

Assessment of Irrigation Methods Effects on Sweet Cherry Yield in Selected Orchards of Ardabil Province

F. Parchami-Araghi*^{id} and M. Jolaini

Assistant Prof., Agricultural Engineering Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ardabil, Iran. f.parchamiaraghi@areeo.ac.ir
Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran. mjolainire@gmail.com

Received: July 2024 and Accepted: December 2024

Abstract

Reliable estimates of the seasonal applied water and irrigation performance indicators under the current orchard conditions are prerequisites for improving water resources management in agriculture. In this study, seasonal applied water, irrigation methods, and assessment indicators of sweet cherries were studied by monitoring 22 orchards under actual conditions, in Ardabil Province (Parsabad and Meshginshahr counties), Iran, during the 2020-21 growing season. The seasonal estimates of the net crop water requirement, I_n , during the study season ranged from 460 mm (drip irrigation with no active ground cover) to 729 mm (surface irrigation with active ground cover). The adjusted I_n estimates for the drip irrigation method were 19-29% lower than those for the surface irrigation, and the presence of active ground cover increased I_n by 31-35%. The total sum of seasonal applied water and effective precipitation ($I + P_e$) and the fruit yield ranged from 436-1457 mm and 1.60-16.67 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ (with a weighted average of 583 mm and 9.03 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$), respectively. Over-irrigation was more common in the initial and developmental growth stages compared to the middle and late stages. Most of the orchards experienced different degrees of deficit irrigation during pre- and post-harvest periods (13 and 21 orchards, respectively). On average, 60% of the seasonal applied water was allocated to the post-harvest period. There was a significant ($P < 0.05$) difference between the values of the relative irrigation supply index ($\text{RIS} = I / I_n$) during pre- and post-harvest periods. Water productivity indicators were significantly ($P < 0.05$) affected by the managers' education and skill level, orchard size, age of the trees, irrigation method, and frost damage. Frost damage accounted for a 61% and 72% reduction in fruit yield and water productivity (WP_{I+P_e}), respectively, compared to the orchards without severe frost damage. The results indicated severely poor irrigation management in the study orchards. Controlling frost damage, and implementing regulated deficit irrigation during the post-harvest period seem to be the most significant and effective strategies to improve irrigation performance indicators in the study area.

Keywords: Surface Irrigation, Drip Irrigation, Frost Damage

*- Corresponding author's email: f.parchamiaraghi@areeo.ac.ir
<https://doi.org/10.22092/jwra.2025.366390.1048>

ارزیابی اثر روش‌های آبیاری بر عملکرد گیلاس در باغ‌های منتخب استان اردبیل

فرزین پرچمی عراقی*  و محمد جلینی

بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، اردبیل، ایران. f.parchamiaraghi@areeo.ac.ir

بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و

ترویج کشاورزی، مشهد، ایران. mjolainire@gmail.com

دریافت: تیر ۱۴۰۳ و پذیرش: آذر ۱۴۰۳

چکیده

در دست داشتن برآوردهایی معتبر از آب کاربردی فصلی و نمایه‌های عملکرد آبیاری در شرایط واقعی و بهره‌برداری اعمال شده در باغ‌ها، پیش‌نیاز بهبود مدیریت منابع آب کشاورزی است. در پژوهش حاضر، آب کاربردی فصلی و نمایه‌های ارزیابی عملکرد آبیاری گیلاس در ۲۲ باغ با مدیریت بهره‌برداران در استان اردبیل (شهرستان‌های پارس‌آباد و مشگین‌شهر) در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ بررسی شد. نیاز آبی خالص گیلاس (I_n) در فصل زراعی مطالعاتی در دامنه ۴۶۰ (آبیاری قطره‌ای بدون پوشش گیاهی فعال در سطح خاک) تا ۷۲۹ میلی‌متر (آبیاری سطحی با پوشش گیاهی فعال در سطح خاک) برآورد شد. برآوردهای تعدیل شده I_n برای آبیاری قطره‌ای به میزان ۱۹٪ تا ۲۹٪ پایین‌تر از مقادیر نظیر آن‌ها برای آبیاری سطحی بود و وجود پوشش گیاهی فعال در سطح خاک موجب افزایش ۳۱٪ تا ۳۵٪ I_n شد. در این باغ‌ها، مجموع آب کاربردی و بارش مؤثر فصلی ($I + P_e$) و عملکرد میوه به ترتیب، بین ۴۳۶ تا ۱۴۵۷ میلی‌متر و ۱/۶۰ تا ۱۶/۶۷ تن بر هکتار متغیر بود (به ترتیب، با میانگین وزنی ۵۸۳ میلی‌متر و ۹/۰۳ تن در هکتار). آبیاری بی‌رویه در مراحل ابتدایی و توسعه‌ای رشد گیاه نسبت به مراحل میانی و انتهایی شایع‌تر بود. اکثر باغ‌های مزبور طی دوره‌های قبل و پس از برداشت میوه (به ترتیب، در ۱۳ و ۲۱ باغ)، درجات مختلفی از کم‌آبیاری را تجربه کردند. به‌طور میانگین، ۶۰٪ از آب کاربردی به دوره پس از برداشت میوه اختصاص یافت. اختلاف بین مقادیر نمایه تأمین نسبی آبیاری ($RIS = I / I_n$) باغ‌ها در دوره‌های قبل و پس از برداشت میوه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. اثر منطقه مطالعاتی، سطح تحسیلات و مهارت بهره‌برداران، سطح زیرکشت باغ، سن درختان باغ، سامانه‌های آبیاری و خسارت سرمازدگی بر نمایه‌های بهره‌وری آب در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. خسارت سرمازدگی موجب کاهش ۶۱٪ عملکرد میوه و کاهش ۷۲٪ نمایه بهره‌وری آب (WP_{I+P_e}) آن در مقایسه با باغ‌های فاقد خسارت شدید شد. نتایج حاکی از ضعف شدید در مدیریت آبیاری در باغ‌های مزبور بود. به نظر می‌رسد که کنترل خسارت سرمازدگی و اعمال مدیریت کم‌آبیاری تنظیم‌شده در دوره پس از برداشت میوه، بارزترین راهکارهای مؤثر در بهبود نمایه‌های عملکرد آبیاری در این منطقه باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری سطحی، آبیاری قطره‌ای، خسارت سرمازدگی

* - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: f.parchamiaraghi@areeo.ac.ir



درشت درخت در مقیاس کرت‌های آزمایشی متمرکز بوده است (بلانکو و همکاران، ۲۰۱۹؛ لیائو و همکاران، ۲۰۱۹؛ کاراسکو-بناویدس و همکاران، ۲۰۲۰؛ لی و همکاران، ۲۰۲۰). بنابراین، در این دسته پژوهش‌ها، از اثر محدودیت‌های تولید در شرایط واقعی بهره‌برداری باغ‌ها (از جمله، ضعف دانشی بهره‌برداران، محدودیت انعطاف-پذیری خدمات تحویل آب در شبکه آبیاری، محدودیت دسترسی به کودها و سموم مؤثر و وقوع رویدادهای اقلیمی فرین مانند خشک‌سالی، موج‌های گرما و سرمازدگی) بر مدیریت آب در باغ صرف نظر شده است. بر اساس تعریف، آب کاربردی عبارت از مقدار آب تحویلی به مزرعه/باغ (بدون احتساب بارندگی و تلفات توزیع آب در شبکه آبیاری) است (لوریت و همکاران، ۲۰۱۳؛ ناشناس، ۲۰۱۶). پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه برآورد آب کاربردی و کمی‌سازی نمایه‌های ارزیابی عملکرد آبیاری در شرایط واقعی بهره‌برداری باغ‌های گیلاس محدود است. این در حالی است که گردآوری چنین داده‌هایی نخستین گام در جهت بهبود مدیریت منابع آب محسوب می‌شود (سالوادور و همکاران، ۲۰۱۱). علت اصلی این کاستی، ناشی از هزینه‌بری و طاقت‌فرسا بودن انجام این‌گونه مطالعات است؛ زیرا لازمه انجام چنین بررسی‌هایی، عملیات پایش مدیریت آبیاری و نیز کمی‌سازی عکس‌العمل گیاه به مدیریت آبیاری اعمال‌شده در مجموعه‌ای نماینده از باغ‌های بهره‌برداران است. همچنین، به دلیل تعدد باغ‌های مورد پایش، عملاً، تعیین تمامی اجزای بیلان آب در باغ‌های مورد بررسی امکان‌پذیر نیست. به عنوان یک راهکار، تعاریفی از نمایه‌های ارزیابی عملکرد آبیاری توسعه یافته است که کمی‌سازی آن‌ها نیازمند در دست داشتن مقادیر تمامی اجزای بیلان آب مزرعه نیست (جدول ۱). از این رو، معدود مطالعات مشابه صورت گرفته در این زمینه، عمدتاً بر ارزیابی عملکرد آبیاری از طریق برخی نمایه‌های ارزیابی فصلی مدیریت آبیاری ارائه شده در جدول ۱ متمرکز بوده‌اند (سالوادور و همکاران، ۲۰۱۱؛

گیلاس (*Prunus avium* L.) با سطح زیر کشت تقریبی ۴۸۷ هزار هکتار و تولید سالانه ۳/۰۶ میلیون تن در جهان، یکی از گونه‌های درختان میوه هسته‌دار است (فائوستات، ۲۰۲۴). میوه گیلاس از ارزش اقتصادی قابل توجهی برخوردار بوده و کشت بازار برای این محصول از شرایط مطلوبی برخوردار است (بلانکو و همکاران، ۲۰۱۹). بر اساس آمار فائو و آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ (بی‌نام، ۱۴۰۲)، ایران از نظر سطح زیر کشت (۳۸/۹۵ هزار هکتار) و محصول تولیدی گیلاس (۳۶۵/۶۶ هزار تن) پس از کشورهای ترکیه و شیلی، سومین تولیدکننده عمده این محصول محسوب می‌شود (فائوستات، ۲۰۲۴). بر اساس آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ (بی‌نام، ۱۴۰۲)، استان اردبیل به لحاظ سطح زیر کشت درختان بارور گیلاس (۹۸۷ هکتار) در رتبه نهم و از نظر تولید سالانه (۵/۳۶ هزار تن) در رتبه سیزدهم استان‌های عمده تولیدکننده گیلاس در کشور قرار دارد. شهرستان‌های پارس‌آباد و مشگین‌شهر، کانون‌های اصلی تولید گیلاس در استان محسوب می‌شود. با این حال، خشک‌سالی‌های اخیر، محدودیت دسترسی به منابع آب در هر دو منطقه را به دنبال داشته است. از سوی دیگر، اعمال برنامه‌ریزی آبیاری محتاطانه در باغ‌ها در دوره‌های قبل از برداشت میوه (به منظور تضمین بازاریابی و سطح اقتصادی عملکرد میوه گیلاس) و پس از آن (به منظور تضمین تشکیل جوانه‌های زایشی و ذخیره کربوهیدرات کافی که عملکرد میوه در سال آتی را تعیین می‌کند) موجب وارد شدن فشاری مضاعف به منابع آب در این مناطق گردیده است. این امر بیانگر اهمیت بهبود مدیریت آبیاری باغ‌های گیلاس در راستای پایداری تولید این محصول در استان اردبیل است. عمده مطالعات مرتبط با مدیریت آبیاری گیلاس در مقیاس کرت‌های آزمایشی و از دیدگاه بررسی سطح بهینه تراکم میوه (تعداد میوه‌های درخت) و/یا مدیریت آبیاری بهینه با هدف بیشینه‌سازی تعداد میوه‌های

استامبولی و همکاران، ۲۰۱۲؛ مورنو-پرز و رولدان-کاناس،
۲۰۱۳؛ آندرس و کوچی، ۲۰۱۴).

