نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۹، بهمن - اسفند ۱۴۰۴، ص. ۹۵۲-۹۳۷

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 19, Feb.-Mar. 2026, p. 937-952

مقاله علمی-پژوهشی

اثر آبیاری بارانی بر بهبود صفات کمّی و کیفی ابریشم تولید شده در مقایسه با آبیاری سطحی و کشت دیم

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۸

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر تیمار آبیاری بارانی بر برخی صفات عملکردی برگ توت، عملکرد ابریشم و درآمد ناشی از فروش پیله در مقایسه با تیمارهای کشت دیم و آبیاری سطحی از خرداد تا شهریور سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در مرکز تحقیقات ابریشم کشور واقع در منطقه پسیخان شهرستان رشت انجام شد. پس از اعمال تیمارهای آبیاری، از هر تیمار سه درخت توت به‌طور تصادفی انتخاب و سپس ساقه‌ها به منظور تعیین صفات مورد مطالعه کف‌بر شدند و در دو مرحله شامل ابتدای فصل آبیاری (خرداد ماه) و انتهای فصل آبیاری (شهریور ماه) مقایسه شدند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در دو مرحله نمونه‌برداری نشان داد که تفاوت بین تیمارها در سطح ۵٪ معنی‌دار بوده است. مقایسه میانگین‌ها در اول و آخر دوره نشان داد بیشترین کلروفیل a (۰/۷۵۳ و ۰/۶۵۴ میلی‌گرم بر گرم)، کلروفیل b (۰/۲۹۹ و ۰/۲۱۱ میلی‌گرم بر گرم)، پروتئین (۶/۵۰۱ و ۶/۲۵۱ میلی‌گرم در گرم) و قند کل برگ (۰/۳۵۸ و ۰/۴۱۹ میلی‌گرم در گرم) در آبیاری بارانی به‌دست آمد. بلندترین طول ساقه (۱۹۸/۶۸ و ۷۴/۸۶ سانتی‌متر) در تیمار آبیاری سطحی به‌دست آمد. بالاترین مقدار فنل (۰/۳۲۲ و ۰/۲۵۸ میلی‌گرم در گرم) و فلاونوئید برگ (۰/۲۹۴ و ۰/۲۱۳ میلی‌گرم در گرم) در تیمار کشت دیم (شاهد) به‌دست آمد. در مرحله بعد برگ‌های حاصل از تیمارهای مورد آزمایش به کرم‌های ابریشم داده شد که پس از تغذیه لاروها از برگ‌ها و پیله‌زنی کرم‌ها، بالاترین تعداد پیله خوب (۱۱۷/۱۶ عدد) و وزن یک لیتر پیله خوب (۱۷۵/۷۴ گرم) در آبیاری بارانی به‌دست آمد. از لحاظ درآمد، بیشترین مقدار فروش پیله تر در تیمار آبیاری بارانی با مقدار ۹۳۵۰۸۹/۷۵ هزار ریال در هکتار بود. نتایج نشان داد اعمال آبیاری بارانی در توتستان بر کیفیت برگ توت تولیدی و در نتیجه پیله تر تولید شده و درآمد بالاترین اثر مثبت را داشت.

واژه‌های کلیدی: ابریشم، برگ توت، پیله تر، توتستان

مقدمه

برگ توت تنها منبع غذایی کرم ابریشم (*Bombyx mori L.*) است (علی‌پناه و همکاران، ۱۳۹۶). لذا کیفیت و کمیت برگ توت می‌تواند روی ابریشم تولیدی تأثیرگذار باشد (عموئی بیجائیه و همکاران، ۱۴۰۲). ابریشم یک کالای راهبردی برای توسعه است زیرا همانند سایر موجودات، تغذیه نقش مهمی در بهبود رشد و نمو لارو دارد. کیفیت برگ‌های توت ارتباط مستقیمی با رشد طبیعی لاروها و کیفیت پیله دارد (رجبی کنف‌گورابی و همکاران، ۱۳۸۷). در صورت بروز برخی تغییرات کوچک در آب‌وهوا 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، ۱۳۸۸). کرم ابریشم برای رشد طبیعی، بقا و افزایش تولید ابریشم به قندها، پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه و ویتامین‌های ضروری خاصی نیاز دارد (اعتباری و متین دوست، ۱۳۸۲). برگ‌های توت منبعی از پروتئین، هیدروکربن‌ها،

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، ایران
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، ایران
۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، ایران
۴- دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان و گروه پژوهشی مهندسی آب و محیط زیست پژوهشکده حوزه دریای خزر، رشت
(*- نویسنده مسئول: (khaledian@guilan.ac.ir
۵- مرکز تحقیقات ابریشم کشور
DOI: 10.22034/idj.2025.542428.2623

ویتامین‌ها، استرول‌ها و املاح معدنی می‌باشند. کربوهیدرات‌ها برای حفظ سلامتی و رشد لاروهای جوان اهمیت دارند. پروتئین جزء ترکیبات ضروری و مهم درخت توت و همچنین کرم ابریشم بوده و محتوای پروتئین برگ به‌طور مستقیم روی رشد و نمو لاروها و تولید پیله مؤثر خواهد بود. پروتئین برگ به‌عنوان ماده اصلی در تشکیل و افزایش حجم غده ابریشمی در کرم ابریشم است، زیرا محتوای این غده به‌طور عمده از ترکیبات پروتئینی است. در شروع فصل و در ابتدای دوره جوانی لاروها لازم است محتوای پروتئین و رطوبت برگ‌های توت در مقایسه با کربوهیدرات بالا باشد (اکبرزاده، ۱۳۸۸).

کیفیت برگ تحت تأثیر عوامل مختلفی ازجمله بافت خاک، هرس، کود، بارندگی و آبیاری قرار دارد (Gupta and Dubey, 2021). به‌طورکلی باید گفت از بین کلیه عوامل مؤثر در کشت توت، آبیاری بالاترین ارتباط را با تولید برگ نشان می‌دهد زیرا آب در حیات گیاهان از پیش‌نیازهای جذب مواد غذایی آن‌ها محسوب می‌گردد (بیژن‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵). برای تولید ابریشم مرغوب نیاز به برگ توت با کمیت و کیفیت خوب هست که آبیاری مناسب لازمه آن است. ازاین‌رو انتخاب شیوه صحیح و مطلوب آبیاری و افزایش بازده آن با اعمال مدیریت صحیح از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (عموئی بیجائیه و همکاران، ۱۴۰۲). با توجه به کمبود شدید آب در سال‌های اخیر و بنا بر سیاست‌های بخش کشاورزی، آبیاری تحت فشار برای بیشتر گیاهان کشت شده در کشور به اجرا درآمده است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک که با کمبود آب مواجه هستند، در راستای حفاظت از منابع آب‌وخاک، بهره‌وری آب آبیاری مسئله مهمی است (مقبلی دامنه و همکاران، ۱۳۹۷). استفاده از سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار به دلیل دارا بودن راندمان بالا، یکی از راه‌های استفاده بهینه از منابع آب هست (بامداد ماچیانی و همکاران، ۱۳۹۱).

با تأمین آب موردنیاز گیاه توت از طریق آبیاری، تولید برگ توت تا ۱۵ ٪ افزایش می‌یابد. اعمال آبیاری در سطح توتستان‌ها می‌تواند در بالا بردن راندمان متغیرهای کمّی خصوصاً میزان برگ و نیز کیفی درختان توت و درنتیجه افزایش بازدهی توتستان‌ها در پرورش کرم ابریشم و تولید ابریشم مؤثر باشد. برگ‌های توت به‌دست‌آمده از توتستان‌های آبیاری شده، از کمیت برگ بیشتر با میزان رطوبت، پروتئین و ارزش غذایی بیشتر نسبت به برگ‌های استحصالی از کرت‌های شاهد (دیم) خواهد بود (بیژن‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵). اعمال آبیاری در سطح توتستان‌های دیم منطقه می‌تواند در بالا بردن راندمان متغیرهای کمّی درختان توت خصوصاً میزان برگ و به طبع افزایش بازدهی توتستان‌ها در پرورش کرم ابریشم و به دنبال آن تولید ابریشم بیشتر مؤثر باشد (بیژن‌نیا و همکاران، ۱۳۸۵).

تنها در صورت فراهم بودن آب کافی امکان برداشت اقتصادی از توتستان‌ها وجود خواهد داشت. زیرا از بین کلیه عوامل مؤثر در کشت توت، آبیاری بالاترین ارتباط را با تولید برگ تازه نشان داده است. با توجه به اهمیت استفاده بهینه از منابع آبی در امر تولید محصولات کشاورزی، این پژوهش به دنبال بررسی اثر آبیاری بارانی بر کیفیت برگ توت تولیدی در مقایسه با شرایط دیم و آبیاری سطحی بوده و به این سؤال پاسخ می‌دهد که در صفات کیفی برگ توت، در استفاده از روش‌های آبیاری بارانی، آبیاری سطحی و شرایط دیم چه تفاوتی وجود دارد؟ در نهایت پژوهش حاضر با هدف به‌دست آوردن روش آبیاری مناسب برای افزایش عملکرد کمّی و کیفی برگ‌های توت و ابریشم تولیدی انجام شد.

