

گزارش فاز پنجم طرح:

پایش و بررسی اثربخشی تکنیک های به زراعی و به نژادی برای کاهش
آب آبیاری در سایت های فاز پنجم پروژه همکاری در احیای دریاچه
ارومیه با مشارکت جوامع محلی در استقرار کشاورزی پایدار و حفاظت از
تنوع زیستی

آبان ۱۳۹۸

چکیده

این مطالعه در مقیاس مزرعه و برای کمک به احیای دریاچه ارومیه، در اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در قالب فاز پنجم پروژه کشاورزی پایدار در شهرستان‌های ارومیه، نقده، میاندوآب و مهاباد واقع در آذربایجان غربی و در شهرستان‌های اسکو، آذرشهر، عجب‌شیر، بناب و ملکان واقع در آذربایجان شرقی و در جهت کاهش آب آبیاری طی سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ انجام گردید. برای این منظور تکنیک‌های به‌زراعی و به‌نژادی نظیر کشاورزی حفاظتی، سامانه‌های نوین آبیاری، اصلاح سیستم‌های آبیاری سطحی، آبیاری بر اساس نیاز واقعی گیاه (real time)، ارقام زراعی مناسب، تاریخ بهینه کاشت، کم‌آبیاری، مدیریت آبیاری سطحی و تحت‌فشار، بهینه‌سازی ابعاد نوارها و کرت‌های آبیاری، عملیات تسطیح و ...، متناسب با شرایط هر مزرعه بکار گرفته شد. هدف اصلی این مطالعه بررسی تعیین میزان اثربخشی تکنولوژی‌های مختلف و مدیریت بهینه در مزارع پروژه مذکور در کاهش آب آبیاری و ترسیم بیلان آب در مزارع، پایش عملکرد شرکت‌های فنی و مهندسی و اجرای دوره‌های آموزشی موردنیاز در منطقه می‌باشد. مزارع پایلوت به‌گونه‌ای که از نظر مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک، نوع کشت، مدیریت مرسوم و منبع تأمین آب معرف منطقه باشند، در سطح دشت‌ها انتخاب گردید. علاوه بر موارد فنی، همکاری کشاورز و اهمیت ترویجی طرح، حائز اهمیت زیاد می‌باشد. در این راستا پایش شرکت‌های فنی و مهندسی مستقر در شهرستان‌های میاندوآب، مهاباد، نقده و ارومیه آذربایجان غربی و در شهرستان‌های اسکو، آذرشهر، عجب‌شیر، بناب و ملکان آذربایجان شرقی تحت عنوان شبکه پایش و نیز پایش مستقل توسط دانشگاه ارومیه و بخش تحقیقات فنی و مهندسی آذربایجان شرقی انجام گرفت. در آذربایجان شرقی در شهرستان بناب یکی از مزارع در روستای ینگ‌ی کند خانه برق و دیگری در روستای آغاجری و سومی در دیزج ناولو انتخاب گردید. در آذربایجان شرقی در شهرستان ملکان یک باغ سیب در روستای مهماندار انتخاب گردید. قسمتی از این مزارع و باغات به‌عنوان شاهد و قسمت دیگری به‌عنوان مزرعه یا باغ تیمار در نظر گرفته شد که در آن‌ها از تکنیک‌هایی نظیر آماده‌سازی زمین با ادواتی نظیر خاک‌ورز سه‌کاره، لولر و کاشت با دستگاه کف‌کار و یا آبیاری زیرسطحی استفاده گردید. در آذربایجان غربی شبکه پایش شامل ۱۰ مزرعه کشت پاییزه (گندم) و ۱۷ مزرعه کشت بهاره (گوجه‌فرنگی: یک مزرعه، آفتابگردان: دو مزرعه، ذرت: چهار مزرعه، چغندرقلند: پنج مزرعه، کدو: دو مزرعه، هسته‌دار: سه مزرعه) و پایش اصلی شامل دو مزرعه کشت پاییزه (گندم) و سه مزرعه کشت بهاره (باغ انگور: یک مزرعه، باغ سیب: یک مزرعه و گوجه‌فرنگی: یک مزرعه) بودند. هر مزرعه شامل شاهد و تیمار بوده که شاهد فاقد تکنولوژی و تیمار دارای تکنولوژی‌های ویژه آبیاری از قبیل ابعاد مناسب کرت، تغییر روش‌های آبیاری سطحی، استفاده از روش‌های نوین آبیاری، مدیریت دور آبیاری و برنامه‌ریزی زمان واقعی آبیاری می‌باشد. جهت پایش آبیاری و محاسبه بهره‌وری آب و راندمان آبیاری در هر مزرعه و رویداد آبیاری، پارامترهایی از قبیل مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک، ضرایب رطوبتی خاک (FC و PWP)، نقشه‌برداری مزارع انتخابی به‌منظور تعیین ابعاد و هندسه آن‌ها، شیب طولی نوارها، اطلاعات هواشناسی جهت محاسبه زمان واقعی نیاز آبی محصولات، آب ورودی به مزارع به‌وسیله فلوم WSC، نفوذپذیری خاک به‌وسیله استوانه مضاعف، رطوبت نیم‌رخ خاک قبل و بعد از عملیات آبیاری و پیش‌روی و پس‌روی جریان آب، عمق ریشه و عملکرد محصول مورداندازه‌گیری قرار گرفت. در مزارع پاییزه سه تکنیک تغییر روش آبیاری از نواری به جویچه‌ای (در چهار مزرعه)، آرایش کشت جویچه‌ای با ریزید (در دو مزرعه) و مدیریت زمان آبیاری بارانی (در شش مزرعه) استفاده شد.

مطابق نتایج، تکنیک کشت با ریزید با افزایش ۶۹/۱ درصدی بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر^۱، افزایش ۱۴/۵ درصدی راندمان کاربرد و کاهش ۳۳/۲ درصدی آب آبیاری بهترین نتایج را در پی داشت. پس‌از آن تکنیک تغییر روش آبیاری از نواری به جویچه‌ای موجب افزایش ۵۰/۱ درصدی بهره‌وری بارش مؤثر، افزایش ۱۴/۶ درصدی راندمان کاربرد و کاهش ۲۸/۳ درصدی عمق آب کاربردی گردید. تکنیک مدیریت زمان آبیاری بارانی نیز موجب افزایش ۳۳/۷ درصدی بهره‌وری بارش مؤثر، افزایش ۱۳ درصدی راندمان کاربرد و کاهش ۱۶/۲ درصدی عمق آب کاربردی گردید. متوسط بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر گندم در مزارع تیمار و شاهد به ترتیب ۲/۷۴ و ۱/۸۹ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد که نشان‌دهنده ارتقای ۴۵ درصدی بهره‌وری در مزارع تیمار می‌باشد. همچنین متوسط عملکرد گندم در مزارع تیمار و شاهد به ترتیب ۱۰/۰۳ و ۸/۶۳ تن در هکتار به دست آمد که نشان می‌دهد با اعمال تیمار در مزارع، نه‌تنها عملکرد کاهش پیدا نکرد بلکه ۱۶/۳ بهبود در عملکرد متوسط مزارع مشاهده گردید. دامنه عملکرد محصول گندم در مزارع تیمار با انحراف معیار ۱/۹، از ۶/۱ تا ۱۳/۳ تن در هکتار متغیر بود. این ارقام نشان می‌دهد که عملکرد محصول تنها تحت تأثیر آبیاری نبوده و بسیاری از عوامل دیگر از قبیل شوری خاک، وارسته، مدیریت زراعی، حاصلخیزی خاک، کاربرد سموم و کودها و ... روی آن مؤثر است. در مزارع بهاره نیز تکنیک‌های مورداستفاده به‌طور متوسط موجب ۲۶ درصد افزایش در راندمان کاربرد، ۱۲۲/۴ درصد افزایش در بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر و ۴۰/۵ درصد کاهش آب آبیاری گردیدند. در مزارع بهاره تحت پایش اصلی، به‌کارگیری تکنیک آبیاری زیرسطحی و برنامه‌ریزی آبیاری با دو روش داده‌های هواشناسی و رطوبت خاک در دو باغ انگور و سیب به ترتیب موجب ارتقای ۲۵۴/۲ و ۱۴ درصدی بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر و راندمان کاربرد و کاهش ۵۴/۱ درصدی آب آبیاری شده و بهترین نتایج را در بین مزارع بهاره در پی داشت. تکنیک‌های استفاده از سیفون و هیدروفلوم در آبیاری‌های جویچه‌ای و نواری در سه مزرعه (سیفون: کدو و آفتابگردان و هیدروفلوم: ذرت) به‌طور متوسط موجب کاهش ۵۸/۸ درصدی آب آبیاری، افزایش ۵۰ درصدی راندمان کاربرد و افزایش ۱۵۹/۴ درصدی بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر گردید. استفاده از تکنیک تغییر روش آبیاری از نواری به شیاری دوطرفه در دو باغ موجب صرفه‌جویی ۵۰/۴ درصدی آب آبیاری، افزایش ۱۱۱/۱ و ۲۵/۲ درصدی در بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر و راندمان کاربرد گردید. استفاده از کشت نشایی ذرت موجب کاهش ۴۵/۶ درصدی آب آبیاری و افزایش ۱۲۵/۴ درصدی بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر شد. تغییر روش آبیاری از سطحی به قطره‌ای (تیپ و بابلر) در ۵ مزرعه (آلو، گوجه‌فرنگی، آفتابگردان و ذرت: دو مزرعه) کاهش ۳۴/۴ درصدی آب آبیاری، افزایش ۱۰۳/۱ درصدی بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر و افزایش ۲۸/۵ درصدی راندمان کاربرد را به دنبال داشت. استفاده از تکنیک‌های تغییر روش آبیاری از نواری به جویچه‌ای با فواصل کشت ۴۰×۶۰ سانتی‌متر در سه مزرعه چغندر قند و برنامه‌ریزی زمان واقعی آبیاری (در آبیاری بارانی و تیپ) به ترتیب موجب کاهش ۲۴/۲ و ۲۳/۷ درصدی آب آبیاری و افزایش ۱۵/۹ و ۱۸/۳ درصدی راندمان کاربرد گردیدند. با توجه به نتایج مثبت حاصل‌شده، کلیه موارد مذکور نشان‌دهنده اثربخشی مناسب، اهمیت و ضرورت تکنیک‌های به‌زراعی و مدیریت آبیاری مذکور در مزارع پایلوت تحت پوشش طرح می‌باشد. از سوی دیگر تکنیک کشت با ریزید در مزارع پاییزه و استفاده از آبیاری زیرسطحی توأم با برنامه‌ریزی دقیق آبیاری در اولویت اول قرار دارند.

همچنین نتایج در استان آذربایجان شرقی نشان داده است که میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه گندم خانم آسایبی به ترتیب ۲۵۲۹/۹ و ۴۸۰۰ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به

^۱ در محاسبه بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر کیلوگرم عملکرد محصول نسبت به مترمکعب آب آبیاری و بارش مؤثر بیان می‌شود.

ترتیب ۳۷۰۰ و ۳۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۱/۵ و ۰/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه گندم آقای راشدی به ترتیب ۲۲۱۸/۴ و ۴۴۶۷/۹ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۳۰۰۰ و ۲۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۱/۳۵ و ۰/۴۹ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در باغ آلو آقای نصیری به ترتیب ۴۶۸۷/۳ و ۶۵۷۳/۸ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این باغ در تیمار و شاهد به ترتیب ۴۰۰۰ و ۳۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه گوجه‌فرنگی آقای سلیمی به ترتیب ۶۰۴۵/۴ و ۶۸۸۵/۱ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۹۲۰۰۰ و ۷۰۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۵/۱ و ۱۰/۲ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. در مزرعه گندم آقای مصطفی اصغرزاده میزان عملکرد محصول ۶۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار در مزرعه تیمار بوده و میزان بهره‌وری آب ۲/۴ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. در مزرعه شاهد میزان عملکرد ۵۹۰۰ کیلوگرم بر هکتار و میزان بهره‌وری آب ۱/۸ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد به ترتیب ۲۵۲۰ و ۳۲۷۶ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. در مزرعه گندم آقای محرم زینال‌نژاد میزان عملکرد محصول ۷۶۰۰ کیلوگرم بر هکتار در مزرعه تیمار بوده و میزان بهره‌وری آب ۳/۴ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. در مزرعه شاهد میزان عملکرد ۶۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار و میزان بهره‌وری آب ۰/۴۸ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد به ترتیب ۲۲۲۹ و ۳۱۰۰ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. در باغ گوجه‌سبز آقای فرجی میزان عملکرد محصول ۵۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار در مزرعه تیمار بوده و میزان بهره‌وری آب ۱/۲ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. در مزرعه شاهد میزان عملکرد ۵۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار و میزان بهره‌وری آب ۰/۵ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد به ترتیب ۴۲۴۰ و ۱۰۱۶۷ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. در باغ گوجه‌سبز آقای حاج حسین‌پور میزان عملکرد محصول ۱۷۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار در مزرعه تیمار بوده و میزان بهره‌وری آب ۲/۹ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. در مزرعه شاهد میزان عملکرد ۱۶۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار و میزان بهره‌وری آب ۱/۹ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد به ترتیب ۵۷۸۱ و ۸۴۹۰ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید.

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه گندم آقای پرویز عارفی به ترتیب ۳۰۳۳/۴ و ۴۱۴۷/۳ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۱۰۰۰ و ۸۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۳/۶ و ۱/۹ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در باغ بادام آقای سهراب جمشیدی به ترتیب ۳۲۲۳/۴۱ و ۴۴۲۱/۶۳ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۳۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۹۳ و ۰/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در باغ گردو آقای محمد شهابی به ترتیب ۳۲۴۳/۲ و ۴۹۳۶/۹ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۲۰۰ و ۹۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۳۷ و ۰/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه سیب‌زمینی آقای غلامرضا سالمی به ترتیب ۳۸۰۷ و ۴۹۸۷ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۵۱۱۰۰ و ۳۷۰۰۰ کیلوگرم

بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۳/۴۲ و ۷/۴۲ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه سیب‌زمینی آقای داریوش میرابی به ترتیب ۳۷۰۶/۵ و ۵۰۹۴/۵ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۴۹۴۵۰ و ۴۲۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۳/۳۴ و ۸/۳۴ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه گندم آقای ولی‌زاده به ترتیب ۳۳۶۸ و ۴۳۵۵ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۷۹۰۰ و ۶۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۲/۳ و ۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه گندم آقای توحید زینال‌زاده به ترتیب ۳۹۶۶ و ۵۰۷۵ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۸۵۰۰ و ۷۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۲/۱ و ۱/۴ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد.

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در باغ سیب آقای اسماعیل غلامی به ترتیب ۶۰۸۷ و ۹۸۸۲ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۲۶۹۰۰ و ۲۷۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۴/۴ و ۲/۷ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه سیب‌زمینی آقای شهبازی به ترتیب ۴۱۶۰ و ۶۶۷۰ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۴۸۰۰۰ و ۳۴۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۱/۵ و ۵/۱ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه گندم آقای یونس حنیفی ۱ به ترتیب ۱۹۶۰ و ۲۷۹۰ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۶۲۰۰ و ۵۶۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۳/۲ و ۲ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه گندم آقای یوسف حنیفی ۲ به ترتیب ۱۷۷۰ و ۲۵۶۰ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۴۳۰۰ و ۳۸۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. محاسبات بهره‌وری آب از عملکرد تیمار و شاهد بر اساس گواهی باسکول انجام پذیرفته است. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۱/۱۸ و ۰/۸۸ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه گوجه‌فرنگی آقای منافی به ترتیب ۶۵۷۹ و ۱۱۷۷۳ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۶۸۰۰۰ و ۵۲۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۰/۳ و ۴/۴ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه گندم آقای سیروس فضل به ترتیب ۲۹۸۸ و ۳۹۶۲ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۸۰۵۰ و ۷۶۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۲/۷ و ۱/۹ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه گندم آقای سجاد روحی به ترتیب ۳۵۳۷ و ۴۸۸۹ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۸۰۵۰ و ۷۶۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۲/۳ و ۱/۶ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. میزان آب آبیاری در تیمار کشت نشایی و دو ردیفه و شاهد کشت بذری و تک‌ردیفه در مزرعه گوجه‌فرنگی آقای شجاعی به ترتیب ۷۱۱۸/۴۱ و ۱۲۸۸۵ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۷۰۰۰۰

و ۴۵۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۹/۸ و ۴/۵ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد.

کلمات کلیدی: عملکرد، برنامه‌ریزی آبیاری، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، بهره‌وری آب، راندمان کاربرد آب، بارش مؤثر، حوضه آبریز دریاچه ارومیه، کشاورزی پایدار، کاهش آب آبیاری

فهرست مطالب

فصل اول کلیات	۸
۱-۱- مقدمه	۸
۲-۱- برنامه کشاورزی پایدار در حوضه دریاچه ارومیه	۹
۳-۱- اهداف کلیدی	۱۰
فصل دوم کاهش آب آبیاری	۱۱
۱-۲- ارزیابی مصرف آب کشاورزی	۱۱
۲-۲- ارزیابی راندمان آبیاری	۱۳
۳-۲- مطالعات صورت گرفته در خصوص شاخص‌های بهره‌وری آب	۱۸
۴-۲- بررسی روش‌های افزایش شاخص‌های بهره‌وری	۲۱
۵-۲- راهکارهای مدیریتی و زراعی به منظور کاهش آب آبیاری	۲۲
۱-۵-۲- مدیریت خاک‌ورزی	۲۲
۲-۵-۲- مدیریت در شیوه آبیاری	۲۴
۳-۵-۲- تغذیه کودی و واریته گیاهی	۲۵
فصل سوم روششناسی	۲۹
۱-۳- محدوده مورد مطالعه	۲۹
۱-۳-۱- آذربایجان غربی	۲۹
۱-۳-۲- آذربایجان شرقی	۳۵
۲-۳- انتخاب و جانمایی مزارع پایلوت	۳۷
۱-۲-۳- مشخصات مزارع پایش اصلی برای محصولات پاییزه (کشت گندم) در آذربایجان غربی	۳۸
۲-۲-۳- مشخصات مزارع شبکه پایش شرکت‌های فنی و مهندسی آذربایجان غربی برای محصولات پاییزه	۴۰
۳-۲-۳- مشخصات مزارع شبکه پایش شرکت‌های فنی و مهندسی آذربایجان غربی برای محصولات کشت بهاره	۴۵
۴-۲-۳- سایت‌های انتخابی جهت پایش اصلی در آذربایجان شرقی	۵۳
۵-۲-۳- سایت‌های انتخابی جهت پایش شرکت‌های فنی و مهندسی در آذربایجان شرقی	۵۵
۳-۳- بازدیدهای میدانی در منطقه طرح	۷۳
۴-۳- اندازه‌گیری‌های میدانی	۷۴
۱-۴-۳- اندازه‌گیری آب آبیاری، پیش‌روی و پس‌روی در مزارع	۷۵
۲-۴-۳- اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک	۷۶
۳-۴-۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آزمون کودی	۷۷

۸۰	۳-۴-۴- مساحی و نقشهبرداری از مزارع
۸۱	۳-۵- محاسبه بازده کاربرد و بهره‌وری آب کشاورزی در مزارع تحت پایش
۸۱	۳-۵-۱- محاسبه بازده کاربرد
۸۳	۳-۵-۲- محاسبه بازده بهره‌وری آب کشاورزی
۸۷	فصل چهارم اثربخشی تکنیک‌های به‌زراعی و به‌نژادی در پایلوت‌های آذربایجان غربی
۸۷	۴-۱- نتایج پایش و مدیریت آبیاری در مزارع پایش اصلی، کشت پاییزه (گندم)
۹۷	۴-۲- نتایج مزارع شبکه پایش شرکت‌ها در کشت پاییزه
۱۳۹	۴-۳- نتایج مزارع شبکه پایش شرکت‌ها در کشت بهاره
۲۰۲	فصل پنجم اثربخشی تکنیک‌های به‌زراعی و به‌نژادی در پایلوت‌های آذربایجان شرقی
۲۰۲	۵-۱- نتایج اندازه‌گیری‌های مزارع پایش اصلی در کشت پاییزه (گندم)
۲۱۲	۵-۱- نتایج اندازه‌گیری‌های مزارع پایش اصلی در کشت بهاره
۲۱۶	۵-۳- نتایج مزارع شبکه پایش شرکت‌ها در کشت پاییزه
۲۶۰	۵-۴- نتایج مزارع شبکه پایش شرکت‌ها در کشت بهاره
۳۰۴	فصل ششم جمع‌بندی
۳۰۴	۶-۱- آذربایجان غربی
۳۱۰	۶-۲- آذربایجان شرقی
۳۱۲	۶-۳- مسائل، چالش‌ها و مشکلات در آذربایجان غربی
۳۱۲	۶-۴- مسائل، چالش‌ها و مشکلات در آذربایجان شرقی
۳۱۳	۶-۵- درس آموخته‌ها در آذربایجان شرقی
۳۱۳	۶-۶- پیشنهادات در آذربایجان غربی
۳۱۴	۶-۷- پیشنهادات در آذربایجان شرقی
۳۱۵	منابع

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

از نظر بارندگی کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده است و از دیرباز کمبود آب در این کشور بحث اصلی و مشکل اساسی بشمار آمده است و با وقوع خشک سالی های اخیر، این وضع تشدید یافته است. لذا در سال های اخیر سعی شده است ضمن استحصال و ذخیره هرچه بیشتر منابع آب، کارایی مصرف آب و راندمان کاربرد آن در مراحل آبیاری، انتقال و توزیع ارتقا داده شده و از تلفات آب و همچنین آلوده کردن آن جلوگیری گردد. واقعیت مشهود در سطح جهانی این است که غالب پروژه های آبیاری و زهکشی اجرا شده در دنیا به اهداف پیش بینی شده منجر نگردیده و در موارد بی شماری با شکست مواجه گردیده است. به طور کلی دلیل پایین بودن بازده آبیاری، می تواند در مدیریت و چگونگی بهره برداری از شبکه های آبیاری باشد (رضاءوردی نژاد و همکاران، ۱۳۹۴). یکی از پیامدهای عدم وجود مدیریت منابع آب بخصوص در بخش کشاورزی، شرایط کنونی دریاچه ارومیه می باشد. دریاچه ارومیه بزرگ ترین دریاچه داخلی ایران است که به دلیل مشکلات اقلیمی و انسانی، روبه زوال است (دهقان و همکاران، ۱۳۹۴). با توجه به مصرف ۹۰ درصدی منابع آب حوزه در بخش کشاورزی و بهره وری پایین آب، یکی از مهم ترین راهکارها و اولویت های نجات دریاچه ارومیه، انجام اقدامات لازم در راستای کاهش آبیاری در این بخش می باشد. یکی از اهداف اصلی این طرح ارائه راهکارهایی در جهت کاهش میزان آب آبیاری (به نحوی که تنش بر محصول وارد نگردد) در راستای افزایش آب ورودی به دریاچه ارومیه و احقاق هدف مهم احیای آن می باشد که این مهم با به کارگیری تکنیک های زراعی و مدیریتی در هر دو بخش آبیاری سنتی و نوین و تعمیم آن در سطح حوزه قابل استحصال خواهد بود. لذا در این طرح سعی گردیده است با به کارگیری تکنیک های به زراعی و مدیریت آبیاری متناسب با شرایط هر مزرعه، گامی در جهت کاهش آب آبیاری و ارتقاء بهره وری آب در حوزه کشاورزی به عنوان عمده ترین مصرف کننده، برداشته شود.

سیستم‌های آبیاری تحت فشار به‌طور کلی به دو روش آبیاری بارانی و قطره‌ای تقسیم می‌گردد. باوجود پیشرفت تکنولوژی ساخت تجهیزات و ارتقاء تجربه سازندگان لوازم، طراحان و مجریان این سیستم‌ها، غالباً به دلایل مختلفی ازجمله طراحی و اجرای ناصحیح، بهره‌برداری و نگهداری نامناسب و غیر کافی و یا به‌طور کلی مدیریت ضعیف در زمینه‌های مختلف، فواید بالقوه و اسمی آن ارائه نگردیده است. لذا با ارزیابی میدانی این سیستم‌ها و پایش وضعیت آن‌ها می‌توان به نقاط ضعف و قوت آن‌ها پی برده و زمینه بهره‌برداری بهتر از آن‌ها را با اصلاح و اتخاذ شیوه‌های جدید مدیریتی فراهم نمود. بنابراین پس از گذشت چند سال از اجرای این سیستم‌ها، لازم خواهد بود تا عملکرد این سیستم‌ها در شرایط واقعی و تحت نظارت کشاورزان موردبررسی قرار گیرد تا بتوان پس از بررسی، راهکارهای کاربردی مناسبی در جهت مدیریت صحیح این سیستم‌ها ارائه کرد. از طرف دیگر اغلب سیستم‌های آبیاری به‌طور مؤثر و کارآمد کار نمی‌کنند و علت اصلی آن به خاطر مشکلات نگهداری و اجرای سیستم‌ها می‌باشد. هرساله مقدار زیادی از زمین‌های تحت آبیاری به علت شور شدن خاک در اثر عملیات غیراصولی آبیاری به زمین‌های غیرقابل‌استفاده تبدیل می‌شوند. به همین علت، ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری یکی از مسائل خیلی مهم در مزارع کشاورزی به‌حساب می‌آید.

۱-۲- برنامه کشاورزی پایدار در حوضه دریاچه ارومیه

طی چهار سال اخیر، با پیگیری مدیران طرح بین‌المللی حفاظت از تالاب‌های ایران مستقر در سازمان حفاظت محیط‌زیست، پروژه استقرار برنامه کشاورزی پایدار در قالب اقدام مشترک دولت جمهوری اسلامی ایران (سازمان محیط‌زیست و جهاد کشاورزی)، دولت ژاپن و برنامه عمران سازمان ملل متحد (طرح حفاظت از تالاب‌های ایران) برای کمک به احیای دریاچه ارومیه تصویب و مقدمات آن برای اجرا در ۱۱ شهرستان استان‌های آذربایجان غربی و شرقی و شامل ۱۳۰ روستا آماده و اجرا گردیده است. اقدامات در چارچوب اهداف طرح توسعه کشاورزی پایدار در حال انجام می‌باشد. این مدل، فرایندی است که به‌منظور مشارکت سیستمی بهره‌برداران، هم‌افزایی و تلفیق فنون و پتانسیل‌ها و دخالت شرایط زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی حوضه دریاچه ارومیه برای تحقق توسعه کشاورزی پایدار تعریف شده است. در این برنامه، به‌جای تأکید بر انتقال تکنولوژی و سخت‌افزار، بر دانش و توسعه فناوری سبز، مشارکت آگاهانه ذینفعان، توانمندسازی نیروی انسانی و افزایش مهارت‌ها، نقش اصلی را بر عهده دارد. توانمندسازی و دخالت آگاهانه جوامع محلی به‌ویژه در بخش روستایی و کشاورزان کوچک، مهم‌ترین شاخص اقدام در این برنامه است که با فرایند تسهیلگری حرفه‌ای و تسهیلگران ماهر صورت می‌گیرد. ماهیت اصلی این راهبرد، ارتقای توان بالقوه خودیاری کشاورزان از طریق توانمند کردن آن‌ها برای به عهده گرفتن نقش فعال در برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری برای مدیریت مزارع بر اساس فنون کشاورزی پایدار برای حفاظت و احیای دریاچه ارومیه است. برنامه‌های فنی- اجرایی در این مدل شامل بسته ویژه‌ای از تاکتیک‌ها و فناوری‌های سبز (فنون اصلاحی در کشاورزی که ضمن اقتصادی کردن کشاورزی، سازگار با محیط‌زیست نیز هستند) و فنون تسهیلگری حرفه‌ای (تاکتیک‌های خاص برای اعتمادسازی، سازمان‌دهی گروه‌های محلی، اعمال مدیریت مشارکتی سیستمی، تحقق انسجام سازمانی بین دولت-مردم- تشکلات و سازمان‌دهی گروه‌های کاری) است که باهدف اصلاح روش‌های تولید

در کشاورزی فعلی با استقرار نظام گروهی کشاورزی پایدار صورت می‌گیرد. این نظام بر چرخه دانش، مشارکت شبکه مردمی، پتانسیل‌ها، تجربیات و سرمایه‌های محلی استوار است.

۱-۳- اهداف کلیدی

هدف کلی این پژوهش بررسی تعیین میزان اثربخشی تکنولوژی‌های مختلف زراعی اجرا شده در مزارع پروژه مذکور بر کاهش آب آبیاری و ترسیم بیلان آب در مزارع، پایش عملکرد شرکت‌های فنی و مهندسی و اجرای دوره-های آموزشی موردنیاز در منطقه می‌باشد. لذا به‌منظور اجرای این پروژه و تغییر بعضی از روش‌های مرسوم کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه محسوب می‌شوند، اهداف موردنظر پروژه شامل موارد ذیل می‌باشد:

- توانمندسازی و ارتقای مهارت کشاورزان در مدیریت صحیح مزارع با تأکید بر حفاظت از اکوسیستم
- سازمان‌دهی و هدایت انرژی‌ها، توان و امکانات بالقوه، بالفعل و خودیاری جامعه محلی در قالب شبکه مدیریت مردمی برای کمک به احیای دریاچه
- کمک به احیا و حفظ دریاچه ارومیه با مشارکت داوطلبانه کشاورزان در ارتقای شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی (Agricultural Water Productivity)، افزایش عملکرد تولید در واحد سطح و افزایش بازده آبیاری (Application Efficiency) در مزرعه، با استقرار برنامه‌های مدیریت تلفیقی آب- خاک- گیاه- اتمسفر برای صرفه‌جویی ۳۵ درصدی آب در واحد سطح
- سازمان‌دهی "سامانه محلی مدیریت مشارکتی آب" به‌منظور مشارکت آگاهانه و سیستمی ذینفعان دولتی و مردم در حفاظت و احیای دریاچه و تغییر و تحول در برنامه‌های توسعه کشاورزی به سمت کشاورزی محافظ و احیاکننده دریاچه بر اساس معیشت و منفعت اقتصادی با شاخص اقتصاد - محیط‌زیست

فصل دوم

کاهش آب آبیاری

۲-۱- ارزیابی مصرف آب کشاورزی

ارزیابی راهکاری برای تولید اطلاعات مفید و قابل استفاده است تا بتوان با کمک نتایج آن به تصمیم‌گیری پرداخت، لذا ارزیابی مصرف آب باهدف تولید اطلاعات از چیرستی، چرایی و چگونگی فرایند مصرف آب بکار گرفته می‌شود و می‌تواند در امر برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب بسیار مفید باشد. فرایند مصرف آب که در گذشته‌ای نه‌چندان دور در دایره توجه متخصصین و همین‌طور مدیران قرار نداشت، امروزه به‌عنوان مهم‌ترین عامل برای ارتقای سطح کیفیت و کمیت منابع آب هر منطقه در نظر گرفته می‌شود. دلیل این است که بهره‌برداری و برداشت از منابع آب در بسیاری از نقاط دنیا تا حد نهایی خود (و حتی فراتر از آن) پیشرفته، اما هنوز هم جوابگوی نیازها نیست و بعلاوه استفاده‌های نادرست از این منابع با آلوده ساختن آنها، شرایط را برای ادامه کار دشوارتر ساخته است.

در اکثر نقاط دنیا، مصرف کشاورزی در بین مصارف متعددی همچون شرب، بهداشت و صنعت، بیشترین مقدار را به خود اختصاص می‌دهد و به همین دلیل تلاش برای ارزیابی این مصرف بیشتر از هر نوع دیگری صورت گرفته است و نگرش‌های متفاوتی نیز برای ارزیابی آن ارائه شده است. فرایند مصرف آب به‌عنوان پل ارتباطی، بین جنبه‌های عرضه و تقاضا قرار دارد و تعیین مقدار مصرف آب با توجه به همین دو جنبه صورت می‌گیرد. به همین دلیل ارزیابی مصرف آب، چه از لحاظ کمی و چه از لحاظ کیفی، می‌تواند اطلاعات بسیار مفیدی را در رابطه با سیستم منابع آب ارائه دهد. از دیرباز مصرف آب در بخش کشاورزی، به‌عنوان بزرگ‌ترین متقاضی آب، با کمک مفهوم کارایی مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است. کارایی مصرف آب به مقدار کمی مصرف آب توجه دارد و بخش‌های سودبخش و غیر سودبخش مصرف آب را نمایش می‌دهد. واضح است که آگاهی از مقادیر آبی که

به‌صورت سودبخش مصرف‌شده‌اند، به‌تنهایی کافی نیست و لازم است تا میزان تولیدکنندگی حاصل از آن را نیز در تحلیل‌ها دخیل نمود. برای رفع این نقیصه، مفهوم بهره‌وری آب مطرح می‌شود که هدف اصلی در آن تعیین تولیدات یا سودهای حاصل از مصرف آب است.

یکی از اهدافی که برای اعمال سیستم‌های آبیاری در نظر گرفته می‌شود افزایش تولید محصول به‌ازای واحد آب آبیاری می‌باشد. برای این منظور از شاخص‌های ارزیابی عملکرد گیاه به آبیاری استفاده شده است. این بخش اهمیت مقدار محصول تولیدی و افزایش در خروجی مفید ناشی از آبیاری را بیان می‌کنند و به همین دلیل بیشتر توسط مهندسين کشاورزی برای ارزیابی تأثیر آبیاری بر عملکرد گیاه به کار می‌روند (Blumling et al, 2007). شاخص‌های موجود در این دسته را می‌توان در سه بخش راندمان گیاهی مصرف آب (CWUE)، راندمان مصرف آب آبیاری (IWUE) و راندمان مصرف آب (WUE) تقسیم‌بندی کرد (Irmak et al, 2007). در حالت کلی تمامی این شاخص‌ها برابر با مقدار محصول مفید تولیدشده به مقدار آب مصرفی می‌باشد ولی در بعضی از موارد به‌جای محصول تولیدی از تبخیر و تعرق (Zhang et al, 2005) و یا وزن خشک محصولات (Yuan et al, 2003) استفاده شده است و در مواردی نیز به‌جای آب مصرف‌شده در مخرج کسر، از تبخیر و تعرق یا تعرق گیاه (Blumling et al, 2007) و یا مجموع تخلیه رطوبت خاک، بارش مؤثر و آب آبیاری استفاده شده است.