جدول ۱- توصیف ریاضی برخی نمایه‌های ارزیابی عملکرد آبیاری^(*)

منبع	توصیف ریاضی	نمایه
(مالانو و برتون، ۲۰۰۱)	$RIS = I/I_n$	تأمین نسبی آبیاری (-)
(لوریت و همکاران، ۲۰۰۴)	$RRS = P_e/ET_c$	تأمین نسبی بارش (-)
(بوس و همکاران، ۱۹۹۴)	$CYR = Y / \bar{Y}$	نسبت عملکرد محصول (-)
(مولدن و همکاران، ۲۰۰۳)	$WP_I = k Y/I$	بهره‌وری آب کاربردی (کیلوگرم بر مترمکعب)
(مولدن و همکاران، ۲۰۰۳)	$WP_{I+P_e} = k Y/(I + P_e)$	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
(مولدن و همکاران، ۲۰۰۳)	$WP_{\S} = k q_n/I$	بهره‌وری اقتصادی آب (واحد پولی بر مترمکعب)

^(*) در این جدول، I_n ، I ، P_e و ET_c به ترتیب، بارش مؤثر، آب کاربردی، نیاز آبی خالص ($I_n = ET_c - P_e$) و تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه (میلی‌متر)، Y و \bar{Y} به ترتیب، عملکرد محصول واقعی و مورد انتظار (تن بر هکتار)، q_n سود اقتصادی خالص حاصل از تولید محصول و $k = 0/1$ ضریب تبدیل واحد است

به‌دست آمد. میانگین آب کاربردی فصلی 161 ± 60.1 میلی‌متر گزارش شد. میانگین نمایه RIS (جدول ۱) در باغ‌های با برنامه‌ریزی آبیاری رایج و RDI به ترتیب، 0.20 ± 0.08 و 0.24 ± 0.13 به‌دست آمد. به‌طور کلی، ماهیت و شدت محدودیت‌های تحمیلی به کشاورزان در فرآیند تولید محصولات کشاورزی نسبت به زمان و مکان متغیر است و برآیند اثرات این محدودیت‌ها، تصمیمات اتخاذی کشاورزان در خصوص نحوه مدیریت آب در مزرعه/باغ را متأثر می‌سازد؛ بنابراین، منطقاً، اعتبار نتایج مطالعاتی که در آن‌ها از داده‌های مزرعه‌ای مربوط به سالیان گذشته جهت استنتاج راهکاری برای مدیریت بهینه منابع آب در شرایط فعلی استفاده می‌شود، با محدودیت مواجه خواهد بود. همین‌طور، طی مطالعه‌ای پنج‌ساله در باغ‌های گیلاس (با سامانه‌های آبیاری قطره‌ای) واقع در ایستگاه‌های تحقیقاتی موسسه تحقیقات علوم باغبانی در استان البرز، محمودی و همکاران (۱۴۰۱) میانگین آب کاربردی فصلی، عملکرد میوه و نمایه WP_I (جدول ۱) را به ترتیب، ۷۱۳ میلی‌متر (بین ۵۵۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر)، ۷/۱۳ تن بر هکتار (بین پنج تا نه تن بر هکتار) و ۰/۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب (بین ۰/۹۱ تا ۱/۱۳ کیلوگرم بر مترمکعب) گزارش دادند. میانگین پنج‌ساله نمایه WP_{\S} (جدول ۱) برای محصولات آلبالو، گیلاس، هلو و سیب (به ترتیب، ۱۰۶/۱۷، ۹۵/۱۳، ۲۵/۲۴ و

محدودیت دسترسی به داده‌های مورد نیاز در مطالعات مشابه، پژوهشگران را ناگزیر به اتخاذ برخی فرضیات ساده‌سازی نیز نموده است. به‌عنوان مثال، در مطالعه مسی و همکاران (۲۰۱۷) در دره رودخانه میسیسیپی آمریکا، مقادیر آب کاربردی از طریق برق مصرفی سامانه‌های آبیاری مزارع برآورد شد. همچنین، محدودیت‌های فراروی گردآوری داده‌های مورد نیاز، برخی پژوهشگران را بر آن داشته که چنین بررسی‌هایی را از طریق گردآوری داده‌های مطالعات پیشین صورت دهند (بولاند و همکاران، ۲۰۰۶؛ سالوادور و همکاران، ۲۰۱۱). در این رابطه، طی مطالعه‌ای در حوضه ابرو^۱ در کشور اسپانیا، سالوادور و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از یک بانک اطلاعاتی حاوی داده‌های مدیریت آبیاری ثبت‌شده در سال‌های ۱۹۸۲ تا ۲۰۰۵ میلادی برای ۱۵۵۰ مزرعه/باغ، مدیریت آبیاری اعمال‌شده در آن‌ها را مورد بررسی قرار دادند. بانک اطلاعات گردآوری‌شده مشتمل بر هشت باغ گیلاس با مدیریت رایج آبیاری در منطقه و هشت باغ با مدیریت کم‌آبیاری تنظیم‌شده^۲ (RDI) بود. همه باغ‌های مطالعاتی به‌روش قطره‌ای آبیاری می‌شدند. میانگین نیاز آبی خالص فصلی طی سال‌های آبی مطالعاتی در باغ‌های با مدیریت رایج آبیاری و RDI به ترتیب، ۵۵۳ (بین ۴۶۶ تا ۶۲۴ میلی‌متر) و ۴۶۰ میلی‌متر (بین ۳۸۶ تا ۵۱۶ میلی‌متر)

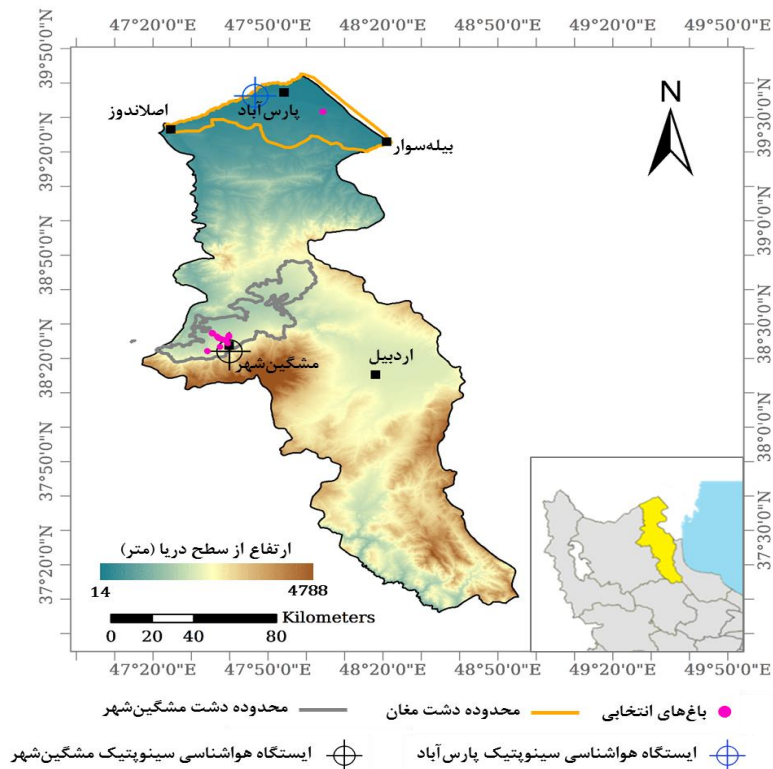
۲۳/۰۱ هزار ریال بر مترمکعب) حاکی از مزیت تولید آلبالو و گیلاس نسبت به هلو و سیب بود. در پژوهش فوق، به کمی‌سازی سایر نمایه‌های ارزیابی عملکرد آبیاری، ارزیابی درجه انطباق آب کاربردی با نیاز گیاه و بررسی راهکارهای صرفه‌جویی آب پرداخته نشده است. این در حالی است که ارزیابی عملکرد آبیاری در شرایط واقعی باغ‌های بهره‌برداران باید بتواند به ارائه تصویری هرچه واقع‌بینانه‌تر از نحوه مصرف منابع آب کشاورزی و ارائه راهکارهایی در جهت بهبود عملکرد آبیاری ختم شود؛ بنابراین، هدف از این پژوهش، برآورد آب کاربردی فصلی و ارزیابی مدیریت آبیاری اعمال‌شده در باغ‌های گیلاس از طریق اندازه‌گیری مستقیم و میدانی آب کاربردی و عملکرد محصول است. این پژوهش در شرایط واقعی مدیریت بهره‌برداری باغ‌های واقع در شهرستان‌های پارس‌آباد و مشگین‌شهر به‌عنوان قطب‌های اصلی تولید گیلاس در استان اردبیل صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و گزینش باغ‌های مطالعاتی

پژوهش حاضر، در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در باغ‌های منتخب گیلاس واقع در شهرستان‌های پارس‌آباد و مشگین‌شهر در استان اردبیل انجام شد (شکل ۱). در حال حاضر، تولید تجاری گیلاس در دشت مغان به اراضی شرکت کشت و صنعت و دام‌پروری مغان محدود می‌شود. با این حال، برخی مزایای تولید گیلاس نسبت به شلیل (که

یکی از گیاهان باغی عمده در الگوی کشت دشت مغان است)، توسعه تولید این محصول در دشت مغان را مطرح کرده است. از جمله این مزایا می‌توان به امکان عرضه زود هنگام‌تر محصول به بازار و ریسک بسیار پایین‌تر خسارت سرمازدگی و تگرگ در دشت مغان نسبت به دشت مشگین‌شهر و نیز خسارت و هزینه قابل توجه کنترل بیماری‌های قارچی شلیل در دشت مغان اشاره کرد. از این رو، در این پژوهش، چهار قطعه باغ تجاری گیلاس در دشت مغان مورد بررسی قرار گرفت. باغ‌های مطالعاتی در دشت مشگین‌شهر به‌گونه‌ای انتخاب شد که حتی‌الامکان، دامنه تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و مدیریتی باغ‌های گیلاس در سطح مناطق مطالعاتی را پوشش دهند (جدول ۲). برای این منظور، با دریافت مشاوره از مراکز خدمات جهاد کشاورزی واقع در کانون‌های تولید گیلاس یک بانک اطلاعاتی اولیه از باغ‌های گیلاس منطقه (مشمول بر ۷۳ باغ) گردآوری شد. این بانک اطلاعاتی در برگرفته برخی ویژگی‌های باغ‌های گیلاس در منطقه مطالعاتی (شامل ویژگی‌های ذکر شده در جدول ۲، به‌جز فواصل کشت درختان) بود. این ویژگی‌ها به‌منظور گروه‌بندی داده‌ها در بانک اطلاعاتی فوق مورد استفاده قرار گرفت. متعاقباً، باغ‌های مطالعاتی از طریق انجام یک نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌بندی‌شده (داتالو، ۲۰۰۸) از بانک اطلاعاتی گردآوری‌شده گزینش شدند. با توجه به محدودیت‌های عملی اجرای پژوهش، حجم نمونه مطالعاتی در دشت مشگین‌شهر برابر با ۱۸ در نظر گرفته شد.