مواد و روش

پژوهش حاضر در مرکز تحقیقات ابریشم کشور در دو سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در منطقه پسیخان شهرستان رشت با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۹- از سطح دریای آزاد اجرا شد. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل: کشت دیم به‌عنوان شاهد (I1)، آبیاری بارانی (I2) و آبیاری سطحی (I3) در نظر بودند. فاصله درخت‌های توت از یکدیگر روی خطوط تقریباً ۷۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۱۵۰ تا ۱۷۰ سانتی‌متر بود. 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 برای اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه در نظر گرفته شد. درختان توت موجود در زمین مورد آزمایش از رقم اصلاح‌شده ژاپنی به نام کن-موچی هست. آبیاری توتستان از اوایل خردادماه تا اواخر شهریور سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ انجام شد. در این آزمایش از آبپاش‌های مدل ژاله ۳ با دبی ۰/۹ لیتر بر ثانیه و شعاع پرتاب حدود ۱۸ متر استفاده شد. برای آبیاری سطحی، دو شیرفلکه پلی‌اتیلنی با دبی حدود ۰/۵ لیتر در ثانیه در انتهای لوله اصلی نصب شدند. فاصله تیمارها به اندازه کافی از هم دور بوده و آبیاری هر کدام بر دیگری اثری نداشته است.

برای محاسبه نیاز آبی توت، داده‌های ماهانه ایستگاه هواشناسی فرودگاه رشت (نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی) از سال ۱۳۵۱ تا ۱۴۰۰ 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 جمع‌آوری شد. با استفاده از نرم‌افزار کراپ‌وات مقادیر ETo تخمین زده شد. سپس 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 ۱). با استفاده از مقدار تبخیر-تعرق گیاه توت، نیاز آبی محاسبه شد (علیزاده، ۱۳۸۵).

جدول ۱- مقادیر تبخیروتعرق گیاه مرجع (ETo) و تبخیروتعرق 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 و 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. نمونه‌برداری گیاهی 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. سپس، نمونه‌ها به سالنی به‌دور از آفتاب و باد منتقل شدند تا پارامترهای رشد توت روی هر نمونه اندازه‌گیری شود.

پارامترهای بیوشیمیایی

برای عصاره گیری برگ ۵ میلی‌لیتر از محلول متانول ۸۵٪ و اسید استیک ۱۵٪ را به ۰/۵ گرم از نمونه خشک‌شده و آسیاب شده اضافه و توسط شیکر خوب ترکیب شدند و به مدت ۳ ساعت در دمای اتاق و دور از نور قرار داده شدند و سپس مواد را از صافی رد کرده و به میکروتیوپ انتقال داده شدند. محلول مورد نظر در دمای ۲۶ درجه سلسیوس با ۱۰۰۰۰ دور بر دقیقه و مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. بلافاصله پس از انجام این مرحله قسمت رویی محلول جداشده و به میکروتیوپ‌های جدید منتقل شدند و پس از رقیق‌سازی جذب نور نمونه‌ها در طول‌موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد و با استفاده از فرمول‌های زیر مقدار کلروفیل a ، کلروفیل b و کارتنوئید برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر نمونه محاسبه شد (Arnon, 1949).

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3*A663 - 0.86*A645)\ V/100W \quad (۱)$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3*A645 - 3.6*A663)\ V/100W \quad (۲)$$

$$\text{Carotenoides} = 100(A470) - 3.27(\text{mg chl. a}) - 104(\text{mg chl. b})/227 \quad (۳)$$

V: حجم محلول صاف‌شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، A: جذب نور در طول‌موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر، W: وزن‌تر نمونه برحسب گرم

برای اندازه‌گیری قند کل برگ، ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد را به ۰/۵ گرم نمونه خشک‌شده و آسیاب شده اضافه و توسط شیکر خوب ترکیب شدند و به مدت ۳ ساعت در دمای اتاق و دور از نور قرار داده شدند و سپس مواد را از صافی رد کرده و به میکروتیوپ انتقال داده شدند. محلول مورد نظر در دمای ۲۶ درجه سلسیوس با ۱۰۰۰۰ دور بر دقیقه و مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. بلافاصله پس از انجام این دستگاه مگنتر استیرر مخلوط شد. سپس مخلوط به مدت ۵ دقیقه در تاریکی و در دمای اتاق استراحت داده شد و سپس ۵۰۰ میکرولیتر سود ۸٪ را اضافه گردید و به مدت ۱۵ دقیقه بر روی شیکر رو میزی قرار گرفت و میزان جذب در طول‌موج ۵۰۶ نانومتر قرائت گردید. از کوئرستین[1] برای رسم منحنی استاندارد استفاده شد و نتایج براساس میلی‌گرم معادل کوئرستین در گرم عصاره بیان شد (Chang et al., 2002).

برای اندازه‌گیری کلروفیل برگ، ۰/۲ گرم از نمونه‌تر گیاهی در هاون چینی با نیتروژن مایع به‌خوبی له شدند. سپس ۱ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد را اضافه و توسط شیکر خوب ترکیب شدند محلول موردنظر در دمای ۲۵ درجه سلسیوس با ۶۰۰۰ دور بر دقیقه و مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. پس از انجام این مرحله قسمت رویی محلول جداشده و به میکروتیوپ‌های جدید منتقل شدند و پس از رقیق‌سازی جذب نور نمونه‌ها در طول‌موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد و با استفاده از فرمول‌های زیر مقدار کلروفیل a ، کلروفیل b و کارتنوئید برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر نمونه محاسبه شد (Arnon, 1949).

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3*A663 - 0.86*A645)\ V/100W \quad (۱)$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3*A645 - 3.6*A663)\ V/100W \quad (۲)$$

$$\text{Carotenoides} = 100(A470) - 3.27(\text{mg chl. a}) - 104(\text{mg chl. b})/227 \quad (۳)$$

V: حجم محلول صاف‌شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، A: جذب نور در طول‌موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر، W: وزن‌تر نمونه برحسب گرم

برای اندازه‌گیری قند کل برگ، ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد را به ۰/۵ گرم نمونه خشک‌شده و آسیاب شده اضافه و توسط شیکر خوب ترکیب شدند و به مدت ۳ ساعت در دمای اتاق و دور از نور قرار داده شدند و سپس مواد را از صافی رد کرده و به میکروتیوپ انتقال داده شدند. محلول مورد نظر در دمای ۲۶ درجه سلسیوس با ۱۰۰۰۰ دور بر دقیقه و مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. بلافاصله پس از انجام این

1- Quercetin

مرحله قسمت رویی محلول جداشده و به میکروتیوپ‌های جدید منتقل شدند. سپس ۱۰۰ میلی‌لیتر از عصاره همگن‌شده با ۳ میلی‌لیتر انترون (۱۵۰ میلی‌گرم انترون، ۱۰۰میلی‌لیتر سولفوریک اسید ۷۲ درصد) مخلوط گردید . عصاره به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سلسیوس در حمام آب جوش قرار داده شد . جذب نور نمونه‌ها در طول‌موج ۶۲۵ نانومتر خوانده شد. از گلوکز برای رسم منحنی استاندارد استفاده شد و نتایج براساس میلی‌گرم گلوکز در گرم عصاره بیان شد (Irigoyen et al., 1992). برای اندازه‌گیری پروتئین برگ ابتدا محلول‌های موردنیاز جهت استخراج پروتئین به قرار زیر استخراج شد:

بافر: برای تهیه یک لیتر محلول ، میزان ۱۲۱/۴ گرم تریس در یک لیتر آب مقطر حل کرده و اسیدیته محلول توسط اسیدکلریدریک نرمال به ۶/۸ رسانده شد.

معرف برادفورد : برای تهیه این معرف مقدار ۱۰۰ میل گرم کوماسی بلو را در ۵۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد حل کرده و به مدت یک ساعت عمل هم زدن به‌منظور حل شدن کامل صورت گرفت. سپس ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک ۸۵ ٪ قطره‌قطره به محلول اضافه شد و به مدت ۸ ساعت توسط شیکر خوب ترکیب شدند، محلول از کاغذ صافی واتمن (نمره یک) عبور داده شد و با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد.

مقدار ۰/۲ گرم از نمونه‌تر گیاهی را در هاون چینی با نیتروژن مایع به‌خوبی له شدند. سپس مقدار ۱/۵ میلی‌لیتر بافر را اضافه و به میکروتیوپ انتقال داده شدند. محلول موردنظر در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با ۱۳۰۰۰ دور بر دقیقه و مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. ۵۰ میکرو از عصاره تهیه‌شده با ۲/۵ میلی‌لیتر معرف برادفورد مخلوط و به مدت ۲۰ دقیقه در تاریکی و در دمای اتاق قرارگرفت سپس جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۵۹۵ نانومتر خوانده شد. از آلبومین گاوی برای رسم منحنی استاندارد استفاده شد و نتایج براساس میلی‌گرم در گرم عصاره بیان شد (Bradford, 1976).

اثر تیمارهای مورد بررسی بر پیله ابریشم تولیدی

از هر تیمار ۳ تکرار و از هر تکرار، ۱۵۰ عدد لارو سن ۴ در شرایط استاندارد دمای ۲۵ تا ۲۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۷۵ تا ۹۰ درصد پرورش داده شد. پرورش، مطابق روش‌های استاندارد رایج مرکز تحقیقات ابریشم کشور انجام شد. در پایان دوره پرورش، پیله‌های حاصل از هر تکرار، رکوردگیری و متغیرهای زیر محاسبه شد.