این شاخص‌ها که در مقیاس‌های کوچک مفیدتر و کاربردی‌تر هستند (Edkins, 2006) به‌صورت گسترده‌ای در مطالعات گوناگون به کار رفته‌اند (Zhang et al, 2005; Veits, 1962) و به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم در زمینه تعیین پایداری سیستم‌های آبیاری و کشاورزی مورد استفاده واقع شده است. بعضی از متخصصین کشاورزی جنبه‌های اقتصادی را به این روابط وارد کرده و آن را راندمان اقتصادی مصرف آب نامیده‌اند به‌طوری‌که با تولید اقتصادی، سود کشاورزی و میزان اشتغال حاصل از مصرف آب در کشاورزی رابطه مستقیم دارد (احسانی و خالدي، ۱۳۸۲).

علاوه بر مفهوم راندمان مصرفی آب، عبارت بهره‌وری آب (WP) نیز در مطالعات زیادی به کار رفته و به‌عنوان عاملی جهت مقایسه سناریوهای گوناگون کشاورزی مورد استفاده واقع شده است. این شاخص که مشابهت زیادی با WUE دارد، توسط مولدن^۲ (۱۹۹۷) معرفی شده و برابر با مقدار تولید محصول (کیلوگرم) به حجم آب آبیاری می‌باشد. تأکید هر دو شاخص بر افزایش خروجی محصولات کشاورزی به‌ازای واحد آب آبیاری بوده و برای مقایسه عملکرد محصولات مختلف کشاورزی در روش‌های آبیاری یکسان به کار می‌روند. به همین علت در برخی از مطالعات مانند بلدر و همکاران^۳ (۲۰۰۴) و (Cantero-Martinez et al, 2003) تعریف روشنی از تمایز آنها وجود نداشته و در ارزیابی‌های آبیاری به‌جای هم به کار رفته‌اند.

^۲ Molden

^۳ Belder

۲-۲- ارزیابی راندمان آبیاری

به‌طور کلی تحلیل هر سیستم آبیاری را که بر پایه اندازه‌گیری در شرایط واقعی مزرعه و در حین کار طبیعی سیستم استوار باشد را ارزیابی می‌نامند. ضرورت ارزیابی از آن جهت است که روشن می‌سازد آیا توسعه سیستم را ادامه دهد یا آن را اصلاح کند. بهبود مدیریت کاربرد آب در مزرعه موجب صرفه‌جویی در آب، نیروی کار و حفاظت از خاک شده و در نتیجه موجبات افزایش محصول را فراهم می‌سازد. آبیاری سطحی رایج‌ترین شیوهی آبیاری در جهان و ایران است. در آبیاری سطحی آب به‌روش ثقیلی در سطح زمین جریان یافته و سطح زمین به‌عنوان جذب‌کننده و انتقال‌دهنده آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای ارزیابی سیستم‌های آبیاری از شاخص‌های راندمان آبیاری، کفایت آبیاری و یکنواختی توزیع آب در تمام سیستم‌های سطحی و تحت فشار استفاده می‌شود. سهرابی و امیدوار (۱۳۸۱) بررسی عملکرد، مشکلات بهره‌برداری و فنی سیستم‌های آبیاری سنتریپوت را در منطقه جوبین خراسان را انجام دادند. در این تحقیق از ۴ دستگاه آبیاری بارانی سنتریپوت استفاده شد که در نهایت مقدار متوسط یکنواختی توزیع (DU)، ضریب یکنواختی (CUh) و بازده پتانسیل ربع پایین (PELQ) برای این ۴ دستگاه به ترتیب ۸۲/۷۹، ۹/۲ و ۷۰/۷ درصد به دست آمد و علت مقادیر نسبتاً کم DU و PELQ را عدم کارکرد صحیح سیستم و شرایط اقلیمی منطقه ذکر کردند. لم (۲۰۰۰) عوامل مؤثر بر یکنواختی توزیع در سنتریپوت را فاصله نازل‌ها، ارتفاع نازل و نوع نازل‌ها ذکر کرد. تارجلو و همکاران (۱۹۹۹) در منطقه نیمه‌خشک اسپانیا بر روی سیستم‌های آبیاری ثابت و متحرک تحقیقاتی انجام دادند و فاکتورهای اساسی مؤثر بر کاربرد آب و تبخیر و تلفات بادبردگی سیستم را فشار، سرعت باد و نوع آبپاش ذکر کردند و مقدار متوسط ضریب یکنواختی (CU) و یکنواختی توزیع (DU) ۳۳ دستگاه سیستم کلاسیک ثابت را به ترتیب ۸۴/۶ و ۷۵/۴ درصد و متوسط ضریب یکنواختی سیستم (CUS) و یکنواختی توزیع سیستم (DUS) را به ترتیب ۸۲/۴ و ۷۲/۸ درصد به دست آوردند. در مورد سیستم‌های متحرک، ۵۸ سیستم سنتریپوت مورد ارزیابی قرار گرفت و متوسط یکنواختی توزیع و ضریب یکنواختی را به ترتیب ۷۷/۸ و ۸۵/۶ درصد ذکر کردند. آسکوف و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیقی که در آفریقای شمالی روی سیستم‌های آبیاری سنتریپوت، Dragline، آبیاری میکرو و Floppy and Semi Permanent Sprinkler انجام دادند، متوسط یکنواختی توزیع در ربع پائین (DULq) را برای این سیستم‌ها به ترتیب ۸۱/۴، ۶۰/۹، ۷۲/۷، ۶۷/۴ و ۵۶/۹ درصد و متوسط راندمان کاربرد (AE) را به ترتیب ۸۶/۳، ۷۳/۵، ۷۶/۷ و ۷۸/۹ درصد ذکر کردند. ارتگا آلوارز و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیقی که در منطقه نیمه‌خشک اسپانیا بر سیستم کلاسیک ثابت (Solid-Set Sprinkler) با ۴ محصول (جو، سیر، ذرت و پیاز) انجام دادند به این نتیجه رسیدند که یک نفع اقتصادی در طراحی سیستم‌های آبیاری با ضریب یکنواختی (CU) بالا (۰/۹۰) وجود دارد که منجر به راندمان کاربرد بالا می‌شود.

ارزیابی سامانه‌های متداول آبیاری نشان داده است که عملکرد اغلب آن‌ها به علت نقص در طراحی و اجرا، عدم نگهداری و تعمیر مناسب و عدم مدیریت مناسب، پایین‌تر از حد انتظار می‌باشد. واکر و اسکوگرو (۱۹۸۷) برای طراحی و ارزیابی یک سامانه‌ی شیاری روشی را بر مبنای معادله‌ی نفوذ کوستیاکف - لوئیس و همچنین معادله‌ی

سطح مقطع شیار پیشنهاد دادند. بهره‌برداری نامناسب موجب عدم رعایت عدالت در توزیع آب و تبعیض بهره‌برداران گردیده است.

یکی از متداول‌ترین پارامترها در ارزیابی عملکرد یک سیستم آبیاری، راندمان آبیاری است. برحسب تعریف راندمان آبیاری عبارت از نسبت مقدار آب لازم برای هدف خاص بر کل آب تحویل داده‌شده در پهنه موردنظر می‌باشد (جنسن، ۱۹۸۰). از این‌رو راندمان آبیاری در مزرعه عبارت از مقدار آب مصرف‌شده به‌وسیله گیاه به مقدار آب دریافت شده در ورودی مزرعه می‌باشد و در این راستا آن مقدار از آب تحویل داده‌شده که به مصرف موردنظر نمی‌رسد، تلفات محسوب می‌شود. بدیهی است که برای افزایش راندمان آبیاری در محدوده موردنظر، اعم از مزرعه، شبکه یا حوضه آبریز لازم است تلفات آب شناسایی و به حداقل رسانده شوند. در سطح مزرعه عواملی از قبیل نشت جانبی، رواناب و نفوذ عمقی به‌عنوان تلفات محسوب می‌شوند؛ چراکه این جریان‌ها بدون آن‌که به مصرف گیاه موردنظر برسند از دسترس خارج می‌شوند. کاهش دادن مقادیر نشت و نفوذ، منجر به بهبود بازده آب در سطح مزرعه خواهد شد. درحالی‌که اگر این مقدار آب را بتوان در پایین‌دست جمع‌آوری کرده و به مصرف گیاه رساند، دیگر به‌عنوان تلفات در محدوده شبکه محسوب نخواهد شد. در همین راستا تلفات یک شبکه آبیاری ممکن است دربرگیرنده تلفات یک حوضه آبریز نباشد. از محاسن عمده آبیاری سطحی نسبت به روش‌های آبیاری تحت‌فشار نظیر آبیاری بارانی و قطره‌ای می‌توان به پایین‌بودن هزینه سرمایه‌گذاری اولیه، پایین‌بودن هزینه تأمین انرژی و سهولت استفاده از سیستم، سهولت عملیات، تعمیر و نگهداری و همچنین نیاز کم‌تر به آبیاری متخصص اشاره نمود.

از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۴ راندمان کل آبیاری هر سال حدود یک درصد رشد داشته است. از علل مهم افزایش راندمان آبیاری در این دهه‌ها می‌توان به تجهیز و نوسازی اراضی، افزایش میزان آگاهی‌های بهره‌برداران در مسائل آب‌و‌خاک، گسترش شبکه‌های آبیاری، توسعه سامانه‌های نوین آبیاری و ترویج و انتقال یافته‌های تحقیقاتی به بهره‌برداران اشاره کرد. شمعی و همکاران (۱۳۷۵) بازده آبیاری شیاری در اراضی یکپارچه و پراکنده استان چهارمحال و بختیاری را مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها راندمان آبیاری در ابتدای فصل رشد را ۲۵/۸ درصد، بازده کاربرد آب در زمینه‌هایی که به‌طور کامل آبیاری شدند را ۴۳/۳ درصد و راندمان آبیاری در زمینه‌هایی که کم‌آبیاری شده‌اند را ۶۳/۵ درصد برآورد نموده‌اند.

نتایج تحقیق ریاحی و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد که متوسط راندمان‌های کاربرد، انتقال، کفایت و راندمان کاربرد کل آبیاری در دشت بروجن به ترتیب ۴۹/۲۷، ۸۳/۶۵، ۹۸/۲۲ و ۴۱/۵۳ درصد، در دشت خان‌میرزا ۵۵/۴۱، ۷۷/۱۱، ۶۰/۲ و ۴۱/۵۸ درصد و در دشت شهرکرد ۶۱/۴۱، ۸۸/۴۳، ۸۴/۲۴ و ۵۴/۶۷ درصد می‌باشد. بر اساس مطالعه معیری و کاوه (۱۳۸۷)، بازده کاربرد آب آبیاری در پنج مزرعه با روش آبیاری جویچه‌ای ۲۵ نوبت آبیاری و سه مزرعه با آبیاری نواری (۴ نوبت آبیاری) به ترتیب معادل ۲۵/۸ و ۳۲/۷ درصد برآورد شد.

یکنواختی توزیع و راندمان آبیاری به‌ویژه در آبیاری نواری در افزایش بازدهی آبیاری نقش کلیدی دارد و وابسته به ابعاد هندسی نوار و میزان دبی ورودی آب به نوار می‌باشد. مطابق تحقیق یزدی و همکاران (۱۳۸۷) راندمان کاربرد آب به عوامل زیر بستگی دارد:

۱- روش آبیاری: پتانسیل راندمان کاربرد آب در برخی روش‌های آبیاری مثل بارانی و قطره‌ای بالاتر از روش‌های سطحی است. در میان روش‌های آبیاری سطحی نیز در شرایط مساوی پتانسیل راندمان کاربرد آب در روش کرتی بیشتر از روش‌های شیاری و نواری و راندمان روش نواری بیش از روش شیاری است. لازم به توضیح است که شیاریهای مسطح راندمانی مشابه کرتی دارند.

۲- مشخصات خاک: هرچه خاک سنگین‌تر باشد ظرفیت نگهداری آب در خاک بیشتر است. لذا عمق آبیاری را می‌توان افزایش داد، در این صورت تلفات عمدتاً مربوط به رواناب سطحی است درحالی‌که در خاک‌های سبک راندمان کمتر می‌شود و تلفات عمدتاً مربوط به نفوذ عمقی است. نفوذپذیری خاک در رابطه با روش آبیاری مورد استفاده بر راندمان مزرعه تأثیر می‌گذارد و در آبیاری ثقلی (جویچه‌ها و نوارهای شیب‌دار) غالباً برای طول متعارف جویچه‌ها یا کرت‌ها، راندمان آبیاری در خاک‌های سنگین (دارای زمان نفوذ نسبتاً طولانی) بیشتر است.

۳- جریان ورودی به قطعه آبیاری: آبیاری کرتی با جریان متناوب، راندمان بهتری نسبت به آبیاری کرتی با جریان ثابت و دائم دارد. همچنین هر چه جریان ورودی در واحد عرض قطعه بیشتر باشد آب سریع‌تر به انتهای قطعه می‌رسد و چنانچه جریان آب قطع نگردد یا کاهش نیابد، رواناب سطحی افزایش می‌یابد و بالعکس هر چه جریان ورودی به قطعه آبیاری کمتر باشد آب دیرتر به انتهای قطعه می‌رسد و تا زمانی که عمق موردنظر در انتهای قطعه نفوذ کند میزان نفوذ عمقی در ابتدای قطعه افزایش خواهد یافت.

۴- شیب زمین: چون تلفات آبیاری عمدتاً شامل نفوذ عمقی و رواناب سطحی است در روش‌های آبیاری سطحی هر چه شیب زمین کمتر باشد نفوذ عمقی بیشتر و هرچه شیب بیشتر باشد رواناب سطحی افزایش می‌یابد.

در اغلب موارد راندمان کاربرد آبیاری جویچه‌ای بین ۴۰ تا ۶۰ درصد است، درحالی‌که به‌طور تئوری با آبیاری جویچه‌ای، دستیابی به راندمانی در حدود ۷۰-۸۵ درصد امکان‌پذیر است (کاماچو و همکاران، ۱۹۹۷). وزارت کشاورزی ایالات متحده (USDA) برای طرح‌هایی که به‌خوبی اجرا شده‌اند و چند سالی از بهره‌برداری آن‌ها گذشته است بازده آبیاری جویچه‌ای را در خاک‌های سبک حدود ۵۵ درصد و در خاک‌های با بافت سنگین حدود ۶۰ درصد و سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) بازده کاربرد را در آبیاری جویچه‌ای از ۵۵ تا ۷۰ درصد گزارش کرده است (کریدل، ۱۹۵۶). تحقیقات بورلی و همکاران (۱۹۸۲) نشان داد که سرعت پیش‌روی جریان آب در جویچه تثبیت شده ۴۰ درصد بیشتر از جویچه معمولی می‌باشد. لذا فرصت نفوذ در طول یک جویچه تقریباً یکسان شده و بدین ترتیب می‌توان انتظار یکنواختی توزیع بالا را داشت. اموند و همکاران (۱۹۹۳) راندمان آبیاری در یکی از مناطق ایالت کلرادو آمریکا را پس از دو سال تحقیق در تعدادی از مزارع آن منطقه، متفاوت و از ۷ تا ۶۷ درصد گزارش کردند. منعم و همکاران (۱۳۷۹) عملکرد شبکه آبیاری قزوین را ارزیابی کردند. مطابق نتایج به‌دست آمده، عملکرد سیستم

از دیدگاه‌های مدیریتی، فنی، اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی به ترتیب ۶۲، ۸۲، ۶۴، ۸۴ و ۷۸ درصد بود. ایشان همچنین راندمان کل پروژه را ۳۰ درصد گزارش نمودند و مهم‌ترین عامل پایین بودن آن را، پایین بودن راندمان آبیاری در سطح مزرعه بیان داشتند. ملوخی و همکاران (۱۳۸۵) راندمان‌های کاربرد آب را در دو روش آبیاری سطحی و در دو حالت جویچه‌های بازسازی‌شده و بدون بازسازی در مزارع واقع در مرکز تحقیقات نیشکر واحد امیرکبیر مورد ارزیابی قرار دادند، آن‌ها در طی ماه‌های اردیبهشت الی مهرماه، مقادیر راندمان کاربرد آب را در جویچه‌های بازسازی‌شده ۴۸ تا ۷۵ درصد و به‌طور متوسط ۶۲ درصد و در جویچه‌های بدون بازسازی ۴۳ تا ۶۳ درصد و به‌طور متوسط ۵۳ درصد اندازه‌گیری کردند. کانونی (۱۳۸۶) راندمان آبیاری جویچه‌ای تحت مدیریت‌های مختلف دولتی و خصوصی دشت مغان را در دو محصول چغندر قند و ذرت ارزیابی کرده و نتیجه گرفت که متوسط راندمان آبیاری در اکثر مزارع مطالعه شده نسبت به عوامل متعددی از قبیل مدیریت مزارع، طول و شیب قطعات متناسب با خصوصیات فیزیکی خاک و نوع محصول متغیر است. در مزارع ذرت در مدیریت‌های بخش خصوصی، بازده مصرف آب به‌مراتب بهتر از مدیریت‌های بخش دولتی بود که یکی از دلایل آن اعمال کم‌آبیاری در مزرعه و تحت تنش قرار دادن محصول ذکر گردید. در مزارع چغندر قند، بازده مصرف آب در مزارع تحت مدیریت دولتی بیشتر بود و دلایل آن کوچک بودن طول جویچه‌های آبیاری (حدود ۲۵۰ متر)، مناسب بودن نفوذپذیری خاک و زیاد بودن شیب طولی مزرعه ذکر شد. در نهایت متوسط بازده کاربرد آب تحت مدیریت بخش دولتی در مزارع ذرت و چغندر قند در دو سال متوالی به ترتیب ۲۴/۹ و ۶۲/۷ درصد و تحت مدیریت بخش خصوصی به ترتیب ۶۵/۳ و ۳۵/۶ درصد برآورد شد. بهزادی نسب و همکاران (۱۳۸۷) طی مطالعه‌ای که روی مزارع کشت و صنعت نیشکر هفت‌تپه داشتند راندمان آبیاری را در یکی از مزارع به‌طور متوسط ۵۲/۱۲ درصد و در مزرعه دیگر به‌طور متوسط ۳۶/۶۱ درصد به دست آوردند.

مطالعات و تحقیقات انجام‌شده در منطقه مغان نشان‌داد برای آبیاری شیاری در صورتی‌که بهترین شیب برای شیارها (در حالتی که طول آن‌ها ۲۰۰ تا ۲۵۰ متر باشد) حدود ۴ تا ۸ در هزار انتخاب شود راندمان مصرف آب در مزرعه در دامنه ۶۰ الی ۷۰ درصد به‌دست‌آمده می‌آید (بهره‌بردار، ۱۳۷۳). شمعی و همکاران (۱۳۷۵) نیز بازده آبیاری شیاری در اراضی یکپارچه و پراکنده استان چهارمحال و بختیاری را مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها راندمان آبیاری در ابتدای فصل رشد را ۲۵/۸ درصد، راندمان آبیاری در زمین‌هایی که کم‌آبیاری شده‌اند ۶۳/۵ درصد و راندمان آبیاری در زمین‌هایی که به‌طور کامل آبیاری شدند را ۴۳/۳ درصد برآورد نمودند. در سال ۱۹۸۱ توسط توماس و همکاران ارزیابی روی متغیرهای مختلف مؤثر در آبیاری شیاری انجام گرفت در این بررسی‌ها معلوم شد که تلفات زیاد در آبیاری شیاری به دلیل زمان آبیاری بیش‌ازحد و دبی بیش‌ازاندازه بوده است. برای به حداقل رساندن این تلفات روش‌های مختلفی نظیر روش کاهش دبی (باتیستا و والندر، ۱۹۹۳) روش‌های متناوب یا سرج (ایزدی و همکاران، ۱۹۸۵؛ ایزدی و همکاران، ۱۹۹۱) روش استفاده مجدد از رواناب انتهایی (واکر و اسکوگرویو، ۱۳۷۵) و روش آبیاری کابلی (نیری و همکاران، ۱۳۷۶) پیشنهاد شد.

با توجه به تحقیقات فوق و تحقیقاتی نظیر (زهتابیان، ۱۳۷۳؛ اسمردن و گلس ۱۹۶۵؛ الزبا و فنگمایر، ۱۹۹۵) در این زمینه مشاهده می‌گردد که به دلیل پایین بودن بازده آبیاری ضرورت دارد مزارع تحت آبیاری سطحی مورد ارزیابی قرار گیرد؛ زیرا با ارزیابی و تعیین عملکرد سیستم آبیاری نقاط ضعف سیستم مشخص می‌شود و در نتیجه می‌توان پیشنهادهایی به منظور بهبود سیستم ارائه داد. هدف از انجام این تحقیق: ارزیابی فنی روش‌های آبیاری، بالا بردن راندمان آبیاری، بهبود مدیریت مزرعه جهت استفاده بهینه آب و ارائه یک راه‌حل برای استفاده مفید از آب آبیاری می‌باشد. بتیخی و ابوحمده (۱۹۹۴) راندمان کاربرد آب را در روش‌های آبیاری سطحی و تحت فشار در اردن بررسی کردند و مقدار آن را برای آبیاری سطحی و بارانی به ترتیب ۸۲ و ۸۸ درصد (برای مرکبات) و ۶۴ و ۹۱ درصد (برای سبزی‌ها) گزارش کردند. مریام (۱۹۷۷) بیان داشت که بازده پایین در آبیاری سطحی مربوط به نوع روش نیست، بلکه مربوط به ضعف در طراحی و اجرای ناصحیح، بهره‌برداری و نگهداری نامناسب و غیر کافی و یا به‌طور کلی مدیریت ضعیف در زمینه‌های مختلف می‌باشد. طایفه‌رضایی و همکاران (۱۳۸۲) بازده کاربرد آب را در ۲۱ مزرعه در سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۷۸ در استان‌های آذربایجان غربی، کرمان و خوزستان (تحت مدیریت کشاورزان) ارزیابی و اعلام کردند که بازده کاربرد آبیاری بسته به مدیریت زارع، روش آبیاری، نوع محصول و عوامل دیگر متغیر است. مطابق نتایج این محققان، متوسط بازده کاربرد آب حداقل ۱۸ درصد (مربوط به مزرعه کاهو در شبکه دز) و حداکثر آن ۹۵ درصد (مربوط به مزرعه گندم با آب رودخانه در منطقه ارومیه) بوده است. متوسط راندمان کاربرد آب در مزارع تحت مطالعه در استان آذربایجان غربی حداقل ۳۶ و حداکثر ۹۵ درصد، در مزارع کرمان ۳۱ و ۷۸ درصد و در مزارع منطقه دزفول (شبکه دز)، به ترتیب ۱۸ و ۵۶ درصد بوده است. نتایج نشان‌داد که مدیریت و روش آبیاری، طول جویچه و نوار، شیب مزرعه و بافت خاک تأثیر بسزایی در افزایش بازده کاربرد آب در مزرعه دارند.

فاطمی و شکرالهی (۱۳۷۲) بازده کل آبیاری در اراضی غیر یکپارچه به وسعت ۵۰۰۰ هکتار، در شبکه‌ی آبیاری در خوزستان را ۲۶ درصد اعلام کردند که متوسط ۹ ساله‌ی آن ۲۱ درصد بوده است. آن‌ها همچنین بازده آبیاری در قسمتی از اراضی شبکه دز را که محل استقرار شرکت‌های کشت و صنعت می‌باشد و در مجموع ۸۹۳۲ هکتار وسعت دارد حداکثر ۳۷ درصد و به‌طور متوسط ۳۲ درصد برآورد کردند. میرابوالقاسمی (۱۳۷۳) با انجام آزمایش‌هایی در تعدادی از شبکه‌های سنتی دشت‌های خوزستان، تبریز و کرمانشاه متوسط راندمان انتقال را بین ۲۳ تا ۵۰ درصد و متوسط راندمان آبیاری در مزرعه را بین ۴۵ تا ۶۰ درصد و متوسط بازده کل را بین ۱۳/۵ تا ۲۲ درصد برآورد کرد.

اسدی و همکاران (۱۳۷۵) در مطالعه‌ای یک‌ساله، راندمان آبیاری در روش‌های آبیاری سطحی تحت مدیریت زارعین را در مناطق کرمان، اصفهان، ارومیه و گرگان مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها حداقل راندمان آبیاری مربوط به مزارع گندم و چغندر قند در مناطق اصفهان و کرمان به ترتیب ۱۶/۷ و ۱۷/۵ درصد گزارش نمودند. خوش خواهش (۱۳۷۶) در پژوهشی بازدهی کاربرد آب آبیاری تحت مدیریت زارعین را در چند مزرعه شالیزار در فومن، رشت و لاهیجان که زیر آبخور شبکه‌های نوین و سنتی بودند، ارزیابی کرد. نتایج نشان‌داد که بازدهی کاربرد آب آبیاری در

حالت بدون استفاده از رواناب سطحی در مزارع تحت مطالعه در فومن، رشت و لاهیجان به ترتیب ۵۱/۲، ۴۹ و ۴۹/۴ درصد و در حالت با استفاده از رواناب سطحی در مزارع مذکور به ترتیب ۷۳/۴ و ۷۳/۳ و ۷۲/۴ درصد بود. نتایج تحقیق کانونی (۱۳۸۶) نشان داد متوسط راندمان آبیاری در مزرعه ذرت تحت مدیریت بخش دولتی ۲۴/۹ درصد و در مزرعه ذرت تحت مدیریت بخش خصوصی ۶۵/۳ درصد به دست آمده است. مأمّن پوش و همکاران (۱۳۸۰) راندمان آبیاری در روش‌های مختلف آبیاری سطحی با مدیریت کشاورزان را در چند منطقه‌ی استان اصفهان (مهیار، کبوتر آباد، فجذ فلاوجان، اسلام‌آباد جی و قهاب، گلپایگان و فریدن) و با محصولاتی نظیر گندم، جو، ذرت، هویج و سیب‌زمینی ارزیابی و اعلام کردند که مقادیر حداقل و حداکثر راندمان آبیاری در مزرعه گندم مهیار به ترتیب ۷/۸ و ۸۳/۳ درصد در مزرعه گندم کبوتر آباد ۸/۳ و ۲۷/۹ درصد، در مزرعه هویج در فلاورجان ۵/۹ و ۸۶/۴ درصد، در مزرعه ذرت علوفه‌ای در کبوتر آباد ۲۲/۶ و ۹۸/۵/۵ درصد، در مزرعه گندم گلپایگان ۴۱/۶ و ۸۷/۷ درصد، در مزرعه سیب‌زمینی فریدن ۱۵/۶ و ۷۵/۵ درصد و در مزرعه ذرت علوفه‌ای گلپایگان ۲/۸ و ۷۷/۳ درصد به دست آمد.

۲-۳- مطالعات صورت گرفته در خصوص شاخص‌های بهره‌وری آب

مطالعات فراوانی در زمینه بهره‌وری آب تا به حال انجام شده است و در سال‌های اخیر به دلیل بحرانی‌تر شدن کمبود منابع آب این موضوع با اهمیت بیشتری دنبال شده است. تعیین مقادیر آب آبیاری برای زراعت‌های استراتژیک از اهمیت خاصی برخوردار است. زیرا استفاده درست و منطقی از منابع آب و خاک، افزایش سطح زیر کشت و بهبود عملکرد در واحد سطح را به دنبال خواهد داشت (گزارش تحقیقات خاک و آب). استون و همکاران (۱۹۷۶) تأثیر صرفه‌جویی در آب آبیاری برای گیاهان ردیفی را با استفاده از پشته‌های پهن (دو ردیف کاشت روی یک پشته) در آمریکا مطالعه کردند. نتیجه این مطالعه بیانگر آن بود که به‌طور کلی در تیمار پشته‌های پهن، مقدار آب آبیاری تقریباً نصف آب آبیاری در تیمار جویچه معمولی (پشته‌های باریک با یک ردیف کاشت) بوده است. بر اساس گزارش بانک جهانی در سال ۲۰۰۶ میانگین بهره‌وری آب در بخش کشاورزی ایران ۰/۲ دلار به‌ازای هر مترمکعب آب بود که نسبت به میانگین جهانی آن اختلاف معنی‌دار و با کشورهای مانند فرانسه که بهره‌وری آب در بخش کشاورزی آن ۸/۸ دلار به‌ازای هر مترمکعب آب می‌باشد اختلاف بسیار زیادی دارد (بانک جهانی، ۲۰۰۶). طبق آمار کشاورزی در سال ۲۰۰۴ متوسط عملکرد ذرت دانه‌ای در شبکه آبیاری دز حدود ۶-۷ تن در هکتار به‌دست‌آمده آمد و کارایی مصرف آب آبیاری ذرت دانه‌ای نیز حدود ۰/۳ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب به‌دست‌آمده آمد که این مقدار بسیار پایین‌تر از مقادیر گزارش جهانی شده است (آمار کشاورزی، ۱۳۸۳).