شکل ۱- پراکنش جغرافیایی باغ‌های مطالعاتی

جدول ۲- فراوانی نسبی برخی ویژگی‌های فیزیکی و مدیریتی در باغ‌های مطالعاتی

ویژگی	شرح	فراوانی مطلق	ویژگی	شرح	فراوانی مطلق
سطح تحصیلات	زیر دیپلم	10	منبع تأمین آب آبیاری	سطحی	8
بهره‌برداران	دیپلم و بالاتر	12	آب آبیاری	زیرزمینی	3
سطح مهارت	معمولی	17	ترکیبی	ترکیبی	11
بهره‌برداران	پیشرو	5	سامانه آبیاری	سطحی	15
پوشش سطح خاک	خاک لخت	18	قطره‌ای	قطره‌ای	6
	پوشش گیاهی فعال	4	ترکیبی (قطره‌ای-سطحی)	ترکیبی (قطره‌ای-سطحی)	1
مساحت باغ	کوچک‌تر از ۲ هکتار	18	خسارت	بدون خسارت شدید	18
	بزرگ‌تر از ۲ هکتار	4	سرمازدگی	خسارت شدید	4
	پایین‌تر از ۵ سال	2			
	۵ تا ۱۰ سال	10			
سن درختان	بالاتر از ۱۰ سال	10			

جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز

در این مطالعه، ویژگی‌هایی از جمله مراحل مختلف رشد گیاه، بافت و شوری خاک، شوری آب آبیاری، تحویلی، عمق آب کاربردی در هر نوبت آبیاری و عملکرد میوه گیلاس (تن بر هکتار) تعیین شد. عمق آب کاربردی

در هریک از نوبت‌های آبیاری از طریق سطح زیر کشت واقعی باغ، دبی جریان تحویلی به باغ و مدت زمان تحویل آب برآورد شد. بسته به شرایط باغ، دبی جریان تحویلی در سامانه‌های آبیاری سطحی با استفاده از تیپ‌های چهار یا پنج فلوم WSC اندازه‌گیری شد (اسلامی، ۱۳۹۵). در مورد

باغ‌های مطالعاتی با سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، تلفات نشت از سامانه آبیاری قابل اغماض بود. از این‌رو، دبی جریان تحویلی در این گروه از باغ‌ها از طریق اندازه‌گیری دبی متوسط قطره‌چکان‌ها (به‌روش حجمی) و مطابق با رهنمودهای مریام و کلر (۱۹۷۸) برآورد شد.

ارزیابی فصلی عملکرد آبیاری

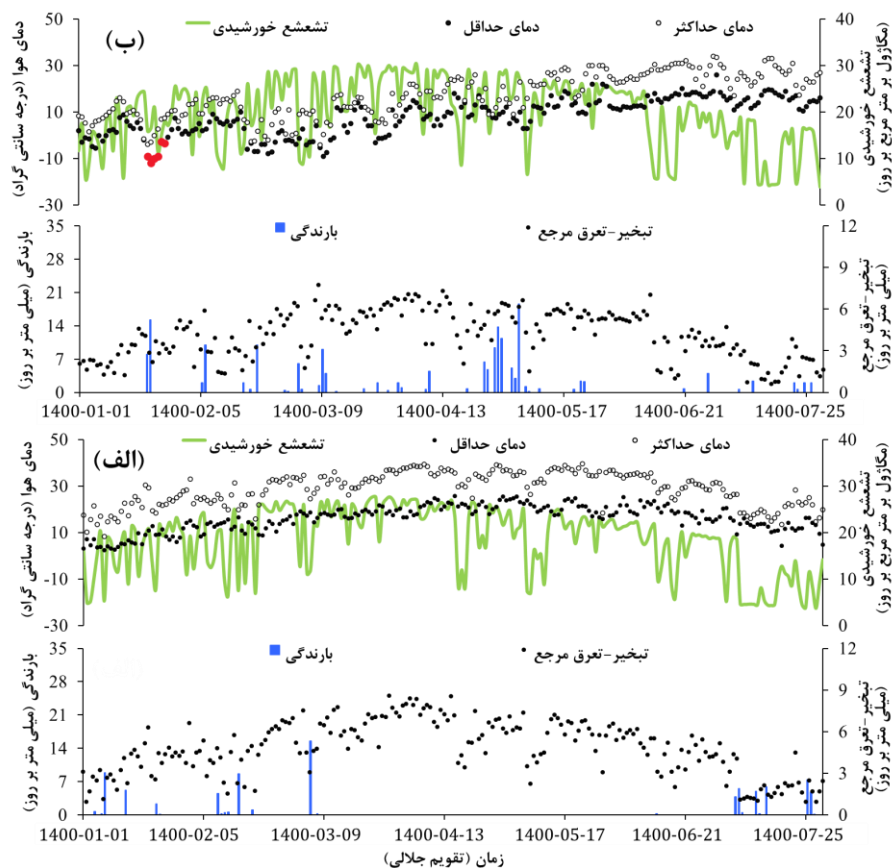
ارزیابی فصلی عملکرد آبیاری در باغ‌های مطالعاتی با استفاده از نمایه‌های ارائه شده در جدول ۱ انجام شد. به‌منظور تعیین نمایه CYR (جدول ۱)، سطح قابل انتظار عملکرد میوه در هر یک از باغ‌های مطالعاتی معادل با چارک سوم عملکرد محصول در پنج سال اخیر در نظر گرفته شد. از سوی دیگر، کمی‌سازی نمایه‌های RIS و RRS (جدول ۱) نیازمند در دست داشتن برآوردهای نیاز آبی خالص گیلاس (و لذا، برآوردهای نیاز آبی گیاه و بارش مؤثر) در باغ‌های مطالعاتی است. از این‌رو، تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET_0 ، میلی‌متر بر روز) با استفاده از داده‌های هواشناسی روزانه ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک پارس‌آباد و مشگین‌شهر (شکل ۱) و از طریق مدل فائو پنمن-مانتیت (آلن و همکاران، ۱۹۹۸) برآورد شد. ارزیابی صحت داده‌های هواشناسی اندازه‌گیری شده و برآورد داده‌های گم‌شده با استفاده از الگوریتم پیشنهادی توسط پرچمی عراقی و همکاران (۱۳۹۵) صورت گرفت. به‌دلیل غیر مرجع بودن ایستگاه‌های هواشناسی مطالعاتی، داده‌های دمای نقطه شبنم از طریق روش پیشنهادی توسط تودوروویچ و همکاران (۲۰۱۳) تصحیح شد. بارش مؤثر (P_e) از طریق روش USDA-SCS (بوس و همکاران، ۲۰۰۸) و مقادیر روزانه تشعشع خورشیدی در سطح زمین از طریق مدل عددی یانگ و کوئیکه (۲۰۰۵) برآورد شد. در فصل زراعی مطالعاتی، میانگین دمای متوسط روزانه در

ایستگاه‌های پارس‌آباد و مشگین‌شهر به‌ترتیب، برابر ۲۲/۴ و ۱۲/۶ درجه سانتی‌گراد، میانگین ET_0 روزانه به‌ترتیب، برابر با ۴/۸ و ۴/۱ میلی‌متر بر روز و بارش فصلی به‌ترتیب، ۶۲ و ۷۹ میلی‌متر است (شکل ۲). تبخیر-تعرق روزانه گیاه (ET_c) با استفاده از ET_0 محاسباتی و ضرایب گیاهی منفرد برای باغ‌های گیلاس با پوشش گیاهی فعال بر روی سطح خاک (به‌ترتیب، ۰/۳۸، ۱/۲۰ و ۰/۸۵ برای مراحل ابتدایی، میانی و انتهایی رشد گیاه) و بدون پوشش گیاهی فعال (به‌ترتیب، ۰/۳۸، ۰/۹۵ و ۰/۷۵ برای مراحل ابتدایی، میانی و انتهایی رشد گیاه) به‌طور جداگانه محاسبه شد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸؛ تافته و همکاران، ۱۴۰۲). نیاز آبی خالص گیلاس (I_n) با استفاده از برآوردهای ET_c و P_e برای باغ‌های مطالعاتی محاسبه شد. در مورد باغ‌های با سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، نیاز آبی خالص با صرف‌نظر از سهم تغییرات فصلی ذخیره رطوبتی خاک ناحیه توسعه ریشه از طریق رابطه زیر محاسبه شد (کلر و بلیسنر، ۱۹۹۰):

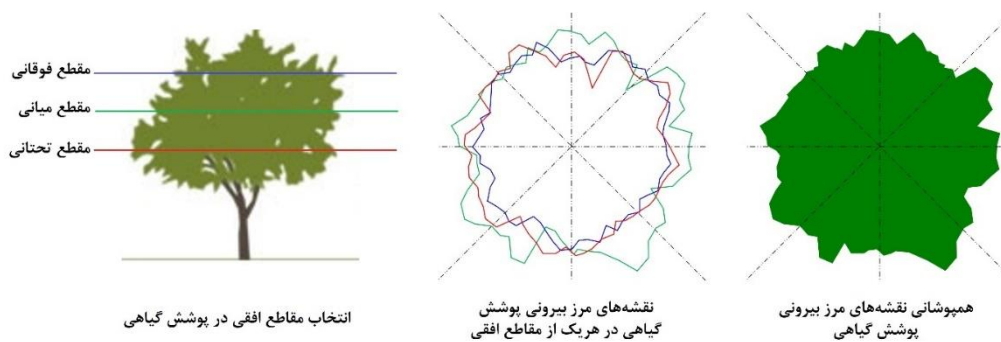
$$I_n = 0.1(ET_c - P_e) \sqrt{P_s} \quad (1)$$

$$P_s = 100 A_s / (S_b S_i) \quad (2)$$

که در آن: P_s درصد سطح سایه‌انداز (درصد)، A_s سطح سایه‌انداز (مترمربع) و S_b و S_i به‌ترتیب، فواصل بین و روی ردیف کاشت (متر) است. مقدار A_s در اواسط تابستان با سه تکرار و به‌روش قطعه‌بندی افقی پوشش گیاهی (وانگ و همکاران، ۲۰۲۲) برآورد شد. بدین منظور، با انتخاب سه مقطع افقی در بخش‌های فوقانی، میانی و تحتانی پوشش گیاهی، نقشه‌های مرز بیرونی پوشش گیاهی با استفاده از سیم مفتول فلزی، ترازنسج، متر و زاویه‌سنج دیجیتال تهیه شد (شکل ۳). سپس، سطح سایه‌انداز درخت از طریق محاسبه مساحت نقشه حاصل از همپوشانی سه نقشه فوق برآورد شد (شکل ۳).



شکل ۲- مقادیر روزانه متغیرهای هواشناسی در دوره مطالعاتی در ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک پارس‌آباد (الف) و مشگین‌شهر (ب). نقاط قرمز رنگ بیانگر روزهای با دمای حداقل روزانه پایین‌تر از ۲- درجه سانتی‌گراد در مراحل اولیه تشکیل میوه و با پتانسیل ایجاد خسارت سرمازدگی گیلاس است



شکل ۳- برآورد سطح سایه‌انداز درخت از طریق قطعه‌بندی افقی پوشش گیاهی

نتایج و بحث
برآوردهای فصلی ET_c ، P_e و I_n در مناطق مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است. مقادیر I_n برآورد شده برای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای به میزان ۱۹ تا ۲۹ درصد پایین‌تر از مقادیر نظیر آن‌ها برای سامانه‌های آبیاری سطحی بوده و وجود پوشش گیاهی فعال در سطح خاک موجب افزایش ۳۱ تا ۳۵ درصدی برآوردهای I_n شد. در مورد منطقه پارس‌آباد، تمامی برآوردهای به‌دست آمده برای ET_c و I_n همواره پایین‌تر (بین ۱ تا ۱۴ درصد) از برآوردهای نظیر ارائه‌شده در نرم‌افزار نت‌وات^۱ بود. همچنین، برآوردهای I_n برای فصل زراعی مطالعاتی در مناطق پارس‌آباد و مشگین‌شهر به ترتیب، یک درصد پایین‌تر و پنج

برآوردهای فصلی ET_c ، P_e و I_n در مناطق مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است. مقادیر I_n برآورد شده برای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای به میزان ۱۹ تا ۲۹ درصد پایین‌تر از مقادیر نظیر آن‌ها برای سامانه‌های آبیاری سطحی بوده و وجود پوشش گیاهی فعال در سطح خاک موجب

برآوردی I_n در فصل زراعی مورد مطالعه برای هر دو منطقه مطالعاتی بالاتر از مقدار نظیر آن به‌ازای سطح احتمال وقوع ۷۵ درصد بود؛ بنابراین، می‌توان گفت که فصل زراعی مطالعاتی یکی از فصول خشک مناطق مطالعاتی بوده است. چراکه بر اساس تحلیل احتمالاتی I_n در شرایط اقلیمی مناطق مطالعاتی، انتظار می‌رود که طی یک دوره ۱۰۰ ساله، مقدار فصلی I_n در ۷۵ درصد از سال‌های این دوره در منطقه پارس‌آباد پایین‌تر از ۶۴۳ میلی‌متر و در مشگین‌شهر پایین‌تر از ۷۰۷ و ۵۳۵ میلی‌متر (به‌ترتیب) در شرایط وجود و عدم وجود پوشش گیاهی فعال بر روی سطح خاک) باشد.