بر اساس ویژگی‌های ظاهری پیله‌های مربوط به هر تکرار از هر تیمار، آن‌ها به چهار دسته جداگانه خوب، متوسط، ضعیف و دوبل تفکیک شدند و تعداد پیله خوب شمارش گردید. پیله‌های خوب وزنی بیش از دو گرم به همراه شفیره دارند. پیله‌های متوسط حدود ۱/۵ تا ۱/۷ گرم و پیله‌های ضعیف دارای وزنی کمتر از ۱/۵ گرم هستند. این ویژگی پیله، حالت کمی دارد و به لحاظ کیفی هم لیف استحصال شده ابریشمی در صنعت فرش دارای اهمیت است و پیله دوبل (دو پیله به هم چسبیده) اصلا در نخ‌ریسی ارزشی ندارد. عموما تعداد پیله در لیتر به‌عنوان یک صفت کیفی مطرح می‌شود. پس هر چه تعداد پیله در یک حجم یک لیتری کمتر باشد، بهتر است چون پیله‌ها درشت‌ترند. در فرآوری پیله هم چنانچه پیله خوب باشد، از هر پنج کیلوگرم پیله خوب یک کیلوگرم نخ تولید می‌شود. درصد پیله‌های خوب با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$\text{درصد پیله‌های خوب} = \frac{\text{تعداد پیله های خوب}}{\text{تعداد کل پیله ها}} \times ۱۰۰ \quad (۴)$$

از طریق وزن‌کشی به‌وسیله ترازوی حساس وزن پیله‌های خوب هر تکرار از هر تیمار تعیین شد. با استفاده از روش تشخیص جنسیت شفیره‌های کرم ابریشم توسط کارشناس مجرب، در هر تکرار، ۲۵ عدد پیله نر و ۲۵ عدد پیله ماده به‌طور جداگانه توزین شدند و میانگین وزن آن‌ها به‌عنوان وزن یک پیله نر و وزن یک پیله ماده در نظر گرفته شد. در این حالت، برای ۲۵ پیله نر و ۲۵ پیله ماده، شفیره و پوسته‌های شفیرگی موجود در آن‌ها خارج شدند و پس از توزین، میانگین وزن آن‌ها به‌عنوان وزن قشر یک پیله نر و وزن قشر یک پیله ماده تعیین شد. درصد قشر ابریشمی پیله نر و ماده با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$\text{درصد قشر ابریشمی پیله نر یا ماده} = \frac{\text{وزن قشر یک پیله نر یا ماده}}{\text{وزن یک پیله نر یا ماده}} \times ۱۰۰ \quad (۵)$$

وزن یک لیتر پیله خوب از طریق اندازه‌گیری وزن خالص یک لیتر پیله با وزن بالای دو گرم با شفیره در هر تکرار تعیین شد.

نتایج و بحث

پارامترهای بیوشیمیایی

فنل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در اول دوره نشان داد (جدول ۲) که اثر روش‌های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر مقدار فنل برگ گیاه معنی‌دار بود و اما اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر فنل برگ گیاه معنی‌دار نبوده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص اثر روش آبیاری بر فنل برگ گیاه در اول دوره نشان داد (شکل ۱) که بیشترین مقدار برای تیمار I1 (۰/۳۲ میلی‌گرم بر گرم) و تیمار I2 به‌عنوان کمترین مقدار فنل برگ (۰/۲۳ میلی‌گرم بر گرم) به‌دست آمد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در آخر دوره نشان داد که اثر روش‌های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر فنل برگ گیاه معنی‌دار بود و اما اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر فنل برگ گیاه معنی‌دار نبوده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین

داده‌ها در آخر دوره نشان داد (شکل ۱) که تفاوت معناداری بین فنل برگ توت در دو سال وجود دارد و در سال اول با میانگین ۱۶۷/۲۶ میلی‌گرم بر گرم بیشتر از سال دوم با میانگین ۹۶/۶۴ میلی‌گرم بر گرم است و در خصوص اثر روش آبیاری، بیشترین مقدار برای تیمار I1 (۰/۲۵۸۵۰ میلی‌گرم بر گرم) و تیمار I2 به‌عنوان کمترین مقدار فنل برگ (۰/۱۸۱۸۳ میلی‌گرم بر گرم) به‌دست آمد.

لاتا و همکاران در پژوهشی که روی بادام زمینی داشتند به این نتیجه رسیدند که در شرایط تنش خشکی، به علت تضعیف سیستم ایمنی گیاه بادام زمینی مواد فنلی برگ افزایش یافت (Latha et al., 2007). همچنین یونگ در پژوهشی روی گیاه آرابیدوپسیس نشان داده شد که میزان فنل برگ در تنش کم آبی افزایش یافت (Jung, 2004). ویهاکاس در پژوهش خود به این نتیجه رسید که محتوای فنل در برگ ارقام مختلف توت بر رشد لارو کرم ابریشم تأثیر می‌گذارند و حتی می‌توانند هضم حشرات را با اتصال به آنزیم‌های گوارشی کاهش دهند (Vihakas, 2014). پژوهش حاضر با پژوهش‌های پیشین مطابقت دارد.

فلاونوئید

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در اول دوره نشان داد (جدول ۲) که اثر روش‌های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر فلاونوئید برگ گیاه معنی‌دار بود و اما اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر فلاونوئید برگ گیاه معنی‌دار نبوده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص اثر روش آبیاری بر فلاونوئید برگ گیاه در اول دوره نشان داد (شکل ۱) که بیشترین مقدار برای تیمار I1 (۰/۲۹ میلی‌گرم بر گرم) و تیمار I2 به‌عنوان کمترین (۰/۱۸ میلی‌گرم بر گرم) به‌دست آمد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در آخر دوره نشان داد (جدول ۲) که اثر روش‌های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر فلاونوئید برگ گیاه معنی‌دار بود و اما اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر فلاونوئید برگ گیاه معنی‌دار نبوده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در آخر دوره نشان داد (شکل ۱) که تفاوت معناداری بین فلاونوئید برگ توت در دو سال وجود دارد و در سال اول با میانگین ۰/۲۲ میلی‌گرم بر گرم بیشتر از سال دوم با میانگین ۰/۰۷ میلی‌گرم بر گرم است و در خصوص اثر روش آبیاری، بیشترین مقدار برای تیمار I1 (۰/۲۱ میلی‌گرم بر گرم) و تیمار I2 به‌عنوان کمترین مقدار فلاونوئید (۰/۰۸ میلی‌گرم بر گرم) به‌دست آمد.

باتاچاریا و همکاران نشان داده‌اند که فلاونول‌ها در بسیاری از گیاهان نقش مهمی در مقابله با بیماری‌ها ایفا می‌کنند (Bhattacharyya et al., 2017). این پژوهش حاکی از آن است که مصرف نشاسته سیب‌زمینی در کنار برگ توت، باعث افزایش فلاونول در برگ‌ها می‌شود و این افزایش احتمالا می‌تواند مقاومت کرم‌ابریشم در برابر بیماری‌ها را تقویت کند. سنگ‌تراش و همکاران در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که در گیاه کلزا در شرایط بروز تنش کم آبی، میزان فلاونوئید افزایش می‌یابد (Sangtarash et al, 2009). مظفری و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی که برای بررسی اثر رژیم‌های آبیاری بر گیاه دارویی خرفه انجام شد نشان داد که با افزایش سطوح رژیم آبیاری میزان فلاونوئید افزایش یافت. باریلز و همکاران نشان دادند که افزایش آبیاری باعث کاهش محتوای فلاونوئید در برگ انگور شد (Barreales et al, 2019). همچنین پژوهش اوربانک و همکاران نشان داد که بسیاری از فلاونوئیدها می‌توانند به‌عنوان ضدمغذی برای حشرات گیاهخوار عمل کنند و باعث کاهش ارزش غذایی بافت‌های گیاهی می‌شوند (Urbanek Krajnc et al., 2019). نتیجه پژوهش حاضر با پژوهش‌های پیشین مطابقت دارد.

کلروفیل a و b

در جدول تجزیه واریانس داده‌ها در دو مرحله نمونه‌برداری (اول دوره و آخر دوره رشد) اثر روش‌های آبیاری در سطح ۵ درصد بر کلروفیل a و b برگ گیاه معنی‌دار شد، اما اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر کلروفیل a و b برگ گیاه معنی‌دار نشد (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص اثر روش آبیاری بر کلروفیل a برگ گیاه در دو مرحله نمونه‌برداری نشان داد (شکل ۱) که بیشترین مقدار برای تیمار I2 در اول دوره (۰/۷۵ میلی‌گرم بر گرم) و در آخر دوره (۰/۶۵ میلی‌گرم بر گرم) و تیمار I1 به‌عنوان کمترین مقدار کلروفیل a برگ در اول دوره (۰/۳۸ میلی‌گرم بر گرم) و آخر دوره (۰/۳۰ میلی‌گرم بر گرم) به‌دست آمد. همچنین بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین میزان کلروفیل b برگ برای تیمار I2 در دو مرحله نمونه‌برداری اول و آخر دوره به‌ترتیب (۰/۲۹ میلی‌گرم بر گرم) و (۰/۲۱ میلی‌گرم بر گرم) و کمترین میزان کلروفیل b برگ در تیمار I1 به‌مقدار (۰/۱۶ میلی‌گرم بر گرم) برای اول دوره و (۰/۱۱ میلی‌گرم بر گرم) برای آخر دوره به‌دست آمد.