در این میان و ماثوس (۲۰۰۶) تعاریف و موارد مختلف بهره‌وری آب را بررسی و آن را با بهره‌وری و کارایی آب بر اساس مفاهیم مهندسی مقایسه کرده‌اند. در مطالعه دیگر توسط علی و تالوکدر (۲۰۰۸) عوامل مؤثر بر بهره‌وری آب در بخش کشاورزی مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس مطالعه مذکور عوامل تأثیرگذار بر بهره‌وری آب در بخش کشاورزی به‌صورت نوع محصول، آبیاری، تکنولوژی آبیاری، واریته گیاه، فاکتورهای اقتصادی، فاکتورهای خاک معرفی شدند. مطالعاتی نیز در زمینه محاسبه شاخص‌های واقعی بهره‌وری آب صورت گرفته است. از این دست می‌توان

به مطالعه وظیفه‌دوست و همکاران (۲۰۰۸) اشاره کرد در این مطالعه بهره‌وری متوسط محصولات برنج، پنبه‌دانه و ذرت محاسبه گردیده است. همچنین تغییر مقدار شاخص بهره‌وری در گیاهان مختلف در نتیجه تفاوت در آب‌وهوا، مدیریت آبیاری، بذر، خاک و گیاه بیان شده است. در مطالعه‌ای دیگر پالیان و ماثئوس (۲۰۰۶) تأثیر بهینه‌سازی سیستم‌های آبیاری را بر بهره‌وری آب مورد ارزیابی قرار دادند؛ در این مطالعه برای مقابله با بحران کمبود آب موارد زیر پیشنهاد شد: ۱- استفاده بیشتر از آب مجازی، ۲- بهبود کارایی اقتصادی آب، ۳- بهبود کارایی فنی آب. بر اساس نتایج FAO، متوسط شاخص کارایی مصرف آب محصولات گندم، برنج، پنبه (دانه، وش) و ذرت به ترتیب ۱/۹، ۱/۹، ۰/۶۵، ۰/۲۳ و ۱/۸ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب آبیاری می‌باشد (زارت و باستیانسن، ۲۰۰۴). وان و همکاران (۱۹۹۳)، کل کارایی مصرف آب گیاه سویا را برای آبیاری یک‌درمیان متغیر و ثابت به ترتیب ۶/۱۲ و ۵/۵۲ کیلوگرم در هکتار به‌ازای هر میلی‌متر آب گزارش و نشان دادند که حدود ۲۹٪ در وزن خالص و ۴۶٪ در وزن ناخالص سویا، آب آبیاری کاهش یافت. صمدی و سپاس‌خواه (۱۹۸۴) در بررسی سه روش آبیاری (یک‌درمیان ثابت، یک‌درمیان متغیر و روش معمول آبیاری) روی لوبیای خشک به این نتیجه رسیدند که در روش آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت و متغیر به ترتیب ۲۰ و ۲۷ درصد نسبت به روش معمول آبیاری، آب کمتری مصرف شده است. کارایی مصرف آب ذرت در چین و هند ۱/۵ و در ایران برای ذرت علوفه‌ای ۵/۵۸ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب گزارش شده است (کانگ و همکاران، ۲۰۰۰). اسپیلمن و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها کارایی مصرف آب آبیاری مزارع آفریقای جنوبی و عوامل مؤثر بر آن را تجزیه و تحلیل کردند. نتایج نشان داد که میانگین کارایی آب در شرایط بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس به ترتیب ۴۳ و ۶۷ درصد است. عواملی چون شیوه‌های آبیاری، مالکیت زمین، اندازه‌ی زمین و انتخاب محصول بر کارایی آب آبیاری مؤثر بودند. در داخل کشور نیز مطالعات زیادی در زمینه محاسبه انواع شاخص‌های بهره‌وری آب در بخش کشاورزی صورت گرفته است با این تفاوت که نوع روش‌های آبیاری در محصولات مختلف و تأثیر آن‌ها بر بهره‌وری آب در این مطالعات کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در مطالعه دیگر توسط فراهانی و اوپس (۲۰۰۸) بهره‌وری کلی آب در غلات حدود ۰/۴ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. نتایج پژوهش‌های سپاس‌خواه و کامگار حقیقی (۱۳۷۳) روی چغندر قند نشان داد که مقدار محصول در آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان با دور آبیاری ۶ روزه با آبیاری جویچه‌ای معمولی با دور آبیاری ۱۰ روزه برابری داشته، ضمن این‌که میانگین آب آبیاری ۲۳ درصد کاهش یافته است. حیدری و حقایقی‌مقدم (۱۳۸۰) بر اساس نتایج داده‌های دو طرح ملی در زمینه تعیین راندمان آبیاری در کشور، کارایی مصرف آب آبیاری محصولات زراعی مختلف را محاسبه نمودند. بر اساس نتایج این تحقیق دامنه کارایی مصرف آب محصولات گندم، یونجه، چغندر قند، پنبه، سویا، جو، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، لوبیا، کاهو، کنجد و ذرت‌دانه‌ای به ترتیب برابر با ۰/۸۴، ۰/۳۴، ۱/۴۴، ۰/۷، ۴/۸۳، ۱/۳۳، ۱/۹۱، ۱/۲۷، ۲/۰۹، ۰/۷۵، ۱، ۱/۷۲، ۳/۳۳، ۰/۹۱، ۴/۷۷، ۰/۶۵ و ۰/۲ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب آبیاری بود. طالقانی (۱۳۸۰) در طی سه سال متوالی، تأثیر آرایش کاشت بر کارایی مصرف آب در چغندر قند را بررسی نمود. نتایج ایشان نشان داد که کاهش آب در تیمارهایی که به‌صورت پشته‌های پهن با دو ردیف کاشت آبیاری شده بودند، باعث کاهش عملکرد قند و ریشه نشده و در نتیجه کارایی مصرف آب به‌طور فراوانی افزایش یافت. تحقیقات نوریجو و همکاران (۱۳۸۳) در خصوص تأثیر آرایش کاشت بر خصوصیات کمی و

کیفی چغندر قند، نشان داد که در روش یک‌درمیان با فواصل جویچه‌های ۵۰ سانتی‌متر، می‌توان به بیشترین کارایی مصرف آب دست یافت؛ لیکن به علت مشکلات اجرا و اعمال روش آبیاری یک‌درمیان، آرایش کاشت ۵۰ × ۴۰ را توصیه نمودند. بر اساس این تحقیق، عملکرد ریشه ۷۱/۷ تن در هکتار و مقدار آب آبیاری ۱۰۵۹۹ مترمکعب در هکتار بود در حالی که در کاشت رایج منطقه (آرایش کاشت با فواصل ۶۰ سانتی‌متر و آبیاری کامل شیارها) عملکرد ۶۸/۸ تن در هکتار و مقدار آب آبیاری ۱۳۷۱۵ مترمکعب بر هکتار بود. بدین ترتیب در آرایش کاشت پیشنهادی، کارایی مصرف آب ۴۸ درصد افزایش یافت. تحقیقات ترابی و جهاد اکبر (۱۳۸۳) نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار آب آبیاری به میزان ۲۲۶۹۳ و ۱۵۳۰۰ مترمکعب در هکتار به ترتیب از تیمار کاشت یک ردیفه با فاصله خطوط کاشت ۵۰ سانتی‌متر و تیمار کاشت دو ردیفه ۶۰ × ۴۰ سانتی‌متر (فاصله خطوط کاشت در طرفین جویچه ۶۰ سانتی‌متر و فاصله خطوط کاشت روی پشته ۴۰ سانتی‌متر) است. نی‌ریزی و حلمی فخر داوود (۱۳۸۳) طی مطالعه‌ای، کارایی مصرف آب در سه مزرعه واقع در شهرستان‌های تربت حیدریه، تربت جام و چناران در زراعت‌های گندم و چغندر قند را تحت دو روش آبیاری سطحی و بارانی مورد ارزیابی قرار دادند (سیستم آبیاری مزرعه مورد مطالعه در شهرستان تربت حیدریه بارانی و از نوع رول‌لین و در شهرستان‌های چناران و تربت جام، سطحی و از نوع ردیفی بود) نتایج نشان داد که کارایی مصرف آب گندم در شهرستان‌های چناران، تربت حیدریه و تربت جام به ترتیب برابر ۰/۳۸، ۰/۷۶ و ۰/۴۴ کیلوگرم به‌ازای هر واحد آب آبیاری بود، حال آنکه کارایی مصرف آب چغندر قند در مزارع مطالعاتی فوق‌الذکر به ترتیب ۱/۸، ۳/۵ و ۱/۹ کیلوگرم به‌ازای هر واحد آب آبیاری بود. حیدری و همکاران (۱۳۸۵) میزان شاخص کارایی مصرف آب محصولات زراعی گندم، چغندر قند (شکر)، سیب‌زمینی، ذرت علوفه‌ای، پنبه، یونجه (بیوماس)، جو و نیشکر (شکر) را به ترتیب ۰/۷۵، ۰/۶۴، ۲/۰۶، ۵/۵۸، ۰/۷۱، ۱/۴۶، ۰/۵۶ و ۰/۲۹ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب آبیاری اندازه‌گیری کردند. وظیفه‌دوست و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی بهره‌وری آب در مقیاس مزرعه در منطقه برخوار اصفهان نشان دادند که متوسط بهره‌وری برای محصول چغندر قند ۱/۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. توپاک و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری قطره‌ای در کشت چغندر قند را برای منطقه نیمه‌خشک قونیه در کشور ترکیه بررسی و گزارش کردند که عملکرد ریشه در تیمارهای ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی به ترتیب برابر با ۷۷/۳، ۷۰/۶ و ۵۰/۳ تن در هکتار است و تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی از نظر عملکرد ریشه و ماده خشک مشاهده نمی‌شود. مهرابی (۱۳۸۸) انواع کارایی و بازده به مقیاس تولیدکنندگان آفتابگردان شهرستان خوی را محاسبه کرد و نتایج نشان داد که متوسط کارایی‌های فنی، تخصیصی، اقتصادی و مقیاس بهره‌برداران آفتابگردان در منطقه، به ترتیب ۵۴/۷، ۳۵/۹ و ۷۵/۹ درصد است. صبوحی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی کارایی مصرف آب در گلخانه‌های سیستم، با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند که نتایج نشان داد که میانگین کارایی آب آبیاری در شرایط بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس در واحدهای گلخانه‌ای به ترتیب ۴۹ و ۷۱ درصد بود و همچنین میانگین کارایی در واحدهای گلخانه‌ای مورد پژوهش در شرایط بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس به ترتیب ۶۳ و ۸۷ درصد به دست آمد. بهمنش و نورجو (۱۳۹۴) طی آزمایشی در استان آذربایجان نشان دادند که با تغییر آرایش کاشت چغندر قند از حالت یک‌ردیفه به حالت کاشت دو ردیفه ۴۰ × ۵۰ سانتی‌متر، مقدار عملکرد محصول و میزان شکر قابل استحصال

به ترتیب ۱۵/۶ و ۲۰/۷ درصد افزایش و میزان متوسط آب آبیاری ۲۰/۳ درصد کاهش یافت. اشرف منصوری و شریفی (۱۳۹۲) با انجام آزمایشی در منطقه سردسیر اقلید فارس بیان کردند که بیشترین عملکرد ریشه چغندر قند با ۴۲/۶۶ تن در هکتار مربوط به تیمار آرایش کاشت بافاصله ردیف ۵۰ سانتی متر و عرض پشته‌ها ۵۰ سانتی متر و تحت آرایش کشت دو ردیفه به دست آمد.

۲-۴- بررسی روش‌های افزایش شاخص‌های بهره‌وری

یک احساس نیاز برای یافتن راه‌های جهت افزایش بهره‌وری آب از طریق بهبود ستانده‌های اقتصادی یا زراعی به‌ازای واحد آب آبیاری در هر دو سامانه زراعت آبی و دیم وجود دارد (Kassam et al, 2007). از سویی دیگر با توجه به شرایط منابع و نهاده‌های کشاورزی در جهان امروز، مدیریت مناسب نهاده‌های کشاورزی به‌ویژه آب آبیاری با استفاده از فناوری مدرن برای به حداکثر رساندن تولید و ارائه بازده بالا به کشاورزان ضروری است (Panda, 2003). به‌عنوان یک قاعده، هر عامل مدیریتی که موجب افزایش عملکرد گیاهی شود، بهره‌وری آب را نیز افزایش می‌دهد (مؤمنی، ۱۳۹۰). البته باید به این نکته توجه نمود که افزایش عملکرد با میزان نهاده‌های کشاورزی و به‌خصوص آب آبیاری به صورتی در تعادل باشد (مهدی و همکاران، ۱۳۹۲). روش‌های بهبود بهره‌وری آب از طریق صرفه‌جویی و جلوگیری از تلفات فیزیکی آب شامل تمامی اقدامات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مرتبط برای صرفه‌جویی‌های واقعی و کاهش تلفات فیزیکی آب در مقیاس‌های گیاه، مزرعه، شبکه آبیاری و حتی حوضه آبریز است (حیدری، ۱۳۹۰). از این رو یکی از شیوه‌های کاربردی نمودن مدیریت‌های کارا و نوین اجرای پژوهش‌های مزرعه‌ای و با مشارکت مؤلفه‌های درگیر (محقق، مروج و بهره‌بردار) است که امکان شکل‌گیری و فرهنگ‌سازی یک شیوه تولید پدید می‌آید (توکلی، ۱۳۸۹). راه‌کارهایی مانند بهبود گونه‌های گیاهی، تغییر الگوی کشت، بهبود مدیریت آبیاری، بهبود عملیات زراعی و روش نوین آبیاری موجود از جمله این مدیریت‌ها می‌باشد (نیری، ۱۳۸۲). عزیزی (۱۳۸۰) در راستای بررسی عوامل تأثیرگذار بر مدیریت پایدار آب، این مؤلفه‌ها را در چندین دسته به‌صورت مؤلفه‌های مدیریتی (سن، سابقه کشاورزی، میزان تحصیلات، تعداد دفعات شرکت در کلاس ترویجی)، فیزیکی (الگوی کشت، تعداد قطعات، شرایط اقلیمی، روش آبیاری)، اقتصادی (اعتبارات، بیمه، مشکل دسترسی به نهاده‌ها)، اجتماعی (رفتار مصرفی همسایگان، بار تکفل، درآمد غیر کشاورزی)، نهادی (مالکیت منابع آب، عدم اجرای قوانین و مقررات، اجازه‌ای بودن منبع آب)، تقسیم‌بندی کرده‌اند. عمانی (۱۳۸۹) در تحقیقی به بررسی عوامل مؤثر بر مدیریت پایدار منابع آب زراعی پرداخته و نتیجه گرفتند که فعالیت‌های آموزشی و ترویجی، ویژگی‌های اقتصادی، دانش و اطلاعات کشاورزان، فعالیت‌های اجتماعی و حمایت‌های دولتی مهم‌ترین مؤلفه‌های تأثیرگذار بر مدیریت پایدار آب زراعی است.

در سال‌های اخیر نیز تحقیقات مفیدی باهدف بازبینی و بررسی مقادیر بهره‌وری آب در نقاط مختلف دنیا به انجام رسیده است. (Zwart and Bastiaanssen, 2004) نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که بهبود شیوه‌های مدیریتی آب و خاک در سال‌های اخیر باعث افزایش مقادیر بهره‌وری آب شده است. کاربرد روش‌های جدید آبیاری از جمله آبیاری بارانی و قطره‌ای، با توجه به بهبود مدیریت آبیاری در مزرعه، بهره‌وری آب را به میزان قابل‌توجهی

افزایش داده است. گنجینه و همکاران فعالیت‌های مرتبط با بهره‌وری آب از زمان معرفی این مفهوم را مورد بررسی و بازبینی قرار داده، راهکارهایی را برای افزایش بهره‌وری آب از طریق بهبود مدیریت منابع آب در سطوح گیاه، مزرعه و حوضه آبریز ارائه کردند. (Kijine et al, 2003) برخی از شیوه‌ها و گزینه‌هایی که می‌توان در این زمینه به کار گرفته شوند عبارتند از: ۱- در سطح گیاه: افزایش تحمل گیاهان به تنش خشکی و شوری از طریق به‌کارگیری شیوه‌های اصلاح نژاد گیاهان ۲- در سطح مزرعه: افزایش تابع تولید، کاربرد کم‌آبیاری، تصحیح تاریخ کاشت و شخم به‌منظور کاهش تبخیر تعریق و افزایش نفوذ آب در خاک ۳- در سطح حوضه: استفاده مجدد از آب و بهبود الگوی کشت به‌منظور حداکثر کردن محصول و حداقل نمودن تبخیر تعریق گیاهی. یان و همکاران (۲۰۱۵) نیز بیان داشتند که اجرای تمهیدات ساده و کاربردی در مقیاس مزرعه‌ای، مانند مالچینگ، بی‌خاک‌ورزی، کم‌آبیاری، اصلاح الگوی کشت و استفاده از ارقام اصلاح‌شده و ... علی‌رغم افزایش عملکرد محصول و ترغیب زارع به استفاده از این تمهیدات موجب کاهش آب آبیاری نیز گردیده است؛ که هر دو عامل نقش مستقیم در رابطه با افزایش بهره‌وری آب دارد.

۲-۵- راهکارهای مدیریتی و زراعی به‌منظور کاهش آب آبیاری

همان‌طور که ذکر گردید به‌کارگیری فناوری‌های مختلف در دنیا باعث کاهش آب آبیاری و افزایش بهره‌وری آب شده است که می‌توان به مواردی از جمله، مدیریت در شیوه آبیاری، انواع روش‌های خاک‌ورزی، استفاده از بذور مختلف، کودهای ماکرو و میکرو، خاک‌پوشه‌ها و ... اشاره نمود. در ادامه به تعدادی از تحقیقات انجام‌شده در برخی از زمینه‌ها اشاره خواهد شد.

۲-۵-۱- مدیریت خاک‌ورزی

خاک‌ورزی یکی از مهم‌ترین عملیات زراعی در کشت گیاهان است که برخی از اهداف آن عبارت از ایجاد شرایط مطلوب برای جوانه‌زنی بذر و رشد ریشه، نفوذ سریع رطوبت و ابقای آن، ظرفیت کافی هوا و تبادل آن در داخل خاک، کنترل علف‌های هرز و سامان‌دهی بقایای گیاهی می‌باشد (شفیعی، ۱۳۷۱، روزبه، ۱۳۷۸؛ اسکندری، ۱۳۸۱؛ اسکندری و همت، ۱۳۸۲) شیوه مناسب خاک‌ورزی بر میزان عملکرد و بهره‌وری آب تأثیرگذار خواهد بود به‌طوری‌که هو و همکاران (۲۰۱۲) گزارش نمودند که عملیات متناوب خاک‌ورزی باعث بهبود مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک شده و در نتیجه سبب افزایش عملکرد و بهره‌وری آب می‌گردد (Hou et al, 2012). روش خاک‌ورزی حفاظتی درواقع با نگهداری بخش کوچکی از بیوماس گیاهی و ترکیب آن در خاک از طریق اجرای روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی، می‌توان ضریب تولیدی خاک و حاصلخیزی آن را در اراضی گرمسیری با حفظ ۱۰ تا ۱۵ درصد در افزایش رطوبت خاک در جهت افزایش تولید محصول قرار داد (Sharma et al, 2011) نتایج ۲۵ ساله محققان در مطالعه خاک‌ورزی حفاظتی نشان‌داد که حدود ۱۲ درصد افزایش عملکرد محصول و ۲۲ درصد کاهش در هزینه‌های انجام عملیات دارد، همچنین خاک‌ورزی حفاظتی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم می‌تواند راندمان مصرف آب را تا ۱۱ درصد بهبود داده و فرسایش آبی خاک را تا ۴۲ درصد کاهش دهد (Olson et al, 2013). در

سیستم بی خاک‌ورزی به‌طور متوسط عملکرد دانه ۱۲ درصد و ذخیره آب ۳ درصد در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم بیشتر می‌باشد (Cui-Cui et al, 2011). مطالعات گسترده محققین دیگر نیز نشان از اثرات مفید کم خاک‌ورزی می‌دهد. به‌عنوان نمونه عبدالله (۲۰۱۴) در تحقیقی که روی کلزا در شمال عراق با اقلیمی نیمه‌خشک انجام داد گزارش نمود که کم خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی باعث افزایش آب خاک، ماده‌ی آلی خاک، عملکرد کلزا و میزان روغن دانه‌ی کلزا شده است.

از طرفی ضرورت دارد که ادوات خاک‌ورزی عملیات تهیه بستر مناسب جهت جوانه‌زنی و رشد ریشه را با حداقل مصرف انرژی انجام داده، به‌نحوی که شرایط نهایی خاک در حد مطلوب و قابل قبول باشد (صلح‌جو و همکاران، ۱۳۸۰). در این خصوص ظریف‌نشاط (۱۳۸۲) نیز بیان داشت که بیش از نیمی از انرژی موردنیاز برای تولید محصولات کشاورزی صرف عملیات خاک‌ورزی می‌گردد. لذا به همین دلیل در سال‌های اخیر کم خاک‌ورزی موردتوجه قرار گرفته است. وی همچنین بیان داشته که کم خاک‌ورزی با مصرف انرژی کمتر، شرایط مطلوب‌تر فیزیکی و آبی برای تغذیه گیاه فراهم کرده و فعالیت میکرو فلور که در سنتز هوموس شرکت می‌نماید را افزایش می‌دهد (ظریف‌نشاط، ۱۳۸۲). مختار میران‌زاده (۱۳۹۲) اثر برخی از روش‌های خاک‌ورزی و تهیه بستر کاشت بر خصوصیات هیدرولیکی و بهره‌وری آب آبیاری در زراعت گندم را بررسی کرد. طبق نتایج به دست آمده تیمار غلطک‌زنی ((شخم با گاواهن برگردان‌دار به عمق ۲۵ + دیسک) + کاشت روی بستر مسطح + غلطک صاف) با عملکرد ۷۱۱۱ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری ۰/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب به ترتیب بالاترین عملکرد محصول و بهره‌وری آب آبیاری را به دست آورد. تیمار بی خاک‌ورزی در عدم حضور بقایا (روش بی خاک‌ورزی، کاشت مستقیم روی بستر مسطح در حضور بقایای ایستاده) با عملکرد ۶۰۸۳ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری آب آبیاری ۰/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب از کمترین عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری برخوردار بود. روش خاک‌ورزی مرسوم منطقه (شخم با گاواهن برگردان‌دار به عمق ۲۵ سانتی‌متر + دیسک + کاشت روی بستر مسطح) عملکرد ۶۲۰۴ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری آب آبیاری ۰/۸۳ کیلوگرم بر مترمکعب را به دست آورد. حیدری سلطان‌آبادی و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی تأثیرات خاک‌ورزی در عملکرد آفتابگردان روغنی گزارش کردند که با توجه به هزینه‌ی بالای اجرای عملیات زیرشکنی و همچنین عدم تأثیر آن بر Yc، استفاده از این عملیات در منطقه‌ی مورد مطالعه (کبوتر آباد) ضرورت پیدا نمی‌کند. محمدی و همکاران (۱۳۹۲) نیز مشاهده کردند که آفتابگردان در خاک‌ورزی حداقل، بیشترین عملکرد محصول را دارد. علاوه بر آن نتایج سایر محققین حاکی از آن است که سایر فن‌ها و مدیریت‌ها در خاک‌ورزی به‌طور مستقیم بر عملکرد و بهره‌وری آب و حتی میزان آب آبیاری نقش داشته است. تحقیقات انجام‌شده در مناطق مختلف ایران با شرایط اقلیمی متفاوت نشان داد که خاک‌ورزی حفاظتی می‌تواند در صرفه‌جویی برخی نهاده‌ها و پارامترهای عملکردی و فنی ماشین تأثیرگذار باشد. بر اساس نتایج به دست آمده در خصوص اجرای عملیات خاک‌ورزی حفاظتی در کاشت گندم، با اعمال روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی صرفه‌جویی در هزینه‌های اجرای عملیات به میزان ۵۰ درصد نسبت به روش مرسوم و میزان آب آبیاری از ۳۵۰۰ به ۲۱۲۵ مترمکعب در هکتار و مصرف بذر از ۲۰۰ به ۱۴۵ کیلوگرم کاهش می‌یابد. کارایی مصرف آب با ۸۷ درصد افزایش از ۰/۸ کیلوگرم بر مترمکعب در روش مرسوم به ۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب در روش خاک‌ورزی حفاظتی می‌رسد

(احمدشریفی و همکاران، ۱۳۹۴). نتایج تحقیق جین و همکاران (۲۰۰۹) نشان‌دهنده آن می‌باشد که در اراضی با کشت متناوب ذرت و گندم زمستانه در شمال چین در خصوص مقایسه روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و خاک‌ورزی مرسوم می‌توان بیان نمود که خاک‌ورزی حفاظتی، Yc و WP گندم را به ترتیب ۶/۷ درصد و ۳۰/۱ درصد و Yc و WP ذرت را به ترتیب ۸/۹ درصد و ۶/۸ درصد نسبت به خاک‌ورزی مرسوم بهبود بخشیده است. نانجیا و همکاران (۲۰۱۰) اثر کشاورزی حفاظتی بر بهره‌وری آب و زمین در حوضه رودخانه زرد واقع در چین را طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۴ بررسی کردند. برای ارزیابی پتانسیل کشاورزی حفاظتی بر بهبود تعادل آب خاک و بهره‌وری آب کشاورزی، مدل گیاهی DSSAT با استفاده از داده‌های یک آزمایش میدانی در منطقه شمال شرقی رودخانه زرد کالیبره گردید. سایت مورد مطالعه دارای الگوی کشت ذرت-ذرت می‌باشد. سه تیمار خاک‌ورزی شامل خاک‌ورزی سنتی (CT)، بی خاک‌ورزی و حفظ کامل بقایا (NTSM)، کم خاک‌ورزی و برگرداندن بقایا به خاک (ASRT) می‌باشد. مطابق نتایج، تیمارهای بی خاک‌ورزی (NTSM) و کم خاک‌ورزی (ASRT) بالاترین عملکرد (بیش از ۳۶ درصد) و بیشترین بهره‌وری آب (بیش از ۲۸ درصد) نسبت به روش معمول (CT) به دست آورد. همچنین مورل و همکاران (۲۰۱۱) در اراضی دیم جو با اقلیم نیمه‌خشک مدیترانه‌ای مشاهده کردند که خاک‌ورزی حفاظتی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم به‌طور متوسط Yc و WP را به ترتیب ۶۶ درصد و ۵۷ درصد بهبود بخشیده است. اگرچه در سال‌های پر بارش تفاوتی محسوسی مشاهده نشد. میریتی و همکاران (۲۰۱۲) نیز در تحقیقی در غرب کنیا در کشت متناوب ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی مشاهده کردند که خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به خاک‌ورزی عمیق باعث افزایش پارامترهایی مانند رطوبت قابل استفاده در خاک، عملکرد محصول و کارایی مصرف آب در هر دو گیاه شده است. در تحقیق گوان و همکاران (۲۰۱۵) که در آن به تأثیر عملیات خاک‌ورزی بر توسعه ریشه و WP در گندم زمستانه‌ای دیم جلگه‌های شمال غرب چین پرداخته شده بود مشخص گردید که شخم به‌وسیله‌ی گاواهن نسبت به شخم با گاواهن دوار باعث کاهش چشمگیر چگالی ظاهری خاک و افزایش تراکم ریشه‌ها و در نتیجه تبخیر-تعرق بیشتر در فصل گلدهی شده است؛ که منجر به افزایش Yc و WP گردید.

۲-۵-۲- مدیریت در شیوه آبیاری

علاوه بر خاک‌ورزی مدیریت درزمینه آبیاری و تغییر شیوه‌های مرسوم آبیاری نیز نقش بسزایی در افزایش بهره‌وری آب دارد. کوانکی و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی به میزان آب آبیاری در گندم زمستانی، تحت الگوهای کشت و رژیم‌های آبیاری مختلف پرداختند. این تحقیق در کشور چین انجام شد و در کشت آن گندم زمستانه به‌صورت ردیف‌های منظم، کشت شیاری و کشت بستری در شیارها انجام شد تا از نظر عملکرد، آب آبیاری و بهره‌وری آب بررسی شود. نتایج نشان داد که اجزای رطوبت خاک در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک در کشت شیاری بیشتر بود. درحالی‌که رطوبت خاک در عمق ۵۰ سانتی‌متر خاک در کشت بستری کاهش پیدا می‌کرد. کشت شیاری و کشت بستری دارای بهره‌وری آب بالاتری نسبت به کشت منظم ردیفی گزارش گردید. همچنین مقدار نفوذ آب بعد از آبیاری در کشت شیاری و بستری بیشتر بود (Quanqi et al, 2012). از طرفی می‌توان ذکر نمود: دور آبیاری، دبی جریان، زمان قطع جریان، طول و عرض زمین فاکتورهای تأثیرگذار بر کارایی سیستم‌های آبیاری سطحی

هستند که برای طراحی یک سیستم آبیاری سطحی باید آن‌ها را در نظر گرفت. بی‌شک انتخاب صحیح هریک تأثیر مستقیم بر بهبود راندمان آبیاری دارد (Walker and Skogerboe, 1987). بر طبق گزارش فائو (۲۰۰۲) بافت خاک، دبی جریان، عمق آبیاری، شیب، مساحت مزرعه و عملیات زراعی به‌عنوان فاکتورهای مهم در طراحی طول و عرض کرت و یا طول شیار آبیاری معرفی می‌شود. گزارش مذکور نتیجه می‌گیرد، یکنواختی و راندمان کاربرد آبیاری با کاهش طول شیار و کرت افزایش می‌یابد (FAO, 2002).

۲-۵-۳- تغذیه کودی و وارسته گیاهی

از دیگر فن‌های پیشنهادی به‌منظور افزایش شاخص‌های بهره‌وری آب در مزرعه می‌توان به اصلاح و یا تغییر وارسته گیاهی و همچنین نقش مدیریت در بهبود تغذیه گیاه نام برد. به‌عنوان مثال اوپس و همکاران (۱۹۹۹) معتقد بودند که مدیریت زراعی و مصرف کود نقش بسزایی در افزایش بهره‌وری آب دارد. در تحقیقی دیگر کینا و همکاران (۲۰۱۶) مشاهده کردند که مصرف بهینه‌ی کود ازت در مرکبات بهره‌وری آب را ۱۵ درصد افزایش داد. در همین راستا، کانگ و همکاران (۲۰۱۴) گزارش نمودند که استفاده از کود فسفر به‌طور قابل‌توجهی Y_c و WP را درزمینه‌ی ای دیم افزایش می‌دهد. همچنین مطالعه جالب‌توجه لی و همکاران (۲۰۱۵) در خصوص تأثیر کوددهی ازت به اراضی دارای کمبود نیتروژن درزمینه‌ی ای دیم چین نشان‌دهنده آن است که کوددهی به‌طور قابل‌توجهی تبخیر از سطح خاک را کاهش داده و باعث افزایش تعرق شد. این محققین دلیل اصلی این فرایند را افزایش رشد توده‌ی هوایی گیاه و شاخص سطح برگ گیاه دانستند. آن‌ها همچنین افزایش عملکرد و بهره‌وری آب را گزارش نمودند. کاظم خاوازی و عبدالحسین ضیائی (۱۳۹۰)، بررسی اثربخشی کودزیستی بیوفارم در زراعت گندم در استان فارس را بررسی کردند. نتایج تحقیق انجام‌شده در فارس نشان‌داد که تیمار تلقیح بذور با کودزیستی بیوفارم از طریق تأثیر بر وزن هزار دانه و تعداد سنبله در مترمربع عملکرد دانه را بالا می‌برد. علت اثربخشی کود بیوفارم در گندم، وجود باکترها در این کود بود. به‌طوری‌که حذف باکتری‌ها (استفاده از بیوفارم استریل‌شده) موجب افت شدید عملکرد گردید. نتایج نشان‌داد که تیمار تلقیح بذور گندم با بیوفارم در مقایسه با تیمار تلقیح بذور با بیوفارم استریل‌شده، موجب افزایش بیش از یک تن در هکتار عملکرد دانه گردید. عملکرد دانه در تیمارهای تلقیح بذور با بیوفارم، بیوفارم استریل‌شده و شاهد بدون تلقیح به ترتیب برابر ۷۵۲۵، ۶۴۷۵ و ۶۷۷۵ می‌باشد. محمد جلینی (۱۳۹۳)، به‌منظور بررسی تأثیر دور آبیاری و درصد نیتروژن مصرفی روی عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری طرحی در طی دو سال در ایستگاه تحقیقات جلگه‌رود- خراسان‌رضوی با فاکتورهای دور آبیاری در دو سطح (۲ و ۴ روز) و مقادیر مختلف نیتروژن در سه سطح (۱۰۰ درصد، ۷۵ درصد و ۵۰ درصد توصیه‌کودی) انجام شد. اثر متقابل تیمارها روی عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری نشان‌داد که بیشترین میزان عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری در تیمار دور آبیاری چهار روز و ۱۰۰ درصد نیتروژن مصرفی به میزان ۳۳/۱ تن در هکتار و ۴/۴۳۳ کیلوگرم بر مترمکعب و کمترین عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری در تیمار دور آبیاری چهار روز و ۵۰ درصد نیتروژن مصرفی با عملکرد ۲۱/۵ تن در هکتار و بهره‌وری ۲/۹ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. همچنین صادقی‌پور مروی (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای روی محصول

اسفناج بیان داشت که استفاده بهینه از کود حیوانی و نیتروژن برافزایش عملکرد، عملکرد نسبی، کارایی مصرف آب تأثیرگذار بوده است.

۲-۵-۴- اهداف پروژه

در حوضه آبریز دریاچه با مصرف ۷۰ درصدی پتانسیل آب تجدیدپذیر حوضه از طریق مصرف بدون کنترل در سطح شبکه‌ها و مزارع و پایین‌بودن راندمان آبیاری، سبب به‌هم‌خوردن روند طبیعی جریان رودخانه‌ای گردیده و این امر بر مسائل کشاورزی و زیست‌محیطی حوضه دریاچه ارومیه به‌طور مستقیم تأثیرگذار بوده است. از طرف دیگر گسترش وسعت اراضی کشاورزی بدون توجه به محدودیت منابع آب و خاک، باعث ایجاد مشکلات عدیده در سطح حوضه شده است. توسعه پایدار کشاورزی در این منطقه نیازمند شناخت کافی از رفتار آب در سطح و زیرخاک است که در این راستا بیلان رطوبتی خاک و جذب آب توسط ریشه گیاه و تعرق از پوشش گیاهی از پارامترهای مهم می‌باشند. لذا ارزیابی روش‌های مدیریت به‌زراعی و به‌نژادی در جهت دستیابی روش‌های مناسب، پایدار و اثربخش در سطح دریاچه ارومیه از مهم‌ترین بحث‌ها در اجرای مزارع نمونه خواهد بود. با وجود مشکلات موجود در جهت مصرف صحیح و بهینه آب در بخش کشاورزی، نقد و بررسی روش‌های آبیاری و تحویل آب و ارائه الگوی علمی و تخصصی ضرورت می‌یابد. چند سؤال اساسی در جهت یافتن مسیر مناسب به شرح زیر مطرح می‌باشد:

- چرا آبیاری سطحی به‌صورت علمی طراحی و اجرا نمی‌گردد؟
 - استفاده از دستگاه‌های نوین اندازه‌گیری در آبیاری، چگونه ما را در جهت آبیاری پایدار و مؤثر کمک خواهد کرد؟
 - چگونه می‌توان از مدل‌ها و نرم‌افزارها در جهت بهبود کارایی مصرف آب و بازده آبیاری استفاده نمود؟
 - بهبود کارایی مصرف آب در آبیاری سطحی با چه متدولوژی‌های جدید انجام می‌گیرد؟
 - آیا نیاز آبی گیاهان در حوضه به‌درستی تخمین زده شده است؟
 - چگونه می‌توان با استفاده از روش‌های جدید کاهش آب آبیاری ۴۰ درصدی بدون کاهش محصول را داشت؟
- هدف نهایی این مطالعات مشخص نمودن این مسئله می‌باشد که با اتخاذ کدام روش‌ها و شیوه‌های مدیریت آبیاری و عملیات به‌زراعی و به‌نژادی می‌توان آب آبیاری در سطح مزرعه کاهش داد، درحالی‌که میزان تولید کاهش نیافته یا حداقل کاهش معناداری پیدا نکند. خروجی مطالعات به‌عنوان پایه‌ای برای تهیه راهنمای مصرف آب آبیاری کمتر در سطح مزرعه بکار گرفته خواهد شد. به‌منظور اطمینان از واقعی بودن راهنمایی‌ها و اینکه کشاورزان بتوانند بدان‌ها عمل نمایند، مطالعات با استفاده از رهیافت‌های مشارکتی و در محیط کشاورزان صورت گرفته است. در این راستا اهداف اصلی طرح مزارع پایلوت به‌صورت زیر ارائه می‌گردد:

- ۱) کاهش آب آبیاری در سطح مزارع بدون کاهش محصول با روش‌های مدیریتی
- ۲) ارائه روش‌های آبیاری بهینه برای محصولات مختلف
- ۳) پاسخگویی به برخی پرسش‌های فنی در حوضه از طریق ایجاد مزارع پایلوت
- ۴) طراحی و ارائه روش‌ها و مدیریت‌های مختلف آبیاری
- ۵) استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری در جهت پایش میزان آب آبیاری

۶) ارائه و تبلیغ مزارع نمونه پایلوت در سطح منطقه در جهت ترویج استفاده مؤثر از آب

۷) بررسی سناریوهای کیفی جهت دستیابی به محصولات با کیفیت بالا

قطعه شاهد همان روش آبیاری مرسوم کشاورز بوده و مدیریت آبیاری در همان قطعه و در کنار قطعه تیمار خواهد بود. سناریوها و راهکارهای مختلف مورد مطالعه در سطح پایلوت‌های میاندوآب و مهاباد در راستای مدیریت بهینه آبیاری بایستی به راحتی توسط کشاورزان قابل اجرا باشد و مشکلاتی برای آنان ایجاد نکند. برخی از راهکارهای مدیریتی عبارتند از:

- بهینه‌سازی ابعاد نوار (کاهش طول نوارها/جویچه‌های آبیاری و کاهش عرض/طول نوارها یا جویچه‌های آبیاری)
- کاهش میزان جریان ورودی به هر نوار یا جویچه (مدیریت دبی جریان ورودی و مدت زمان جریان ورودی)
- تسطیح دقیق و شیب طولی نوارها/جویچه‌های آبیاری
- اعمال دور و عمق آبیاری بهینه بر اساس اطلاعات زمان واقعی (Real time) و مانیتورینگ رطوبت خاک
- تغییر روش آبیاری سطحی
- اصلاح آرایش کشت
- جهت پایش و اثربخشی سناریوها و راهکارهای مدیریتی، نیاز به اندازه‌گیری‌های میدانی از مزارع شاهد و تیمار می‌باشد. این اندازه‌گیری‌ها شامل موارد ذیل می‌باشند:

- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های تحت مطالعه و کیفیت آب آبیاری مزارع انتخابی
- اندازه‌گیری ضرایب رطوبتی خاک
- مساحی و نقشه‌برداری از مزارع انتخابی به منظور تعیین ابعاد و هندسه آنها، شیب طولی نوارها و ...
- جمع‌آوری اطلاعات هواشناسی و محاسبه زمان واقعی (Real time) نیاز آبی محصولات
- اندازه‌گیری آب ورودی به مزارع به وسیله فلوم WSC و یا مولینۀ مناسب
- اندازه‌گیری جریان آب خروجی در صورت وجود به وسیله فلوم WSC
- اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک به وسیله استوانه مضاعف و روش ورودی و خروجی
- تعیین رطوبت نیم‌رخ خاک قبل و بعد از عملیات آبیاری
- اندازه‌گیری پیش‌روی و پس‌روی جریان آب
- اندازه‌گیری مشخصات گیاه طی دوره رشد محصولات (عمق توسعه ریشه، بیوماس، ارتفاع، عملکرد دانه و ...)
- نهایتاً محاسبه پارامترها و شاخص‌های ارزیابی از قبیل راندمان کاربرد، بهره‌وری آب کشاورزی و ...