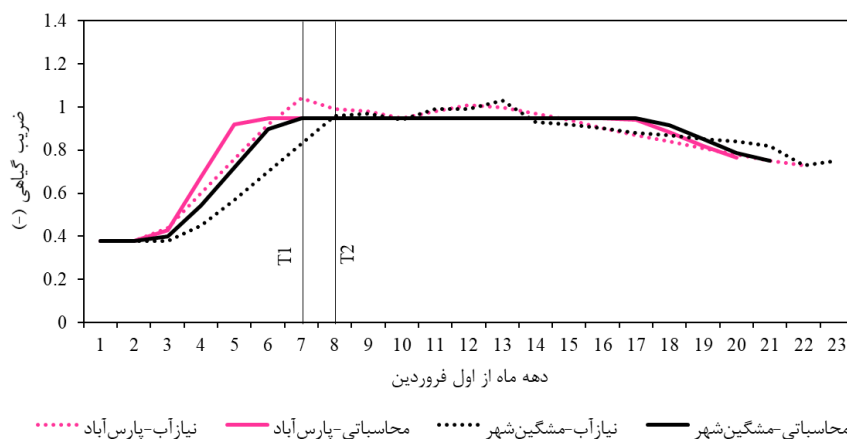
درصد بالاتر از برآوردهای متناظر به‌دست آمده از سامانه نیاز آب (<http://niwr.ir>) بود. از دلایل اختلاف برآوردهای فوق، می‌توان به تفاوت در تقویم فنولوژیکی لحاظ شده در محاسبات ET_c (شکل ۴) و نیز وجود برخی تفاوت‌ها در جزئیات روش‌شناسی اصلاح داده‌های هواشناسی غیرمرجع و محاسبات تشعشع خورشیدی طول موج کوتاه در سطح زمین (R_s)، ET_c و P_e اشاره کرد. از سوی دیگر، برآوردهای I_n در منطقه پارس‌آباد بالاتر از مقادیر نظیر آن در منطقه مشگین‌شهر بود (بین ۲۰ تا ۲۴ درصد). این امر بیانگر اقلیم خشک‌تر منطقه پارس‌آباد در مقایسه با منطقه مشگین‌شهر است. بر اساس جدول ۳ مقدار

جدول ۳- میانگین برآوردهای مختلف (میلی‌متر) بارش مؤثر و نیاز آبی گیلاس در باغ‌های مطالعاتی

منطقه	پوشش گیاهی فعال	P_s (درصد)	سطح احتمال وقوع ۷۵ درصد ⁺				میانگین ۱۰ سال اخیر				فصل زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰				نرم‌افزار نتوات				سامانه نیاز آب (فصل زراعی) (۱۳۹۹-۱۴۰۰)
			I_n	ET_c	P_e	P	I_n	ET_c	P_e	P	I_n	ET_c	P_e	P	I_n	ET_c	P_e	P	
پارس‌آباد	ندارد	61	643(501)	685	42	62	588(458)	679	91	135	680(529)	722	42	59	687(535)	744	706	24	684(533)
مشگین‌شهر	ندارد	71	535(450)	584	49	79	472(397)	599	127	202	556(467)	632	76	118	-	-	529(445)	557	71
	دارد	-	707	757	50	79	636	770	134	202	729	809	80	118	-	-	-	-	-

⁺ محاسبه‌شده بر اساس بانک اطلاعاتی نیاز آب

⁺⁺ مقادیر ذکرشده در داخل پرانتز، بیانگر میانگین برآوردهای اصلاح‌شده I_n برای باغ‌های با سامانه‌های آبیاری قطره‌ای است



شکل ۴- مقایسه سری زمانی‌های ضریب گیاهی محاسباتی در پژوهش حاضر با مقادیر نظیر مورد استفاده در سامانه نیاز آب. مقاطع زمانی T1 و T2 به‌ترتیب، بیانگر میانگین زمان آغاز برداشت میوه در باغ‌های مطالعاتی در مناطق پارس‌آباد و مشگین‌شهر است

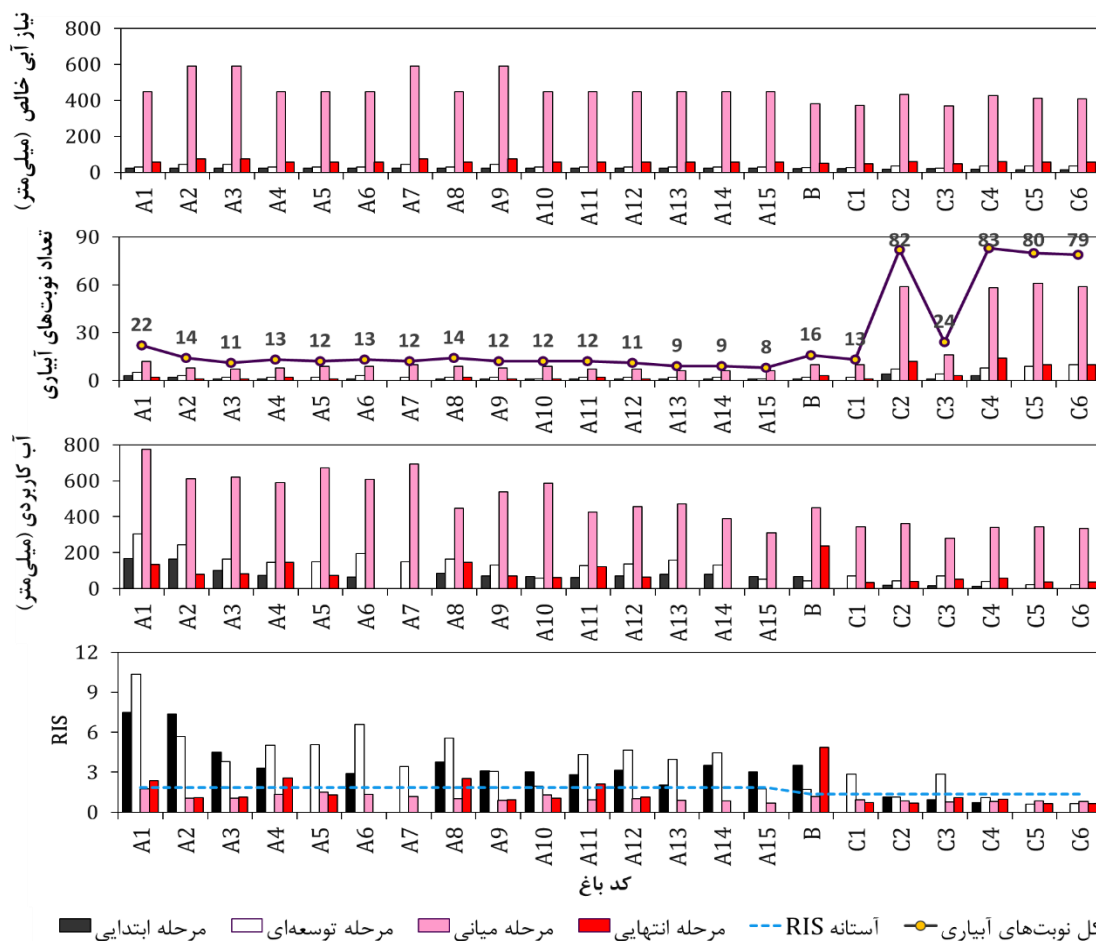
در طول مرحله میانی رشد گیاه به حداکثر مقدار خود رسیده و اساساً، این مرحله بخش عمده (با میانگین ۸۰ درصد) مقدار فصلی I_n را خود اختصاص داده است. این امر موجب گردیده است که بخش عمده تعداد نوبت‌های آبیاری اعمال‌شده (۵۵ تا ۸۳ درصد) و آب کاربردی فصلی (۵۳ تا

مقادیر I_n (جدول ۱) و تعداد نوبت‌های آبیاری به‌عنوان تابعی از مراحل چهارگانه رشد گیاه (آن و همکاران، ۱۹۹۸) به‌تفکیک باغ‌های مطالعاتی در شکل ۵ و مقادیر فصلی I و نمایه‌های ارزیابی عملکرد آبیاری در شکل ۶ نشان داده شده است. بر اساس شکل ۵، برآوردهای I_n

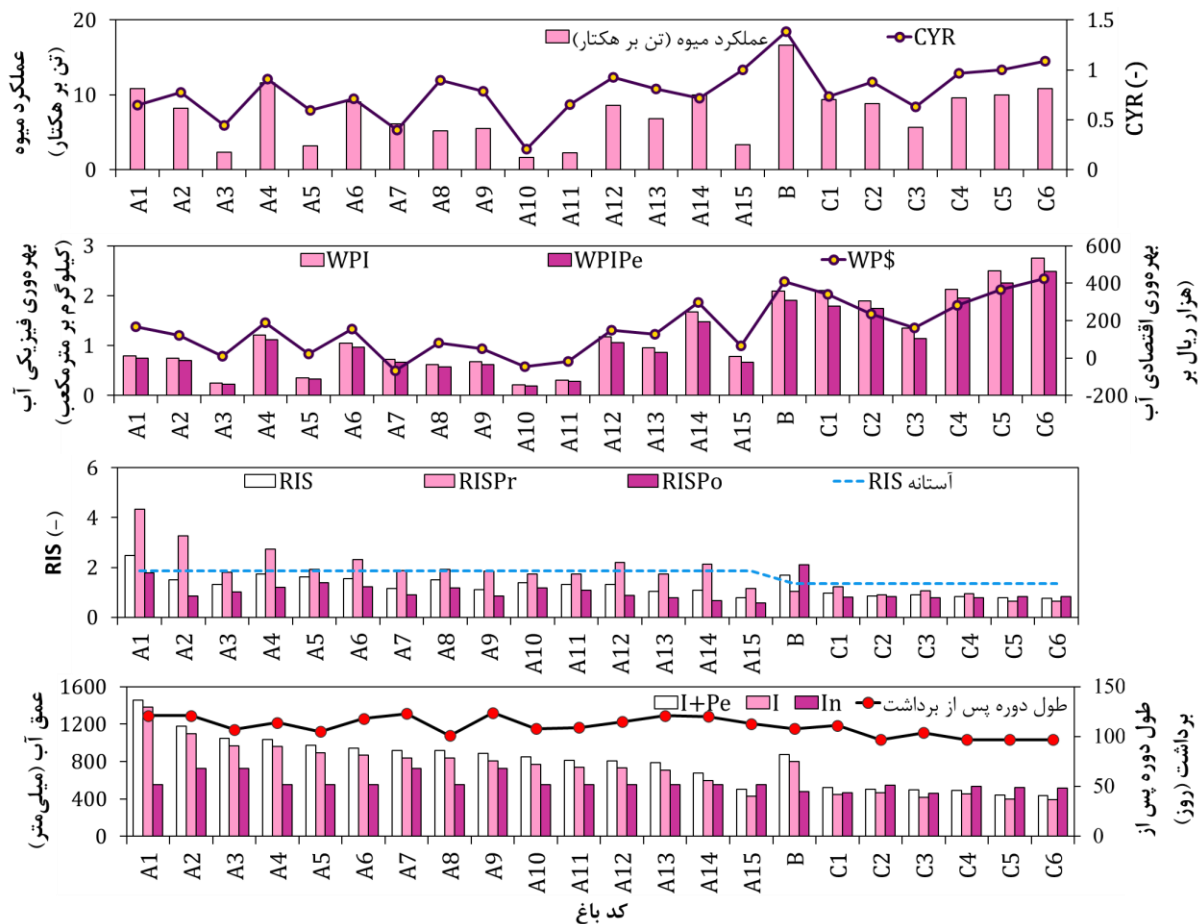
نوبت‌های آبیاری محدود به‌ویژه در مرحله نخست رشد گیاه در باغ‌های مطالعاتی (شکل ۵) منطقی به نظر می‌رسد. ضریب تغییرات مربوط به تعداد کل نوبت‌های آبیاری اعمال‌شده در باغ‌های با سامانه آبیاری قطره‌ای (۵۴ درصد) به‌طور قابل توجهی بالاتر از باغ‌های با سامانه آبیاری سطحی (۲۶ درصد) بود. این امر بیانگر مشهودتر بودن تفاوت در مدیریت آبیاری اعمال شده در باغ‌های با سامانه آبیاری قطره‌ای نسبت به باغ‌های با سامانه‌های آبیاری سطحی است. از سوی دیگر، افزایش تعداد نوبت‌های آبیاری قطره‌ای لزوماً، به افزایش آب کاربردی فصلی منجر نشده است (شکل ۵). این امر بیانگر قابلیت انعطاف‌پذیری سامانه‌های آبیاری قطره‌ای به‌لحاظ انطباق هرچه بیشتر مدیریت آبیاری با شرایط فیزیکی و مدیریتی مختص به باغ است.