پژوهشگران دریافتند که دو نوع کلروفیل در گیاهان وجود دارد، کلروفیل a و b که مقدار زیاد کلروفیل a و b مفید است، زیرا آنها به‌عنوان گیرنده نور در فتوسنتز عمل می‌کنند (Kalaivani et al., 2013., Khaleghi et al, 2012). درستکار (۱۳۹۵) در پژوهش خود به این نتیجه رسید که از نظر رنگیزه‌های فتوسنتزی، بیشترین کلروفیل a و b در آبیاری بارانی نسبت به آبیاری قطره‌ای و نشتی داشتند و تنش خشکی (کمبود آب) مانع ساخته شدن کلروفیل شده و در نتیجه مقدار کلروفیل را کاهش می‌دهد. گشسبی و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی به بررسی اثر تنش کم آبی و کودهای زیستی و

غیرزیستی بر گیاه دارویی آویشن زراعی پرداختند و گزارش کردند در دور آبیاری ۷ روز بیشترین میزان کلروفیل a و b برگ گیاه نسبت به دور آبیاری ۱۲ و ۱۷ روز بود. خالقی و همکاران در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که با افزایش کمبود آب، میزان کلروفیل a و b کاهش یافت (Khaleghi et al, 2012). ارجی و ارزانی گزارش دادند که میزان کلروفیل a و b در شرایط تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Arji and Arzani, 2004). یافته‌های پژوهش حاضر با پژوهش‌های پیشین اشاره شده مطابقت دارد.

کاروتنوئید

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در اول دوره نشان داد که اثر روش‌های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر کاروتنوئید برگ گیاه و همچنین اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر کاروتنوئید برگ گیاه تاثیر معنی‌داری داشته است (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص اثر روش آبیاری بر کاروتنوئید برگ گیاه در اول دوره نشان داد (شکل ۱) که بیشترین مقدار برای تیمار I1 (۰/۲۸ میلی‌گرم بر گرم) و تیمار I2 به‌عنوان کمترین مقدار کاروتنوئید برگ (۰/۱۵ میلی‌گرم بر گرم) و همچنین در خصوص اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر کاروتنوئید برگ گیاه نشان داد که بیشترین کاروتنوئید برگ در سال دوم تیمار I1 به‌مقدار ۰/۲۹ میلی‌گرم بر گرم و کمترین مقدار کاروتنوئید برگ مربوط به سال اول تیمار I2 با مقدار ۰/۱۲ میلی‌گرم بر گرم است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در آخر دوره نشان داد (جدول ۲) که اثر روش‌های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر کاروتنوئید برگ گیاه معنی دار بوده و اما اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر کاروتنوئید برگ گیاه اثر معنی‌داری نداشته است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص اثر روش آبیاری بر کاروتنوئید برگ گیاه در آخر دوره نشان داد (شکل ۱) که بیشترین مقدار برای تیمار I1 (۰/۲۱ میلی‌گرم بر گرم) و تیمار I2 به‌عنوان کمترین مقدار کاروتنوئید برگ (۰/۱۰ میلی‌گرم بر گرم) به‌دست آمد.

محمدخانی (۱۳۸۶) در پژوهشی روی گیاه ذرت گزارش دادند که با افزایش تنش کم آبی میزان کارتونوئیدها افزایش یافت. همچنین نتایج مشابهی نشان می‌دهد که تنش آبی باعث کاهش قابل توجهی در کاروتنوئید برگ‌های توت می‌شود (Barathi, 2001). پژوهش حاضر با پژوهش‌های پیشین اشاره شده مطابقت دارد.

قند کل

کیفیت برگ توت با میزان قند آن سنجیده می‌شود. قند به‌عنوان منبع اصلی انرژی، کرم‌ابریشم را تحریک می‌کند تا برگ‌ها را بخورد (عامل گاززدن) و از آن‌ها به خوبی تغذیه کند. این امر به نوبه خود بر رشد و نمو سالم کرم‌ابریشم تأثیر می‌گذارد. برگ توت سرشار از کربوهیدرات است که منبع اصلی انرژی برای کرم‌ابریشم به شمار می‌رود. عملکرد فتوسنتزی به سنتز کربوهیدرات در برگ توت کمک می‌کند و میزان قند به‌طور مستقیم با سلامت کرم‌ابریشم مرتبط است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در اول دوره نشان داد که اثر روش‌های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر قند کل برگ گیاه معنی‌دار بود و اما اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر قند کل برگ گیاه اثر معنی‌داری نداشته است (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص اثر روش آبیاری بر قند کل برگ گیاه در اول دوره نشان داد (شکل ۱) که بیشترین مقدار برای تیمار I2 (۰/۱۶ میلی‌گرم بر گرم) و تیمار I1 به‌عنوان کمترین مقدار قند کل برگ (۰/۰۰۸ میلی‌گرم بر گرم) به‌دست آمد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در آخر دوره نشان داد (جدول ۲) که اثر روش‌های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر قند کل برگ گیاه معنی‌دار بود و اما اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر قند کل برگ گیاه اثر معنی‌داری نداشته است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص اثر روش آبیاری بر قند کل برگ گیاه در آخر دوره نشان داد (شکل ۱) که بیشترین مقدار برای تیمار I2 (۰/۰۱۹ میلی‌گرم بر گرم) و تیمار I1 به‌عنوان کمترین مقدار قند کل برگ (۰/۰۰۹ میلی‌گرم بر گرم) به‌دست آمد.

مارین و همکاران در پژوهش خود بیان کردند که میزان کربوهیدرات در بین تیمارهای مختلف آزمایش به‌طور قابل توجهی متفاوت بود (Marin et al., 2022). بالاترین میزان کربوهیدرات در برگ‌های توت تیمار شده با محلول‌های سولفات مس ۲۰ کیلوگرم در هکتار + سولفات روی ۲۰ کیلوگرم در هکتار + سولفات آهن ۴۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. میزان قند در این گروه نسبت به گروه کنترل افزایش داشت. این افزایش احتمالا به دلیل تبدیل سریع نشاسته به قند باشد. ترکیب بهینه ریزمغذی‌ها، جذب مواد مغذی از خاک را افزایش داده و باعث می‌شود گیاه قندهای اضافی و ترشحات بیشتری از ریشه‌های خود خارج کند. مورتی و همکاران در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که میزان قند کل در برگ توت، هم با توجه به سن برگ و هم با توجه به نوع رقم توت مورد بررسی، متفاوت است و برگ‌های نونهال توت دارای قند کل بیشتری نسبت به برگ‌های بالغ هستند (Murthy et al., 2013). نتایج پژوهش علیدی و همکاران نشان دادند که توت سفید و توت قرمز بالاترین میزان قند محلول را نسبت به توت سیاه داشتند (Alidee et al., 2023). نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های پژوهش‌های پیشین یاد شده مطابقت دارد.

پروتئین

پروتئین برگ توت یکی از عناصر کلیدی تغذیه کرم‌ابریشم به شمار می‌رود. حدود ۷۰ درصد از پروتئین موجود در ابریشم خام،

مستقیما از پروتئین برگ توت و ۳۰ درصد دیگر از بافت بدن کرم‌ابریشم ساخته می‌شود. این موضوع اهمیت پروتئین برگ توت را در تغذیه کرم‌ابریشم نشان می‌دهد (Murthy et al, 2013). هرچه میزان پروتئین برگ توت بیشتر باشد، تولید کلی پیله توسط کرم‌ابریشم بیشتر می‌شود (Hamzah et al, 2017). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در اول دوره نشان داد (جدول ۲) که اثر روش‌های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر پروتئین برگ گیاه معنی‌دار بود و اما اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر پروتئین برگ گیاه اثر معنی‌داری نداشته است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص اثر روش آبیاری بر پروتئین برگ گیاه در اول دوره نشان داد (شکل ۱) که بیشترین مقدار برای تیمار I2 (۶.۵۰۱۱) و تیمار I1 به‌عنوان کمترین مقدار پروتئین برگ (۴.۹۴۴۵) به‌دست آمد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در آخر دوره نشان داد (جدول ۲) که اثر روش‌های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر پروتئین برگ گیاه معنی‌دار بود و اما اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر پروتئین برگ گیاه معنی‌دار نبوده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص اثر روش آبیاری بر پروتئین برگ گیاه در آخر دوره نشان داد (شکل ۱) که بیشترین مقدار برای تیمار I2 (۶.۲۵۱۰) و تیمار I1 به‌عنوان کمترین مقدار پروتئین برگ (۴.۳۹۲۵) به‌دست آمد.

موسوی و همکاران در پژوهشی دریافتند که عملکرد پروتئین خام سورگوم علوفه‌ای با افزایش فاصله آبیاری از ۵ به ۲۰ روز ۶۶.۵ درصد کاهش یافت (Moosavi et al., 2011). در پژوهشی گندم تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت، نتایج نشان داد که محتوای پروتئین محصول کاهش یافته است (Kuru, 2023). نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های پژوهش‌های پیشین مطابقت دارد.