فصل سوم

روش‌شناسی

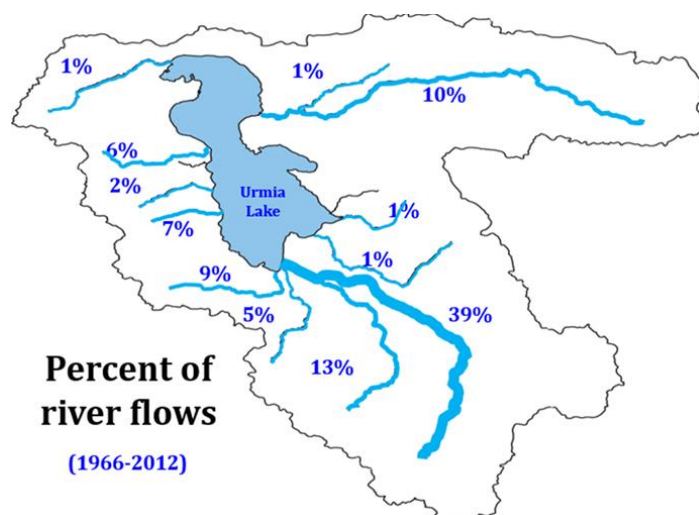
اطلاعات بر اساس فعالیت‌های صورت گرفته در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ و برای دو کشت پاییزه و بهاره در کانون‌های هدف شامل میاندوآب، مهاباد، ارومیه و نقده در استان آذربایجان غربی و آذرشهر، اسکو، عجب‌شیر، بناب و ملکان در استان آذربایجان شرقی برداشت شد.

در شهرستان بناب یکی از مزارع در روستای ینگ‌کند خانه‌برق و دیگری در روستای آغاجری و سومی در دیزج نالو انتخاب گردید. در شهرستان ملکان هم یک باغ سیب در روستای مهماندار انتخاب گردید. قسمتی از این مزارع و باغات به‌عنوان شاهد و قسمت دیگری به‌عنوان مزرعه یا باغ تیمار در نظر گرفته شد که در آن‌ها از تکنیک‌هایی نظیر آماده‌سازی زمین با ادواتی نظیر خاک‌ورز سه‌کاره، لولر و کاشت با دستگاه کف‌کار و یا آبیاری زیرسطحی استفاده گردید.

۳-۱- محدوده مورد مطالعه

۳-۱-۱ آذربایجان غربی

محدوده و مزارع مورد مطالعه در فاز ۵ پروژه شهرستان‌های ارومیه، نقده، میاندوآب و مهاباد انتخاب گردید. از رودخانه‌های مهم دشت ارومیه می‌توان به نالوچای، شهرچای و باراندوزچای؛ دشت نقده می‌توان به رودخانه گذارچای؛ دشت مهاباد می‌توان به مهاباد چای و دشت میاندوآب به رودخانه‌های زرینه‌رود و سیمینه‌رود اشاره نمود. در شکل ۱ حوضه دریاچه ارومیه به همراه تمام رودخانه‌های آن و نیز سهم هر یک از رودخانه‌ها (برحسب درصد) در تأمین آب دریاچه ارومیه ارائه شده است.



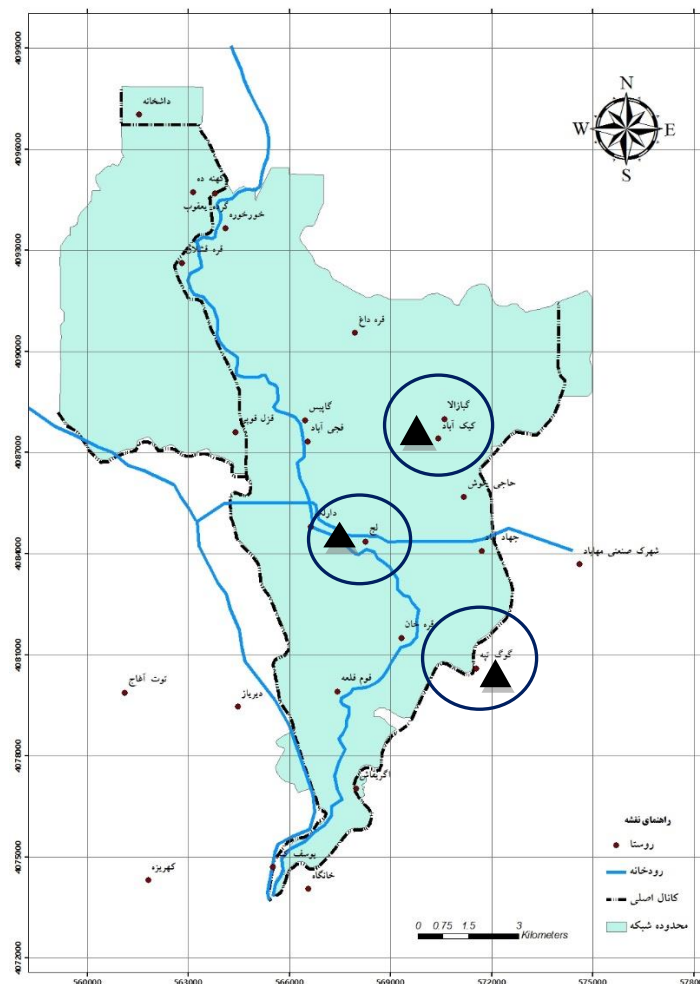
شکل ۱- حوضه آبریز دریاچه ارومیه به همراه رودخانه‌های آن و درصد تأمین آب دریاچه ارومیه (طاهرودی و همکاران، ۲۰۱۶)

رودخانه‌های موجود در چهار شهرستان ارومیه، نقده، مهاباد و میاندوآب حدود ۸۱ درصد کل آب ورودی به دریاچه ارومیه را تأمین می‌کنند (طاهرودی و همکاران، ۲۰۱۶).

۳-۱-۱-۱- شهرستان مهاباد

وسعت کل شبکه در زمان طراحی آن حدود ۱۸۲۰۰ هکتار بوده و در شرایط فعلی حدود ۱۲۰۰۰ هکتار می‌باشد. شیب کلی آن در امتداد جنوب به شمال می‌باشد. اصلی‌ترین راه‌های ارتباطی در شبکه دو جاده اصلی آسفالت‌ه مهاباد-میاندوآب و مهاباد-ارومیه می‌باشد که به ترتیب در شرق و غرب شبکه و در امتداد جنوبی- شمالی قرار دارند. رودخانه مهاباد به‌عنوان منبع تأمین آب شبکه، از میانه دشت عبور کرده و شبکه آبیاری را به دو بخش ساحل راست و چپ تقسیم می‌کند. منبع اصلی تأمین آب در شبکه آبیاری و زهکشی مهاباد، سد مخزنی مهاباد با حجم مفید ۱۹۰ میلیون مترمکعب و حجم مرده ۴۰ میلیون مترمکعب می‌باشد که روی رودخانه مهاباد قرار دارد. حوضه آبریز سد مهاباد شامل سه سرشاخه اصلی به نام‌های چم‌قوره، میرسه و ده‌بکر جمعاً به مساحت حدود ۸۰۶ کیلومترمربع می‌باشد. رودخانه مهاباد پس از عبور از دشت مهاباد و آبیاری اراضی کشاورزی پایین‌دست به دریاچه ارومیه می‌ریزد. دشت مهاباد با داشتن شبکه آبیاری و زهکشی و سد مهاباد و همچنین اراضی مستعد، از کشاورزی نسبتاً پررونقی برخوردار است. محصولات عمده‌ی این دشت شامل: گندم، جو، چغندر، یونجه، دانه‌های روغنی، گوجه‌فرنگی، جالیز، سبزیجات، سیب‌زمینی، باغات سیب، هلو و شلیل و انگور می‌باشد. به دلیل وجود آب نسبتاً زیاد در این دشت، آیش‌گذاری اراضی چندان معمول نمی‌باشد و تنها درصد کمی از اراضی هرساله به‌صورت آیش می‌باشد. قسمت زیادی از اراضی داخل دشت به دلیل مشکلات شوری و بالا بودن سطح آب زیرزمینی کشت نمی‌شوند. قسمتی از سطح اراضی آبی مرتفع نیز به‌واسطه‌ی ضعف تأسیسات پمپاژ و الگوی کشت و افزایش آب آبیاری کاهش یافته است. ایستگاه سینوپتیک مهاباد، نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک به محدوده مورد مطالعه می‌-

باشد. طی دوره آماری (۱۹۸۵-۲۰۱۵) میزان بارش سالانه ایستگاه سینوپتیک مهاباد حدود ۴۰۱ میلی‌متر بوده است. جهت برنامه‌ریزی زمان واقعی (Real Time) آبیاری در مزارع منتخب، ایستگاه سینوپتیک مهاباد موردنظر می‌باشد. مراکز جمعیتی واقع در محدوده‌ی شبکه آبیاری و زهکشی شامل ۲۵ روستا می‌باشد که تعداد ۱۲ روستا در ساحل چپ و ۱۳ روستا در ساحل راست رودخانه مهاباد قرار دارند. شغل اصلی اکثر ساکنین روستاهای شبکه، کشاورزی بوده و درآمد اصلی آن‌ها نیز از فعالیت‌های کشاورزی تأمین می‌گردد. سایت‌های انتخاب‌شده جهت استقرار کشاورزی پایدار و انجام عملیات پایش در سه روستای کیک‌آباد، گوگ‌تپه و لچ قرار دارد. در شکل ۲ موقعیت روستاهای موجود در شبکه و سه روستای منتخب ارائه‌شده است. شرکت فنی و مهندسی نوین گستر مهاباد در روستاهای گوگ‌تپه و لچ و شرکت آوان کشت پایدار مکریان در روستای کیک‌آباد جهت سازمان‌دهی و برنامه‌ریزی و تحقق برنامه فاز ۵ کشاورزی پایدار در حوضه دریاچه ارومیه، استقرار یافته‌اند.

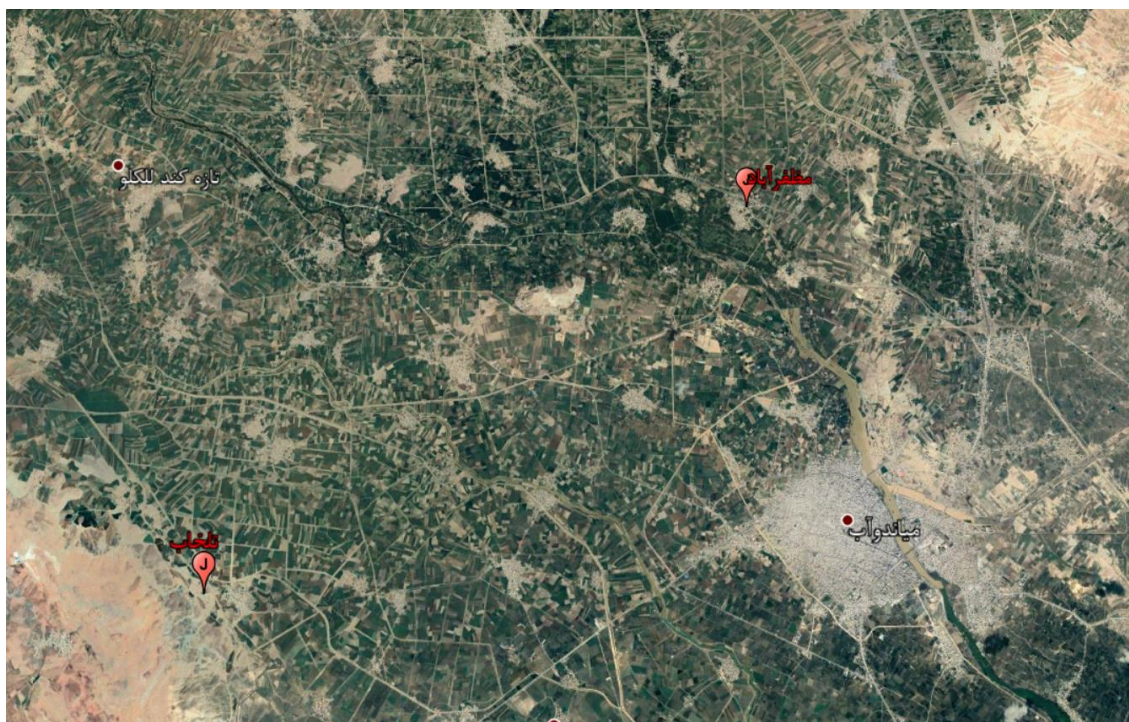


شکل ۲- موقعیت روستاها و سایت‌های انتخاب‌شده در طرح (روستاهای کیک‌آباد، گوگ‌تپه و لچ)

۳-۱-۱-۲- شهرستان میاندوآب

رودخانه‌های زرينه‌رود و سيمينه‌رود با پتانسیل آبدی حدود ۳ میلیارد مترمکعب در سال، ازجمله رودخانه‌های

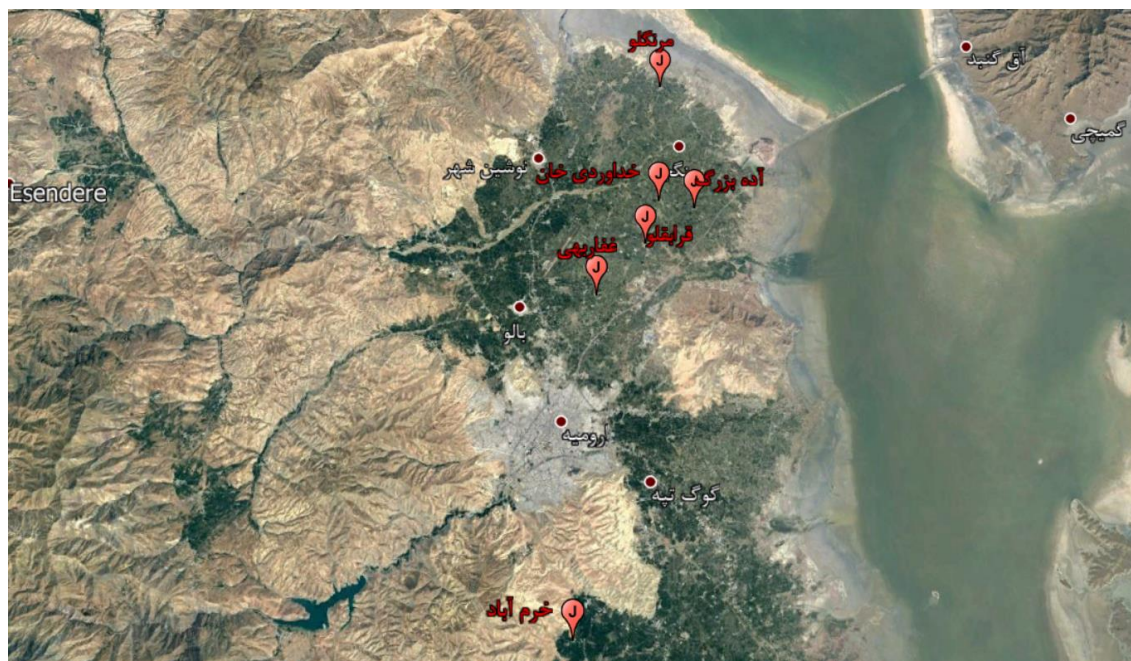
پر آب کشور محسوب می‌شود که به همراه پتانسیل‌های طبیعی و اجتماعی متعدد، موجب توسعه فعالیت‌های کشاورزی در دشت‌های آبخور حوضه خود شده است. احداث شبکه‌های آبیاری چون میاندوآب و ... به همراه مخازن سدهایی مانند شهید کاظمی بوکان امکاناتی را در سطح حوضه ایجاد نموده‌اند که تا سال ۱۳۹۵ در حدود ۹۰۰۰۰ هکتار از اراضی حوضه تحت کشت آبی به‌صورت سنتی و مدرن قرار گیرد. این دو رودخانه که سهمی حدود ۵۰ درصدی در تأمین آب دریاچه ارومیه را دارا می‌باشند، در سال‌های اخیر و با گسترش و توسعه بهره‌برداری از این منابع، کارکرد تأمین حقابه دریاچه ارومیه را ازدست‌داده و جزو کانون‌های بروز بحران در دریاچه قلمداد شده‌اند. حوضه آبریز زرينه‌رود و سيمينه‌رود بزرگ‌ترین زیرحوضه حوضه آبریز دریاچه ارومیه را شامل می‌شود که حدود ۳۴ درصد از کل مساحت این حوضه آبریز آن را در برمی‌گیرد. قسمت عمده این حوضه آبریز در استان آذربایجان و بخش کوچکی از آن در استان‌های آذربایجان شرقی و کردستان واقع شده است. منبع تأمین آب شبکه دشت زرينه‌رود، سد شهید کاظمی بوکان با حجم مخزن ۸۰۸ میلیون مترمکعب و حجم تنظیم ۱۰۳۰ میلیون مترمکعب می‌باشد که آب موردنیاز شبکه پس از رهاسازی به رودخانه و طی مسیر ۸۵ کیلومتری از طریق سد انحرافی نوروزلو به دو ساحل چپ و راست آبیگری شده و دشت را تغذیه می‌کند. یک‌رشته کانال اصلی M.C به طول ۱۴ کیلومتر و دبی ۳۳/۵ مترمکعب در ثانیه در ساحل چپ و یک‌رشته کانال اصلی R.P به طول ۴۷/۲ کیلومتر و دبی ۴۰ مترمکعب در ثانیه ساحل راست را پوشش می‌دهند. مساحت اراضی تحت پوشش سد در این محدوده مطالعاتی ۶۵۸۰۳ هکتار می‌باشد. جهت برنامه‌ریزی زمان واقعی (Real Time) آبیاری در مزارع منتخب، ایستگاه سینوپتیک میاندوآب موردنظر می‌باشد. شرکت‌های فنی و مهندسی نازچین سپیدآذران در روستای تلخاب و نوین خدمات دهقان در روستای مظفرآباد میاندوآب جهت سازمان‌دهی و برنامه‌ریزی و تحقق برنامه فاز ۵ کشاورزی پایدار در حوضه دریاچه ارومیه، استقرار یافته‌اند (شکل ۳). پایش اصلی دانشگاه در کشت پاییزه نیز در روستای تلخاب مدنظر قرار گرفته است.



شکل ۳- موقعیت روستاها و سایت‌های انتخاب‌شده در طرح در محدوده شهرستان میاندوآب

۳-۱-۱-۳- شهرستان ارومیه

بر اساس آمار سال ۱۳۹۴، در شهرستان ارومیه حدود ۴۶۷۷۲ هکتار تحت کشت باغات وجود دارد که حدود ۸۳ درصد باغات به دو سیب و انگور اختصاص داشته و بقیه اراضی باغات (۱۷ درصد) تحت کشت سایر محصولات باغی است. اطلاعات مربوط به عملکرد و میزان تولید محصولات زراعی در شهرستان ارومیه در جدول ۶ ارائه شده است. ایستگاه سینوپتیک ارومیه در محل فرودگاه ارومیه، نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک به محدوده مورد مطالعه می‌باشد. جهت برنامه‌ریزی زمان واقعی (Real Time) آبیاری در مزارع منتخب در روستاهای میاوق و غفاربهی، ایستگاه سینوپتیک ارومیه موردنظر می‌باشد. پایش اصلی دانشگاه در روستاهای قراقلو، آده‌بزرگ و خرم‌آباد بوده و شرکت پانیذ کشت آذربایجان در روستای غفاربهی و شرکت رویان پروران تکین سبز در روستاهای مرنگلو و خداوردی‌خان جهت سازمان‌دهی و برنامه‌ریزی و تحقق برنامه فاز ۵ کشاورزی پایدار در حوضه دریاچه ارومیه، استقرار یافته‌اند (شکل ۴).



شکل ۴- موقعیت روستاها و سایت‌های انتخاب‌شده در طرح در محدوده شهرستان ارومیه

۳-۱-۱-۴- شهرستان نقده

شهرستان نقده در ۹۰ کیلومتری جنوب شهرستان ارومیه، با آب هوایی سرد و خشک و ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا واقع شده است. این شهر با ۱۰۴ روستا و ۵۰ هزار هکتار اراضی زراعی و باغی به دشت سولدوز مشهور بوده و عمده جمعیت ۱۲۰ هزارنفری آن از طریق کشاورزی و دامداری امرارمعاش می‌نمایند. تالاب‌های متعددی در این دشت وجود دارد که سه تالاب حسنلو (شورگل)، یادگارلو (خدرحاجی) و سیران‌گلی (درگه سنگی) جزء تالاب‌های بین‌المللی ثبت‌شده است. تالاب سیران‌گلی به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی و با وسعت ۷۳۵ هکتار در مجاورت جاده ارومیه به میاندوآب در سه‌راهی محمدیار بافاصله ۱۷ کیلومتری شمال شرقی شهرستان نقده قرارگرفته و نیمی از مساحت تالاب را سواحل مرتعی تشکیل داده و چهار روستای عطاالله، درگه ارسخان، درگه سنگی و گل از روستاهای اطراف تالاب می‌باشد. ترکیب کشت و متوسط تولید برای محصولات زراعی شهرستان نقده در سال‌های مختلف در جدول ۷ ارائه شده است. شرکت لاوین نگین در روستای فرخزاد جهت سازمان‌دهی و برنامه‌ریزی و تحقق برنامه فاز ۵ کشاورزی پایدار در حوضه دریاچه ارومیه، استقرار یافته است (شکل ۵).



شکل ۵- موقعیت روستاها و سایت‌های انتخاب‌شده در طرح (روستای فرخزاد) در محدوده شهرستان نقده

۳-۱-۲- آذربایجان شرقی

در راستای نظارت بر اجرای پروژه توسط شرکت‌های فنی و مهندسی، در کلیه مراحل انتخاب مزارع پایش شرکت‌های فنی و مهندسی در شهرستان‌های اسکو، آذرشهر، عجب‌شیر، بناب و ملکان اعضای گروه پایش استانی حضورداشته و نسبت به ارائه نکته نظرات و راهنمایی‌ها لازم اقدام نمودند.

۳-۱-۲-۱- شهرستان اسکو

شهرستان اسکو با وسعت ۱۷۶۳ کیلومترمربع (۳/۹ درصد مساحت استان) در ۳۰ کیلومتری تبریز واقع شده است و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۴۵۰ متر می‌باشد. این شهرستان از سمت شمال با شهرستان شبستر، از سمت شرق با شهرستان تبریز، از سمت غرب با دریاچه ارومیه و از سمت جنوب با شهرستان آذرشهر هم‌مرز است. اسکو منطقه‌ای ییلاقی با تپه‌ماهورهایی از بقایای آتشفشان‌های سهند در دوران‌های پیشین می‌باشد. کناره‌های دریاچه ارومیه در غرب مسطح و جلگه‌ای و هر قدر از غرب به شرق پیش رویم ارتفاع زمین بیشتر شده تا به قله‌های سهند که پیوسته پوشیده از برف می‌باشد می‌رسیم. بنابراین اسکو به مناسبت واقع شدن در مسیر کوهپایه‌های سهند و برودت آن از یک‌طرف و بخارها و رطوبت دریاچه ارومیه از سوی دیگر دارای یک نوع آب‌وهوای ملایم و مرطوب می‌باشد. اگر بخش مرکزی شهرستان اسکو را مبدأ قرار دهیم هر قدر به طرف مغرب (دریاچه ارومیه) پیش رویم زمین سرازیر و هوا گرم‌تر و هر قدر به طرف مشرق کوه‌های سهند رویم زمین سربالایی و هوا خنک‌تر و سردتر می‌گردد. کوهستان سهند پس از سبلان یکی از بزرگ‌ترین و مهم‌ترین برجستگی‌های آذربایجان شرقی و از معروف‌ترین کوه‌های آتشفشانی خاموش ایران است که در ۵۰ کیلومتری جنوب تبریز قرار دارد و سلطان‌داگی در شمال کوهستان سهند و در بخش مرکزی شهرستان اسکو واقع شده است. این کوه بعد از قله جام‌داگی سهند و در

بخش مرکزی شهرستان اسکو واقع شده است. این شهر به‌مانند سایر شهرهای آذربایجان دارای تابستان کوتاه و ملایم و زمستان‌های سرد و طولانی می‌باشد. بارندگی آن بیشتر در فصول سرد سال بوده و تابستان‌های آن خشک و گاهی با بارندگی‌های رگباری می‌باشد. همچنین در جدول ۱۰ مشخصات مزارع منتخب در شهرستان اسکو ارائه شده است.

۳-۱-۲-۲- شهرستان آذرشهر

شهرستان آذرشهر با وسعت ۸۴۰ کیلومترمربع (۱/۸ درصد مساحت استان) در ۳۰ کیلومتری تبریز واقع شده است و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۴۰ متر می‌باشد. این شهرستان از سمت شمال و شرق با شهرستان اسکو، از سمت غرب با دریاچه ارومیه و از سمت جنوب با شهرستان عجب‌شیر هم‌مرز است. شهرستان آذرشهر در دامنه شمال غربی کوه‌های بلندی از سلسله کوه‌های سهند غربی و جلگه و سواحل دریاچه ارومیه قرار گرفته است، قسمت شرق و جنوب‌شرقی آن کوهستانی و در مغرب آن ساحل پست دریاچه ارومیه قرار گرفته است، بلندترین کوه آن قافداغی و در اصطلاح محلی به نام قبله‌داغی مشهور بوده و دشت حاصلخیز آذرشهر و روستاهای اطراف آن در آبرفت رودخانه و مخروط افکنه کوه‌ها قرار گرفته‌اند و کوه قبله‌داغی و کوه جهنم در ینگجه و چپقلو و قالداغی در جزیره اسلامی و کوه‌های قدمگاه و پیرچوپان از کوه‌های معروف شهرستان می‌باشد. شهرستان آذرشهر از نظر چگونگی آب‌وهوا یک تفاوت کلی با سایر بخش‌های مناطق کوهستانی آذربایجان داشته و از یک تمایز مخصوصی برخوردار است، موقعیت قرار گرفتن آن از نظر جغرافیایی در آب‌وهوای آن اثر بخصوصی دارد دوری و نزدیکی به دریاچه ارومیه، واقع شدن در دامنه کوهستان‌ها، ارتفاع و موقعیت موجود در تعیین آب‌وهوا مؤثر می‌باشد. مشخصات کامل مزارع انتخابی در سایت ممقان و فیروزه سالار در شهرستان آذرشهر در کشت پاییزه در جدول ۱۲ آمده است.

۳-۱-۲-۳- شهرستان عجب‌شیر

شهرستان عجب‌شیر با وسعت ۷۳۸ کیلومترمربع (۱/۶ درصد مساحت استان) در ۱۰۰ کیلومتری تبریز واقع شده و از سمت شمال با شهرستان‌های اسکو و آذرشهر، از سمت شرق با شهرستان مراغه، از سمت غرب با دریاچه ارومیه و از سمت جنوب با شهرستان بناب هم‌مرز است. شهر عجب‌شیر در سینه جلگه حاصلخیز، روی رسوبات غنی رودخانه قلعه‌چایی، در دامنه جنوب ارتفاعات تورجان و جرئیدن از پیش‌کوه‌های توده سهند واقع شده است. ظاهراً انگیزه پیدایش و علل وجودی آن داشتن موقعیت جغرافیایی ممتاز، اقلیم مساعد، خاک‌های بارور، منابع آب، روستاهای آباد و دسترسی به دریاچه ارومیه بوده است.

این شهرستان در منطقه کوهستانی واقع شده و دارای تابستان‌های معتدل و زمستان‌های سرد و برفی می‌باشد. ارتفاع این شهرستان از سطح آزاد دریا ۱۴۷/۸ متر بوده و دارای زمین‌های حاصلخیز و پر محصول و مستعد کشاورزی می‌باشد و قسمتی از اراضی در نواحی دریاچه ارومیه در منطقه شوره‌زار و پست واقع شده است.

۳-۱-۲-۴- شهرستان بناب

شهرستان بناب با وسعت ۷۷۹ کیلومترمربع (۱/۷ درصد مساحت استان) در ۱۲۰ کیلومتری تبریز واقع شده است و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۲۹۰ متر می باشد. این شهرستان از سمت شمال با شهرستان عجب شیر، از سمت شرق با شهرستان مراغه، از سمت غرب با دریاچه ارومیه و از سمت جنوب با شهرستان ملکان و استان آذربایجان غربی هم مرز است. طبق آخرین تقسیمات کشوری شهرستان بناب دارای یک بخش مرکزی (شامل دهستان های بناجوی غربی، بناجوی شرقی و بناجوی شمالی)، یک نقطه شهری به نام بناب و ۳۰ آبادی می باشد. شهرستان بناب در جلگه ای صاف و هموار قرار گرفته که از طرف شرق به پیش کوه های غربی سهند (قزل داغ، قاشقداغ و گوپشتی) و از غرب به سواحل پست دریاچه ارومیه محدود می گردد. ارتفاع متوسط شهرستان از سطح دریا ۱۶۰۰ متر است که در بلندترین نقطه (قزل داغ) ۲۲۵۰ متر و در پست ترین (آخوندقشلاق) ۱۲۸۰ متر می باشد.

شهرستان بناب از محدود شهرهایی است که نزدیک ترین فاصله از دریاچه ارومیه داشته و آب و هوای آن تحت الشعاع این دریاچه قرار می گیرد. در نتیجه به دلیل شرایط خاصی توپوگرافیک شهرستان دارای آب و هوای بسیار متنوع می باشد.

۳-۱-۲-۵- شهرستان ملکان

شهرستان ملکان با وسعت ۱۰۰۷ کیلومترمربع (۲/۲ درصد مساحت استان) در ۱۵۰ کیلومتری تبریز واقع شده و از سمت شمال با شهرستان های بناب و مراغه، از سمت شرق با شهرستان مراغه و از سمت غرب و جنوب با استان آذربایجان غربی هم مرز است.

به طور عمده آب و هوای ملکان تحت تأثیر بادهای آسیای مرکزی (سیبری)، اقیانوس اطلس، دریای سیاه، دریای مدیترانه و دریای خزر قرار می گیرد. این جریانات در پاییز، بهار و زمستان ریزش باران های منطقه ای را موجب می گردند که مقداری از نزولات زمستانی آن به صورت برف می باشد. کل سرزمین های موجود در محدوده این شهرستان را از نظر توپوگرافی می توان به دو واحد کوهستانی یا ناهموار و واحد هموار جلگه ای تقسیم کرد. از طرفی دیگر خود واحد کوهستانی یا ناهموار نیز از نظر ارتفاع به واحدهای زیر تقسیم می شوند: الف: واحدهای کوهستانی کم ارتفاع (۱۸۰۰-۱۵۰۰ متر ارتفاع) ب: واحدهای کوهستانی مرتفع (۲۲۰-۱۸۰۰ متر ارتفاع).

۳-۲- انتخاب و جانمایی مزارع پایلوت

انتخاب و جانمایی مزارع پایلوت در منطقه طرح بر اساس ملاحظات فنی، اجتماعی و اقتصادی صورت گرفت. به عنوان مثال امکان اندازه گیری جریان آب، همکاری کشاورز، در دسترس بودن مزرعه جهت پایش، بازدید و ترویج یافته ها، پیشرو بودن کشاورز در منطقه و یا نوع محصول از معیارهای انتخاب می باشند. این روند با تشخیص مسئله که در آن مشکلات و محدودیت های عمده در راه دستیابی به آبیاری مؤثر و با راندمان بالا مشخص می گردند، شروع گردید. مشکلات و محدودیت ها به عنوان پایه و مبنایی برای طراحی راه حل ها که از تکنیک مشارکتی بهره می برد،

مورد استفاده قرار گرفت. روش‌های پیشنهادی در مزارع پایلوت مورد آزمایش و ارزیابی قرار می‌گیرند. با توجه به نتایج حاصل شده راه‌حل‌های پیشنهادی از طریق آموزش و ترویج اشاعه داده خواهد شد.