۸۶ درصد) به این مرحله اختصاص یابد (شکل ۵). به‌طور میانگین، مراحل اول تا چهارم رشد گیاه به‌ترتیب، ۷، ۱۵، ۶۹ و ۹ درصد از آب کاربردی فصلی در باغ‌های مطالعاتی را به‌خود اختصاص دادند. همچنین، ۱۰ باغ از ۲۲ باغ مطالعاتی در مرحله اول یا چهارم رشد گیاه آبیاری نشدند (شکل ۵).

مشابه دیگر درختان میوه هسته‌دار، مرحله گلدهی درختان گیلاس بلافاصله پس از آغاز رشد رویشی گیاه در اوایل بهار واقع می‌شود (فلور، ۱۹۹۴). معمولاً، در این مرحله، خاک از سطح مطلوبی از ذخیره رطوبتی برخوردار است و بروز درجه‌ای از تنش آبی که رشد اولیه میوه و پوشش گیاهی را متأثر کند، شایع نیست؛ بنابراین، در شرایط خاک‌های عمیق و در دوره‌هایی با سطح پایین تبخیر-تعرق گیاه، امکان اعمال کم‌آبیاری بدون وارد شدن تنش آبی وجود دارد (مارسال، ۲۰۱۲). بر این اساس، اعمال



شکل ۵- مقایسه مقادیر نیاز آبی خالص، نمایه RIS، آب کاربردی و تعداد نوبت‌های آبیاری در هریک از باغ‌های مطالعاتی به‌عنوان تابعی از مرحله رشد گیاه. باغ‌های با سامانه‌های آبیاری سطحی، ترکیبی سطحی-قطره‌ای و قطره‌ای به‌ترتیب، با کدهای A، B و C مشخص شده است. باغ‌های A3، A5، A7 و A10 متحمل خسارت شدید سرمازدگی بودند



شکل ۶- مقادیر فصلی I، I+Pe و In، عملکرد میوه و نمایه‌های ارزیابی عملکرد آبیاری در باغ‌های مطالعاتی. باغ‌های با سامانه‌های آبیاری سطحی، ترکیبی سطحی-قطره‌ای و قطره‌ای به ترتیب، با کدهای A، B و C مشخص شده است. باغ‌های A3، A5، A7 و A10 متحمل خسارت شدید سرمایه‌گذاری بودند

خالص مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (جدول ۱). مقدار نمایه RIS با میانگین وزنی ۰/۹۷، بین ۰/۷۶ تا ۲/۴۹ متغیر بود (جدول ۴). از سوی دیگر، اختلاف میانگین نمایه RIS در باغ‌های مطالعاتی با مقدار میانگین گزارش شده برای این نمایه در باغ‌های گیلاس واقع در حوضه ابرو در کشور اسپانیا (سالوادور و همکاران، ۲۰۱۱) (به ترتیب، ۱/۲۶ و ۱/۰۸) به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. این نتیجه بیانگر، تناسب نسبتاً مشابه بین مقادیر فصلی I و In در این دو منطقه است.

میانگین مقادیر فصلی I، I+Pe و عملکرد میوه به همراه نمایه‌های ارزیابی عملکرد آبیاری به عنوان تابعی از معیارهای مختلف گروه‌بندی داده‌ها در جدول ۴ ارائه شده است. نمایه RRS بیانگر سهم بارش مؤثر در برآورده ساختن نیاز آبی گیاه است (جدول ۱). بر اساس این نمایه، سهم بارش مؤثر در تأمین نیاز آبی درختان گیلاس در منطقه مشکین‌شهر (۰/۱۲) به طور معنی‌داری بالاتر از مقدار نظیر آن در منطقه پارس‌آباد (۰/۰۶) بود (جدول ۴). با استفاده از نمایه RIS، درجه انطباق آب آبیاری کاربردی با نیاز آبی

جدول ۴- مقایسه میانگین نمایه‌های ارزیابی عملکرد آبیاری به‌عنوان تابعی از معیارهای مختلف گروه‌بندی داده‌ها^(a)

معیار گروه‌بندی داده‌ها	شرح	I (mm)	I + P _e (mm)	RRS (-)	RIS (-)	RIS _{Pr} (-)	RIS _{Po} (-)	Y (ton ha ⁻¹)	CYR (-)	WP _I (kg m ⁻³)	WP _{I+P_e} (kg m ⁻³)	WP _S × 10 ³ (Rial m ⁻³)
منطقه	پارس‌آباد	427 ^a	469 ^a	0.06 ^b	0.81 ^a	0.78 ^a	0.82 ^a	9.81 ^a	0.98 ^a	2.32 ^a	2.11 ^a	326.36 ^a
	مشگین‌شهر	794 ^b	871 ^b	0.12 ^a	1.36 ^b	2.00 ^b	1.07 ^a	7.02 ^a	0.73 ^b	0.95 ^b	0.85 ^b	123.11 ^b
سطح تحسیلات بهره‌برداران	زیر دیپلم	855 ^b	932 ^b	0.12 ^a	1.46 ^a	2.28 ^a	1.08 ^a	6.24 ^a	0.68 ^a	0.74 ^b	0.67 ^b	81.37 ^b
	دیپلم و بالاتر	621 ^a	687 ^a	0.09 ^b	1.09 ^a	1.36 ^a	0.98 ^a	8.61 ^a	0.86 ^a	1.58 ^a	1.42 ^a	225.64 ^a
سطح مهارت بهره‌برداران	معمولی	814 ^b	892 ^b	0.11 ^a	1.38 ^a	2.05 ^a	1.08 ^a	6.89 ^a	0.73 ^a	0.88 ^b	0.80 ^b	110.34 ^b
	پیشرو	431 ^a	480 ^a	0.07 ^b	0.84 ^a	0.87 ^a	0.82 ^a	9.72 ^a	0.93 ^a	2.27 ^a	2.04 ^a	329.13 ^a
سطح زیر کشت باغ	کوچک‌تر از ۲ هکتار	794 ^b	871 ^b	0.12 ^a	1.36 ^a	2.00 ^a	1.07 ^a	7.02 ^a	0.73 ^a	0.95 ^b	0.85 ^b	123.11 ^b
	بزرگ‌تر از ۲ هکتار	427 ^a	469 ^a	0.06 ^b	0.81 ^a	0.78 ^a	0.82 ^a	9.81 ^a	0.98 ^a	2.32 ^a	2.11 ^a	326.36 ^a
سن درختان	کمتر از ۵ سال	754 ^a	831 ^a	0.12 ^a	1.36 ^a	1.73 ^a	1.12 ^a	1.93 ^b	0.43 ^b	0.26 ^b	0.23 ^b	-32.02 ^b
	۵ تا ۱۰ سال	748 ^a	826 ^a	0.11 ^a	1.19 ^a	1.82 ^a	0.92 ^a	5.97 ^b	0.69 ^b	0.90 ^b	0.80 ^b	98.41 ^b
	بیش از ۱۰ سال	701 ^a	764 ^a	0.1 ^a	1.3 ^a	1.75 ^a	1.11 ^a	1.22 ^a	0.94 ^a	1.68 ^a	1.53 ^a	260.14 ^a
منبع تأمین آب آبیاری	سطحی	548 ^a	608 ^a	0.08 ^b	0.92 ^a	1.27 ^a	0.78 ^a	8.03 ^a	0.85 ^a	1.64 ^a	1.48 ^a	206.43 ^a
	زیرزمینی	587 ^a	663 ^a	0.12 ^a	1.16 ^a	1.40 ^{ab}	1.00 ^a	6.08 ^a	0.65 ^a	1.27 ^{ab}	1.09 ^{ab}	174.26 ^a
	ترکیبی	896 ^b	973 ^b	0.12 ^a	1.53 ^b	2.25 ^b	1.21 ^a	7.57 ^a	0.76 ^a	0.85 ^b	0.78 ^b	122.48 ^a
سامانه آبیاری	سطحی	836 ^b	913 ^b	0.11 ^a	1.36 ^b	2.19 ^b	0.99 ^a	6.34 ^a	0.71 ^a	0.78 ^b	0.71 ^b	86.79 ^b
	قطره‌ای	542 ^a	601 ^a	0.09 ^b	1.03 ^a	1.21 ^a	0.94 ^a	8.32 ^a	0.83 ^a	1.77 ^a	1.58 ^a	248.02 ^a
	ترکیبی	798	874	0.12	1.68	1.04	2.10 ^a	1.67	1.38	2.09	1.91	408.99
خسارت سرمازدگی	بدون خسارت شدید	696 ^a	765 ^a	0.1 ^a	1.23 ^a	1.77 ^a	1.00 ^a	8.47 ^a	0.86 ^a	1.38 ^a	1.24 ^a	200.26 ^a
	خسارت شدید	868 ^a	946 ^a	0.11 ^a	1.37 ^a	1.83 ^a	1.12 ^a	3.32 ^b	0.41 ^b	0.38 ^b	0.35 ^b	-20.79 ^b
کل مجموعه داده	حداقل	394	436	0.06	0.76	0.64	0.56	1.60	0.21	0.21	0.19	-68.46
	حداکثر	1381	1457	0.12	2.49	4.33	2.10	1.67	1.38	2.75	2.49	423.43
	میانگین حسابی	727	798	0.1	1.26	1.78	1.02	7.53	0.78	1.20	1.08	160.07
	میانگین وزنی	531	583	0.08	0.97	1.10	0.91	9.03	0.92	1.94	1.76	274.38
CV		36	33	23	33	49	35	49	32	64	63	91

^(a) در این جدول، میانگین‌های با حروف مشابه در هر گروه داده، فاقد تفاوت معنی‌دار آماری (بر اساس آزمون LSD در سطح $P < 0.05$) می‌باشند. CV بیانگر ضریب تغییرات (درصد) و RIS_{Po} و RIS_{Pr} بیانگر مقدار نمایه RIS در دوره قبل و پس از برداشت میوه است. در این جدول از سطح زیر کشت واقعی باغ‌های مطالعاتی به‌عنوان عامل وزن‌دهی در محاسبات میانگین وزنی استفاده شده است

راندمان آبیاری در روش‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای در ایران را به‌ترتیب، ۵۳/۶ و ۷۴/۲ درصد گزارش کردند. بر این اساس، می‌توان گفت که حصول مقادیر بزرگ‌تر از ۱/۸۷ و ۱/۳۵ برای نمایه RIS به‌ترتیب، در روش‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای می‌تواند بیانگر وقوع آبیاری بیش از حد نیاز گیاه باشد و بالعکس.