بررسی پارامترهای مختلف پیله کرم‌ابریشم

تعداد پیله خوب

بررسی نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر روش‌های آبیاری بر تعداد پیله خوب با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد دارند (جدول ۳) و اما اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر تعداد پیله خوب معنی‌دار نبوده است. طبق نمودار مقایسه میانگین (شکل ۲) روند افزایشی تعداد پیله خوب در سال دوم (با میانگین ۱۱۱/۸۹ عدد) نسبت به سال اول (با میانگین ۸۶/۴۴ عدد) کاملاً مشهود است و در خصوص اثر روش آبیاری، بیشترین مقدار برای تیمار I2 (۱۱۷/۱۶ عدد) و تیمار I1 به‌عنوان کمترین (۸۰/۵۰ عدد) به‌دست آمد.

علی‌پناه و همکاران (۱۳۹۶) پژوهشی به‌منظور بررسی عملکرد کرم‌ابریشم پرورش یافته با سه نوع برگ درخت توت انجام دادند. دراین پژوهش تغذیه با برگ واریته اصلاح شده کن‌موچی با میوه قرمز، یک رقم توت بومی منطقه تربت حیدریه با میوه سفید و یک رقم شاه‌توت مورد آزمون قرارگرفتند. نتایج نشان داد تعداد پیله و وزن پیله کرم‌هایی که از برگ کن‌موچی استفاده کرده بودند عملکرد بهتری داشتند. بیژن‌نیا و همکاران (۱۳۸۷) به‌منظور بررسی اثرات پنج واریته مختلف توت کن‌موچی، کائیرونیز، ایچی‌نویسه، شین‌ایچی‌نویسه و یک رقم بومی طی دو دوره پرورش بهار و اواخر پاییز روی صفات بیولوژیک و اقتصادی کرم‌ابریشم، مطالعه‌ای انجام دادند. نتایج نشان داد که واریته‌های شین‌ایچی‌نویسه و بومی در پرورش اواخر پاییز و واریته‌های ایچی‌نویسه و بومی در پرورش بهاره تأثیر برتر و معنی‌داری را نسبت به سایر ارقام توت مورد بررسی بر تعداد پیله تولیدی، وزن یک پیله خوب، وزن قشر یک پیله و درصد قشر یک پیله کرم‌ابریشم اعمال می‌کنند.

درصد پیله خوب

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر روش‌های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر درصد پیله خوب معنی‌دار بود و اما اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر درصد پیله خوب معنی‌دار نبوده است (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد (شکل ۲) که تفاوت معناداری بین درصد پیله خوب در دو سال وجود دارد و در سال دوم با میانگین ۸۴/۴۶ بیشتر از سال اول با میانگین ۶۶/۳۱ است و در خصوص اثر روش آبیاری، بیشترین مقدار برای تیمار I2 (۸۵/۰۸ درصد) و تیمار I1 به‌عنوان کمترین (۶۷/۴۸ درصد) که با تیمار I3 در یک سطح بود.

حسینی امام و همکاران (۱۳۹۳) آزمایشی به‌منظور بررسی اثر منابع مختلف کود ازته در توتستان، بر کیفیت برگ توت و صفات پیله کرم ابریشم، در قالب طرح کاملاً تصادفی با سیزده تیمار و سه تکرار برای هر تیمار انجام دادند. استفاده از محلول پنج گرم در لیتر اوره، از نظر عملکرد تولیدی (تعداد پیله‌های خوب، تعداد کل پیله‌های تولید شده، درصد پیله‌های خوب، وزن و درصد وزن قشر پیله‌های نر و ماده و درصد ماندگاری شفیره در پیله‌ها) بیشترین مقدار را نسبت به سایر تیمارها داشت.

وزن پیله خوب

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر روش‌های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن پیله خوب معنی‌دار بود و اما اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر وزن پیله خوب اثر معنی‌داری نداشته است (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد (شکل ۲) که تفاوت معناداری بین وزن پیله خوب در دو سال وجود دارد و در سال دوم با میانگین ۱۴۰/۱۳ گرم بیشتر از سال اول با میانگین ۱۱۷/۷۹ گرم است و در خصوص اثر روش آبیاری، بیشترین مقدار برای تیمار I2 (۱۴۹/۷۶ گرم) و تیمار I1 به‌عنوان کمترین (۱۰۶/۵۴ گرم) به‌دست آمد.

جدول ۲- تجزیه واریانس فلاونوئید، فنل، کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید، قند کل و پروتئین برگ

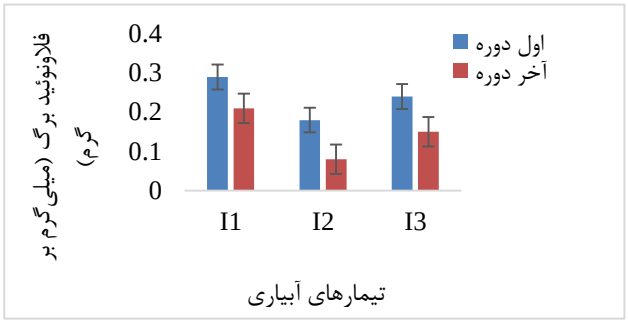
صفات مورد بررسی / منبع تغییرات	df	فلاونوئید اول دوره	فلاونوئید آخر دوره	فنل اول دوره	فنل آخر دوره	کلروفیل A اول دوره	کلروفیل A آخر دوره	کلروفیل B اول دوره	کلروفیل B آخر دوره	کارتنوئید اول دوره	کارتنوئید آخر دوره	قند اول دوره	قند آخر دوره	پروتئین اول دوره	پروتئین آخر دوره
		میانگین مربعات													
سال	۱	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۱۰۵*	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۵۹*	۰/۰۱۲^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۳۰^{ns}	۱/۳۷۹^{ns}
تیمارهای آبیاری	۲	۰/۰۱۹*	۰/۰۲۵*	۰/۰۱۲*	۰/۰۰۹*	۰/۲۰۶*	۰/۱۸۸*	۰/۰۲۸*	۰/۰۱۵*	۰/۰۲۴*	۰/۰۱۹*	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۳/۶۴۶*	۵/۱۹۷*
سال × تیمارهای آبیاری	۲	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۶۳^{ns}

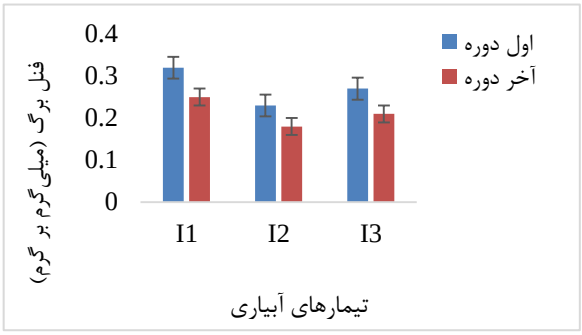
ns: معنی‌دار نیست. *: در سطح ۵٪ معنی‌دار است.

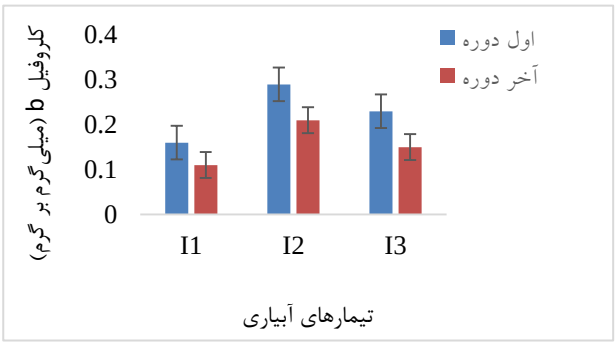
جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مختلف پیله کرم‌ابریشم

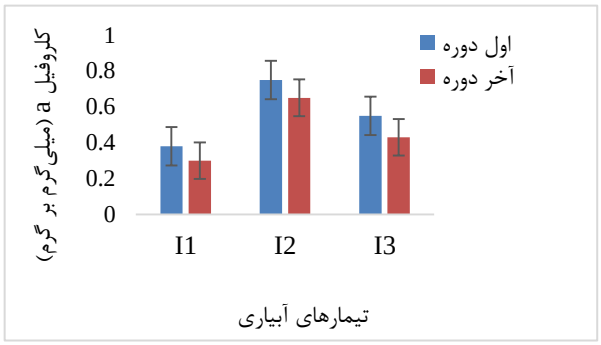
منبع تغییرات	df	تعداد پیله خوب	درصد پیله خوب	وزن پیله خوب	وزن یک پیله نر	وزن یک پیله ماده	وزن قشر یک پیله نر	وزن قشر یک پیله ماده	درصد قشر یک پیله نر	درصد قشر یک پیله ماده	وزن یک لیتر پیله خوب
		میانگین مربعات									
سال	۱	۲۹۱۳/۳۸*	۱۴۸۲/۷۶*	۲۲۴۵/۶۳*	۰/۰۱۱^{ns}	۰/۰۳۳*	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۱۱*	۱/۳۳^{ns}	۲۲/۲۸*	۱۲۶۲/۴۴*
تیمارهای آبیاری	۲	۲۰۱۸/۶۶*	۴۷۹/۲۷*	۲۸۱۴/۱۰*	۰/۰۲۵*	۰/۰۲۹*	۰/۰۰۴*	۰/۰۰۶*	۶/۹۸*	۹/۶۱*	۱۳۸۶/۹۶*
سال × تیمارهای آبیاری	۲	۵/۵۵^{ns}	۱۵/۱۷^{ns}	۱۹/۷۹^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۸۳^{ns}	۰/۳۹۰^{ns}	۲۱/۵۶^{ns}

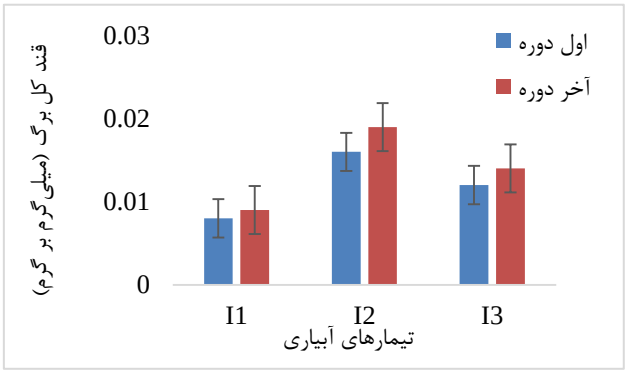
ns: معنی‌دار نیست. *: در سطح ۵٪ معنی‌دار است.