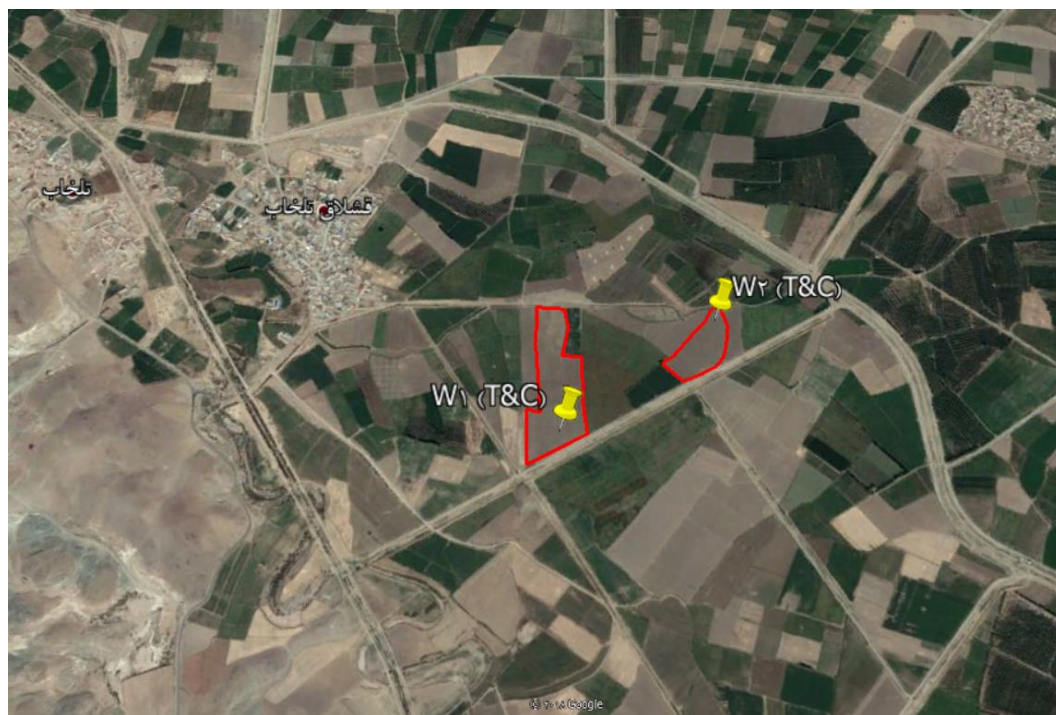
۳-۲-۱- مشخصات مزارع پایش اصلی برای محصولات پاییزه (کشت گندم) در آذربایجان غربی

انتخاب مزارع پایلوت و پایش آن‌ها بر اساس مشخصات فیزیکی و هندسه‌ی زمین، نوع کشت، مدیریت مرسوم و منبع تأمین آب صورت می‌گیرد و هر مزرعه معرف آن منطقه می‌باشد. معیارهای انتخاب مزارع جهت برآورد راندمان کاربرد آب بر اساس روش‌های آبیاری، مشخصات خاک، نوع مدیریت زارعین و نوع محصولات انجام می‌گیرد. خلاصه اطلاعات کلی شهرستان‌های مطالعاتی و مزارع انتخاب شده در کشت پاییزه توسط شرکت‌های مهندسی و پایش اصلی در جدول ارائه ۱ شده است.

جدول ۱- خلاصه اطلاعات کلی شهرستان‌های مطالعاتی و مزارع انتخاب شده در کشت پاییزه

شهرستان	نام روستا	تعداد مزارع	الگوی کشت	نوع پایش	نوع مزرعه (تیمار/شاهد)
میاندوآب	تلخاب	۲ W ₂ و W ₁	گندم	پایش اصلی (دانشگاه ارومیه)	شاهد: روش مرسوم آبیاری و کشت تیمار: عملیات تسطیح، کاهش ابعاد، برنامه‌ریزی آبیاری، تغییر آرایش کشت، مدیریت آبیاری بارانی
	تلخاب	۲ W ₃ و W ₄	گندم	شبکه پایش (شرکت نازچین سپید آذران)	شاهد: روش مرسوم آبیاری و کشت تیمار: عملیات تسطیح، کاهش ابعاد، برنامه‌ریزی آبیاری، تغییر آرایش کشت
	مظفرآباد	۲ W ₅ و W ₆	گندم	شبکه پایش (شرکت نوین خدمات دهقان)	شاهد: روش مرسوم آبیاری و کشت تیمار: عملیات تسطیح، کاهش ابعاد، برنامه‌ریزی آبیاری، تغییر آرایش کشت
مهاباد	گوگ‌تپه	۲ W ₇ و W ₈	گندم	شبکه پایش (شرکت نوین گستر)	شاهد: روش مرسوم آبیاری و کشت تیمار: عملیات تسطیح، کاهش ابعاد، برنامه‌ریزی آبیاری، تغییر آرایش کشت، مدیریت آبیاری بارانی
	کیک‌آباد	۲ W ₉ و W ₁₀	گندم	شبکه پایش (شرکت آوان کشت پایدار مکریان)	شاهد: روش مرسوم آبیاری و کشت تیمار: عملیات تسطیح، کاهش ابعاد، برنامه‌ریزی آبیاری، تغییر آرایش کشت، مدیریت آبیاری بارانی
نقده	فرخزاد	۲ W ₁₁ و W ₁₂	گندم	شبکه پایش (شرکت لاوین نگین)	شاهد: روش مرسوم آبیاری و کشت تیمار: عملیات تسطیح، کاهش ابعاد، برنامه‌ریزی آبیاری، تغییر آرایش، مدیریت آبیاری بارانی کشت

دو مزرعه در روستای تلخاب میاندوآب به عنوان پایش اصلی دانشگاه ارومیه می باشند که پراکندگی این دو مزرعه در منطقه تلخاب (مشخص شده با علامت W_1 تا W_2) در شکل ۶ ارائه شده است. مشخصات کلی مزارع، نوع کشت محصول، نوع منبع آب و سایر مشخصات مزارع پایش توسط دانشگاه ارومیه (تحت عنوان پایش اصلی) در جدول ۲ ارائه شده است.



شکل ۶- پراکندگی و توزیع مکانی مزارع منتخب کشت پاییزه (گندم) در منطقه تلخاب، شهرستان میاندوآب جهت پایش اصلی توسط دانشگاه ارومیه (مزارع W_1 و W_2)

جدول ۲- مشخصات، موقعیت و سایر ویژگی های مزارع W_1 و W_2 منطقه میاندوآب، تلخاب

کد مزرعه	الگوی کشت	نام زارع	مساحت (هکتار)	ابعاد مزرعه	روش آبیاری	منبع تأمین آب
W_1	گندم	علی کاکهرش	۷	نامنظم	بارانی (کلاسیک) ثابت با آبپاش متحرک	زیرزمینی
W_2	گندم	رضا کمری	۳	نامنظم	سطحی (نواری، جویچه ای)	زیرزمینی

سناریوهای پیشنهادی برای مزرعه W_1

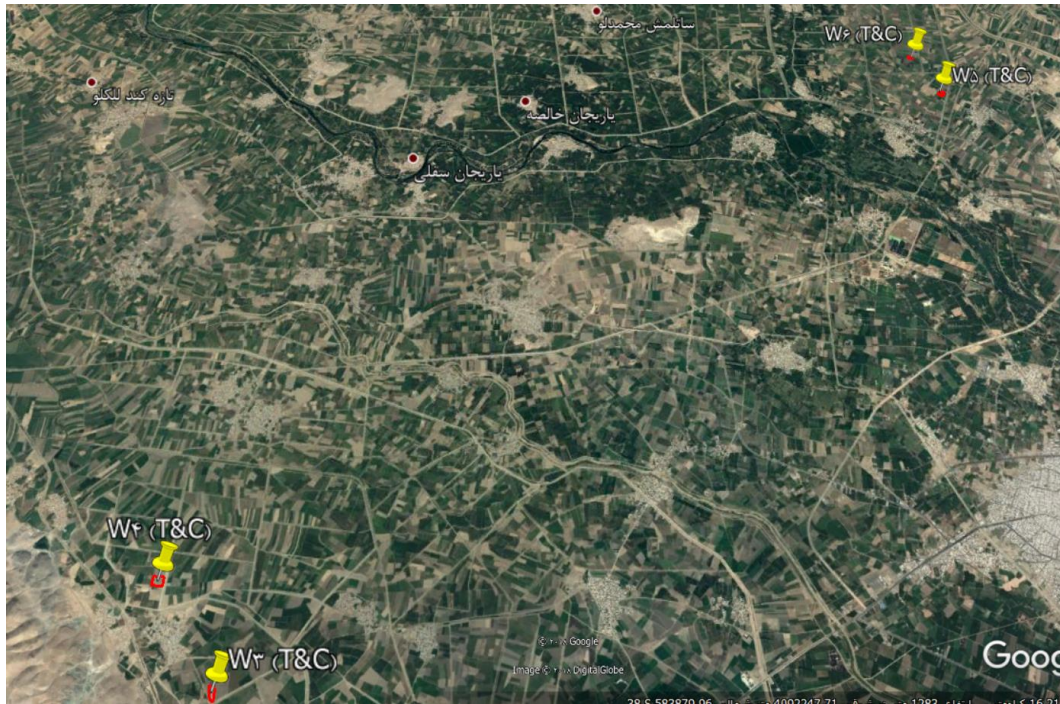
- مدیریت زمان آبیاری بارانی
 - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک و استفاده از کودهای بیولوژیکی
 - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی و مدیریت مبارزه با علف‌های هرز
 - تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی
 - نوع رقم کشت، ضدعفونی بذور و اصلاح عمق کشت
 - کم خاک‌ورزی، اصلاح آرایش کشت، کشت با ردیفکار، اصلاح فواصل بین ردیف‌های کشت و فواصل بوته‌ها
-

سناریوهای پیشنهادی برای مزرعه W_2

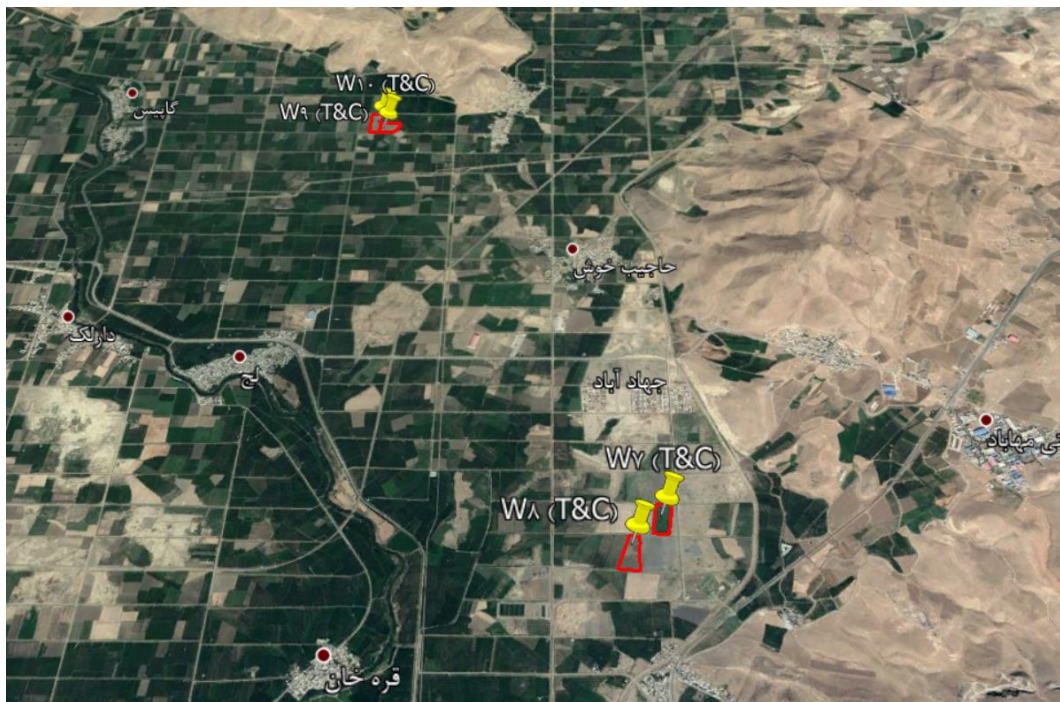
- تغییر روش آبیاری از نواری به جویچه‌ای
 - کرت‌بندی مناسب
 - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک و استفاده از کودهای بیولوژیکی
 - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی و مدیریت مبارزه با علف‌های هرز
 - تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی
 - نوع رقم کشت، ضدعفونی بذور و اصلاح عمق کشت
 - کم خاک‌ورزی، اصلاح آرایش کشت، کشت با ردیفکار، اصلاح فواصل بین ردیف‌های کشت و فواصل بوته‌ها
-

۳-۲-۲- مشخصات مزارع شبکه پایش شرکت‌های فنی و مهندسی آذربایجان غربی برای محصولات پاییزه

جهت پایش دقیق آبیاری در مزارع، هر شرکت فنی و مهندسی دو مزرعه را در محدوده مطالعاتی خود برای کشت پاییزه در نظر گرفته‌اند. به‌منظور پایش ۵ شرکت فنی و مهندسی مستقر در سه شهرستان نقده، مهاباد و میاندوآب، ۱۰ مزرعه (برای هر شرکت، دو مزرعه) در نظر گرفته شد. مزارع W_3 و W_4 مربوط به شرکت نازچین سپید آذران در تلخاب میاندوآب، مزارع W_5 و W_6 مربوط به شرکت نوین خدمات دهقان در مظفرآباد میاندوآب، مزارع W_7 و W_8 مربوط به شرکت نوین گستر مهاباد در گوگ‌تپه مهاباد، مزارع W_9 و W_{10} مربوط به شرکت آوان کشت پایدار مکریان در کیک‌آباد مهاباد، مزارع W_{11} و W_{12} مربوط به شرکت لاوین نگین در فرخزاد نقده می‌باشند که تمام آن‌ها مزارع کشت پاییزه بوده و تحت کشت گندم می‌باشند. پراکنش مزارع شرکت‌های میاندوآب در شهرستان میاندوآب در شکل ۷، پراکنش مزارع شرکت‌های مهاباد در شبکه مهاباد در شکل ۸ و پراکنش مزارع شرکت‌های نقده در شهرستان نقده در شکل ۹ ارائه شده است. همچنین مشخصات این ۱۰ مزرعه توسط ۵ شرکت مذکور در جدول ۳ و سناریوهای پیشنهادی برای مزارع در جدول ۴ ارائه شده است.



شکل ۷- پراکنش مزارع شرکت‌های شهرستان میاندوآب در شبکه آبیاری میاندوآب



شکل ۸- پراکنش مزارع شرکت‌های مهاباد در شبکه آبیاری مهاباد



شکل ۹- پراکنش مزارع شرکت‌های شهرستان نقده در محدوده مطالعاتی

جدول ۳- مشخصات و سایر ویژگی‌های در مزارع کشت پاییزه در منطقه میاندوآب، مهاباد و نقده

کد مزرعه	الگوی کشت	نام زارع	مساحت (هکتار)	ابعاد مزرعه (متر)	روش آبیاری	منبع تأمین آب
W ₃	گندم	جمال خضر شعبانی	۱/۳	نامنظم	سطحی (نواری)،	زیرزمینی- سطحی
W ₄	گندم	صلاح کاکهرش	۲/۳	منظم (۱۴۴×۱۶۲)	جویچه‌ای	سطحی- زیرزمینی
W ₅ T	گندم	قربانعلی پورجعفر	۰/۸	۹۲×۹۴	سطحی (جویچه- ای)	سطحی
W ₅ C	گندم	صیاد محمدوش	۰/۶۵	۳۴×۱۵۰	سطحی (نواری)	سطحی
W ₆ T	گندم	آقابابا خیری‌فام	۰/۳۲	۳۶×۸۴	سطحی (جویچه- ای)	سطحی
W ₆ C	گندم	صیاد محمدوش	۰/۶۵	۳۴×۱۵۰	سطحی (نواری)	سطحی
W ₇	گندم	لقمان محمدی	۳/۵۹	۱۲۹/۵×۲۷۷/۵	بارانی (کلاسیک)	زیرزمینی
W ₈	گندم	سلیم محمدی	۳/۹	۱۶۶/۵×۳۰۰	ثابت با آبپاش متحرک	زیرزمینی
W ₉	گندم	خسرو پیروز	۲/۸۵	منظم (۱۰۰×۲۸۲/۴)	بارانی (کلاسیک)	زیرزمینی- سطحی
W ₁₀	گندم	خالد پیروز	۲/۶۳	۱۳۶×۱۹۷	ثابت با آبپاش متحرک	زیرزمینی- سطحی
W ₁₁	گندم	داود الیاس‌زاده	۶/۶۴	نامنظم		زیرزمینی
W ₁₂	گندم	مالک‌زاده	۰/۹۵	نامنظم	سطحی (نواری- جویچه‌ای)	زیرزمینی

جدول ۴- سناریوهای پیشنهادی در مزارع کشت پاییزه در منطقه میاندوآب، مهاباد و نقده

کد مزرعه	سناریوهای پیشنهادی
W ₁₂ و W ₃	- تغییر آرایش کاشت
	- تغییر روش آبیاری از نواری به جویچه‌ای (کشت با ریزید)
	- برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک و استفاده از کودهای بیولوژیکی
	- مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی و مدیریت مبارزه با علف‌های هرز
	- تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی
	- نوع رقم کشت، ضدعفونی بذور و اصلاح عمق کشت

کم خاک‌ورزی، اصلاح آرایش کشت، کشت با ردیفکار، اصلاح فواصل بین ردیف‌های کشت و فواصل بوته-ها	-
تغییر روش آبیاری از نواری به جویچه‌ای	-
برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک و استفاده از کودهای بیولوژیکی	-
مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی و مدیریت مبارزه با علف‌های هرز	-
تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی	-
نوع رقم کشت، ضدعفونی بذور و اصلاح عمق کشت	-
کم خاک‌ورزی، اصلاح آرایش کشت، کشت با ردیفکار، اصلاح فواصل بین ردیف‌های کشت و فواصل بوته-ها	-
مدیریت زمان آبیاری بارانی	-
برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک و استفاده از کودهای بیولوژیکی	-
مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی و مدیریت مبارزه با علف‌های هرز	-
تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی	-
نوع رقم کشت، ضدعفونی بذور و اصلاح عمق کشت	-
کم خاک‌ورزی، اصلاح آرایش کشت، کشت با ردیفکار، اصلاح فواصل بین ردیف‌های کشت و فواصل بوته-ها	-
مدیریت زمان آبیاری بارانی	-
برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک و استفاده از کودهای بیولوژیکی	-
مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی و مدیریت مبارزه با علف‌های هرز	-
تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی	-
مدیریت زمان آبیاری بارانی	-
برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک و استفاده از کودهای بیولوژیکی	-
مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی و مدیریت مبارزه با علف‌های هرز	-
تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی	-
کم خاک‌ورزی، اصلاح آرایش کشت و کشت با ردیفکار	-
مدیریت زمان آبیاری بارانی	-
برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک و استفاده از کودهای بیولوژیکی	-
مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی و مدیریت مبارزه با علف‌های هرز	-
تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی	-
نوع رقم کشت، ضدعفونی بذور و اصلاح عمق کشت	-
کم خاک‌ورزی	-

۳-۲-۳- مشخصات مزارع شبکه پایش شرکت‌های فنی و مهندسی آذربایجان غربی برای محصولات کشت بهاره

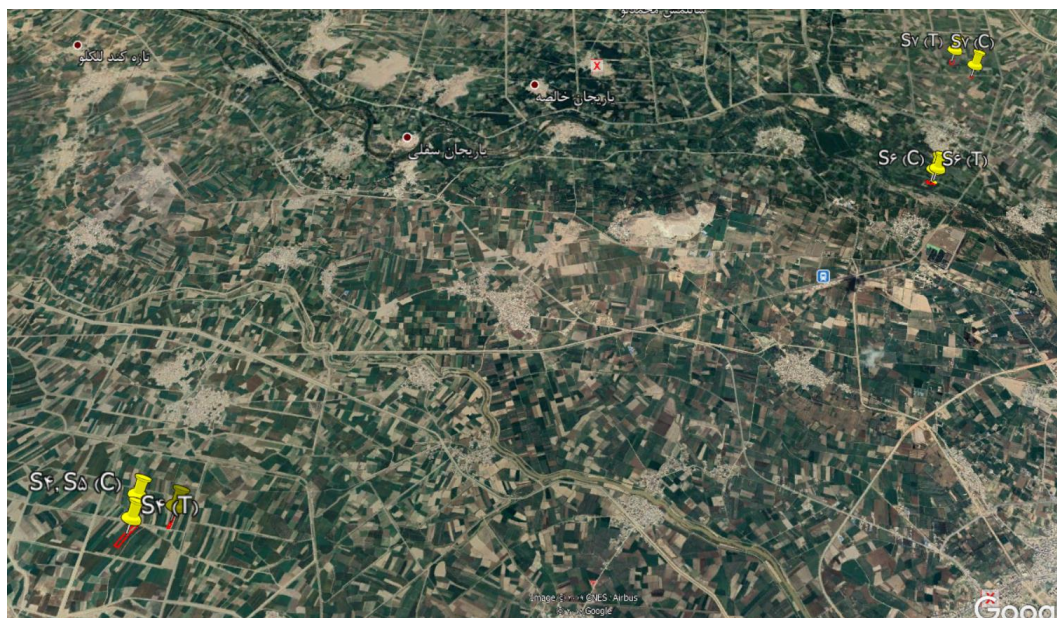
انتخاب مزارع پایلوت بهاره و پایش آن‌ها بر اساس مشخصات فیزیکی و هندسه‌ی زمین، نوع کشت، مدیریت مرسوم و منبع تأمین آب صورت گرفت. معیارهای انتخاب مزارع جهت برآورد راندمان کاربرد آب بر اساس روش-های آبیاری، مشخصات خاک، نوع مدیریت زارعین و نوع محصولات انجام می‌گیرد. خلاصه اطلاعات کلی شهرستان‌های مطالعاتی و مزارع انتخاب‌شده در کشت بهاره توسط شرکت‌های مهندسی و پایش اصلی در جدول ارائه ۵ شده است.

جدول ۵- خلاصه اطلاعات کلی شهرستان‌های مطالعاتی و مزارع انتخاب‌شده در کشت بهاره

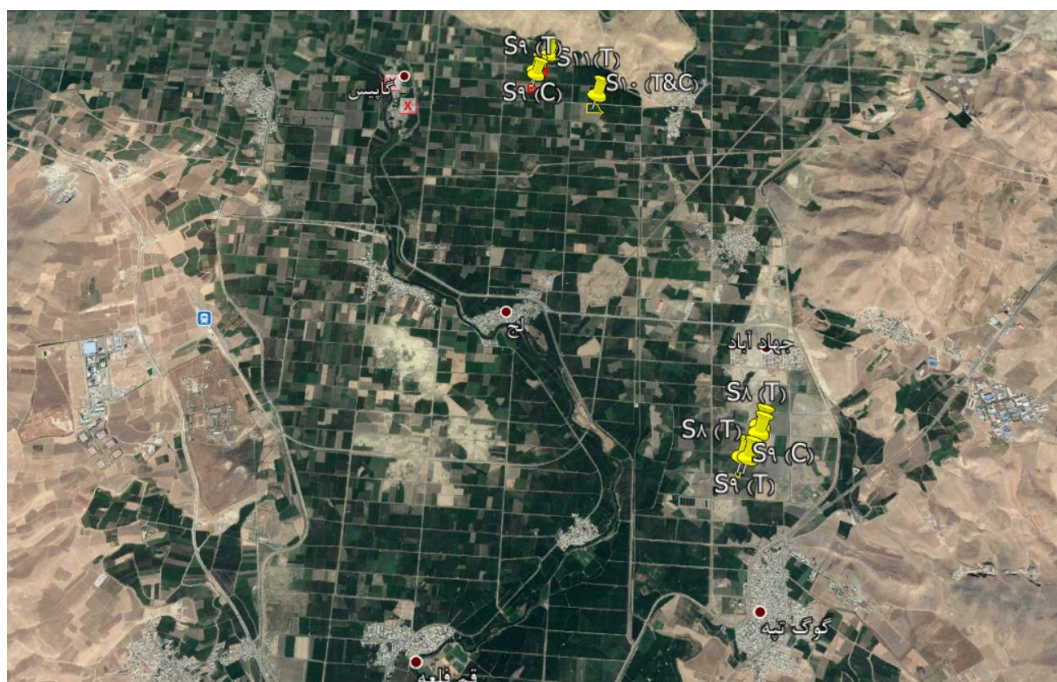
شهرستان	نام روستا	تعداد	نوع پایش	نوع مزرعه (تیمار/شاهد)
میاندوآب	تلخاب	۲ S ₅ و S ₄	شبکه پایش (شرکت نازچین سپید آذران)	شاهد: روش مرسوم آبیاری و کشت تیمار: عملیات تسطیح، کاهش ابعاد، برنامه‌ریزی آبیاری، تغییر آرایش کشت، تغییر روش آبیاری
	مظفرآباد	۲ S ₇ و S ₆	شبکه پایش (شرکت نوین خدمات دهقان)	شاهد: روش مرسوم آبیاری و کشت تیمار: عملیات تسطیح، کاهش ابعاد، برنامه‌ریزی آبیاری، تغییر آرایش کشت، تغییر روش آبیاری
مهاباد	گوگ‌تپه و لج	۲ S ₉ و S ₈	شبکه پایش (شرکت نوین گستر)	شاهد: روش مرسوم آبیاری و کشت تیمار: عملیات تسطیح، کاهش ابعاد، برنامه‌ریزی آبیاری، تغییر آرایش کشت، تغییر روش آبیاری
	کیک‌آباد	۲ S ₁₁ و S ₁₀	شبکه پایش (شرکت آوان کشت پایدار مکریان)	شاهد: روش مرسوم آبیاری و کشت تیمار: عملیات تسطیح، کاهش ابعاد، برنامه‌ریزی آبیاری، تغییر آرایش کشت، تغییر روش آبیاری
نقده	فرخزاد	۲ S ₁₃ و S ₁₂	شبکه پایش (شرکت لاوین نگین)	شاهد: روش مرسوم آبیاری و کشت تیمار: عملیات تسطیح، کاهش ابعاد، برنامه‌ریزی آبیاری، تغییر آرایش کشت، تغییر روش آبیاری
	غفاربهی	۲ S ₁₇ تا S ₁₄	شبکه پایش (شرکت پانیز کشت آذربایجان)	شاهد: روش مرسوم آبیاری و کشت تیمار: عملیات تسطیح، کاهش ابعاد، برنامه‌ریزی آبیاری، تغییر آرایش کشت، تغییر روش آبیاری
ارومیه	مرنگلو و خداوردی‌خان	۳ S ₂₀ تا S ₁₈	شبکه پایش (رویان پروران تکین سبز)	شاهد: روش مرسوم آبیاری و کشت تیمار: عملیات تسطیح، کاهش ابعاد، برنامه‌ریزی آبیاری، تغییر آرایش کشت، تغییر روش آبیاری

جهت پایش بهاره ۷ شرکت فنی و مهندسی مستقر در چهار شهرستان ارومیه، نقده، مهاباد و میاندوآب و ۱۷ مزرعه در نظر گرفته شد. مزارع S₄ و S₅ مربوط به شرکت نازچین سپید آذران در تلخاب میاندوآب، مزارع S₆ و S₇ مربوط به شرکت نوین خدمات دهقان در مظفرآباد میاندوآب، مزارع S₈ و S₉ مربوط به شرکت نوین گستر مهاباد در گوگ‌تپه و لج مهاباد، مزارع S₁₀ و S₁₁ مربوط به شرکت آوان کشت پایدار مکریان در کیک‌آباد مهاباد، مزارع S₁₂ و S₁₃ مربوط به شرکت لاوین نگین در فرخزاد نقده، مزارع S₁₄ تا S₁₇ مربوط به شرکت پانیز کشت آذربایجان در غفاربهی ارومیه و مزارع S₁₈ تا S₂₀ مربوط به شرکت رویان پروران تکین سبز در مرنگلو و خداوردی‌خان ارومیه می‌باشند که تمام آن‌ها مزارع کشت بهاره بوده و تحت کشت محصولات مختلف بهاره می‌باشند. پراکنش مزارع

شرکت‌های میاندوآب در شهرستان میاندوآب در شکل ۱۰، پراکنش مزارع شرکت‌های مه‌باد در شبکه مه‌باد در شکل ۱۱، پراکنش مزارع شرکت‌های نقده در شهرستان نقده در شکل ۱۲ و پراکنش مزارع شرکت‌های ارومیه در شکل ۱۳ ارائه شده است. همچنین مشخصات این ۱۷ مزرعه توسط ۷ شرکت مذکور در جداول ۶ و ۷ ارائه شده است.



