mirhoseini, S.Z. and Nair, S. 2009. Effects of feeding alanine-enriched mulberry

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 20, Apr.-May. 2026, p. 87-99

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۲۰، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۵، ص. ۹۹-۸۷

Effect of Sprinkle Irrigation System on Water Productivity of Fresh Mulberry Leaf for Silk Production

Majid Saber Zideh Saraei[1], Yousef Hamidoghli[2], Davoud Bakhshi[3], Mohammadreza Khaledian[4]*, Reza Sourati Zanjani[5]

Recived: Sep. 29, 2025 Accepted: Nov. 03, 2025

Abstract

Mulberry leaves are the only known food source for silkworm rearing. The production of high-quality silk requires the use of mulberry leaves of appropriate quality and quantity, which in turn requires systematic and optimal irrigation. This study investigated the effect of sprinkle irrigation on irrigation water consumption, mulberry leaf yield, and water productivity in comparison with rainfed and surface irrigation system at the National Silk Research Center located in the Pasikhan region of Rasht city from June to September 2022 and 2023. After irrigation, three mulberry trees were randomly selected from each irrigation treatments and then the branches were harvested from the most distal point possible and the yields were compared in two stages (at the beginning of the irrigation season in June and after the full application of the treatments in September). The results of the analysis of variance in the two sampling stages showed that the difference between the treatments was significant at the 5% level. The results showed that the leaf yield per hectare in sprinkle irrigation treatment was higher than the other treatments (the yields in June and September were 10257.50 and 3804 kg/ha, respectively). The amount of water used in the sprinkle irrigation treatment was less than the surface irrigation treatment and for this reason, water productivity was the highest with 17.02 kg/m^3. The results showed that the application of sprinkle irrigation in mulberry orchard had a positive effect on reducing water consumption, increasing mulberry leaf production, and improving water productivity.

Keywords: Income, Pasikhan, Silkworm

1- Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan; P.O.BOX 41635-3756, Rasht, Iran
2- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Guilan, Iran
3- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Guilan, Iran
4- 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
5- Assistant Professor, Iran Silk Research Center, Iran
(*- Corresponding Author Email: khaledian@guilan.ac.ir)