بر این اساس و با توجه به شکل ۵، می‌توان گفت که طی ابتدایی، توسعه‌ای، میانی و انتهایی رشد گیاه به‌ترتیب، در ۸، ۵، ۲۲ و ۱۷ درجات مختلفی از

از آنجاکه مقدار راندمان آبیاری (نسبت عمق آب افزوده‌شده به ذخیره ناحیه ریشه در اثر آبیاری به عمق آب کاربردی) در شرایط واقعی همواره پایین‌تر از ۱۰۰ درصد است، $RIS = 1$ نمی‌تواند مؤید برآورده ساختن کامل I_n در باغ باشد. چراکه در شرایط واقعی، سهم جریان برگشتی از آب کاربردی همواره یک مقدار غیرصفر است؛ بنابراین، با لحاظ کردن راندمان آبیاری در تحلیل مقادیر نمایه RIS می‌توان درجه انطباق I با I_n را به‌طور واقع‌بینانه‌تری مورد بررسی قرار داد. عباسی و همکاران (۱۳۹۵) میانگین

این امر، علاوه بر کاهش اندازه میوه (بلانکو و همکاران، ۲۰۱۹)، می‌تواند موجب افزایش ترک‌خوردگی پوسته میوه (در صورت کاهش تنش آبی در مراحل انتهایی رشد میوه) نیز بشود (سکسه، ۱۹۹۵).

از این رو، اعمال مدیریت کم‌آبیاری تنظیم‌شده در دوره پس از برداشت میوه گیلاس نسبت به دوره قبل از برداشت رایج‌تر بوده و اعمال آن، راهکاری مؤثر برای کنترل رشد رویشی مفرط درخت (به دلیل کاهش تبخیر-تعرق واقعی در اثر تنش آبی وارده به گیاه) محسوب می‌شود (مارسال، ۲۰۱۲). چراکه درختان گیلاس از رشد رویشی سالانه قابل توجهی برخوردار بوده و میزان رشد سالانه شاخه‌ها در درختان جوان می‌تواند از یک متر نیز فراتر رود (فلور، ۱۹۹۴). تا جایی که به منظور توزیع مناسب نور خورشید در سرتاسر شاخ و برگ درخت، هرس دوره‌ای درختان ضرورت می‌یابد. از سوی دیگر، این دوره مقارن با تشکیل جوانه‌های زایشی و ذخیره کربوهیدراتی گیاه است که تشکیل میوه در فصل آبی به آن وابسته است (مارسال، ۲۰۱۲). درجه این وابستگی در درختان میوه‌ای نظیر گیلاس که در آن جوانه‌های زایشی زودتر از جوانه‌های رویشی رشد می‌کنند، بیشتر است (بلانکو و همکاران، ۲۰۱۹).

در این رابطه، نتایج یک مطالعه سه‌ساله در منطقه توررنته د سینکا^۱ در کشور اسپانیا (مارسال و همکاران، ۲۰۱۰) نشان داد در صورتی که تنش آبی وارده به درخت طی دوره پس از برداشت به گونه‌ای مدیریت شود که پتانسیل آب تنه درخت در میانه روز، بالای ۱/۵- مگاپاسکال حفظ شود، بدون اثرات منفی معنی‌دار بر کمیت و کیفیت میوه، به مقدار قابل توجهی (تا ۴۵ درصد) در آب آبیاری کاربردی در دوره پس از برداشت صرفه‌جویی خواهد شد. نتایج مطالعه‌ای دیگر در منطقه خومبیا، مورسیا در کشور اسپانیا، نشان داد که اعمال کم‌آبیاری در دوره پس برداشت میوه، کاهش ۱۶ تا ۳۰ درصدی آب کاربردی نسبت به تیمار شاهد را به دنبال داشت (بلانکو و همکاران، ۲۰۱۹). همین‌طور، نتایج یک پژوهش دوساله در منطقه تنو^۲

کم‌آبیاری اعمال شده و سایر باغ‌ها طی مراحل چهارگانه فوق بیش‌آبیاری را تجربه کرده‌اند؛ بنابراین، در اکثر باغ‌های مطالعاتی، وقوع بیش‌آبیاری در مراحل اول و دوم رشد گیاه تجربه‌شده و علی‌رغم تمرکز رویدادهای آبیاری در مرحله میانی رشد گیاه، تمامی باغ‌های مطالعاتی در این مرحله، درجات مختلفی از کم‌آبیاری را تجربه کرده‌اند. بر اساس نمایه‌های RIS_{Pr} و RIS_{Po} (شکل ۶) که طی دوره‌های قبل و پس از برداشت میوه به ترتیب، در ۱۳ و ۲۱ باغ درجات مختلفی از کم‌آبیاری تجربه شده است. دوره پس از برداشت میوه در باغ‌های مطالعاتی، بین ۵۲ تا ۶۳ درصد از طول دوره رشد گیاه را به خود اختصاص داد (شکل ۶). طولانی بودن دوره پس از برداشت میوه و مقارن شدن بخش عمده این دوره با مرحله سوم رشد گیاه موجب شد که بخش بیشتری از آب کاربردی فصلی در باغ‌های مطالعاتی به این دوره اختصاص یابد. به گونه‌ای که میانگین سهم آب کاربردی طی دوره‌های قبل و پس از برداشت میوه در باغ‌های مطالعاتی به ترتیب، معادل با ۴۰ و ۶۰ درصد از کل آب کاربردی فصلی بود.

بر اساس میانگین نمایه‌های RIS_{Pr} و RIS_{Po} (به ترتیب، ۱/۷۸ و ۱/۰۲)، باغ‌های مطالعاتی طی دوره پس از برداشت میوه، به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) درجه بالاتری از کم‌آبیاری را نسبت به دوره قبل از برداشت میوه تجربه کرده‌اند. به عبارت دیگر، از دیدگاه درجه انطباق آب کاربردی با نیاز آبی خالص، مدیریت آبیاری اعمال‌شده در باغ‌های مطالعاتی، طی دوره‌های قبل و پس از برداشت میوه از تفاوت معنی‌داری با یکدیگر برخوردار بوده است.

اساساً، هر سه مرحله رشد میوه گیلاس (شامل تشکیل سلول‌های میوه، سفت شدن هسته و آماس سلول‌های میوه از طریق جذب آب) از حساسیت بالایی نسبت به تنش آبی برخوردار هستند و بنابراین، اعمال تنش آبی طی این سه مرحله توصیه نشده است (مارسال و همکاران، ۲۰۰۹). از این رو، در عمل، کم‌آبیاری در دوره قبل از برداشت میوه گیلاس به ندرت اعمال می‌شود. چراکه

در کشور شیلی (کاراسکو-بناویدس و همکاران، ۲۰۲۰) نشان داد که کاهش ۵۰ درصدی آب کاربردی طی دوره پس از برداشت نسبت به تیمار شاهد، بدون متأثر ساختن معنی‌دار کمیت و کیفیت میوه گیلاس، کاهش ۲۰ درصدی مقدار فصلی آب کاربردی را به همراه خواهد داشت.

بر اساس جدول ۴، میانگین آب کاربردی فصلی در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از مقدار نظیر آن در سامانه‌های آبیاری سطحی بوده و در عین حال، باغ‌های با روش آبیاری قطره‌ای (با میانگین نمایه RIS برابر با ۱/۰۳) به‌طور غیرمعنی‌داری، درجه بالاتری از کم‌آبیاری را نسبت به باغ‌های با روش آبیاری سطحی (با میانگین نمایه RIS برابر با ۱/۳۶) تجربه کرده‌اند. همچنین، کاربرد سامانه‌های آبیاری قطره‌ای موجب افزایش معنی‌دار نمایه‌های بهره‌وری آب نسبت به سامانه‌های آبیاری سطحی شد. از سوی دیگر، فراوانی بیشتر کاربرد سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در منطقه پارس‌آباد (در مقایسه با منطقه مشگین‌شهر)، باغ‌های با مساحت بزرگ‌تر از دو هکتار، باغ‌های با منبع آب سطحی/زیرزمینی (نسبت به باغ‌های با منبع تأمین آب ترکیبی) و رواج بیشتر به‌کارگیری این سامانه‌های آبیاری در بین بهره‌برداران با سطح تحصیلات بالاتر و بهره‌برداران پیشرو موجب شد که این روند در مورد گروه داده‌های فوق نیز صادق باشد (جدول ۴). همچنین، سطح حداکثری نمایه‌های بهره‌وری آب به باغ‌های با سامانه‌های آبیاری قطره‌ای تعلق داشت (باغ C6، شکل ۶). این نتایج بیانگر قابلیت روش‌های نوین آبیاری در بهبود نمایه‌های WP_{I+Pe} و WP_I است که در پژوهش‌های مشابه پیشین نیز مورد اشاره قرار گرفته است (سالوادور و همکاران، ۲۰۱۱؛ مورنو-پرز و رولدان کاناس، ۲۰۱۳؛ لیائو و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین، مقدار نمایه WP_I در باغ‌های مطالعاتی به‌طور معنی‌داری ($P < 0.01$) بالاتر از مقدار نظیر گزارش شده توسط محمودی و همکاران (۱۴۰۱) (۰/۹۹) کیلوگرم بر مترمکعب) بود.

طی سال‌های اخیر، محدودیت دسترسی به آب در منطقه مشگین‌شهر، موجب عدم کفایت آب تحویلی

برای آبیاری سطحی برخی باغ‌ها شده است که درختان آن‌ها بر اساس روش آبیاری سطحی رشد و توسعه یافته‌اند. در سازگاری با این شرایط، برخی بهره‌برداران، کاربرد روش آبیاری ترکیبی سطحی-قطره‌ای را مد نظر قرار داده‌اند. به‌گونه‌ای که در دوره‌های مصادف با محدودیت دسترسی به آب (که از اواسط بهار تا اواخر فصل رشد درختان را در برمی‌گیرد)، آبیاری باغ به‌روش قطره‌ای انجام شده و در صورت کفایت آب تحویلی، باغ به روش سطحی آبیاری می‌شود. باین‌حال، نگرانی از وارد شدن تنش آبی به درختان باغ به‌دلیل خیس شدن جزئی سطح باغ در آبیاری قطره‌ای، موجب تمایل بهره‌برداران این باغ‌ها به اعمال آبیاری بی‌رویه گردیده است. اثر این امر بر مقادیر نمایه RIS مربوط به باغ B (با روش آبیاری ترکیبی سطحی-قطره‌ای) در شکل ۵ و شکل ۶ مشهود است. مقادیر این نمایه، حاکی از ضعفی مشهود در مدیریت آبیاری این باغ به‌لحاظ درجه تناسب آب کاربردی با نیاز آبی خالص است. در مقایسه با باغ‌های خردمقیاس (مساحت کم‌تر از دو هکتار)، باغ‌های با مساحت بیش از دو هکتار، دارای سطح پایین‌تری از نمایه‌های RIS ، RIS_{Pr} ، RIS_{Po} و سطح بالاتری از نمایه‌های بهره‌وری آب بودند (جدول ۴). در این رابطه، نتایج مشابهی توسط مورنو-پرز و رولدان کاناس (۲۰۱۳) گزارش شده است. دلیل این امر را می‌توان به اهمیت کاربرد روش‌های نوین آبیاری و مدیریت بهینه آب آبیاری در باغ‌های وسیع در مدیریت حجم عملیات بهره‌برداری و اقتصاد تولید نسبت داد.