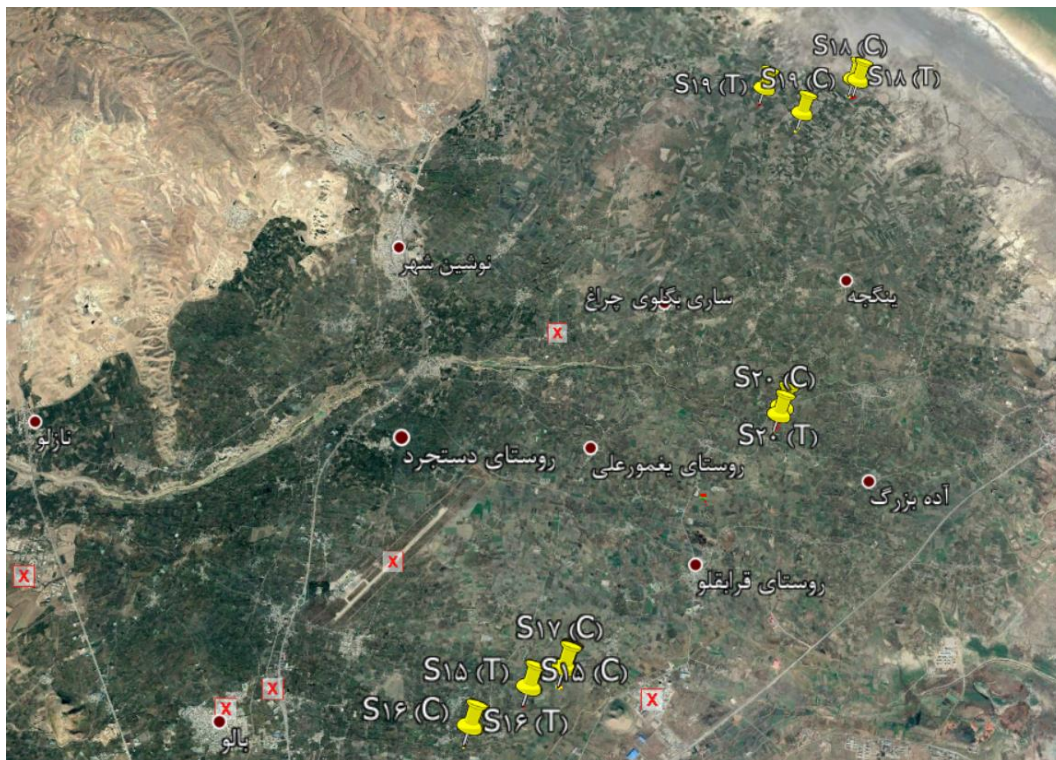
شکل ۱۰- پراکنش مزارع منتخب کشت بهاره شرکت‌های شهرستان میاندوآب در شبکه آبیاری میاندوآب (روستاهای تلخاب و مظفرآباد)



شکل ۱۱- پراکنش مزارع منتخب کشت بهاره شرکت‌های مه‌باد در شبکه آبیاری مه‌باد (روستاهای گوگ‌تپه، لچ و کیک‌آباد)



شکل ۱۲- پراکنش مزارع منتخب کشت بهاره شرکت‌های شهرستان نقده در محدوده مطالعاتی (روستای فرخزاد)



شکل ۱۳- پراکنش مزارع منتخب کشت بهاره شرکت‌های مستقر در ارومیه در محدوده مطالعاتی (روستاهای غفاربهی، مرنگلو و خداوردی‌خان)

جدول ۶- مشخصات و سایر ویژگی‌های مزارع کشت بهاره در منطقه میاندوآب، مهاباد و نقده

کد مزرعه	الگوی کشت	نام زارع	مساحت (هکتار)	ابعاد مزرعه (متر)	روش آبیاری	منبع تأمین آب
S ₄ T	چغندر قند	قهرمان نبی - حسن خلیلی	۱/۳	۳۴×۲۱۰	سطحی (جویچه - ای)	زیرزمینی
S ₄ C	چغندر قند	قهرمان نبی - حسن خلیلی	۱	۵۷×۳۵۶	سطحی (نواری)	زیرزمینی
S ₅ T	چغندر قند	لقمان خضر چوپانی	۰/۶	نامنظم	سطحی (جویچه - ای)	زیرزمینی
S ₅ C	چغندر قند	حسن خلیلی	۱	نامنظم	سطحی (نواری)	زیرزمینی
S ₆ T	هلو	بایرامعلی پورجعفر	۰/۵۱۵	نامنظم	سطحی (شیاری)	زیرزمینی
S ₆ C	هلو	بایرامعلی پورجعفر	۰/۱	۱۳×۸۱	سطحی (غرقابی)	زیرزمینی
S ₇ T	چغندر قند	آقابابا خیرفام	۰/۷۵	۷۰×۱۲۲	سطحی (جویچه - ای)	زیرزمینی
S ₇ C	چغندر قند	آقابابا خیرفام	۰/۵	نامنظم	سطحی (نواری)	زیرزمینی
S ₈ T	چغندر قند	حمزه محمدی	۰/۱۷	۱۸/۵×۹۲/۵	بارانی	سطحی -
S ₈ C	چغندر قند	حمزه محمدی	۲/۱۸	۹۲/۵×۲۷۷/۵		زیرزمینی

کد مزرعه	الگوی کشت	نام زارع	مساحت (هکتار)	ابعاد مزرعه	روش آبیاری	منبع تأمین آب
S ₉ T	ذرت	رسول عزیزیان	۱/۴	نامنظم	نواری- تیپ و کشت دو ردیفه	سطحی- زیرزمینی
S ₉ C	ذرت	رسول عزیزیان	۰/۳	نامنظم	سطحی (جویچه- ای)	زیرزمینی
S ₁₀ T	ذرت	صابر پیروز	۲/۵	۷۲×۱۴۰ - ۷۳×۲۱۰	قطره‌ای (تیپ)	زیرزمینی
S ₁₀ C	ذرت	منصور حسن پور	۴	۱۴۰×۲۸۵/۷	سطحی (جویچه- ای)	زیرزمینی
S ₁₁ T	ذرت	بایزید حسن پور	۰/۹	دو قطعه ۶۴×۷۰	سطحی (جویچه- ای)	زیرزمینی
S ₁₁ C	ذرت	منصور حسن پور	۴	۱۴۰×۲۸۵/۷	سطحی (جویچه- ای)	زیرزمینی
S ₁₂ T	کدو	یوسف حسین- پور	۱	نامنظم	قطره‌ای نواری (تیپ)	زیرزمینی
S ₁₂ C	کدو	یوسف حسین- پور	۱	نامنظم	سطحی (جویچه- ای)	زیرزمینی
S ₁₃	چغندر قند	بهزاد سجادی	۲/۱۱	۹۵×۲۲۳	بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک ۲۲×۲۲(متر)	زیرزمینی
S ₁₄ T	کدو	امامعلی تیمورنژاد	۰/۱۵	۱۵/۵×۹۸		زیرزمینی
S ₁₄ C	کدو	امامعلی تیمورنژاد	۰/۴	۲۵/۵×۹۸	سیفون-غرقابی	زیرزمینی

کد مزرعه	الگوی کشت	نام زارع	مساحت (هکتار)	ابعاد مزرعه (متر)	روش آبیاری	منبع تأمین آب
S ₁₅	آلو	پرویز اکبری	۰/۲۳	۵۵×۵۰	سطحی-قطره‌ای (بابلر)	زیرزمینی
S ₁₆	شلیل	براتعلی شهنسوار	۰/۳	۵۰×۵۰	سطحی (غرقابی، شیاری دو طرفه)	زیرزمینی
S ₁₇ T	آفتابگردان	توحید تیمورنژاد	۰/۱	۹/۵×۱۱۰	سیفون-غرقابی	زیرزمینی
S ₁₇ C	آفتابگردان	توحید تیمورنژاد	۰/۳	۲۸×۱۱۰		
S ₁₈ T	آفتابگردان	باقری-شاهدوانی	۰/۷۸	۶۱×۱۳۴	تیپ	زیرزمینی
S ₁₈ C	آفتابگردان	باقری-شاهدوانی	۰/۴۴	۵۱×۸۸	کرتی	زیرزمینی
S ₁₉ T	ذرت	پاکمنش	۰/۵۰	۵۱×۱۲۵	کرتی-هیدروفلوم دریچه‌دار	زیرزمینی
S ₁₉ C	ذرت	محمدی	۰/۶۴	۴۵×۱۶۵	کرتی	زیرزمینی
S ₂₀ T	گوجه‌فرنگی	شکری	۱/۳۰	نامنظم	تیپ	زیرزمینی
S ₂₀ C	گوجه‌فرنگی	جوانمرد	۰/۴۳	۴۰×۱۹۰	جویچه‌ای	زیرزمینی

جدول ۷- سناریوهای پیشنهادی در مزارع کشت بهاره در منطقه میاندوآب، مهاباد و نقده

کد مزرعه	سناریوهای پیشنهادی
S ₄ و S ₅	- تغییر آرایش کشت و روش آبیاری از حالت مرسوم تک‌ردیفه به دو ردیفه ۴۰-۶۰ - تسطیح با لولر - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک و استفاده از کودهای بیولوژیکی - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی و مدیریت مبارزه با علف‌های هرز - تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی - نوع رقم کشت، ضدعفونی بذور و اصلاح عمق کشت - کم خاک‌ورزی، اصلاح آرایش کشت، کشت با ردیفکار، اصلاح فواصل بین ردیف‌های کشت و فواصل بوته‌ها
S ₆	- تغییر روش آبیاری از غرقابی به شیاری دو طرفه - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک و استفاده از کودهای بیولوژیکی

S ₇	-	مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی و مدیریت مبارزه با علف‌های هرز
	-	تغییر آرایش کشت از حالت تک‌ردیفه به دو ردیفه با فواصل کشت ۴۰-۶۰
	-	برنامه‌ریزی آبیاری زمان واقعی
	-	برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک و استفاده از کودهای بیولوژیکی
	-	مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی و مدیریت مبارزه با علف‌های هرز
	-	تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی
	-	نوع رقم کشت، ضدعفونی بذور و اصلاح عمق کشت
S ₈	-	مدیریت زمان آبیاری بارانی
	-	برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک و استفاده از کودهای بیولوژیکی
	-	مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی و مدیریت مبارزه با علف‌های هرز
	-	تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی
	-	نوع رقم کشت، ضدعفونی بذور اصلاح عمق کشت
	-	کم خاک‌ورزی، اصلاح آرایش کشت، کشت با ردیفکار، اصلاح فواصل بین ردیف‌های کشت و فواصل بوته‌ها
	-	تغییر روش آبیاری از جویچه‌ای به تیپ و برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از داده‌های هواشناسی
S ₉	-	برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک و استفاده از کودهای بیولوژیکی
	-	مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی و مدیریت مبارزه با علف‌های هرز
	-	تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی
	-	نوع رقم کشت، ضدعفونی بذور و اصلاح عمق کشت
	-	کم خاک‌ورزی، اصلاح آرایش کشت، کشت با ردیفکار، اصلاح فواصل بین ردیف‌های کشت و فواصل بوته‌ها
	-	استفاده از آبیاری نوار تیپ
	-	برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از داده‌های هواشناسی
S ₁₀	-	برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک و استفاده از کودهای بیولوژیکی
	-	مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی و مدیریت مبارزه با علف‌های هرز
	-	تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی
	-	کم خاک‌ورزی، اصلاح آرایش کشت، کشت با ردیفکار، اصلاح فواصل بین ردیف‌های کشت و فواصل بوته‌ها
	-	استفاده از آبیاری نوار تیپ
	-	برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از داده‌های هواشناسی
	-	برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک و استفاده از کودهای بیولوژیکی

ادامه جدول ۷- سناریوهای پیشنهادی در مزارع کشت بهاره در منطقه میاندوآب، مهاباد و نقده

سناریوهای پیشنهادی	کد مزرعه
- کشت نشایی ذرت - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک و استفاده از کودهای بیولوژیکی - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی و مدیریت مبارزه با علف‌های هرز - تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی - کم خاک‌ورزی، اصلاح آرایش کشت، کشت با ردیفکار، اصلاح فواصل بین ردیف‌های کشت و فواصل بوته‌ها	S ₁₁
- برنامه‌ریزی زمان واقعی آبیاری تیپ - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک و استفاده از کودهای بیولوژیکی - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی و مدیریت مبارزه با علف‌های هرز - تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی - نوع رقم کشت، ضدعفونی بذور و اصلاح عمق کشت - کم خاک‌ورزی، اصلاح آرایش کشت، کشت با ردیفکار، اصلاح فواصل بین ردیف‌های کشت و فواصل بوته‌ها	S ₁₂
- مدیریت زمان آبیاری بارانی - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک و استفاده از کودهای بیولوژیکی - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی و مدیریت مبارزه با علف‌های هرز - تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی - نوع رقم کشت، ضدعفونی بذور و اصلاح عمق کشت - کم خاک‌ورزی، اصلاح آرایش کشت، کشت با ردیفکار، اصلاح فواصل بین ردیف‌های کشت و فواصل بوته‌ها	S ₁₃
- آرایش کشت جویچه‌ای و روش آبیاری سیفون - آزمون خاک و توصیه کوددهی بر اساس آزمون خاک - شخم حفاظتی - استفاده از لولر برای تسطیح - برگرداندن بقایای گیاهی محصول قبلی به زمین در هنگام خاک‌ورزی، افزایش حاصلخیزی خاک و کمک به ایجاد بافت اسفنجی خاک جهت نگهداری رطوبت در خاک - نوع رقم کشت، ضدعفونی بذور و اصلاح عمق کشت - کم خاک‌ورزی، اصلاح آرایش کشت، کشت با ردیفکار، اصلاح فواصل بین ردیف‌های کشت و فواصل بوته‌ها	S ₁₄
- تغییر روش آبیاری از غرقابی به قطره‌ای (بابلر) - آزمون خاک و توصیه کوددهی بر اساس آزمون خاک - شخم حفاظتی - برگرداندن بقایای گیاهی محصول قبلی به زمین در هنگام خاک‌ورزی، افزایش حاصلخیزی خاک و کمک به ایجاد بافت اسفنجی خاک جهت نگهداری رطوبت در خاک	S ₁₅
- تغییر روش آبیاری از غرقابی به شیاری دو طرفه - آزمون خاک و توصیه کوددهی بر اساس آزمون خاک - شخم حفاظتی - برگرداندن بقایای گیاهی محصول قبلی به زمین در هنگام خاک‌ورزی، افزایش حاصلخیزی خاک و کمک به ایجاد بافت اسفنجی خاک جهت نگهداری رطوبت در خاک	S ₁₆

ادامه جدول ۷- سناریوهای پیشنهادی در مزارع کشت بهاره در منطقه میاندوآب، مهاباد و نقده

کد مزرعه	سناریوهای پیشنهادی
S ₁₇	- آرایش کشت جویچه‌ای و روش آبیاری سیفون
	- استفاده از لولر برای تسطیح
	- آزمون خاک و توصیه کوددهی بر اساس آزمون خاک
	- برگرداندن بقایای گیاهی محصول قبلی به زمین در هنگام خاک‌ورزی، افزایش حاصلخیزی خاک و کمک به ایجاد بافت اسفنجی خاک جهت نگهداری رطوبت در خاک
	- استفاده از هیدروفلوم دریچه‌دار
S ₁₉	- برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک و استفاده از کودهای بیولوژیکی
	- مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی و مدیریت مبارزه با علف‌های هرز
	- تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی
	- نوع رقم کشت، ضدعفونی بذور و اصلاح عمق کشت
	- کم خاک‌ورزی، اصلاح آرایش کشت، کشت با ردیفکار، اصلاح فواصل بین ردیف‌های کشت و فواصل بوته‌ها
S ₂₀	- تغییر روش آبیاری جویچه‌ای به تیپ
	- برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک و استفاده از کودهای بیولوژیکی
	- مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی و مدیریت مبارزه با علف‌های هرز
	- تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی
	- نوع رقم کشت، ضدعفونی بذور و اصلاح عمق کشت
	- کم خاک‌ورزی، اصلاح آرایش کشت، کشت با ردیفکار، اصلاح فواصل بین ردیف‌های کشت و فواصل بوته‌ها

۳-۲-۴- سایت‌های انتخابی جهت پایش اصلی در آذربایجان شرقی

در راستای ارزیابی اعمال تکنیک‌های به‌زراعی و به‌نژادی در مزرعه ۳ مزرعه برای پایش اصلی عملیات اجرایی تیم پایش در شهرستان بناب انتخاب شد که هر یک از این مزارع به دو بخش تیمار و شاهد تقسیم شدند. عملیات پایش آن توسط محققین بخش تحقیقات فنی و مهندسی آذربایجان شرقی صورت گرفته است. در جدول ۸ مشخصات کلی مزارع منتخب ارائه گردیده است. در جدول ۹ تکنیک‌های اعمال‌شده و مصرف کود در مزارع آورده شده است. همچنین در شکل‌های ۱۴ تا ۱۶ موقعیت جغرافیایی مزارع پایش اصلی نشان داده شده است.

جدول ۸- مشخصات و سایر ویژگی‌های مزارع منتخب پایش اصلی در بناب

ردیف	نام بهره‌بردار	تیمار/شاهد	مساحت (هکتار)	روش آبیاری	نوع محصول	رقم	میزان بذر (kg/ha)	ابعاد کاشت (cm×cm)
۱	سیروس فضل	تیمار	۰/۳۴	شیاری	گندم	پیشگام	۲۱۴	*
۲	سیروس فضل	شاهد	۰/۲	نواری	گندم	پیشگام	۳۰۰	*
۳	سجاد روحی	تیمار	۰/۳۵	شیاری	گندم	پیشگام	۲۴۰	*
۴	سجاد روحی	شاهد	۰/۳	نواری	گندم	پیشگام	۳۰۰	*
۵	شجاعی	تیمار	۰/۱۳	تیپ	گوجه‌فرنگی	سوپر چی- اف	نشاء	۱۲۰×۳۰- (۴۰)
۶	شجاعی	شاهد	۰/۰۵	تیپ	گوجه‌فرنگی	محلی	۰/۴۵	*

* پارامتر موردنظر در این مزارع اعلام نمی‌شود.

جدول ۹- تکنیک‌های بکار رفته و کود مصرفی مزارع پایش اصلی در شهرستان بناب

نام بهره‌بردار	تیمار/شاهد	تکنیک‌های اعمال شده	کود (kg/ha)
سیروس فضل	تیمار	بذر مال کردن بذور با اسید هیومیک و فسفات بارور ۲، مصرف کود دامی، تسطیح با لولر، کف‌کار فاروئردار و آبیاری شیری	اوره: ۳۵۰، سولفات پتاسیم: ۱۰۰، سولفات آمونیوم: ۱۰۰، سولفات روی: ۳۰، گوگرد گرانوله: ۲۵۰ و کود آلی: ۱۰۰۰۰
سیروس فضل	شاهد	کشت دست‌پاش و آبیاری نواری	سوپر فسفات تریپل: ۲۰۰
سجاد روحی	تیمار	بذر مال کردن بذور با اسید هیومیک و فسفات بارور ۲، مصرف کود دامی، تسطیح با لولر، کف‌کار فاروئردار و آبیاری شیری	اوره: ۲۰۰، سولفات پتاسیم: ۲۰۰ و سولفات آمونیوم: ۱۰۰، سولفات روی: ۳۰، گوگرد گرانوله: ۲۵۰ و کود آلی: ۱۵۰۰۰
سجاد روحی	شاهد	کشت دست‌پاش، آبیاری نواری	بدون مصرف کود
شجاعی	تیمار	کشت نشایی دو ردیفه زیگزاگی، مصرف کود دامی، آبیاری تیپ، کوددهی بر اساس آزمون خاک و استفاده از بذور گواهی شده	اوره: ۳۵۰، سولفات پتاسیم: ۱۰۰، سوپر فسفات-تریپل: ۱۵۰، سولفات روی: ۴۰، گوگرد گرانوله: ۳۵۰ و کود آلی: ۲۰۰۰۰
شجاعی	شاهد	کشت بذری تک‌ردیفه و کشت ارقام محلی	اوره: ۱۵۰، سولفات پتاسیم: ۱۰۰، سوپر فسفات-تریپل: ۲۵۰، سولفات روی: ۱۰، گوگرد گرانوله: ۱۰۰ و کود آلی: ۱۰۰۰۰



شکل ۱۴- موقعیت جغرافیایی مزرعه گندم پایش آقای سیروس فضل



شکل ۱۵- موقعیت جغرافیایی مزرعه گندم پایش آقای سجاد روحی



شکل ۱۶۰- موقعیت جغرافیایی مزرعه گوجه‌فرنگی پایش آقای شجایی

۳-۲-۵- سایت‌های انتخابی جهت پایش شرکت‌های فنی و مهندسی در آذربایجان شرقی

در راستای پایش مستمر سایت‌های منتخب شرکت‌های فنی و مهندسی در فاز ۵ پروژه همکاری در احیای دریاچه ارومیه با مشارکت جوامع محلی در استقرار کشاورزی پایدار و حفاظت از تنوع زیستی برای کشت پاییزه و بهاره در شهرستان‌های آذرشهر، اسکو، عجب‌شیر، ملکان و بناب ۲۰ مزرعه انتخاب گردید که عملیات پایش آن توسط تیم پایش آذربایجان شرقی صورت گرفته است. در جدول ۱۰ مشخصات کلی مزارع منتخب در اسکو ارائه گردیده است. در جدول ۱۱ تکنیک‌های اعمال‌شده و مصرف کود در مزارع منتخب شهرستان اسکو آورده شده است. همچنین در شکل‌های ۱۷ تا ۲۰ موقعیت جغرافیایی مزارع موردنظر نشان داده شده است.

جدول ۱۰- مشخصات مزارع منتخب در شهرستان اسکو

نام روستا	نام بهره‌بردار	تیمار/شاهد	مساحت (هکتار)	روش آبیاری	محصول	رقم	میزان بذر (kg/ha)	ابعاد کاشت باغ/نشاء (m×m)
خاصابان	مریم آسیابی	تیمار	۰/۷	فاروئر	گندم	پیشگام	۱۸۰	*
خاصابان	مریم آسیابی	شاهد	۰/۸	کرتی	گندم	پیشگام	۲۲۰	*
مهدینلو	قوچعلی راشدی	تیمار	۱/۳	فاروئر	گندم	پیشگام	۲۲۰	*
مهدینلو	قوچعلی راشدی	شاهد	۰/۴	کرتی	گندم	محلی	۲۵۰	*
خاصه‌لر	محمد نصیری	تیمار	۰/۰۶	شیاری	آلو	بخارا زرد	*	۴/۵×۴/۵
خاصه‌لر	محمد نصیری	شاهد	۰/۱۴	غرقابی	آلو	بخارا زرد	*	۴/۵×۴/۵
کردلر	علی سلیمی	تیمار	۰/۱	جویچه-ای	گوجه‌فرنگی	نشا	*	۰/۴۰×۶
کردلر	علی سلیمی	شاهد	۰/۱	جویچه-ای	گوجه‌فرنگی	روبنا	*	۰/۴۵×۶

* پارامتر موردنظر در این مزارع اعلام نمی‌شود.

جدول ۱۱ - مشخصات مزارع منتخب در شهرستان اسکو

نام بهره- بردار	تیمار/شاهد	تکنیک‌های اعمال شده	کود (kg/ha)
مریم آسیابی	تیمار	شخم حفاظتی، لولر، بذرمال با کود هیومکس، کف کار مخصوص اراضی شور، آبیاری فاروئر و کود بر اساس آزمون خاک	اوره: ۱۰۰، سوپرفسفات تریپل: ۱۰۰، سولفات-پتاسیم: ۱۰۰، گوگرد گرانوله: ۲۰۰، هیومکس: ۱ و کودآلی: ۴۰۰۰۰
مریم آسیابی	شاهد	شخم برگرداندار، کاشت دستی و آبیاری کرتی	بدون مصرف کود
قوچعلی- راشدی	تیمار	شخم حفاظتی، دیسک بشقابی، لولر لیزری، بذرمال با کود هیومکس، کف کار مخصوص اراضی شور، آبیاری فاروئر و کود بر اساس آزمون خاک	اوره: ۱۰۰، سوپرفسفات تریپل: ۱۵۰، سولفات-پتاسیم: ۲۰۰، گوگرد گرانوله: ۲۰۰، هیومکس: ۱ و کودآلی: ۳۰۰۰۰
قوچعلی- راشدی	شاهد	شخم برگرداندار، دیسک بشقابی، کاشت دستی، آبیاری کرتی	بدون مصرف کود
محمد نصیری	تیمار	کوددهی بر اساس آزمون خاک و محلول پاشی مناسب کولتیواتور جهت مبارزه با علفهای هرز، کانالکود، آبیاری شیاری دو طرفه درختان، هرس و سمپاشی پیش بهاره	اوره: ۱۱۴، سوپرفسفات تریپل: ۱۱۴، سولفات پتاسیم: ۳۹۹، گوگرد: ۵۷۱، کود حیوانی: ۸۵۶۵، فروتست: ۳ در هزار و اسید آمینه به همراه سولوپتاس: ۲ در هزار
محمد نصیری	شاهد	کوددهی تجربی، استفاده از علفکش جهت مبارزه با علفهای هرز و آبیاری کرتی غرقابی	اوره: ۱۱۴
علی سلیمی	تیمار	شخم حفاظتی، کشت نشاء دو ردیف روی یکپشته و تک‌ردیفه، مدیریت آب، خاک‌دهی پای بوته، کود بر اساس آزمون خاک، محلول پاشی‌ها و نصب کارت زرد	اوره: ۷۰ و هیومکس: ۱
علی سلیمی	شاهد	کوددهی تجربی و کشت بذری و نشایی تک‌ردیف روی پشته	اوره: ۷۰ و هیومکس: ۱



شکل ۱۷- موقعیت جغرافیایی مزرعه پایش گندم آقای مریم آسیابی



شکل ۱۸- موقعیت جغرافیایی مزرعه پایش گندم آقای قوچعلی راشدی



شکل ۱۹- موقعیت جغرافیایی باغ پایش آلو آقای محمدنصیری



شکل ۲۰- موقعیت جغرافیایی مزرعه پایش گوجه‌فرنگی آقای علی سلیمی

در شهرستان آذرشهر از ۴ روستا مزارع کشت پاییزه و بهاره برای پایش عملیات شرکت‌های فنی و مهندسی انتخاب گردید. در جدول ۱۲ مشخصات کلی مزارع منتخب در آذرشهر ارائه گردیده است. در جدول ۱۳ تکنیک‌های اعمال‌شده و مصرف کود در مزارع منتخب شهرستان آذرشهر آورده شده است. همچنین در شکل‌های ۲۱ تا ۲۴ موقعیت جغرافیایی مزارع موردنظر نشان داده شده است.

جدول ۱۲- مشخصات مزارع منتخب در شهرستان آذرشهر

روستا	نام بهره‌بردار	تیمار/شاهد	مساحت (هکتار)	روش آبیاری	محصول	رقم	میزان بذر (kg/ha)	ابعاد کاشت باغ (m×m)
فیروز سالار	مصطفی اصغرزاده	تیمار	۰/۴	شیاری	گندم	الوند	۲۰۰	*
فیروز سالار	مصطفی اصغرزاده	شاهد	۰/۳	کرتی	گندم	الوند	۲۰۰	*
دستجرد	محرم زینال‌نژاد	تیمار	۰/۵	شیاری	گندم	الوند	۲۱۰	*
دستجرد	محرم زینال‌نژاد	شاهد	۰/۴	کرتی	گندم	الوند	۲۵۰	*
تیمورلو	علی کربلای فرجی	تیمار	۰/۰۶	شیاری	گوجه‌سبز	زردمراغه	*	۳×۳
تیمورلو	علی کربلای فرجی	شاهد	۰/۱۶	کرتی	گوجه‌سبز	زردمراغه	*	۳×۳
دستجرد	حاج حسین‌پور	تیمار	۰/۰۵	شیاری	گوجه‌سبز	زردمراغه	*	۳×۳/۵
دستجرد	حاج حسین‌پور	شاهد	۰/۱۹	کرتی	گوجه‌سبز	زردمراغه	*	۳×۳/۵

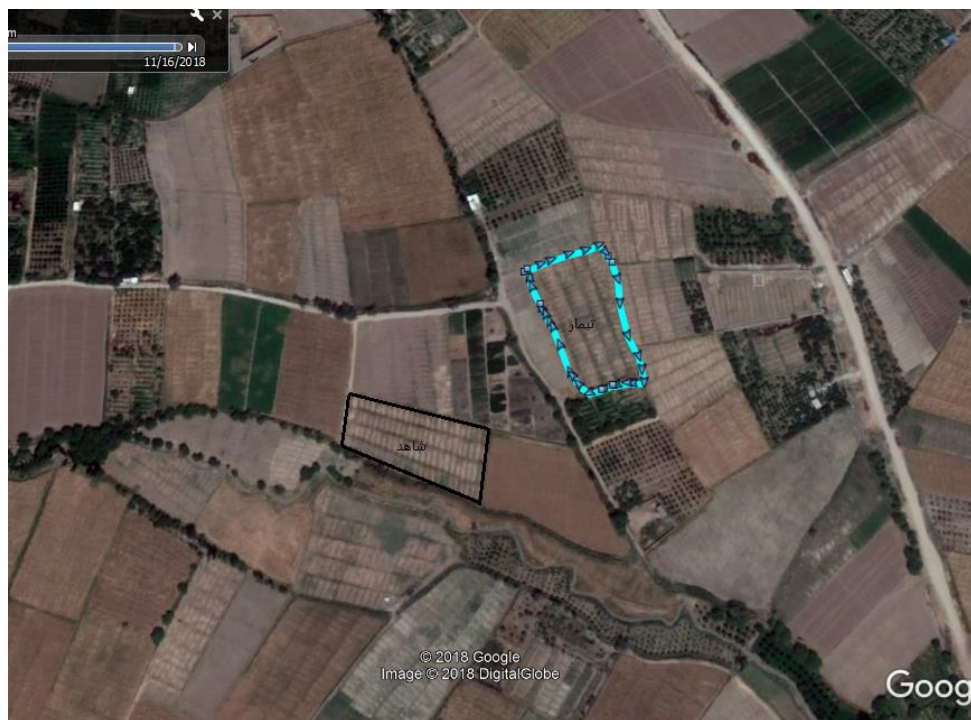
* پارامتر موردنظر در این مزارع اعلام نمی‌شود.

جدول ۱۳- مشخصات مزارع منتخب در شهرستان آذرشهر

نام بهره‌بردار	تیمار/شاهد	تکنیک‌های اعمال شده	کود (kg/ha)
مصطفی اصغرزاده	تیمار	شخم حفاظتی، تسطیح با لولر، بذر مال با کودزیستی، کف‌کار فاروئردار، آبیاری شیاری و کوددهی	اوره: ۱۱۶ و سوپرفسفات: ۱۱۶
مصطفی اصغرزاده	شاهد	آبیاری کرتی	اوره: ۲۰۰
محرم زینال‌نژاد	تیمار	شخم حفاظتی، تسطیح با لولر، بذر مال با کودزیستی، کف‌کار فاروئردار و آبیاری شیاری	اوره: ۲۵۰
محرم زینال‌نژاد	شاهد	آبیاری کرتی	بدون مصرف کود
علی کربلای فرجی	تیمار	چالکود، فروت‌ست و هرس، استفاده از روتیواتور، سم‌پاشی پیش بهاره و آبیاری شیاری	اوره: ۲۵۰ و سولفات پتاسیم: ۲۰۰
علی کربلای فرجی	شاهد	آبیاری کرتی	کود دامی در سال قبل مصرف شده است
حاج حسین‌پور	تیمار	چالکود، فروت‌ست و هرس، استفاده از روتیواتور، سم‌پاشی پیش بهاره و آبیاری شیاری	اوره: ۳۵۰، سوپرفسفات تریپل: ۱۵۰ و سولفات پتاسیم: ۱۵۰
حاج حسین‌پور	شاهد	آبیاری کرتی	بدون مصرف کود



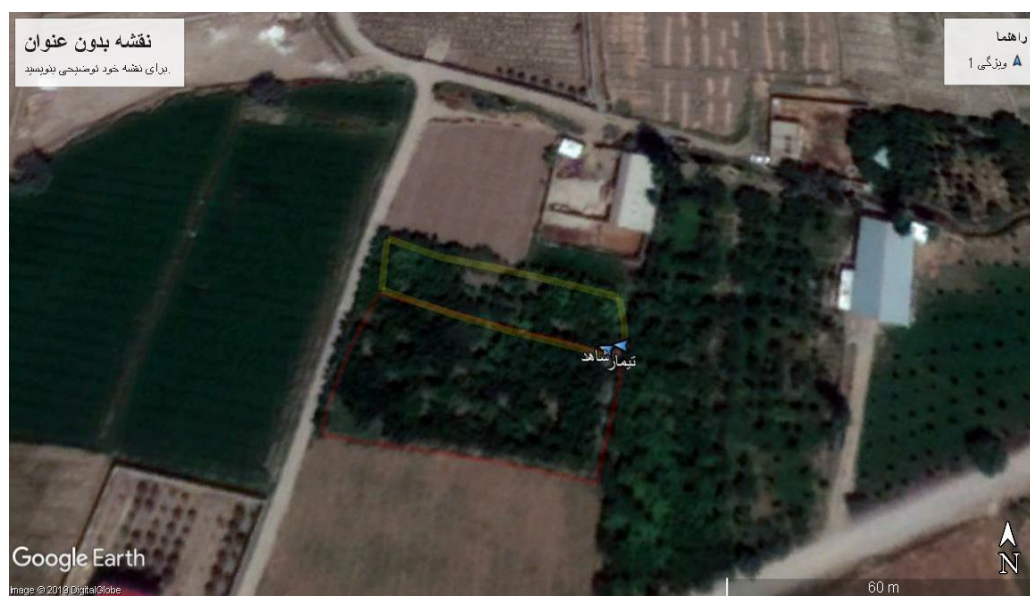
شکل ۲۱- موقعیت جغرافیایی مزرعه پایش گندم آقای مصطفی اصغرزاده



شکل ۲۲- موقعیت جغرافیایی مزرعه پایش گندم آقای محرم زینال‌نژاد



شکل ۲۳- موقعیت جغرافیایی باغ پایش گوجه‌سبز آقای علی کربلای فرجی



شکل ۲۴- موقعیت جغرافیایی باغ پایش گوجه‌سبز آقای حاج حسین‌پور

در شهرستان عجب‌شیر از ۳ روستا، مزارع کشت پاییزه و بهاره برای پایش عملیات شرکت‌های فنی و مهندسی انتخاب گردید. در جدول ۱۴ مشخصات کلی مزارع منتخب در آذرشهر ارائه گردیده است. در جدول ۱۵ تکنیک-های اعمال‌شده و مصرف کود در مزارع منتخب شهرستان آذرشهر آورده شده است. همچنین در شکل‌های ۲۵ تا ۲۹ موقعیت جغرافیایی مزارع موردنظر نشان داده شده است.

جدول ۱۴- مشخصات مزارع منتخب در شهرستان عجب شیر

روستا	نام بهره‌بردار	تیمار/شاهد	مساحت (هکتار)	روش آبیاری	نوع محصول	رقم	میزان بذر (kg/ha)	ابعاد کاشت باغ (m×m)
شیشوان	پرویز عارفی	تیمار	۰/۷	فاروئر	گندم	پیشگام	۲۲۰	*
شیشوان	پرویز عارفی	شاهد	۰/۶۶	کرتی	گندم	پیشگام	۲۴۰	*
گوروان	سهراب جمشیدی	تیمار	۰/۱	شیاری یک‌طرفه	بادام	محلی	*	۲×۲/۵
گوروان	سهراب جمشیدی	شاهد	۰/۱	کرتی	بادام	محلی	*	۲×۲/۵
گوروان	محمد شهابی	تیمار	۰/۳	شیاری	گردو	محلی	*	۸×۸
گوروان	محمد شهابی	شاهد	۰/۳	کرتی	گردو	محلی	*	۸×۸
گل تپه	غلامرضا سالمی	تیمار	۰/۹	جوی و پشته	سیب-زمینی	میلوا	۶۰۰۰	*
گل تپه	امیر آقایی	شاهد	۰/۲	کرتی	سیب-زمینی	میلوا	۷۰۰۰	*
گل تپه	داریوش میرابی	تیمار	۱/۱	جوی و پشته	سیب-زمینی	اسپیریت	۶۰۰۰	*
گل تپه	اروج وجدی	شاهد	۰/۲	کرتی	سیب-زمینی	اسپیریت	۷۰۰۰	*

* پارامتر موردنظر در این مزارع اعلام نمی‌شود.