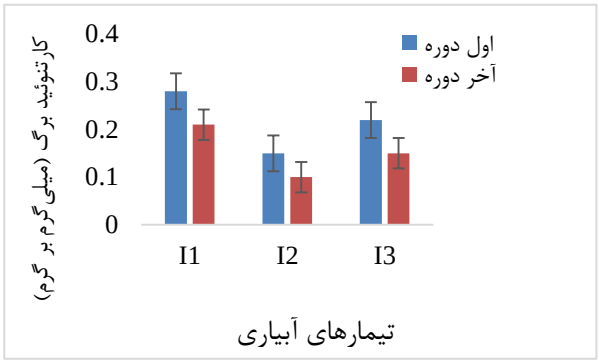


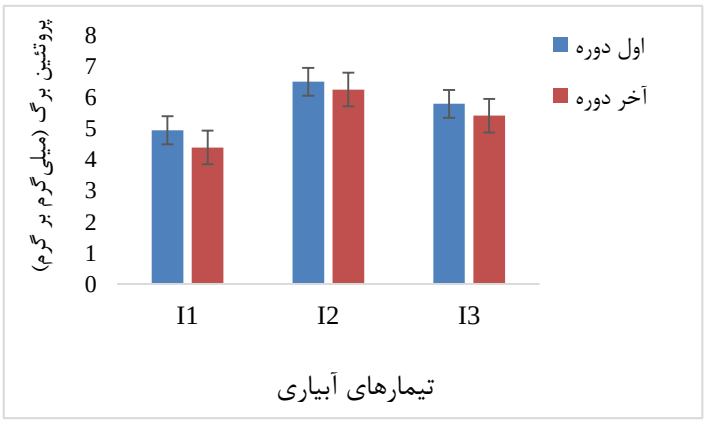












شکل ۱- مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای آبیاری بر فنل، فلاونوئید و کلروفیل a و b، کارتنوئید،قند کل و پروتئین برگ (کشت دیم به‌عنوان شاهد (I1)، آبیاری بارانی (I2) و آبیاری سطحی (I3))

ال‌بانا و همکاران به این نتیجه رسیدند که وزن لارو بالغ و وزن پیله تا حد زیادی تحت تأثیر ارزش غذایی برگ‌های مختلف توت قرار دارد (El-Banna et al., 2013). یافته‌های موتوسوامی و همکاران نشان دادند که زمانی که لاروها با کنجاله سویا به میزان ۱۰ گرم در هر کیلوگرم برگ توت تغذیه شوند، وزن پیله به حداکثر مقدار خود می‌رسد (Muthuswami et al., 2011). طالبی اسفندارانی و همکاران (۱۳۸۱) اثر ویتامین ث روی برخی صفات پیله و تولید تخم در کرم‌ابریشم مورد بررسی قرار دادند، لاروهای سن چهارم و پنجم با برگ‌های توت غنی شده با محلول ۰.۲ گرم در لیتر ویتامین ث و یا با آب خالص تغذیه شدند. گروه‌های آزمایشی عبارت از یک، دو و سه بار تغذیه با برگ غنی شده با محلول ویتامین ث و یا آب خالص از سه بار تغذیه در روز بودند. وزن پیله، وزن قشر ابریشمی پیله و وزن شفیره در هر دو جنس نر و ماده در تمامی گروه‌های آزمایشی نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. مطالعه‌ای توسط بیوی و همکاران در مورد تأثیر برگ‌های توت که با میکروارگانیسم‌های مختلف و کودهای بیولوژیکی تلقیح شده انجام شد و گزارش شد که نشانه‌هایی از افزایش نتایج پارامترهای وزن پیله، وزن پوسته پیله و درصد پوسته پیله در کرم‌های ابریشم تغذیه شده در گیاه تلقیح شده وجود دارد، زیرا محتوای غذایی آنها نیز افزایش می‌یابد (Beevi et al., 2018). سیناپا و همکاران حداکثر عملکرد در پیله‌های به‌دست آمده با پرورش کرم‌ابریشم روی برگ‌های تولید شده در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به قطره‌ای سطحی ثبت شد. این امر به این دلیل است که تغذیه برگ توت با کیفیت بر کیفیت و کمیت پیله اثر مثبتی داشته است (Seenappa et al., 2015).

وزن یک پیله نر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر روش‌های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن یک پیله نر معنی‌دار بود (جدول ۳) و اما اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر وزن یک پیله نر معنی‌دار نبوده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص اثر روش آبیاری بر وزن یک پیله نر نشان داد (شکل ۲) که بیشترین مقدار برای تیمار I2 (۱/۲۷ گرم) و تیمار I1 به‌عنوان کمترین (۱/۱۴ گرم) به‌دست آمد.

رجبی کنف‌گورابی (۱۳۸۷) اثرات تغذیه لاروهای کرم‌ابریشم از دو رقم برگ توت (کوکوسا و بومی اصفهان) را بر پارامترهای زیستی و شاخص‌های اقتصادی کرم‌ابریشم مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که وزن پیله نر، وزن قشر پیله نر، درصد قشر پیله نر، وزن شفیره نر، وزن پیله ماده، وزن قشر پیله ماده، درصد قشر پیله ماده و وزن شفیره در دو گروه نر و ماده بین تیمارهای تغذیه شده با ارقام متفاوت توت تفاوت معنی‌داری ندارند.

وزن یک پیله ماده

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر روش‌های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن یک پیله ماده معنی‌دار بود (جدول ۲) ولی اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر وزن یک پیله ماده معنی‌دار نبوده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد (شکل ۲) که تفاوت معناداری بین وزن یک پیله ماده در دو سال وجود دارد و در سال اول با میانگین ۱/۴۸ گرم بیشتر از سال دوم با میانگین ۱/۳۹ گرم است و در خصوص اثر روش آبیاری، بیشترین مقدار برای تیمار I2 (۱/۵۰ گرم) و تیمار I1 به‌عنوان کمترین (۱/۳۶ گرم) به‌دست آمد (شکل ۲).

وزن قشر یک پیله نر

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر روش‌های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن قشر یک پیله نر معنی‌دار بود (جدول ۳) ولی اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر وزن قشر یک پیله نر معنی‌دار نبوده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص اثر روش آبیاری بر وزن قشر یک پیله نر نشان داد (شکل ۲) که بیشترین مقدار برای تیمار I2 (۰/۲۹ گرم) و کمترین مقدار مربوط به تیمار I1 (۰/۲۴ گرم) بود که با تیمار I3 در یک سطح بود.

میرحسینی و مواج‌پور (۱۳۸۳) عملکرد هیبریدهای کرم‌ابریشم داخلی و خارجی تغذیه شده با استفاده از دو نوع برگ توت اصلاح شده و بومی گیلان را مقایسه کردند و مشاهده کردند که لاروهای تغذیه شده با برگ توت اصلاح شده وزن پیله، وزن قشر پیله و درصد قشر پیله بیشتری نسبت به لاروهایی که با برگ توت بومی تغذیه شده تولید کردند. نارایاناپراکش و همکاران گزارش کردند که کاربرد نیتروژن در توتستان به میزان زیادی روی اوزان لاروی، پیله، قشر پیله، درصد قشر پیله و محصول پیله تأثیر دارد (Narayanaprakash et al., 1985).

وزن قشر یک پیله ماده

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر روش‌های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن قشر یک پیله ماده معنی‌دار بود (جدول ۳) و اما اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر وزن قشر یک پیله ماده معنی‌دار نبوده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تفاوت معناداری بین وزن قشر یک پیله ماده در دو سال وجود دارد و در سال اول با میانگین ۰/۳۰ گرم بیشتر از سال دوم با میانگین ۰/۲۵ گرم است و در خصوص اثر روش آبیاری، بیشترین مقدار برای تیمار I2 (۰/۳۱ گرم) و تیمار I1 به‌عنوان کمترین (۰/۲۴ گرم) به‌دست آمد (شکل ۲).

اعتباری و متین‌دوست (۱۳۸۲) اثرات اقتصادی و بیولوژیک تغذیه‌ی لاروهای کرم‌ابریشم از برگ توت آلوده به باقیمانده ی قارچ-کش کاربندازیم با غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر در فواصل زمانی مختلف مورد بررسی قرار گرفت. غلظت ۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر صفاتی شامل وزن پیله، شفیره و قشر ابریشمی را در جنس ماده کاهش داد.