بر اساس جدول ۴، اثر منطقه، منبع تأمین آب آبیاری و روش آبیاری بر نمایه‌های RIS و RIS_{Pr} معنی‌دار بوده و اثر هیچ‌یک از عوامل مورد استفاده در گروه‌بندی داده‌ها بر نمایه RIS_{Po} معنی‌دار نبوده است. همان‌طور که در این جدول ملاحظه می‌شود، علی‌رغم بالاتر بودن نیاز آبی خالص گیلاس در منطقه پارس‌آباد نسبت به منطقه مشگین‌شهر، مقادیر نمایه‌های RIS و RIS_{Pr} در منطقه پارس‌آباد به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از مقدار آن‌ها در منطقه مشگین‌شهر بوده است. دلیل این امر، ناشی از زه‌دار بودن

اراضی باغ‌های مطالعاتی در منطقه پارس‌آباد (به دلیل نشت از کانال آبیاری درجه یک واقع در مجاورت این باغ‌ها) و لزوم انطباق مدیریت آبیاری با این شرایط است.

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، مقادیر نمایه RIS_{Pr} در باغ‌های با منبع تأمین آب ترکیبی (سطحی و زیرزمینی) به‌طور معنی‌داری بالاتر از مقدار آن در باغ‌های با منبع تأمین آب زیرزمینی بوده است. دلیل اصلی این امر، ناشی از محدودیت این باغ‌ها به لحاظ دسترسی به یک منبع تأمین آب مطمئن در طول فصل بود. به‌گونه‌ای که این محدودیت موجب اعمال آبیاری با عمق آب کاربردی حداکثری به منظور حفاظت از باغ در برابر دوره‌های کم‌آبی غیرقابل پیش‌بینی آبی شد.

به‌جز در مورد معیارهای گروه‌بندی داده‌ها بر اساس منطقه، سن درختان و خسارت سرمازدگی، اثر هیچ یک از معیارهای دیگر بر عملکرد میوه معنی‌دار نبود (جدول ۴). در خصوص عدم اثر معنی‌دار سامانه‌های آبیاری بر عملکرد میوه، نتایج مشابهی نیز توسط بولاند و همکاران (۲۰۰۶) در ارزیابی مدیریت آبیاری اعمال‌شده در شرایط واقعی بهره‌برداری از باغ‌های میوه استرالیا گزارش شده است. به‌نظر می‌رسد که دلیل این امر ناشی از الگوی مشابه مدیریت آبیاری اعمال‌شده در باغ‌های مطالعاتی باشد؛ زیرا همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، به‌نظر می‌رسد که با متمرکز شدن نوبت‌های آبیاری در مرحله میانی رشد گیاه در تمامی باغ‌های مطالعاتی، عملکرد میوه فاقد حساسیتی معنی‌دار نسبت به نوع سامانه آبیاری شده است. بر اساس شکل ۶، حداکثر عملکرد میوه مشاهداتی در بین باغ‌های مورد مطالعه به باغ‌های با آبیاری ترکیبی سطحی-قطره‌ای (باغ B با عملکرد میوه ۱۶/۶۷ تن بر هکتار) و آبیاری سطحی (باغ A4 با عملکرد میوه ۱۱/۶۰ تن بر هکتار) تعلق داشت.

بر اساس جدول ۴، سن درختان باغ دارای اثری معنی‌دار بر عملکرد میوه، نمایه CYR و نمایه‌های بهره‌وری آب بوده است. باغ‌های مطالعاتی با درختان مسن‌تر (در مقایسه با باغ‌های با درختان جوان‌تر) دارای درختان

تنومندتر و شاخه‌های توسعه یافته‌تری بودند. طبعاً، این امر موجب افزایش فراوانی شاخه‌های بارور و لذا، عملکرد میوه خواهد شد. از سوی دیگر، میانگین عملکرد میوه در باغ‌های مطالعاتی در منطقه مشگین‌شهر (۷/۰۲ تن بر هکتار) به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) پایین‌تر از میانگین عملکرد گیلاس در سطح کشور (۹/۳۶ تن بر هکتار) (بی‌نام، ۱۴۰۲) و به‌طور غیرمعنی‌داری بالاتر از مقدار میانگین جهانی آن (۶/۰۸ تن بر هکتار) (فائوستات، ۲۰۲۴) است. میانگین عملکرد میوه در باغ‌های مطالعاتی در منطقه پارس‌آباد (۹/۸۱ تن بر هکتار) به‌طور غیرمعنی‌داری بالاتر از میانگین عملکرد گیلاس در سطح کشور و به‌طور معنی‌داری بالاتر از مقدار میانگین جهانی آن است. با این حال، عملکرد مورد انتظار میوه گیلاس (ترم \bar{Y} در جدول ۱) در مناطق پارس‌آباد و مشگین‌شهر (به ترتیب، ۹/۹۸ و ۹/۵۴ تن بر هکتار) از اختلاف معنی‌داری با یکدیگر برخوردار نبودند. بر اساس جدول ۴، میانگین نمایه CYR در باغ‌های منطقه مشگین‌شهر به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از مقدار آن در منطقه پارس‌آباد بوده است. همین‌طور، عملکرد میوه در باغ‌های منطقه مشگین‌شهر در سال زراعی مطالعاتی به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) پایین‌تر از سطح مورد انتظار آن (ترم \bar{Y} در جدول ۱) بود. دلیل اصلی این امر ناشی بروز درجات مختلفی از خسارت سرمازدگی در باغ‌های مطالعاتی در منطقه مشگین‌شهر طی دوره مطالعاتی بود. بر اساس شکل ۲-ب، دمای حداقل روزانه در منطقه مشگین‌شهر در روزهای ۲۱ تا ۲۶ فروردین‌ماه (مصادف با مراحل اولیه تشکیل میوه) در دامنه ۱۲- تا ۲/۸- درجه سانتی‌گراد قرار داشته است. کاهش دمای هوا به پایین‌تر از ۲- درجه سانتی‌گراد، طی مراحل اولیه تشکیل میوه گیلاس، موجب خسارت سرمازدگی و افت عملکرد میوه به دلیل ریزش شکوفه‌ها و/یا ریزش میوه‌ها قبل از مرحله رسیدگی خواهد شد (وندن و همکاران، ۲۰۱۷). بالطبع، بسته به خرداقلیم حاکم بر هر یک از باغ‌های مطالعاتی، رقم درخت و تمهیدات اتخاذی بهره‌بردار در حفاظت از درختان در برابر سرمازدگی، درجات مختلفی از خسارت سرمازدگی

بروز کرده است. این امر، علاوه بر افت عملکرد میوه، موجب شدت یافتن تغییرپذیری آن در بین باغ‌های مطالعاتی در منطقه مشگین‌شهر (با ضریب تغییرات ۵۶ درصدی) نسبت به منطقه پارس‌آباد (با ضریب تغییرات نه درصدی) شد. همان‌طور که در جدول ۴ نیز مشاهده می‌شود، بروز خسارت شدید سرمازدگی موجب کاهش ۶۱ درصدی عملکرد میوه و کاهش ۷۲ درصدی نمایه‌های WPI_{I+Pe} و WPI در مقایسه با باغ‌های فاقد خسارت شدید و تحمیل زیان اقتصادی به بهره‌برداران این گروه از باغ‌ها شده است. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، اثر بروز خسارت شدید سرمازدگی بر آب‌کاربرد و نمایه RIS معنی‌دار نبوده است. به عبارت دیگر، مدیریت آبیاری اعمال‌شده در باغ‌های با خسارت شدید سرمازدگی از اختلاف معنی‌داری با باغ‌های فاقد خسارت شدید برخوردار نبوده است. از میان نمایه‌های ارزیابی مدیریت آبیاری مورد بررسی در این پژوهش (جدول ۴)، نمایه‌های بهره‌وری آب دارای بالاترین تغییرپذیری بودند که این نتیجه با یافته‌های پژوهش‌های پیشین (سالوادور و همکاران، ۲۰۱۱) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، آب‌کاربرد و نمایه‌های ارزیابی عملکرد آبیاری گیلاس در شهرستان‌های پارس‌آباد و مشگین‌شهر واقع در استان اردبیل از طریق پایش مدیریت بهره‌برداری در ۲۲ باغ منتخب در فصل زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ مورد ارزیابی قرار گرفت. وقوع آبیاری بی‌رویه در مراحل ابتدایی و توسعه‌ای رشد گیاه نسبت به مراحل میانی و انتهایی شایع‌تر بود و اکثر باغ‌های مطالعاتی در مراحل میانی و پایانی رشد گیاه، درجات مختلفی از کم‌آبیاری را تجربه کردند. این نتایج حاکی از وجود ضعف در انطباق مدیریت آبیاری اعمال‌شده در باغ‌های مطالعاتی با نیاز آبی خالص گیاه است.

بررسی پژوهش‌های مرتبط گذشته حاکی آن بود که اعمال مدیریت کم‌آبیاری تنظیم‌شده در دوره پس

برداشت میوه گیلاس، بدون متأثر ساختن معنی‌دار کمیت و کیفیت میوه و ضمن کاهش آب‌کاربرد، موجب صرفه‌جویی واقعی در مصرف آب، صرفه‌جویی در مصرف انرژی (در مورد سامانه‌های آبیاری تحت فشار) و کاهش هزینه‌های تولید خواهد شد؛ بنابراین، اعمال مدیریت کم‌آبیاری تنظیم‌شده در دوره پس از برداشت میوه گیلاس راهکاری مؤثر در بهبود مدیریت آبیاری گیلاس در منطقه مطالعاتی به نظر می‌رسد. نتایج نشان داد که مدیریت آبیاری اعمال‌شده در باغ‌های مطالعاتی، طی دوره‌های قبل و پس از برداشت میوه از تفاوت معنی‌داری با یکدیگر برخوردار بود. با این وجود، اثر هیچ‌یک از عوامل مورد بررسی در این پژوهش (شامل منطقه، سطح تحصیلات و مهارت بهره‌بردار، سطح زیر کشت باغ، نوع منبع تأمین آب آبیاری، سن درختان، نوع سامانه آبیاری، خسارت سرمازدگی) منجر به یک بهبود معنی‌دار در انطباق مدیریت آبیاری اعمال‌شده در باغ‌های مطالعاتی با نیاز گیاه طی دوره پس از برداشت میوه نشد. در این رابطه، تقویت دانش فنی بهره‌برداران از طریق فعالیت‌های ترویجی و نیز پشتیبانی آن‌ها از طریق گونه‌های ساده و کارآمدی از فن‌آوری آبیاری هوشمند در بهبود مدیریت آبیاری گیلاس در منطقه مطالعاتی حائز اهمیت است. بروز درجات مختلفی از خسارت سرمازدگی در منطقه مشگین‌شهر موجب تفاوت معنی‌دار عملکرد میوه در فصل زراعی مورد بررسی با مقدار مورد انتظار آن و نیز شدت یافتن تغییرپذیری عملکرد میوه در بین باغ‌های مطالعاتی شد؛ بنابراین، در دسترس قرار گرفتن یک سامانه هشدار سرمازدگی کارآمد و آشنایی بهره‌برداران با روش‌های مدیریت سرمازدگی از اهمیت قابل توجهی در کاهش خسارات ناشی از سرمازدگی و بهبود نمایه‌های بهره‌وری آب در این منطقه برخوردار است. نتایج این پژوهش حاکی از عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین سطح مورد انتظار عملکرد میوه گیلاس در مناطق پارس‌آباد و مشگین‌شهر و همچنین، پایین‌تر بودن نیاز آبی خالص گیلاس در منطقه مشگین‌شهر نسبت به منطقه پارس‌آباد بود؛ بنابراین، از دیدگاه میزان آب مصرفی فصلی، تولید گیلاس

در منطقه مشگین‌شهر از مزیت نسبی برخوردار است. گیاهان در کاربردهای مختلف خواهد شد.