جدول ۱۵- تکنیک‌های بکار رفته و کود مصرفی مزارع منتخب در شهرستان عجب‌شیر

نام بهره‌بردار	تیمار/شاهد	تکنیک‌های اعمال شده	کود (kg/ha)
پرویز عارفی	تیمار	شخم حفاظتی، لولر لیزری، بذرمال با کود هیومکس، بذرکار فاروئردار، آبیاری فاروئر و کوددهی بر اساس آزمون خاک	اوره: ۳۰۰، سوپرفسفات تریپل: ۱۰۰، سولفات پتاسیم: ۱۵۰، سولفات آهن: ۱۵۰، سولفات مس: ۲۰، سولفات روی و منگنز: ۳۰ و کودآلی: ۱۰۰۰
پرویز عارفی	شاهد	شخم برگرداندار، کاشت دستیو آبیاری کرتی	بدون مصرف کود
سهراب جمشیدی	تیمار	شخم با کولتیواتور برای از بین بردن علف هرز و استفاده از تکنیک شیاری یک‌طرفه و چالکود	اوره: ۴۰۰، سولفات آمونیوم: ۲۰۰، سولفات پتاسیم: ۴۰۰، سوپرفسفات تریپل: ۲۵۰، ماکرو کامل: ۲۰۰۰، سولفات روی: ۳۰۰، سولفات آهن: ۵۰۰ و سولفات منگنز: ۵۰۰
سهراب جمشیدی	شاهد	آبیاری کرتی	اوره: ۵۰۰- و سوپرفسفات تریپل: ۳۵۰- اوره: ۴۰۰- سولفات آمونیوم: ۴۰۰- سولفات پتاسیم: ۱۰۰۰- سوپرفسفات تریپل: ۵۰۰- ماکرو کامل: ۴۰۰- سولفات روی: ۳۰۰- سولفات آهن: ۶۰۰- سولفات منگنز: ۶۰۰
محمد شهابی	تیمار	شخم با کولتیواتور برای از بین بردن علف هرز و استفاده از تکنیک شیاری دوطرفه	اوره: ۵۰۰- سوپرفسفات تریپل: ۳۰۰
محمد شهابی	شاهد	آبیاری کرتی	اوره: ۵۰۰- سوپرفسفات تریپل: ۳۰۰
غلامرضا سالمی	تیمار	شخم حفاظتی، نصب دابل رینگ، کاشت مزرعه با دستگاه غده‌کار، آبیاری جوی و پشته	اوره: ۲۵۰- گوگرد گرانوله: ۵۰۰- کود حیوانی: ۱۵۰۰
امیر آقایی	شاهد	آبیاری کرتی	اوره: ۳۵۰ و فسفات آمونیوم: ۲۰۰
داریوش میرابی	تیمار	شخم حفاظتی، نصب دابل رینگ، کاشت مزرعه با دستگاه غده‌کار، آبیاری جوی و پشته	اوره: ۳۸۰، سولفات پتاسیم: ۱۰۰ و کود حیوانی: ۵۰۰
اروج وجدی	شاهد	آبیاری کرتی	اوره: ۴۵۰ و سولفات پتاسیم: ۲۰۰



شکل ۲۵- موقعیت جغرافیایی مزرعه پایش گندم آقای پرویز عارفی



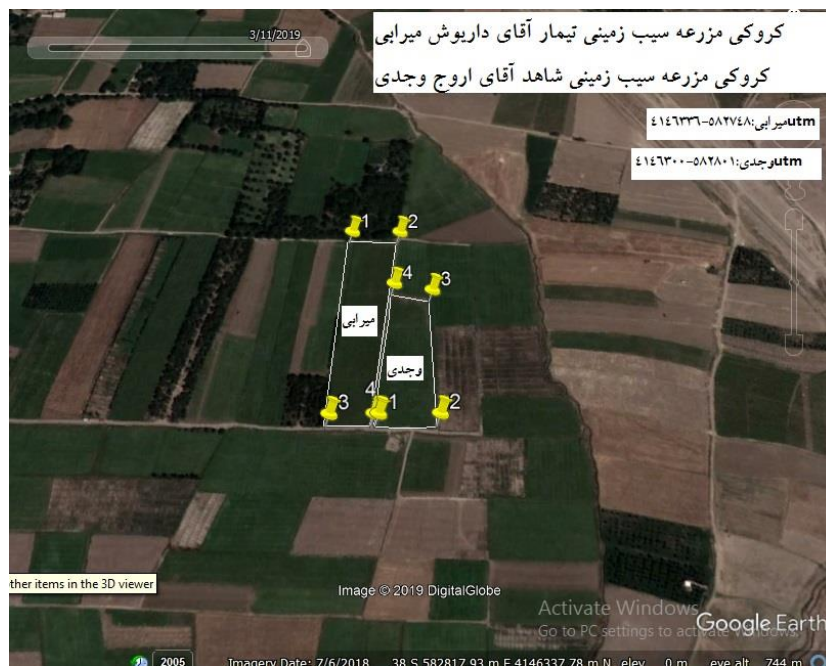
شکل ۲۶- موقعیت جغرافیایی باغ پایش بادام آقای سهراب جمشیدی



شکل ۲۷- موقعیت جغرافیایی باغ پایش گردو آقای محمد شهابی



شکل ۲۸- موقعیت جغرافیایی مزرعه سیب‌زمینی آقای غلامرضا سالمی



شکل ۲۹- موقعیت جغرافیایی مزرعه پایش سیب‌زمینی آقای داریوش میرابی

در شهرستان بناب مزارع کشت پاییزه و بهاره برای پایش عملیات شرکت‌های فنی و مهندسی انتخاب گردید. در جدول ۱۶ مشخصات کلی مزارع منتخب در بناب ارائه گردیده است. در جدول ۱۷ تکنیک‌های اعمال شده و مصرف کود در مزارع منتخب شهرستان بناب آورده شده است. همچنین در شکل‌های ۳۰ تا ۳۳ موقعیت جغرافیایی مزارع موردنظر نشان داده شده است.

جدول ۱۶- مشخصات مزارع پاییزه شهرستان بناب

ردیف	نام بهره‌بردار	تیمار/شاهد	مساحت (هکتار)	روش آبیاری	نوع محصول	رقم	میزان بذر (kg/ha)	ابعاد کاشت باغ (m×m)
۱	احمد ولی‌زاده	تیمار	۰/۴۵	شیاری	گندم	پیشگام	۲۱۴	*
۲	احمد ولی‌زاده	شاهد	۰/۵۵	نواری	گندم	محلی	۳۰۰	*
۳	توحید زینال-زاده	تیمار	۰/۳	شیاری	گندم	پیشگام	۲۴۰	*
۴	توحید زینال-زاده	شاهد	۰/۲۵	نواری	گندم	محلی	۲۷۰	*
۵	اسماعیل غلامی	تیمار	۰/۱۳	شیاری	سیب	گلاب	*	۶×۷
۶	اسماعیل غلامی	شاهد	۰/۲	نواری	سیب	گلاب	*	۶×۷
۷	شهبازی	تیمار	۰/۳۴	تیپ	سیب‌زمینی	سانتا	۶/۵	*
۸	شهبازی	شاهد	۰/۴۲	تیپ	سیب‌زمینی	سانتا	۶	*

* پارامترهای موردنظر در این مزارع اعلام نمی‌شود.

جدول ۱۷- تکنیک‌های بکار رفته و کود مصرفی مزارع منتخب در شهرستان بناب

نام بهره‌بردار	تیمار/شاهد	تکنیک‌های اعمال شده	کود (kg/ha)
احمد ولی‌زاده	تیمار	کشت با کف‌کار، آبیاری شیاری، رعایت زمان کشت، تسطیح با لولر، بذر مال کردن بذور با اسید هیومیک و فسفات بارور ۲ و کشت ارقام مقاوم به آفات و بیماری‌ها	اوره: ۲۰۰، سوپرفسفات تریپل: ۷۰، سولفات پتاسیم: ۱۰۰، سولفات آمونیوم: ۱۰۰، سولفات روی: ۳۰، گوگرد گرانوله: ۲۵۰ و کود آلی: ۱۰۰۰۰
احمد ولی‌زاده	شاهد	کشت دست‌پاش، آبیاری نواری و کشت ارقام محلی	اوره: ۱۰۰ و سوپرفسفات تریپل: ۲۵۰
توحید زینال‌زاده	تیمار	کشت با کف‌کار، آبیاری شیاری، مصرف کود دامی، لولر، بذر مال کردن بذور با اسید هیومیک و فسفات بارور ۲ و کشت ارقام مقاوم به آفات و بیماری‌ها	اوره: ۳۵۰، سوپرفسفات تریپل: ۵۰، سولفات پتاسیم: ۵۰، سولفات روی: ۳۰، گوگرد گرانوله: ۲۵۰ و کود آلی: ۱۰۰۰۰
توحید زینال‌زاده	شاهد	کشت دست‌پاش، آبیاری نواری و کشت ارقام محلی	بدون مصرف کود
اسماعیل غلامی	تیمار	چالکود، هرس و فرم‌دهی درختان، محلول-پاشی مدیریت و مبارزه با علف‌هرز و آفات، شخم پای درختان و آبیاری شیاری	سوپرفسفات تریپل: ۵۰۰، سولفات-پتاسیم: ۸۰۰، سولفات آمونیوم: ۱۵۰۰، سولفات روی: ۲۰۰، گوگرد گرانوله: ۱۰۰۰ و کود آلی: ۱۵۰۰۰
اسماعیل غلامی	شاهد	آبیاری نواری	ورمی کمپوست: ۳۰۰۰ و کود دامی: ۳۵۰۰
شهبازی	تیمار	سورت و جداسازی و ضد عفونی غده‌ها قبل از کاشت، کشت با دستگاه دو ردیفه زیگزاکی، آبیاری قطره‌ای با نوار تیپ و کوددهی بر اساس آزمون خاک	اوره: ۳۵۰، سوپرفسفات تریپل: ۱۵۰، سولفات پتاسیم: ۱۵۰، سولفات روی: ۴۰، گوگرد گرانوله: ۳۵۰ و کود آلی: ۲۰۰۰۰
شهبازی	شاهد	کشت به روش سنتی و بصورت بذری بصورت نوار تیپ تک‌ردیفه	کود دامی: ۱۵۰۰۰ و کود NPK (۲۰-۲۰-۱۰): ۲۰



شکل ۳۰- موقعیت جغرافیایی مزرعه پایش گندم آقای احمد ولی‌زاده



شکل ۳۱- موقعیت جغرافیایی مزرعه پایش گندم آقای توحید زینال‌زاده



شکل ۳۲- موقعیت جغرافیایی باغ پایش سیب آقای اسماعیل غلامی



شکل ۳۳- موقعیت جغرافیایی مزرعه پایش سیب زمینی آقای شهبازی

در شهرستان ملکان از ۲ روستا مزارع کشت پاییزه و بهاره برای پایش عملیات شرکت‌های فنی و مهندسی انتخاب گردید. در جدول ۱۸ مشخصات کلی مزارع منتخب در ملکان ارائه گردیده است. در جدول ۱۹ تکنیک‌های اعمال شده و مصرف کود در مزارع منتخب شهرستان ملکان آورده شده است. همچنین در شکل‌های ۳۴ تا ۳۶ موقعیت جغرافیایی مزارع موردنظر نشان داده شده است.

۱۸- مشخصات مزارع منتخب شهرستان ملکان

روستای	نام بهره‌بردار	تیمار/شاهد	مساحت (هکتار)	روش آبیاری	نوع محصول	رقم	میزان بذر (kg/ha)	ابعاد کاشت نشا (cm×cm)
مهماندار	یونس حنیفی ۱	تیمار	۰/۴۲	فاروئر	گندم	پیشگام	۱۸۰	*
مهماندار	علی‌علیزاده	شاهد	۰/۱۶	کرتی	گندم	پیشگام	۲۵۰	*
مهماندار	یونس حنیفی ۲	تیمار	۰/۳۹	فاروئر	گندم	پیشگام	۱۸۰	*
مهماندار	اعصاب محمدی	شاهد	۰/۵۸	کرتی	گندم	پیشگام	۲۵۰	*
لکله	منافی	تیمار	۰/۰۶۹	نوار تیپ	گوجه‌فرنگی	راک	نشاء	۱۱۰×۴۰- (۳۰)
لکله	منافی	شاهد	۰/۵	نواری	گوجه‌فرنگی	خودمصرفی	۰/۵	*

۱۹- تکنیک‌های بکار رفته و کود مصرفی مزارع منتخب در شهرستان ملکان

نام بهره‌بردار	تیمار/شاهد	تکنیک‌های اعمال شده	کود (kg/ha)
یونس حنیفی ۱	تیمار	گاواهن برگردان‌دار، تسطیح با لولر، کودزیستی بارور ۲، بذرکار فاروئر‌دار و آبیاری فاروئر	اوره گرانوله: ۷۰، سوپرفسفات- تریپل: ۲۵۰، سولفات آمونیوم: ۱۰۰
علی‌علیزاده	شاهد	گاواهن برگردان‌دار، کشت دست‌پاش، آبیاری کرتی	بدون مصرف کود
یونس حنیفی ۲	تیمار	گاواهن برگردان‌دار، تسطیح با لولر، کودزیستی بارور ۲، بذرکار فاروئر‌دار و آبیاری فاروئر	اوره گرانوله: ۷۰، سوپرفسفات- تریپل: ۲۵۰ و سولفات آمونیوم: ۱۱۰
اعصاب محمدی	شاهد	گاواهن برگردان‌دار، کشت دست‌پاش، آبیاری کرتی	بدون مصرف کود
منافی	تیمار	مصرفی بذر مناسب ضد عفونی و اصلاح شده، کاشت بذر در خزانه، مصرف کود دامی، آبیاری تیپ، کوددهی بر اساس آزمون خاک، خاک‌دهی پای بوته‌ها و سله‌شکنی	اوره: ۳۰۰، سولفات آهن: ۱۵۰، سولفات روی: ۴۰ و سولفات منگنز: ۳۰
منافی	شاهد	کوددهی بر اساس عرف	اوره: ۲۵۰، سولفات آهن: ۱۵۰، سولفات روی: ۳۰ و سولفات منگنز: ۳۰



شکل ۳۴- موقعیت جغرافیایی مزرعه پایش گندم آقای یوسف حنیفی ۱



شکل ۳۵- موقعیت جغرافیایی مزرعه پایش گندم آقای یوسف حنیفی ۲



شکل ۳۶- موقعیت جغرافیایی مزرعه پایش گوجه‌فرنگی آقای منافی

۳-۳- بازدیدهای میدانی در منطقه طرح

جهت اعمال تکنیک‌های آبیاری، تعداد ۲ بازدید از سایت‌های میان‌دوآب (در تاریخ‌های ۹۷/۸/۷ و ۹۸/۱/۳۰)، ۳ بازدید از سایت‌های مهاباد (در تاریخ‌های ۹۷/۸/۷، ۹۸/۱/۳۰ و ۹۸/۳/۳۱)، ۳ بازدید از سایت‌های نقده (در تاریخ‌های ۹۷/۸/۷، ۹۸/۱/۳۰، ۹۸/۴/۲۱) و بازدیدهایی از سایت‌های مختلف ارومیه (در تاریخ‌های ۹۷/۱۱/۲۶، ۹۸/۱/۳۱، ۹۸/۲/۱۱، ۹۸/۲/۲۰، ۹۸/۲/۲۸، ۹۸/۳/۴، ۹۸/۴/۲۱ و ۹۸/۵/۹) توسط اعضای تیم پایش صورت گرفت (شکل ۳۷). طبق بازدیدهای صورت‌گرفته، الگوی کشت پاییزه در محدوده‌های مطالعاتی اکثراً گندم بوده که به روش آبیاری سطحی نواری (Border Irrigation) و بارانی آبیاری می‌گردند. نوارهای آبیاری در منطقه معمولاً به‌صورت انتها بسته بوده و با ابعاد (طول و عرض) مختلف طرح و اجرا می‌گردد. همچنین روش آبیاری بارانی مرسوم مناطق موردبررسی از نوع کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک می‌باشد و در جریان بازدیدهای صورت‌گرفته، شرایط مزارع مورد بازدید بررسی و آموزه‌های لازم و مکمل به‌کارشناسان آب ارائه گردید.

یکی از عوامل مهم در بازده آبیاری سطحی، عملیات تسطیح می‌باشد که در صورت اعمال تسطیح مناسب و شیب منظم، امکان دسترسی به راندمان بالا وجود دارد. در مزارع پایلوت تا حد ممکن به کشاورزان در مورد اهمیت تسطیح بر راندمان آبیاری، آموزش‌های لازم داده شد. در ارتباط با روش‌های آبیاری بارانی، وجود باد و مدیریت ضعیف، از عوامل اصلی پایین‌بودن راندمان می‌باشد. در این طرح نیز مدیریت آبیاری بارانی در مزارعی که روش آبیاری آن‌ها بارانی می‌باشد، موردتوجه قرار خواهد گرفت. همچنین یک کارگاه آموزشی در آبان ماه ۱۳۹۷ با موضوع سنجش مصرف آب در روش‌های مختلف آبیاری و دو کارگاه آموزشی در تاریخ ۹۸/۲/۲۱ و ۹۸/۳/۱۶ با موضوع برنامه‌ریزی آبیاری در روش‌های نوین آبیاری با حضور اعضای تیم پایش و کارشناسان آب شرکت‌های فنی و مهندسی تشکیل گردید. علاوه بر آن جلساتی نیز در تاریخ‌های مختلف (۹۸/۴/۲۲، ۹۸/۵/۳ و ۹۸/۶/۳۰) به‌منظور

پیشبرد بهتر پروژه و تبادل اطلاعاتی بین اعضای تیم پایش و کارشناسان آب شرکت‌های فنی و مهندسی برگزار گردید.



شکل ۳۷- بازدید از مزارع مختلف در محدوده‌های مطالعاتی

۳-۴- اندازه‌گیری‌های میدانی

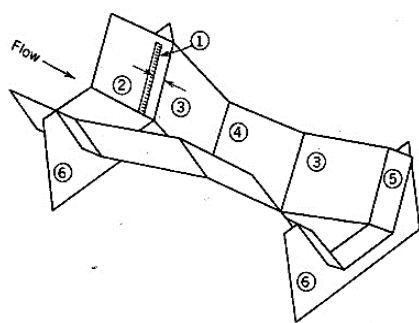
آبیاری اول (خاک‌آب) تمام مزارع در طول ماه آبان، انجام گردید و تمام عوامل و پارامترهای ارزیابی سیستم آبیاری، مورداندازه‌گیری قرار گرفت.

۳-۴-۱- اندازه‌گیری آب آبیاری، پیش‌روی و پس‌روی در مزارع

با توجه به میزان جریان آب ورودی به مزارع و افزایش دقت اندازه‌گیری، فلوم‌های WSC برای اندازه‌گیری آب در مزارع مورد استفاده قرار گرفتند (شکل ۳۸). فلوم WSC به‌نحوی در کف نهر کارگذاری شد که دقیقاً در مسیر جریان قرار گیرند و خطوط جریان در هنگام عبور از نهر و فلوم به‌موازات یکدیگر باشند و از کارگذاری فلوم در سر پیچ‌ها و محل‌هایی که احتمالاً تلاطم جریان وجود داشت، خودداری گردید. دو طرف و کف فلوم کاملاً بسترسازی شد تا در هنگام عبور جریان از جریان‌های جانبی جلوگیری شود و همچنین در حین آزمایش تراز فلوم به‌هم نخورد. در مدخل ورودی جریان به فلوم، پس از کارگذاری فلوم یک تبدیل خاکی به‌نحوی ایجاد گردید که خطوط جریان از داخل نهر به‌موازات یکدیگر به دهانه ورودی فلوم برسد (این عمل از تلاطم جریان در محل قرائت جلوگیری می‌نماید). فلوم WSC در محل استقرار به‌وسیله تراز کاملاً هم‌سطح شد. بدین معنی که به‌وسیله یک تراز به‌طور ضربدری دو طرف هم‌تراز گردید و در پایان برای اطمینان، کف فلوم و محل قرائت اشل نیز تراز شد. اندازه‌گیری‌ها در طول مدت آبیاری ادامه یافت و پس از ترسیم هیدروگراف و با محاسبه سطح زیر منحنی، حجم و عمق آب ورودی به مزرعه تعیین شد. شرایط پایین‌دست در تمام مزارع به‌صورت انتها بسته بوده و فاقد رواناب خروجی بوده و اندازه‌گیری آب خروجی انجام نگردید. دبی و دامنه دبی‌های مناسب اندازه‌گیری برای تیپ‌های مختلف فلوم‌های WSC در شکل ۳۹ ارائه شده است. بر این اساس و مطابق دبی تقریبی چاه، فلوم مناسب جهت نصب و اندازه‌گیری در مزرعه انتخاب می‌گردد.



شکل ۳۸- اندازه‌گیری آب آبیاری به‌وسیله فلوم WSC در مزارع تحت پایش



نوع فلوم	دبی‌های قابل اندازه‌گیری	فرمول
Type-I	۰/۰۳ الی ۲/۴ لیتر بر ثانیه	$Q = 0.00370 \times H^{2.646}$
Type-II	۰/۰۳ الی ۳/۶ لیتر بر ثانیه	$Q = 0.00374 \times H^{2.64}$
Type-III	۰/۱ الی ۸/۵ لیتر بر ثانیه	$Q = 0.00372 \times H^{2.63}$
Type-IV	۱ الی ۵۵ لیتر بر ثانیه	$Q = 0.0294 \times H^{2.102}$
Type-V	۱ الی ۶۰ لیتر بر ثانیه	$Q = 0.0232 \times H^{2.196}$

شکل ۳۹- دبی و دامنه دبی‌های مناسب اندازه‌گیری برای تیپ‌های مختلف فلوم‌های WSC
(ارتفاع آب بر حسب سانتی‌متر و دبی بر حسب لیتر بر ثانیه می‌باشد)

۳-۴-۲- اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک

روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری نفوذ وجود دارد که انتخاب آن بسته به نوع روش آبیاری است. تمام روش‌ها بر اساس اندازه‌گیری نفوذ واقعی بر حسب زمان است، آب یا روی خاک ایستاده و یا روی آن جریان دارد. بنابراین نفوذ آب در خاک عمودی است. برای روش‌های آبیاری کرتی یا نواری، روش اندازه‌گیری سرعت نفوذ، استوانه‌های مضاعف بکار گرفته شد (شکل ۴۰). نفوذ در جویچه و محاسبه زمان لازم برای نفوذ مقدار مشخص آب در جویچه با سیستم‌های دیگر آبیاری سطحی متفاوت است. زیرا در جویچه نفوذ فقط از محیط خیس شده صورت می‌گیرد. برای آبیاری جویچه‌ای با توجه به حالت خاص نفوذ در جویچه از روش جریان ورودی- خروجی استفاده می‌شود. در این روش طولی از جویچه حدود ۳۰ تا ۵۰ متر با توجه به نوع خاک که ترجیحاً مستقیم و یکنواخت باشد، انتخاب می‌گردد. بعد از تثبیت سطح آب در کانال بالادست و پیدا کردن دبی غیر فرسایشی در مزرعه، دبی موردنظر و جریان معینی وارد جویچه خواهد شد. در ابتدای جویچه و در فاصله موردنظر و جریان پس از رسیدن آب به آن نقطه اندازه‌گیری می‌گردد. معمولاً جریان ورودی و خروجی در فواصل زمانی ۱، ۲، ۳، ۵ و ۱۰ دقیقه‌ای تا حدود ۲ ساعت اندازه‌گیری می‌شود. اختلاف بین جریان‌های ورودی و خروجی در هر فاصله زمانی میزان نفوذ را در آن فاصله و در سطح جویچه نشان می‌دهد. از این داده‌ها عمق نفوذ و سرعت نفوذ محاسبه می‌گردد. اگر اختلاف بین دو جریان ورودی و خروجی: q و جویچه‌ها به فواصل W متر از یکدیگر باشند، سرعت نفوذ در جویچه به طول L متر از رابطه ۱ به دست می‌آید:

$$f = \frac{q \times 360}{W \times L} \quad (1)$$



شکل ۴۰- اندازه‌گیری نفوذ به‌روش استوانه‌های مضاعف در مزارع مختلف

۳-۴-۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آزمون کودی

به‌منظور تعیین مشخصات فیزیکی و شیمیایی و بافت خاک، با توجه به تأثیر آنها روی بازده کاربرد و بهره‌وری آب، از هر مزرعه نمونه‌برداری خاک انجام گرفت. نمونه‌ها به آزمایشگاه خاک‌شناسی معتمد مدیریت آب و خاک استان جهت اندازه‌گیری پارامترهای موردنیاز تحویل گردید. اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک به روش سیلندر نمونه‌برداری و در آزمایشگاه تعیین گردید. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک و تقویم زراعی در مزارع پایش اصلی و شبکه پایش شرکت‌های فنی و مهندسی آذربایجان غربی در جداول ۲۰ و ۲۱ ارائه شده است. همچنین در جدول ۲۲ مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزارع منتخب آذربایجان شرقی ارائه شده است.

جدول ۲۰- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در مزارع منتخب آذربایجان غربی

کد مزرعه	عمق (cm)	رس Clay	شن Sand	سیلت Silt	شوری EC(ds/m)	بافت texture	اسیدیته pH	رطوبت اشباع (حجمی) θ_s	آهک TNV (%)	کربن الی OC (%)	FC (cm ³ /cm ³)	PWP (cm ³ /cm ³)	B.D. (gr/cm ³)
W ₁	۳۰-۰۰	۴۸	۴	۴۸	۲/۵۵	SiC	۷/۷۵	۵۱/۱	۷/۷	۰/۷۷	۰/۳۵۲	۰/۱۶۱	۱/۳
W ₂	۳۰-۰۰	۵۰	۱۴	۳۶	۲	CL	۷/۹۶	۵۰/۳	۵/۱	۱/۲۵	۰/۳۴۵	۰/۱۶۵	۱/۳
W ₃	۳۰-۰۰	۴۶	۷	۴۷	۱/۱۱۳	SiC	۸/۰۳	۵۰/۵	۴/۸	۱/۳۴	۰/۳۴۶	۰/۱۵۵	۱/۳
W ₄	۳۰-۰۰	۴۰	۱۰	۵۰	۱/۲۵۹	SiC	۸/۰۶	۴۹/۴	۸/۷	۱/۰	۰/۳۲۲	۰/۱۴۰	۱/۳
W ₅ T	۳۰-۰۰	۵۱	۱۸	۳۱	۱/۳۳	C	۸/۱۷	۵۰/۱	۱۰/۱	۱/۰۹	۰/۳۳۲	۰/۱۶۸	۱/۳
W ₅ C	۳۰-۰۰	۴۹	۳۶	۱۵	۱/۳۶	C	۸/۲۴	۵۱/۰	۹/۵	۱/۰۳	۳۳/۲	۱۶/۰	۱/۳
W ₆ C	۳۰-۰۰	۴۹	۳۶	۱۵	۱/۳۶	C	۸/۲۴	۵۱/۰	۹/۵	۱/۰۳	۳۳/۲	۱۶/۰	۱/۳
W ₆ T	۳۰-۰۰	۴۸	۱۰	۴۲	۱/۵۳	SiC	۸/۱۵	۵۰/۴	۱۰/۶	۱/۲۱	۰/۳۶۲	۰/۱۶۰	۱/۳
W ₇	۳۰-۰۰	۴۸	۱۰	۴۲	۰/۸۶	SiC	۸/۲۹	۵۰/۴	۱۶	۱/۴۵	۰/۳۳۲	۰/۱۶۰	۱/۳
W ₈	۳۰-۰۰	۴۴	۲۶	۳۰	۰/۹۱	C	۸/۲۹	۴۸/۹	۱۷/۸	۱/۱۸	۰/۳۲۸	۰/۱۵۱	۱/۳۵
W ₉	۳۰-۰۰	۳۱	۱۴	۵۵	۰/۷۳	SiCL	۷/۶	۴۷	۸/۵	۱/۱۷	۰/۳۲۹	۰/۱۱۶	۱/۳
W ₁₀	۳۰-۰۰	۳۷	۱۲	۵۱	۰/۸۴	C	۷/۵۹	۴۸/۶	۸/۵	۱/۱۹	۰/۳۳	۰/۱۳۲	۱/۳
W ₁₁	۳۰-۰۰	۵۱	۱۸	۳۱	۰/۷۲۲	C	۸/۴۳	۵۰/۱	۵/۶۷	۱/۸۵	۰/۳۴۴	۰/۱۶۸	۱/۳
W ₁₂	۳۰-۰۰	۲۳	۴۶	۳۱	۱/۰۶۷	L	۸/۴۸	۴۴/۱	۵/۱۷	۰/۶۱۲	۰/۲۹۴	۰/۰۹۹	۱/۳
S ₄	۳۰-۰۰	۳۶	۵	۵۹	۱/۰۵۲	SiCL	۸/۰۴	۴۴/۳	۱۱/۱	۰/۹۷	۰/۳۲۴	۰/۱۳۱	۱/۳
S ₅	۳۰-۰۰	۳۲	۷	۶۱	۰/۸۳۵	SiCL	۷/۹۶	۴۸/۳	۹/۲	۱/۰۱	۰/۳۲۱	۰/۱۲۲	۱/۳
S ₆	۳۰-۰۰	۱۸	۳۳	۴۹	۰/۹۴	L	۷/۹۰	۴۱/۶	۱۱/۸	۰/۸۹	۰/۳۱۵	۰/۰۸۳	۱/۳
S ₆	۳۰-۳۰	۱۴	۴۷	۳۹	۰/۹۲	L	۷/۷۷	۴۰/۸	۱۲/۶	۰/۴۴	۰/۲۷۳	۰/۰۷۶	۱/۳
S ₆	۹۰-۶۰	۲۲	۳۰	۴۷	۰/۸۶	L	۷/۸۰	۴۳/۳	۱۳/۴	۰/۳۵	۰/۳۲۵	۰/۰۹۵	۱/۳
S ₇	۳۰-۰۰	۴۲	۸	۵۰	۰/۹۵	SiC	۷/۶۷	۴۹/۹	۱۰/۳	۰/۹۸	۰/۳۲۵	۰/۱۴۵	۱/۳
S ₈	۳۰-۰۰	۴۲	۹	۴۹	۰/۴۳	SiC	۸/۱۴	۴۹/۸	۱۴/۲۵	۱/۲۸	۰/۳۲۵	۰/۱۴۵	۱/۳
S ₉	۳۰-۰۰	۲۸	۲۷	۴۵	۰/۷۶	CL	۷/۹۵	۴۵/۲	۷/۵	۱/۲	۰/۳۰۸	۰/۱۰۸	۱/۳
S ₁₀ T	۳۰-۰۰	۲۵	۲۶	۴۹	۰/۵۴	L	۷/۳۴	۴۷/۰	۱۹/۵	۱/۱	۰/۳۱۱	۰/۱۱۶	۱/۳
S ₁₀ C	۳۰-۰۰	۲۱	۳۱	۴۸	۰/۸	L	۷/۵۶	۴۱/۵	۱۶/۸	۰/۸۲	۰/۳۱۱	۰/۰۸۹	۱/۳۵
S ₁₁	۳۰-۰۰	۳۳	۳۲	۳۵	۰/۳۳	CL	۷/۶۴	۴۱/۵	۱۶/۵	۱/۴۷	۰/۳۱۷	۰/۱۲۰	۱/۳۵
S ₁₂	۳۰-۰۰	۳۵	۳۲	۳۳	۰/۸۷	CL	۸/۳۸	۴۷	۶/۷	۱/۹۸	۰/۳۰۳	۰/۱۲۷	۱/۳
S ₁₃	۳۰-۰۰	۴۶	۲۷	۲۷	۰/۶۴	C	۸/۳۳	۴۹/۱	۵/۷	۱/۸۳	۰/۳۱۸	۰/۱۵۷	۱/۳
S ₁₄	۳۰-۰۰	۳۶	۳۶	۲۸	۰/۶۱	CL	۸	۴۷/۲	۲۰/۵	۱/۲۵	۰/۳۰۴	۰/۱۳۲	۱/۳
S ₁₅	۳۰-۰۰	۲۶	۴۵	۲۹	۰/۶۷	L	۸/۱۹	۴۵/۹	۲۲/۳	۱/۴۷	۰/۳۰	۰/۱۱۶	۱/۳
S ₁₅	۳۰-۳۰	۲۵	۵۱	۲۴	۰/۷۳	SCL	۸/۳۳	۴۵/۲	۲۰/۸	۰/۹۲	۰/۳۰	۰/۱۰۷	۱/۳
S ₁₅	۹۰-۶۰	۲۰	۵۳	۲۷	۱/۰۷	SL-SCL	۸/۳۶	۴۳/۹	۱۸/۳	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۰۹۴	۱/۳
S ₁₆	۳۰-۰۰	۳۰	۲۶	۴۴	۰/۷۸	CL	۷/۶۷	۴۵/۸	۱۸/۳	۱/۴۰	۰/۲۹۴	۰/۱۱۳	۱/۳
S ₁₆	۳۰-۳۰	۴۰	۲۹	۳۱	۰/۸۱	C-CL	۷/۸۳	۴۸/۱	۲۰/۸	۰/۹۶	۰/۳۰۵	۰/۱۴۱	۱/۳
S ₁₆	۹۰-۶۰	۴۶	۲۷	۲۷	۰/۸۱	C	۷/۸۴	۴۹/۱	۲۴/۸	۰/۷۰	۰/۳۱۸	۰/۱۵۸	۱/۳
S ₁₇	۳۰-۰۰	۳۶	۳۶	۲۸	۰/۶۱	CL	۸	۴۷/۲	۲۰/۵	۱/۲۵	۰/۳۱۴	۰/۱۳۲	۱/۳
S ₁₈ C	۳۰-۰۰	۱۲	۴۴	۴۴	۱/۲۲	SiCl	۷/۷۸	۳۸/۹	۲۰/۹۸	۱/۱	۰/۳۲۲	۰/۰۷۰	۱/۳۴
S ₁₈ T	۳۰-۰۰	۴۴	۱۲	۴۴	۱/۲۲	SiCl	۷/۷۸	۴۹/۸	۳۲/۱۲	۱/۱	۰/۳۲۵	۰/۱۴۹	۱/۳
S ₁₉ C	۳۰-۰۰	۴۰	۱۴	۴۶	۱/۲۲	SiCl	۸/۲۵	۵۰/۴	۲۴/۳۸	۰/۹۵	۰/۳۲۴	۰/۱۴۱	۱/۲۵
S ₁₉ T	۳۰-۰۰	۴۴	۱۲	۴۴	۰/۹۸	SiC	۸/۳	۵۱/۲	۲۷/۱۳	۰/۸۵	۰/۳۳۱	۰/۱۵۲	۱/۲۵
S ₂₀ C	۳۰-۰۰	۳۸	۱۲	۵۰	۰/۵۸	SiCl	۷/۸۱	۵۰/۰	۲۰/۷۵	۱/۱	۰/۳۳۱	۰/۱۲۴	۱/۳۰
S ₂₀ T	۳۰-۰۰	۱۸	۴۶	۳۶	۰/۸۵	L	۸/۱۳	۴۱/۲	۱۸/۵	۱/۱	۰/۳۱۱	۰/۰۸۵	۱/۳۵