درصد قشر یک پیله نر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر روش های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر درصد قشر یک پیله نر معنی‌دار بود (جدول ۳) ولی اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر درصد قشر یک پیله نر معنی‌دار نبوده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در خصوص اثر روش آبیاری بر درصد قشر یک پیله نر نشان داد که بیشترین مقدار برای تیمار I2 (۲۳/۵۳ درصد) و کمترین مقدار مربوط به تیمار I1 (۲۱/۶۲ درصد) بوده است که با تیمار آبیاری سطحی در یک سطح بود (شکل ۲).

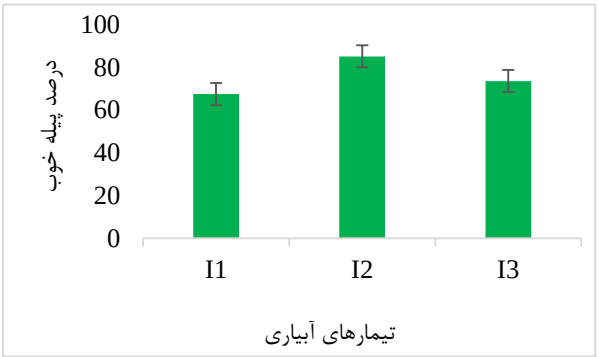
درصد قشر یک پیله ماده

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر روش های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر درصد قشر یک پیله ماده معنی‌دار بود (جدول ۳) ولی اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر درصد قشر یک پیله ماده معنی‌دار نبوده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تفاوت معناداری بین درصد قشر یک پیله ماده در دو سال وجود دارد و در سال اول با میانگین ۲۰/۵۸ درصد بیشتر از سال دوم با میانگین ۱۸/۳۶ درصد است و در خصوص اثر روش آبیاری، بیشترین مقدار برای تیمار I2 (۲۰/۶۳ درصد) و با تیمار I3 در یک سطح بود و کمترین مقدار در تیمار I1 (۱۸/۱۲ درصد) به‌دست آمد (شکل ۲).

در پژوهشی، بالاترین نسبت میانگین وزن قشر پیله به کل پیله برای کرم‌ابریشم ماده و نر را زمانی به‌دست آمد که لاروها با شیر کازئین به میزان ۱/۵ گرم پروتئین مکمل تغذیه شده بودند (Hamzah and Megahed, 2017). آددونتان در تحقیقات خود به این نتیجه رسید که نوع توت بر وزن قشر تأثیر معنی‌داری دارد (Adeduntan, 2015).

وزن یک لیتر پیله خوب

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر روش های آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن یک لیتر پیله خوب معنی‌دار بود (جدول ۳) ولی اثر متقابل سال و روش‌های آبیاری بر وزن یک لیتر پیله خوب معنی‌دار نبوده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تفاوت معناداری بین وزن یک لیتر پیله خوب در دو سال وجود دارد و در سال اول با میانگین ۱۶۷/۷۷ گرم بیشتر از سال دوم با میانگین ۱۵۱/۰۲ گرم است و در خصوص اثر روش آبیاری، بیشترین مقدار برای تیمار I2 (۱۷۵/۷۴ گرم) و تیمار I1 به‌عنوان کمترین (۱۴۵/۶۷ گرم) به‌دست آمد (شکل ۲).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر آبیاری بر تعداد پیله خوب، درصد پیله خوب، وزن پیله خوب، وزن یک پیله نر، وزن یک پیله ماده، وزن قشر یک پیله نر، وزن قشر یک پیله ماده، درصد قشر یک پیله نر، درصد قشر یک پیله ماده و وزن یک لیتر پیله خوب (کشت دیم به‌عنوان شاهد (I1)، آبیاری بارانی (I2) و آبیاری سطحی (I3))

نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر مقایسه اثر روش آبیاری بارانی، آبیاری سطحی و کشت دیم بر برخی ویژگی‌های کمّی و کیفی برگ توت تازه و پیله ابریشم تولیدی بود. نتایج نشان داد که آبیاری با روش آبیاری بارانی توتستان‌ها به‌طور قابل‌توجهی منجر به بهبود صفات کمّی و کیفی برگ توت و ابریشم تولیدی شد. آبیاری بارانی با افزایش۳۵/۷۱ درصدی قند برگ نسبت به آبیاری سطحی و افزایش۱۱۱/۱۱ درصدی نسبت به روش بدون آبیاری (دیم) باعث افزایش کیفیت برگ و خوش‌خوراکی آن شد و در تحریک کرم‌ابریشم به خوردن بیشتر آن نقش دارد که تولید پیله بیشتر و با کیفیت‌تر را به ارمغان می‌آورد. با توجه به آبیاری انجام شده در طول فصل‌های بهار و تابستان می‌توان در انتهای تابستان و اوایل پاییز یک دوره دیگر پرورش پیله انجام شود یا اینکه از برگ توت تولید شده در جهت تغذیه دام‌ها استفاده شود، تا به اقتصاد خانوارهای روستایی کمک شود. پیشنهاد می‌شود که وزارت جهاد کشاورزی برای حفظ تولید پایدار ابریشم و ارتقای درآمد نوغانداران برای تجهیز توتستان‌ها به سامانه‌های آبیاری بارانی اقدام به ارائه حمایت‌های مالی نماید.

منابع

اعتباری، ک. و متین دوست، ل. ۱۳۸۲. ارزیابی تاثیر آبیاری بارانی و هرس بهاره بر تراکم جمعیت تریپس توت Pseudodendrothrips mori (Niwa) (Thys.: Thripidae). نامه انجمن حشره شناسی ایران. ۲۳(۲): ۱-۱۴.

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

بامداد ماچیانی، س.، خالدیان، م.، بیگلویی، م. و اشرف زاده، ا. ۱۳۹۱. ارزیابی سیستمهای آبیاری قطرهای در تعدادی از باغ های کیوی شرق استان گیلان . سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب،ساری.

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 کمّی گیاه توت در استان گیلان. فصلنامه پژوهش و سازندگی. ۱۹(۳): ۶۰-۶۵.

بیژن‌نیا، ع.، صیداوی، ع. و غنی پور، م. ۱۳۸۷. ارزیابی تاثیر رژیم غذایی و زمان پرورش بر پارامترهای بیولوژیکی و اقتصادی کرم ابریشم. اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی) . 22)2(: 1-13.

حسینی‌امام، ا.، مواج پور، م. و صیداوی، ع. ۱۳۹۳. تأثیر غلظت، شکل فیزیکی و شیمیایی منابع کود ازته بر صفات کیفی برگ توت و عملکرد کرم ابریشم. مجله پژوهشهای جانوری. ۲۷(۴): ۴۷۴-۴۸۶.

درستکار، ن. ۱۳۹۵. تأثیر سیستم‌های آبیاری بر عملکرد سویا در همزیستی میکوریزایی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه ارومیه.

رجبی کنف‌گورابی، ر.، عبادی، ر.، میرحسینی، س.، و صیداوی، ع. ۱۳۸۷. اثرات تغذیه با دو رقم برگ توت بر برخی پارامترهای زیستی و شاخص های اقتصادی کرم ابریشم .Bombyx mori . پژوهش کشاورزی. ۸(۳): ۱-۸.

طالبی اسفندارانی، م.، بحرینی، ر. و تاج آبادی، ن. ۱۳۸۱. اثر ویتامین ث بر روی برخی صفات کرم ابریشم (Bombyx mori L). پژوهش و سازندگی. ۱۵(۲ (پی آیند ۵۵) در امور دام و آبزیان): ۹۲-۹۴.

علی‌پناه، م.،عابدیان، ذ.، نصیری، ع.، سرجمعی، ف. و قراری، ف. ۱۳۹۶. اثر تغذیه سه رقم برگ درخت توت بر خصوصیات تولیدی کرم ابریشم هیبرید. همایش ملی ابریشم ایران، دانشگاه گیلان. ۱۳۹-۱۴۵.

گشسبی، ف.، حیدری، م.، صباغ، س ک. و مکاریان، ح. ۱۴۰۰. تاثیر تنش کم‌آبی و کودهای زیستی و غیرزیستی بر عملکرد سرشاخه‌های گلدار، رنگدانه‌های فتوسنتزی و غلظت عناصر پرمصرف گیاه در آویشن زراعی (Thymus vulgaris L). علوم گیاهان زراعی ایران. ۵۲ (۲). ۱۵۷-۱۷۲.

محمدخانی، ن. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی روی برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی دو رقم ذرت (.Zea mays L ۷۰۴ & .Zea mays L ۳۰۱). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه ارومیه.

مظفری، س.، خراسانی نژاد، س. و گرگینی شبانکاره، ح. ۱۳۹۶. اثر رژیم‌های آبیاری و کاربرد اسیدهیومیک بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی خرفه در شرایط گلخانه. به زراعی کشاورزی. ۱۹(۲):۴۰۱-۴۱۶.

مقبلی دامنه، ا.، فتاحی، ر.، قربانی، ب.، ربیعی، غ. و اسفندیاری، ص.

۱۳۹۷. بررسی اثر کم آبیاری در شرایط آبیاری سطحی و زیرسطحی روی رشد سبزینه ای و عملکرد مرکبات. پژوهش‌های تولید گیاهی (علوم کشاورزی و منابع طبیعی). ۲۵(۳): ۶۹-۸۲.

میرحسینی، س ض، و مواج پور، م. ۱۳۸۳. مقایسه عملکرد آمیخته های کرم ابریشم داخلی و خارجی با استفاده از دو نوع برگ توت اصلاح شده و بومی . دانش کشاورزی. ۱۴(۲): ۴۵-۵۶.