تفاوت در جزئیات روش‌شناسی محاسبات نیاز آبی خالص و بارش مؤثر یکی از منابع بروز اختلاف در تحلیل‌های ارزیابی مدیریت آبیاری است. نظر به قابلیت سامانه نیاز آب در ارائه برآوردهای بارش مؤثر و نیاز آبی خالص گیاهان مختلف بر اساس یک روش‌شناسی استاندارد، مبنای قرار دادن برآوردهای این سامانه برای کمی‌سازی نمایه‌های ارزیابی عملکرد آبیاری در کشور راهکاری مؤثر در جهت اجتناب از بروز تناقض‌های احتمالی است. افزودن قابلیت‌های اضافی در این سامانه، برای برآورد نیاز آبی گیاهان در شرایط وقوع سرمازدگی‌کننده و وجود پوشش گیاهی فعال بر روی سطح خاک در باغ‌ها قابل پیشنهاد است. همین‌طور، ارائه جزئیات کامل از روش‌شناسی لحاظ شده در این سامانه، موجب تسهیل در سازگاری یافتن روش‌شناسی اتخاذی پژوهشگران برای برآورد نیاز آبی

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر بر اساس نتایج پروژه پژوهشی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی در استان اردبیل (با شماره مصوب ۰۱۴-۴۳-۱۴-۰۵۷-۹۵۰۴۶-۹۵۰۹۵۳) تدوین شده است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از بهره‌برداران باغ‌های مطالعاتی و کارشناسان محترم مدیریت جهاد کشاورزی در شهرستان‌های پارس‌آباد و مشگین‌شهر که در اجرای این پژوهش همکاری و مساعدت نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی کنند.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید نویسندگان مقاله است.

فهرست منابع

- اسلامی، امیر، ۱۳۹۵. ابزار اندازه‌گیری آب آبیاری در روش‌های آبیاری سطحی، نشریه فنی شماره ۴۴. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۲۴ ص.
- پرچمی عراقی، فرزین، میرلطیفی، سیدمجید، قربانی دشتکی، شجاع، وظیفه‌دوست، مجید، و صادقی لاری، عدنان. ۱۳۹۵. توسعه یک چارچوب ریزمقیاس‌سازی به‌منظور برآورد تبخیر-تعرق مرجع زیرروزانه: ۱- مقایسه عملکرد برخی مدل‌های ریزمقیاس‌سازی داده‌های هواشناسی روزانه. آب‌وخاک، ۳۰(۲)، صص. ۳۳۴-۳۵۴. doi: 10.22067/jsw.v30i2.30628
- تافته، آرش، و ابراهیمی پاک، نیازعلی و صمصامی پور، میترا. ۱۴۰۲. راهنمای استفاده از سامانه نیاز آب. موسسه تحقیقات خاک و آب کشور. نشریه فنی ۶۲۹. موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج. ۶۰ ص.
- عباسی، فریبرز، سهراب، فرحناز، و عباسی، نادر، ۱۳۹۵. ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، ۱۷(۶۷)، صص. ۱۱۳-۱۲۰. doi: 10.22092/aridse.2017.109617
- محمودی، مریم، اسدی، هرمز، زارع، شجاعت، زندی‌فر، کورش، و رسولی، ولی‌اله، ۱۴۰۱. تعیین بازدهی و بهره‌وری آب در تولید محصولات باغی در سامانه آبیاری قطره‌ای (مورد مطالعه: ایستگاه‌های تحقیقات باغبانی استان البرز). مجله تحقیقات آب‌وخاک ایران، ۵۳(۹)، صص. ۲۰۶۳-۲۰۷۱. doi: 10.22059/ijswr.2022.336699.669171
- بی‌نام. ۱۴۰۲. آمارنامه کشاورزی سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰، جلد سوم: محصولات باغی، قارچ و گلخانه‌ای. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، دفتر فناوری اطلاعات و ارتباطات، ۴۰۱ ص.
- 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, FAO, Rome, Italy, 301 pp.

8. Anonymous, 2016. 2015 Agricultural Water Management Plan, Prepared for Nevada Irrigation District. Brown And Caldwell (Corporation), Rancho Cordova, CA, USA, 446 pp. (Available at: https://nidwater.specialdistrict.org/files/7c564e070/FINAL2015_Agricultural_Water_Mgmt_Plan_012916.pdf)
9. Andrés, R. and Cuchí, J.A., 2014. Analysis of sprinkler irrigation management in the LASESA district, Monegros (Spain). *Agricultural Water Management*, 131, pp. 95-107. **doi: 10.1016/j.agwat.2013.09.016**
10. Blanco, V., Torres-Sánchez, R., Blaya-Ros, P.J., Pérez-Pastor, A. and Domingo, R., 2019. Vegetative and reproductive response of 'Prime Giant'sweet cherry trees to regulated deficit irrigation. *Scientia Horticulturae*, 249, pp. 478-489. **doi: 10.1016/j.scienta.2019.02.016**
11. Boland, A.-M., Bewsell, D. and Kaine, G., 2006. Adoption of sustainable irrigation management practices by stone and pome fruit growers in the Goulburn/Murray Valleys, Australia. *Irrigation Science*, 24, pp. 137-145. **doi: 10.1007/s00271-005-0017-5**
12. Bos, M.G., Kselik, R.A.L., Allen, R.G. and Molden, D., 2008. *Water requirements for irrigation and the environment*. Springer, New York, USA.
13. Bos, M.G., Murray-Rust, D.H., Merrey, D.J., Johnson, H.G. and Snellen, W.B., 1994. Methodologies for assessing performance of irrigation and drainage management. *Irrigation and drainage systems*, 7, pp. 231-261. **doi: 10.1007/BF00881553**
14. Carrasco-Benavides, M., Espinoza Meza, S., Olgún-Cáceres, J., Muñoz-Concha, D., von Bennewitz, E., Ávila-Sánchez, C. and Ortega-Farías, S., 2020. Effects of regulated post-harvest irrigation strategies on yield, fruit quality and water productivity in a drip-irrigated cherry orchard. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 48(2), pp. 97-116. **doi: 10.1080/01140671.2020.1721544**
15. Dattalo, P., 2008. *Determining sample size: Balancing power, precision, and practicality*. Oxford university press, New York, USA, 167 pp. **doi: 10.1093/acprof:oso/9780195315493.001.0001**
16. Food and Agriculture Organization Statistical Data (FAOSTAT). 2023. *FAO Statistical Data*. (Available at: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/E>)
17. Flore, J.A., 1994. Stone fruit. In: Schaffer, B. and Andersen, P.C. (Eds.), *Handbook of environmental physiology of fruit crops*. Boca Raton, FL, USA, Boca Raton, FL, USA, pp. 233-270. **doi: 10.1201/9780203719299**
18. Keller, J. and Bliesner, R.D., 1990. *Sprinkle and trickle irrigation*. van Nostrand Reinhold, New York, USA, 652 pp.
19. Li, P., Cao, X., Tan, H., Wang, J., Ren, S. and Yang, P., 2020. Studies on water uptake and heat status of cherry root under water-saving measures. *Agricultural Water Management*, 242, pp. 106359. **doi: 10.1016/j.agwat.2020.106359**
20. Liao, R., Wu, W., Hu, Y., Xu, D., Huang, Q. and Wang, S., 2019. Micro-irrigation strategies to improve water-use efficiency of cherry trees in Northern China. *Agricultural Water Management*, 221, pp. 388-396. **doi: 10.1016/j.agwat.2019.05.017**
21. Loreti, F. and Massai, R., 2005. 'Castore' And 'Polluce': two new hybrid rootstocks for peach and nectarine. In: Infante, R. (Ed.), *VI International Peach Symposium*, 30 July 2006, Santiago, Chile. *Acta Horticulturae*, pp. 275-278. **doi: 10.17660/ActaHortic.2006.713.39**
22. Lorite, I.J., Mateos, L. and Fereres, E., 2004. Evaluating irrigation performance in a Mediterranean environment: II. Variability among crops and farmers. *Irrigation Science*, 23, pp. 85-92. **doi: 10.1007/s00271-004-0096-8**
23. Lorite, I.J., Santos, C., García-Vila, M., Carmona, M. and Fereres, E., 2013. Assessing irrigation scheme water use and farmers' performance using wireless telemetry systems. *Computers and electronics in agriculture*, 98, pp. 193-204. **doi: 10.1016/j.compag.2013.08.007**

24. Malano, H.M. and Burton, M., 2001. Guidelines for benchmarking performance in the irrigation and drainage sector. (International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage). FAO, Rome, Italy, 44 pp.
25. Marsal, J., 2012. Sweet cherry. In: Steduto, P., Hsiao, T.C., Fereres, E. and Raes, D. (Eds.), Crop yield response to water. FAO Irrigation and drainage paper 66, Rome, Italy, pp. 450-456.
26. Marsal, J., Lopez, G., Arbones, A., Mata, M., Vallverdu, X. and Girona, J., 2009. Influence of post-harvest deficit irrigation and pre-harvest fruit thinning on sweet cherry (cv. New Star) fruit firmness and quality. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 84(3), pp. 273-278. doi: **10.1080/14620316.2009.11512516**
27. Marsal, J., Lopez, G., Del Campo, J., Mata, M., Arbones, A. and Girona, J., 2010. Postharvest regulated deficit irrigation in 'Summit' sweet cherry: fruit yield and quality in the following season. *Irrigation science*, 28, pp. 181-189. doi: **10.1007/s00271-009-0174-z**
28. Massey, J.H., Stiles, C.M., Epting, J.W., Powers, R.S., Kelly, D.B., Bowling, T.H., Janes, C.L. and Pennington, D.A., 2017. Long-term measurements of agronomic crop irrigation made in the Mississippi delta portion of the lower Mississippi River Valley. *Irrigation Science*, 35(4), pp. 297-313. doi: **10.1007/s00271-017-0543-y**
29. Merriam, J.L. and Keller, J., 1978. Farm irrigation system evaluation: a guide for management, 3rd edition. Utah State University, Logan, Utah, USA, 271 pp.
30. Molden, D., Murray-Rust, H., Sakthivadivel, R. and Makin, I., 2003. A water-productivity framework for understanding and action. In: Kijne, W., Barkers, R. and Molden, D. (Eds.), *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvements*. CAB International, Wallingford, United Kingdom.
31. Moreno-Pérez, M.F. and Roldán-Cañas, J., 2013. Assessment of irrigation water management in the Genil-Cabra (Córdoba, Spain) irrigation district using irrigation indicators. *Agricultural water management*, 120, pp. 98-106. doi: **10.1016/j.agwat.2012.06.020**
32. Salvador, R., Martínez-Cob, A., Cavero, J. and Playán, E., 2011. Seasonal on-farm irrigation performance in the Ebro basin (Spain): Crops and irrigation systems. *Agricultural Water Management*, 98(4), pp. 577-587. doi: **10.1016/j.agwat.2010.10.003**
33. Sekse, L., 1995. Cuticular fracturing in fruits of sweet cherry (*Prunus avium* L.) resulting from changing soil water contents. *Journal of Horticultural Science*, 70(4), pp. 631-635. doi: **10.1080/14620316.1995.11515336**
34. Stambouli, T., Zapata, N. and Faci, J.M., 2012. Irrigation patterns and scheduling of a telecontrolled irrigation district in northeastern Spain. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 138(6), pp. 503-516. doi: **10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000429**
35. Todorovic, M., Karic, B. and Pereira, L.S., 2013. Reference evapotranspiration estimate with limited weather data across a range of Mediterranean climates. *Journal of Hydrology*, 481, pp. 166-176. doi: **10.1016/j.jhydrol.2012.12.034**
36. Wang, S., Wang, W., Lei, X., Wang, S., Li, X. and Norton, T., 2022. Canopy Segmentation Method for Determining the Spray Deposition Rate in Orchards. *Agronomy*, 12(5), pp. 1195. doi: **10.3390/agronomy12051195**
37. Wenden, B., Campoy, J.A., Jensen, M. and Lopez-Ortega, G., 2017. Climatic limiting factors: temperature. In: Quero-García, L., Iezzoni, A., Puławska, J. and Lang, G. (Eds.), *Cherries: botany, production and uses*. CABI, Wallingford, UK, pp. 166-188.
38. Yang, K. and Koike, T., 2005. A general model to estimate hourly and daily solar radiation for hydrological studies. *Water Resources Research*, 41, W10403. doi: **10.1029/2005WR003976**