علیزاده، ا. ۱۳۸۵. طراحی سیستم‌های آبیاری. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).

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.

Adeduntan. S.A. 2015. Influence of different varieties of mulberry leaves (Morus alba) on growth and cocoon performance of biovoltine strain of silkworm (Bombyx mori). *International Journal of Biological and Chemical Sciences.* 9(2): 751-757.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO. Italy.

Alidee. T. Jales. M. Hjaij. N.D. and Almouna. A. 2023. Estimation of Some Phytochemical Compounds and Antioxidant Properties of Leaves from Different Mulberry Varieties Grown in Syria. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2023.

Arji, I., and Arzani, K. 2004. Effect of water stress on some biochemical changes in leaf of five olives (*Olea europaea* L.) cultivars. In V International Symposium on Olive Growing. 791: 523-526.

Arnon, D.I. 1979. Copper enzyme in isolated chloroplast polyphenoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology. 24: 1-15.

Bakhshi, D. and Arakawa, O. 2006. Induction of phenolic compounds biosynthesis with light irradiation in the flesh of red and yellow apples. Journal of Applied Horticulture.(2): 101-104.

Barathi, P., Sundar, D. and Ramachandra Reddy, A. 2001. Changes in mulberry leaf metabolism in response to water stress. Biologia Plantarum. 44: 83-87.

Barreales, D., Malheiro, R., Pereira, J. A., Verdial, J., Bento, A., Casquero, P. A. and Ribeiro, A. C. 2019. Effects of irrigation and collection period on grapevine leaf (Vitis vinifera L. var. Touriga Nacional): Evaluation of the phytochemical composition and antioxidant properties. Scientia Horticulturae. 245: 74-81.

Beevi, N. D., Devamani, M. and Qadri, S. M. H. 2018. Effect of co-inoculation of microbial consortium on mulberry leaf yield and silkworm cocoon production. International Journal of Environmental Sciences. and Tech. 7(6): 1875-1885.

Bhattacharyya, P., Jha, S., Ghosh, A. and Mandal, P. 2017. Effect of artificial diet components with antioxidant activity on mulberry leaf dependent silkworm rearing system. Harvest. 2: 31-48.

Bradford, MM. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry. 72:248–254.

Chang, C., Yang, M., Wen, H. and Chern, J. 2002 Estimation of total flavonoid content in Propolis by two complementary colorimetric methods. Food Drug Analysis 10: 178 -182.

El-Banna, A. A., Moustafa, M. N., Mahmoud, S. M., El-Shafei, A. M. and Moustafa, A. A. 2013. Effect of feeding different mulberry varieties on some biological characteristics of the silkworm, Bombyx mori L. Egypt Journal of Pure and Applied Sciences. 51: 55-60.

Gupta, S. K., & Dubey, R. K. 2021. Environmental factors and rearing techniques affecting the rearing of silkworm and cocoon production of Bombyx mori Linn. Acta Entomology and Zoology. 2(2): 62-67.

Hamzah, M. and Megahed, M. 2017. Effect of certain food additives on biological, Economic and technological parameters of silkworm bombyx mori L. 175-189.

Irigoyen, J.J., Emerich, D.W. and Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (Medicago sativa) plants. Physiologia Planterun. 84: 55-60.

Jung, S. 2004. Variation in antioxidant metabolism of young and mature leaves of Arabidopsis thaliana subjected to drought. Plant Science. 166(2): 459-466.

Kalaivani, M., Jebanesan, A., Maragathavalli, S., Annadurai, B. and Gangwar, S. K. 2013. Studies on chlorophyll content, soluble protein, carbohydrates and moisture content of Morus alba Linn. Ethiopia: Department of Agriculture, Rangeland and Wildlife Sciences, College of Agriculture, Mekelle University.

Khaleghi, E., Arzani, K., Moallemi, N. and Barzegar, M. 2012. Evaluation of chlorophyll content and chlorophyll fluorescence parameters and relationships between chlorophyll a, b and chlorophyll content index under water stress in Olea

Narayanaprakash, R., Periasamy, K. and Radhakrishnan, S. 1985. Effect of dietary water content on food utilization and silk production in Bombyx mori L. (Lepidoptera: Bombycidae).

Sangtarash, M. H., Qaderi, M. M., Chinnappa, C. C. and Reid, D.M. 2009. Differential sensitivity of canola (Brassica napus) seedlings to ultraviolet-B radiation, water stress and abscisic acid. Environmental and Experimental Botany. 66(2): 212-219.

Seenappa, C., Devakumar, N. and Nagaraja, N. 2015. Yield and quality of mulberry leaf and cocoon influenced by different methods, levels of irrigation and mulching during summer in eastern dry zone of Karnataka. International Journal of Agriculture Innovations and Research. 3(5): 1583-1587.

Slinkard, K. and Singleton, V.L. 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. American Journal of Enology and Viticulture.

28: 49 -55.

Urbanek Krajnc, A., Ugulin, T., Pausic, A., Rabensteiner, J., Bukovac, V., Mikulic Petkovsek, M., Janzekovic, F., Bakonyi, T., Lucijana Bercic, R. and Felicijan, M. 2019. Morphometric and biochemical screening of old mulberry trees (Morus alba L.) in the former sericulture region of Slovenia. Acta Societatis Botanicorum Poloniae. 88(1): 3614.

Vihakas, M. 2014. Flavonoids and other phenolic compounds: characterization and interactions with lepidopteran and sawfly larvae.

europaea cv. Dezful. International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering. 6(8): 636-639.

Kuru, I. S. 2023. The morpho-physiological responses of a tolerant and sensitive wheat (Triticum aestivum l.) cultivar to drought stress and exogenous methyl jasmonate. Frontiers in Life Sciences and Related Technologies. 4(1): 7-12.

Latha, P., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Naidu, P. H. and Reddy, P.V. 2007. Relationship between total phenols and aflatoxin production of peanut genotypes under end-of-season drought conditions. Acta Physiologiae Plantarum. 29: 563-566.

Marin, G., Blessy, P., Mary, H., Arivoli, S. and Tennyson, S. 2022. Effect of Micronutrients on the Biochemical Contents of Mulberry (Morus Alba L. Moraceae) Leaves. Current Agriculture Research Journal. 10(3):

Moosavi, S. G., Seghatoleslami, M. J., Javadi, H. and Ansari-nia, E. 2011. Effect of irrigation intervals and planting patterns on yield and qualitative traits of forage sorghum. Advances in Environmental Biology.(10): 3363-3368.

Murthy, V. Y., Ramesh, H. L., Lokesh, G. andMunirajappa, D. Y. B. 2013. Leaf quality evaluation of ten mulberry (Morus) germplasm varieties through phytochemical analysis. International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research. 21(1): 182-189.

Muthuswami, M., Bhaskar, R. N. and Naveen, V. 2011. Role of Food Additives on Young Age Silkworm (Bombyx mori. L.) Rearing. International Journal of Pure & Applied Sciences & Technology. 7(2):

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 6, Vol. 19, Feb.-Mar. 2026, p. 937-952

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۶، جلد ۱۹، بهمن - اسفند ۱۴۰۴، ص. ۹۵۲-۹۳۷

The Effect of Sprinkle Irrigation on Improving the Quantitative and Qualitative Characteristics of Silk Produced Compared to Surface Irrigation and Rainfed Cultivation

M. Saber Zideh Saraei[1], **Y.Hamidoghli**[2], **D. Bakhshi**[3], **M. Khaledian**[*4], **R. Sourati Zanjani**[5]

Recived: Aug.23, 2025 Accepted: Sep.19, 2025

Abstract

In this research, the effect of sprinkle irrigation on some traits of mulberry leaves, silk yield, and income from the sale of cocoons was investigated in comparison with rainfed and surface irrigation conditions from June to September 2022 and 2023 at the Iran Silk Research Center located in the Pasikhan region of Rasht city. After irrigation, three mulberry trees were randomly selected from each irrigation treatment and then the stems were cut and compared in two. The results of the variance analysis in the two sampling stages showed that the difference between the treatments was significant ($p<0.05$). Comparison of the means at the beginning and the end of the period showed that the highest chlorophyll a (0.753 and 0.654 mg/g), chlorophyll b (0.299 and 0.211 mg/g), protein (6.501 and 6.251 mg/g), and the total leaf sugar (0.358 and 0.419 mg/g) were obtained in the sprinkle irrigation treatment. The longest stem length (198.68 and 74.86 cm) was obtained in the surface irrigation treatment. In the next stage, the leaves obtained from the experimental treatments were given to silkworms, which were examined separately after the larvae fed on the leaves and the worms in each treatment were examined. The highest number of good cocoons (117.16) and the weight of one liter of good cocoons (175.74 g) were obtained in sprinkle irrigation. In terms of income, the highest amount of fresh cocoon sale was in the sprinkle irrigation treatment with an amount of 935089.75 thousands rials. The results showed that the application of sprinkle irrigation in the silkworm farms had the highest positive effect on the quality of the mulberry leaves produced and, as a result, the fresh cocoons produced and income.

Keywords: Mulberry leaf quality, Mulberry orchard, Silk

1- Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan; P.O.BOX 41635-3756, Rasht, Iran, mkh572000@yahoo.com
2- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, hamidoghli@gmail.com
3- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, bakhshi-d@guilan.ac.ir
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.
5- Iran Silk Research Center, rezasourati@yahoo.com
(*- Corresponding Author Email: khaledian@guilan.ac.ir)