جدول ۲۱- تقویم زراعی و آزمون کودی خاک در مزارع پاییزه آذربایجان غربی

کد مزرعه	مساحت ha	الگو کشت	نوع واریته	بذر مصرفی kg/ha	تاریخ کاشت	تاریخ برداشت	مقدار N %	مقدار P ppm	مقدار K ppm	نیاز N kg/ha	نیاز P kg/ha	نیاز K kg/ha
W ₁	۷	گندم	پیشگام	۲۳۰	۹۷/۸/۱۰	۹۸/۴/۱۷	۰/۰۷	۱۰/۳	۴۰۷	۳۲۵	۱۰۰	۰
W ₂	۳	گندم	میمن	۲۳۰	۹۷/۸/۱۱	۹۸/۴/۱۷	۰/۱۱	۷/۷	۵۳۰	۲۵۰	۱۲۵	۰
W ₃	۱/۳	گندم	پیشگام	۲۳۰	۹۷/۸/۱۰	۹۸/۴/۳۰	۰/۱۱	۹/۲	۴۸۸	۲۵۰	۱۲۵	۰
W ₄	۲/۳	گندم	پیشگام	۲۲۰	۹۷/۸/۱۰	۹۸/۵/۳	۰/۰۹	۸/۶	۴۸۸	۲۵۰	۱۲۵	۰
W ₅ T	۰/۸	گندم	میمن	۲۲۰	۹۷/۸/۵	۹۸/۴/۲۵	۰/۱۱	۸/۶۱	۲۷۳/۲	۲۰۰	۲۵۰	۰
W ₅ C	۰/۶۵	گندم	میمن	۲۲۰	۹۷/۸/۱	۹۸/۴/۱۸	۰/۱	۹/۰۷	۲۷۸/۲	۲۵۰	۲۴۰	۰
W ₆ C	۰/۶۵	گندم	میمن	۲۲۰	۹۷/۸/۱	۹۸/۴/۱۸	۰/۱	۹/۰۷	۲۷۸/۲	۲۵۰	۲۴۰	۰
W ₆ T	۰/۳۰	گندم	میمن	۲۲۰	۹۷/۸/۶	۹۸/۴/۱۰	۰/۱۲	۹/۴۵	۲۱۸/۵	۱۵۰	۲۴۰	۰
W ₇	۳/۵۹	گندم	پیشگام	۲۲۰	۹۷/۷/۳۰	۹۸/۴/۲۳	۰/۱۴	۱۵/۶۷	۶۰۵	۱۷۰	۰	۰
W ₈	۳/۹	گندم	پیشگام	۲۲۰	۹۷/۸/۱	۹۸/۴/۲۲	۰/۱۲	۱۳/۹۵	۴۷۲	۲۰۰	۵۰	۰
W ₉	۲/۸۵	گندم	میمن	۲۲۰	۹۷/۷/۲۴	۹۸/۵/۱	۰/۱	۷/۰۴	۳۳۵	۲۶۰	۲۱۵	۵۰
W ₁₀	۲/۶۳	گندم	میمن	۲۲۰	۹۷/۷/۲۵	۹۸/۵/۱	۰/۱	۹/۷۴	۴۳۳	۲۶۰	۲۵۰	۲۰
W ₁₁	۶/۶۴	گندم	پیشگام	۲۲۰	۹۷/۷/۲۷	۹۸/۴/۱۹	۰/۱۸	۲/۹۵	۲۱۶	۳۰۰	۲۶۰	۱۴۰
W ₁₂	۰/۹۵	گندم	میمن	۱۹۰	۹۷/۸/۹	۹۸/۴/۲۸	۰/۰۶	۱۰/۶۸	۴۴۰	۳۷۰	۱۸۰	۱۷۰
S ₄	۱/۳	چغندر قند	ایزابل-بومرنگ	۱/۸ واحد*	۹۸/۲/۷	۹۸/۸/۱۰	۰/۰۸	۱۶/۹	۲۷۹	۱۰۰	۱۶۰	۱۳۰
S ₅	۰/۶	چغندر قند	بومرنگ	۱/۷ واحد*	۹۸/۲/۷	۹۸/۸/۱۰	۰/۰۸	۱۱/۷	۲۵۳	۲۵	۶۰	۴۰
S ₆	۰/۱۰۰/۵	هلو	زعفرانی	۱	**	۹۸/۵/۱۵	۰/۰۹	۲/۷۸	۱۳۸/۹	۰/۵	۰/۵	۱/۰
S ₇	۰/۲۴۰/۸۰	چغندر قند	دورتا	۱ واحد*	۹۸/۱/۲۶	۹۸/۸/۲	۰/۱۰	۱۶/۸۱	۶۳۱/۵	۳۵۰	۰	۰
S ₈	۲/۳۵	چغندر قند	دورتی	۱ واحد*	۹۸/۱/۲۵	۹۸/۷/۲۰	۰/۱۳	۱۴/۷۱	۴۸۹	۳۳۰	۴۰	۰
S ₉	۱/۷	ذرت	KSC-703	۴۳	۹۸/۲/۱۶	۹۸/۶/۵	۰/۱۲	۱۳/۲	۱۶۲	۲۷۰	۵۰	۱۲۵
S ₁₀ T	۲/۲	ذرت	Bc678 کرواسی	۴۳	۹۸/۲/۱۶	۹۸/۶/۵	۰/۱۲	۱۳/۲۳	۵۵۸	۳۰۰	۱۲۰	۲۰
S ₁₀ C	۴/۰	ذرت	۷۰۴ مغان	۲۵	۹۸/۳/۱۲	۹۸/۶/۵	۰/۰۸	۳۶/۷۴	۴۳۱	۴۰۰	۰	۲۰
S ₁₁	۰/۹	ذرت	Bc678 کرواسی	۶	۹۸/۳/۲۶	۹۸/۶/۱۵	-	۱۶/۰۹	۴۰۵	۳۵۰	۲۰	۲۰
S ₁₂	۱/۱	کدو	گوشتی	۸	۹۸/۲/۱	۹۸/۷/۲	۰/۲	۱۷/۱۸	۳۵۱	۲۴۰	۰	۰
S ₁₃	۲/۱۱	چغندر قند	سیمینا	۱/۵	۹۸/۱/۲۱	۹۸/۷/۱۱	۰/۲	۵/۸	۳۸۲	۳۰۰	۲۸۰	۰
S ₁₄	۰/۴	کدو	آجیلی	۲۲۰	۹۸/۱/۲۸	۹۸/۶/۱۵	۰/۱۳	۷/۳۴	۳۰۱	۱۵۰	۱۰۰	۰
S ₁₅	۰/۲۳	آلو	کالیفرنیا	**	**	۹۸/۶/۱۳	۰/۱۵	۱۶/۶۴	۲۱۹	۰	۰/۴	۰/۴
S ₁₆	۰/۴	هسته‌دار	۳×۳	۳	**	۹۸/۶/۱	۰/۱	۲۱/۷۲	۳۷۲	۰	۰	۰
S ₁₇	۰/۳	کدو	آجیلی	۲۲۰	۹۸/۱/۲۱	۹۸/۶/۱۵	۰/۱۳	۷/۳۴	۳۰۱	۱۵۰	۱۰۰	۰
S ₁₈ C	۰/۶۴	آفتابگردان	قلمی	۵	۹۸/۳/۱۸	۹۸/۶/۳۰	۰/۱۱	۳۰/۴۳	۴۵۶/۴	۲۱۰	۰	۰
S ₁₈ T	۰/۶۴	آفتابگردان	قلمی	۹/۱	۹۸/۴/۳	۹۸/۶/۲۸	۰/۱۱	۳۰/۴۳	۴۵۶/۷	۲۱۰	۱۸۰	۱۵۰
S ₁₉ C	۰/۶۴	ذرت	۷۰۴	۱۹/۲۳	۹۸/۳/۱۰	۹۸/۶/۲۹	۰/۱۱	۳۲/۷۴	۶۳۷/۴	۲۲۰	۰	۰
S ₁₉ T	۰/۵۰۵	ذرت	سبگل کراس	۱۵/۱۵	۹۸/۳/۱۵	۹۸/۶/۲۸	۰/۱	۶/۷	۱۹۷/۷	۲۴۰	۱۸۰	۱۵۰
S ₂₀ C	۰/۴	گوجه‌فرنگی	رد استون	***	۹۸/۳/۱۱	۹۸/۶/۲۵	۰/۱۲	۱۲/۹	۵۳۵/۳	۳۰۰	۵۰	۰
S ₂₀ T	۱/۳	گوجه‌فرنگی	رد استون	***	۹۸/۳/۱۰	۹۸/۶/۲۸	۰/۱۳	۱۹/۴۶	۳۲۹/۷	۲۶۸	۱۰۰	۱۰۰

* منظور از واحد در جدول: هر واحد شامل ۱۰۰۰۰۰ بذر است. در هر هکتار چغندر قند حدود ۲ واحد معادل ۲۰۰۰۰۰ بذر کشت می‌شود که از این تعداد حدود ۱۵۴۰۰۰ بذر جوانه می‌زند به عبارتی تراکم بوته در متر مربع ۱۵/۴ بوته می‌باشد. هر واحد حدود یک کیلوگرم است.

** این پارامتر در باغات مورد نیست.

*** تراکم کشت گوجه‌فرنگی در مزرعه S20 مطابق اطلاعات ارسالی شرکت مربوطه ۲/۲ بوته در متر مربع است.

- امکان اندازه‌گیری این پارامتر در آزمایشگاه نبود.

جدول ۲۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در مزارع منتخب آذربایجان شرقی

نام کشاورز	عمق (cm)	رس Clay	شن Sand	سیلت Silt	شوری EC(ds/m)	بافت texture	اسیدیته pH	کربن آلی OC (%)	آهک TNV (%)	مقدار N %	مقدار P ppm	مقدار K ppm
مریم آسیایی	۳۰-۰	۱۶	۵۶	۲۸	۱۱/۷	SL	۷/۵۶	۰/۶۶	۴/۲۵	۰/۰۶	۱۳/۳	۲۷۲
قوچعلی راشدی	۳۰-۰	۴۲	۲۴	۳۴	۵/۹۵	CL	۷/۵	۰/۸۴	۱۴	۰/۰۸	۱۰/۵	۳۹۲
محمد نصیری	۳۰-۰	۱۸	۴۴	۳۸	۰/۹۱	L	۷/۹۳	۰/۷۶	۵/۷۵	۰/۰۷	۱۱/۳	۱۸۰
محمد نصیری	۳۰-۳۰	۲۴	۴۲	۳۴	۱/۵۷	L	۷/۹۱	۰/۳۸	۶/۵۰	۰/۰۴	۴/۹	۱۲۰
محمد نصیری	۹۰-۶۰	۲۶	۳۲	۴۲	۲/۲۱	L	۷/۸۸	*	۵/۷۵	*	*	*
محمد نصیری	۱۲۰-۹۰	۲۶	۴۰	۳۴	۳/۳۵	L	۷/۹۲	*	۴/۵۰	*	*	*
علی سلیمی	۳۰-۰	۲۲	۵۴	۲۴	۱/۳۷	SCL	۷/۸۵	۰/۶	۸/۰۰	۰/۰۶	۲/۴	۲۴۵
مصطفی اصغرزاده	۳۰-۰	۱۰	۷۶	۱۴	۱/۰۵	SL	۷/۸	۰/۶۴	۲/۷۵	۰/۰۶	۲۱/۴	۲۹۵
محرم زینال‌نژاد	۳۰-۰	۲۲	۵۲	۲۶	۱/۰۲	SL	۷/۹۴	۱/۲۵	۴/۷۵	۰/۱۲	۴۲/۶	۹۲۰
علی کربلای فرجی	۳۰-۰	۱۶	۶۲	۲۲	۱/۹۵	SL	۷/۹۴	۱/۰۱	۶/۷۵	۰/۱۰	۳۱/۲	۲۴۷
علی کربلای فرجی	۳۰-۳۰	۱۸	۵۸	۲۴	۴/۷۱	SL	۷/۶۳	۰/۴۴	۸/۷۵	۰/۰۴	۱۱/۸	۲۱۰
علی کربلای فرجی	۹۰-۶۰	۲۰	۵۶	۲۴	۴/۲۵	SL	۷/۶	*	۹/۵	*	*	*
حاج حسین پور	۳۰-۰	۲۲	۵۰	۲۸	۱/۴۷	L	۷/۹	۰/۹۹	۶/۲۵	۰/۱	۸/۸	۳۲۹
حاج حسین پور	۳۰-۳۰	۳۴	۳۶	۳۰	۳/۱۵	CL	۷/۷۱	۰/۴۸	۶	۰/۰۵	۴/۱	۲۱۰
حاج حسین پور	۹۰-۶۰	۴۰	۳۰	۳۰	۶/۵	CL	۷/۶۵	*	۴/۷۵	*	*	*
پرویز عارفی	۳۰-۰	۱۳	۵۰	۳۷	۳/۱۴	L	۸/۲	۰/۸۲	۵/۵	**	۱۱	۱۸۳
سهراب جمشیدی	۳۰-۰	۵	۳۸/۴	۵۶/۶	۳/۰۵	SiL	۷/۸۴	۰/۹۷	۱۳/۲۵	**	۱۵/۳۴	۱۷۰
محمد شهبازی	۳۰-۰	۱۵	۳۸/۴	۴۶/۶	۲/۳۹	L	۷/۹۵	۰/۸۹	۲/۷۵	**	۱۲/۶۹	۱۷۲
غلامرضا سالمی	۳۰-۰	۱۵	۴۲	۳۴	۰/۷۷	L	۷/۹۹	۰/۹	۸/۵	**	۳۲/۲۰	۸۴۶
داریوش میرابی	۳۰-۰	۳۵	۲۶	۳۹	۱/۳۵	CL	۷/۷۵	۰/۵۱	۶	**	۲۵/۵۰	۳۳۹
احمد ولی‌زاده	۳۰-۰	۲۵	۴۵	۳۰	۰/۶۶	L	۸/۱۵	۰/۹۳	۱۴/۵	۰/۰۸	۱۳/۰۷	۲۱۸
توحید زینال‌زاده	۳۰-۰	۴/۸۴	۶۱/۷۴	۳۵/۴۲	۲/۲۹	SL	۷/۹۶	۰/۷۸	۲۵	۰/۰۶۷	۳۵/۹	۳۴۲
اسماعیل غلامی	۳۰-۰	۱۹	۵۱/۰۶	۲۹/۹۴	۱/۰۱۸	CL	۷/۷۵	۰/۴۶	۷/۵	**	۱۳/۹	۳۴۰
اسماعیل غلامی	۳۰-۳۰	۱۷	۵۱/۰۶	۳۱/۹۴	۱/۲۶۹	CL	۷/۸۴	۰/۳۱	۱۶	*	۲۶/۷۳	۲۹۶
اسماعیل غلامی	۹۰-۶۰	۱۵	۵۹/۰۶	۲۵/۹۴	۱/۰۶۵	CL	۷/۹۴	۰/۲۷	۱۴/۵	*	*	*
شهبازی	۳۰-۰	۵/۶	۶۸/۲	۲۶/۲	۱/۶۵۱	SL	۷/۶۷	۰/۳۵	۷/۵	۰/۰۲۳	۱۰/۵	۲۱۰/۶
یونس حنیفی ۱	۳۰-۰	۲۸/۷۶	۳۵/۴	۳۵/۸۴	۰/۵۷	CL	۷/۸۹	۰/۷۰	۱۲	**	۴/۰۶۰	۴۰۰
یونس حنیفی ۲	۳۰-۰	۲۶/۷۶	۳۹/۴	۳۳/۸۴	۰/۳۷۷	L	۸/۲	۰/۱۹	۱۱	**	۵/۹۴۴	۴۰۰
منافی	۳۰-۰	۳۰	۳۲	۳۸	۱/۵۶	CL	۸/۵	۰/۹۴	۹/۷۵	۰/۰۹	۲۶/۴	۸۲۷
سیروس فضل	۳۰-۰	۲۱/۵۶	۵۰/۷۲	۲۷/۷۲	۲/۲	SCL	۷/۶۹	۰/۳۷	۱۵/۵	۰/۰۳۲	۳۸/۰۵	۲۸۸
سجاد روحی	۳۰-۰	۶/۲۸	۶۷/۹۶	۲۵/۷۶	۲/۳۲	SL	۷/۷۴	۰/۵۱	۹/۵	۰/۲۶	۳۵/۴	۱۵۸
شجاعی	۳۰-۰	۴/۴	۸۷/۴	۸/۲	۱/۲۳۵	S	۷/۷۴	۰/۷۴	۱۳	۰/۰۶۴	۶/۱۸	۲۱۲

*نیاز به اندازه‌گیری پارامتر در این عمق نمی‌باشد.

** امکان اندازه‌گیری این پارامتر در آزمایشگاه نبوده است.

۳-۴-۴- مساحی و نقشه‌برداری از مزارع

مساحت و ابعاد مزارع و قطعات آبیاری تحت آزمایش با استفاده از دوربین نقشه‌برداری در هر یک از مزارع

تعیین گردید. نمونه‌ای از نقشه‌برداری مزارع در شکل ۴۱ ارائه شده است.



شکل ۴۱- نقشه‌برداری و تعیین ابعاد، شیب و توپوگرافی در مزارع

۳-۵- محاسبه بازده کاربرد و بهره‌وری آب کشاورزی در مزارع تحت پایش

۳-۵-۱- محاسبه بازده کاربرد

یکی از فاکتورهای مهم جهت قضاوت در عملکرد سیستم آبیاری یا نحوه مدیریت آن، بازده کاربرد آب می‌باشد. مشخص است که به تنهایی پارامتر بازده کاربرد، جهت بررسی عملکرد آبیاری کافی نبوده و به سایر پارامترها ازجمله: مناسب بودن هر آبیاری به مقدار آب ذخیره‌شده در ناحیه توسعه ریشه، تلفات نفوذ عمقی در زیر ناحیه ریشه، تلفات ناشی از رواناب سطحی، یکنواختی توزیع و کمبود یا کم‌آبیاری در نیمرخ خاک در هر آبیاری بستگی دارد. بازده کاربرد بیانگر تلفات در مزرعه به‌صورت نفوذ عمقی و رواناب انتهای مزرعه بوده و در هر نوبت آبیاری، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$AE = \frac{D_z}{D_{app}} \times 100 \quad (2)$$

که در آن AE بازده کاربرد آب (%)، D_z متوسط عمق آب ذخیره‌شده در ناحیه توسعه ریشه (mm) و D_p متوسط عمق آب وارد شده به قطعه تحت آبیاری (mm) بوده که برابر با حجم جریان ورودی به قطعه تحت آبیاری (lit) تقسیم بر مساحت قطعه (m^2) می‌باشد. با توجه به انتها بسته بودن نوارها، رواناب از انتهای هیچ‌کدام از مزارع وجود نداشت و در نتیجه درصد تلفات نفوذ عمقی از رابطه (۳) محاسبه گردید:

$$DP = 100 - AE \quad (3)$$

کفایت آبیاری یا بازده ذخیره آب (AD)، از رابطه (۴) برآورد شد.

$$AD = \frac{D_z}{SMD} \times 100 \quad (4)$$

که در آن SMD عمق آب موردنیاز منطقه ریشه (mm) می‌باشد. در رابطه (۲) اگر D_{app} از SMD کمتر باشد، D_z بر D_{app} خواد بود، در غیر این صورت برابر SMD می‌باشد. در رابطه (۴)، اگر D_{app} از SMD بزرگتر باشد، کفایت برابر ۱۰۰ درصد بوده و اگر از SMD کمتر باشد، D_z برابر D_{app} می‌باشد. MD از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

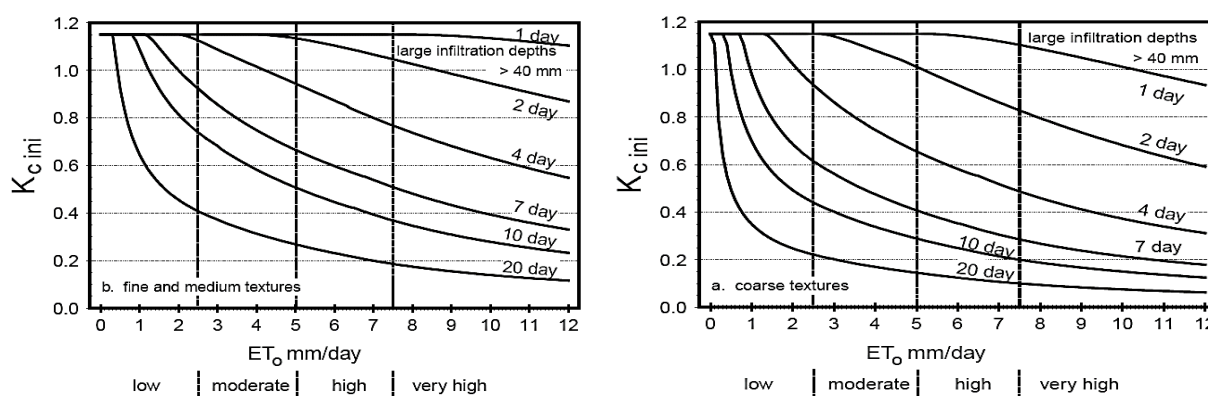
$$SMD = (\theta_{fc} - \theta_i) \times \rho_b \times D_r \quad (5)$$

که در آن θ_{fc} و θ_i به ترتیب رطوبت خاک قبل از آبیاری و حد ظرفیت زراعی (gr gr^{-1})، ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک (gr cm^{-3}) و D_r سعه ریشه (mm) می‌باشند. در هر یک از مزارع و نوبت‌های آبیاری، رطوبت خاک به روش وزنی و حداقل در سه نقطه از نوار (ابتدا، وسط و انتها) و در عمق توسعه ریشه گیاه اندازه‌گیری شد. برای آبیاری اول (خاک‌آب) که هنوز ریشه‌ای برای گیاه وجود ندارد ($D_r = 0$)، این صورت میزان آب مصرفی در آبیاری اول (خاک‌آب) از حاصل ضرب K_{cini} مربوط به مرحله اولیه رشد در تبخیر تعرق پتانسیل محاسبه شده به روش فائو پنمن - مانیتث تعیین می‌گردد. برای محاسبه تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع، از نرم‌افزار Aquacrop استفاده شد.

$$ET_c = K_{cini} \times ET_o \quad (6)$$

در معادله فوق، ET_c تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه (میلی‌متر در روز)، K_c ضریب گیاهی (بدون بعد) و ET_o تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر در روز) است. مطابق توصیه آلن و همکاران (۱۹۹۸)، ضریب گیاهی مرحله اولیه رشد (K_{cini}) ارائه شده در جداول نشریه فائو ۵۶، بایستی بر اساس شرایط اقلیمی، بافت خاک، عمق آبیاری و فرکانس آبیاری، اصلاح گردد. مطابق نشریه فائو ۵۶، برای خاک‌هایی که ارتفاع آب آبیاری در آنها از ۴۰ میلی‌متر بیشتر باشد، ضریب گیاهی مرحله اولیه رشد از گراف شکل ۴۲ اصلاح و محاسبه می‌گردد.

مطابق توصیه سند ملی آب کشور، مقدار بهینه عمق خالص آبیاری در خاک‌آب ۳۰ تا ۵۰ میلی‌متر پیشنهاد شده است. براین اساس روش دیگر برای محاسبه راندمان آبیاری اول، فرض ۳۰ تا ۵۰ میلی‌متر به‌عنوان عمق خالص می‌باشد. در این طرح، محاسبه راندمان کاربرد در آبیاری اول بر اساس توصیه سند ملی آب کشور و بر مبنای ۵۰ میلی‌متر عمق خالص موردنیاز آبیاری اول (خاک‌آب)، انجام شد.



شکل ۴۲- متوسط ضریب K_{cini} با توجه به مقدار ET و دور آبیاری در مرحله رشد اولیه برای خاک‌های با بافت درشت

(a) و متوسط و ریز (b) که ارتفاع آب آبیاری در آنها ۴۰ میلی‌متر یا بیشتر صورت گیرد

۳-۵-۲- محاسبه بازده بهره‌وری آب کشاورزی

اصطلاح بهره‌وری آب کشاورزی^۱، به مقدار عملکرد یا ارزش عملکرد گفته می‌شود که به‌ازای واحد حجم آب آبیاری به دست می‌آید (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲). بهره‌وری آب به صورت‌های مختلفی ارائه شده است که در زیر تعاریف و روابط مختلف آن ارائه شده‌اند:

$$WP_T = \frac{Y(kg\ ha^{-1})}{T(m^3\ ha^{-1})} \quad (۷)$$

که در آن پارامترهای WP_T ، Y و T به ترتیب بهره‌وری تعرق، وزن خشک اندام هوایی گیاه (یا مقدار محصول قابل‌عرضه به بازار) و مقدار تعرق در طول فصل زراعی می‌باشد (Kijne et al, 2003). واحد WP_T کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. با توجه به مشکل بودن جداسازی تعرق از تبخیر، به‌جای WP_T از WP_{ET} استفاده می‌گردد که در این صورت بهره‌وری آب آبیاری به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$WP_{ET} = \frac{Y(kg\ ha^{-1})}{ET(m^3\ ha^{-1})} \quad (۸)$$

که در آن WP_{ET} و ET به ترتیب بهره‌وری تبخیر و تعرق و مقدار تبخیر و تعرق طی فصل زراعی می‌باشد (Kijne et al, 2003). اگر مقدار آبیاری و بارش به‌عنوان آب مورد استفاده گیاه در نظر گرفته شود، بهره‌وری آب آبیاری با WP_{I+P} نشان داده شده و به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$WP_{I+P} = \frac{Y(kg\ ha^{-1})}{[I + P](m^3\ ha^{-1})} \quad (۹)$$

که I و P مقدار آبیاری و بارندگی در طول فصل زراعی می‌باشند. در شرایطی که میزان بارش اندک است WP_{I+P} به WP_I تبدیل می‌شود. با توجه به اهمیت اقتصادی تولیدات کشاورزی، صورت کسر معادلات فوق به‌صورت ارزش عملکرد محصول تعریف می‌شود که در این صورت می‌توان بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری (WP_E) را به‌صورت رابطه زیر تعریف کرد (Kijne et al, 2003).

$$WP_E = \frac{Y(\$kg^{-1} \times kg\ ha^{-1})}{[I + P](m^3\ ha^{-1})} \quad (۱۰)$$

که در آن \$ ارزش ریالی فروش محصول می‌باشد. اگر در صورت کسر هزینه‌های تولید در نظر گرفته شود، سود خالص به‌ازای واحد آب آبیاری به دست می‌آید. در این تحقیق برای محاسبه بهره‌وری آب، رابطه WP_{I+P} بکار گرفته خواهد شد، زیرا در منطقه مورد مطالعه، بارش به‌عنوان یکی از منابع آب آبیاری محسوب می‌گردد. در این طرح شاخص‌های WP_{ET} و WP_{I+P} جهت ارزیابی و اثربخشی گزینه‌ها و تکنیک‌های آبیاری، مورد نظر می‌باشند.

¹ - Agricultural Water Productivity

۳-۵-۳- ارزیابی سیستم‌های آبیاری بارانی

مطالعه ارزیابی یک سیستم آبیاری از آن جهت ضروری است که برای مدیریت مشخص می‌سازد که سیستم اجرا شده کنونی از چه بازدهی برخوردار است تا بتوان با اعمال یک مدیریت صحیح، راندمان کاربرد واقعی سیستم را به حداکثر مقدار ممکن نزدیک کرد. در آبیاری بارانی هدف این است که آب به‌طور یکنواخت در سطح مزرعه پخش شود تا از اتلاف آب جلوگیری به عمل آید. به علت آن که تمام آبپاش‌ها یکسان نیستند و طرز پخش آب بستگی به خصوصیات هر آبپاش و فشار آن دارد، بهتر است ضریب یکنواختی در مزرعه اندازه‌گیری گردد (رحیم‌زادگان، ۱۳۷۶). لذا در این تحقیق برای ارزیابی سیستم آبیاری بارانی از شاخص‌های CU (ضریب یکنواختی کریستیان سن)، DU (یکنواختی ربع پایین)، EU (راندمان یکنواختی)، AELQ (راندمان کاربرد ربع پایین)^۱ و PELQ (راندمان پتانسیل ربع پایین) استفاده شده است. قابل ذکر است در این تحقیق عمدتاً از سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک استفاده گردیده است.

۱- یکنواختی توزیع آب^۲ (DU)

یکنواختی توزیع (DU)، معیاری برای بیان یکنواختی پخش آب بوده و یکنواختی نفوذ در کل مزرعه را نشان می‌دهد. عامل یکنواختی آب توزیع شده برای گیاه و خاک مهم می‌باشد. مقادیر کم DU در صورتی که تمام مزرعه به مقدار کافی آبیاری گردد، بیانگر تلفات آب در اثر نفوذ عمقی است (بیش آبیاری). مقدار DU بر اساس میانگین عمق (حجم) آب و میانگین $\frac{1}{4}$ کمترین داده‌ها به صورت رابطه ۱۱ به دست می‌آید.

$$DU = \frac{D_{lq}}{D_m} \quad (11)$$

D_{lq} میانگین ربع پایین نمونه‌ها بر حسب ارتفاع یا حجم و D_m میانگین کل آب جمع شده در قوطی‌ها بر حسب ارتفاع یا حجم.

۲- ضریب یکنواختی کریستیانسن^۳ (CU)

پارامتر دیگری که به‌طور گسترده برای ارزیابی یکنواختی پخش استفاده می‌گردد، ضریب یکنواختی بوده که در سال ۱۹۴۲ توسط کریستیانسن توسعه یافته و به صورت رابطه ۱۲ تعریف می‌گردد:

$$CU = \left(1 - \frac{\sum |x_i - \bar{x}|}{n\bar{x}} \right) \times 100 \quad (12)$$

^۱ راندمان کاربرد ربع پایین AELQ: Application Efficiency of low quarter

جهت محاسبه راندمان کاربرد ربع پایین، بایستی ابتدا مقادیر عمق آب جمع شده در قوطی‌های آزمایش یکنواختی را به صورت نزولی مرتب نموده و سپس متوسط یک‌چهارم کمترین داده‌ها (عمق آب جمع شده در قوطی‌ها) را بر متوسط کلی داده‌ها تقسیم نمود.

^۲ Distribution Uniformity

^۳ Coefficient Uniformity

که در آن: CU ضریب یکنواختی کریستیانسن (درصد)، X_i مقادیر آب جمع‌شده در قوطی برحسب ارتفاع یا حجم آب و n تعداد کل قوطی‌ها.

داده‌های آزمایش برای $CU > 70\%$ معمولاً تشکیل توزیع نرمال می‌دهد و تقریباً پیرامون متوسط، قرینه است. بنابراین CU را از رابطه ۱۳ نیز می‌توان تخمین زد:

$$CU = \frac{D_h}{D_m} \quad (13)$$

که در آن: D_h متوسط نصف پائین مقادیر آب جمع‌شده در قوطی‌ها برحسب ارتفاع یا حجم و D_m میانگین کل آب جمع‌شده در قوطی‌ها برحسب ارتفاع یا حجم می‌باشد.

رابطه تقریبی بین CU و DU به شرح زیر می‌باشد:

$$CU \approx 100 - 0.63(100 - DU) \quad (14)$$

۳- بازده کاربرد ربع پائین (AEQ^1)

بازده کاربرد ربع پائین نشان‌دهنده این است که یک سیستم آبیاری در مزرعه تا چه اندازه خوب کار می‌کند و اغلب برای ارزیابی عملکرد یک سیستم آبیاری در مزرعه موردنیاز می‌باشد. این شاخص از رابطه ۱۵ محاسبه می‌گردد:

$$AEQ = \frac{D_{lq}}{D_m} \quad (15)$$

D_{lq} میانگین ربع پائین آب ذخیره‌شده در خاک بوده در صورتی که کمتر از SMD باشد. D_m میانگین عمق آب کاربردی (عمق آب پخش‌شده از آبپاش) و مقدار AEQ اشاره به مشکل مدیریت و طرز کاربرد سیستم دارد.

۴- بازده پتانسیل ربع پائین (PEQ^2)

بازده پتانسیل ربع پائین اشاره به عملکرد سیستمی داشته که مدیریت آن نسبتاً خوب بوده و تحت آبیاری مناسب قرار گیرد. این شاخص از رابطه ۱۶ محاسبه می‌گردد:

$$PEQ = \frac{D_{lq}}{D_m} \quad (16)$$

که در آن: D_{lq} میانگین ربع پائین آب ذخیره‌شده در خاک در صورتی که کمتر از MAD باشد. PEQ مقدار دقیق AEQ در کل زمین زراعی است، زمانی که میانگین ربع پائین عمق آب نفوذ یافته در خاک برابر SMD باشد. پائین بودن مقدار PEQ معمولاً در ارتباط با طراحی ناقص سیستم می‌باشد.

^۱- Application Efficiency of Low Quarter

^۲ - Potential Efficiency of Low Quarter

۵- تلفات تبخیر و بادبردگی

در روش‌های آبیاری بارانی، علاوه بر راندمان، یکنواختی توزیع و تلفات تبخیر و بادبردگی نیز حائز اهمیت است. منظور از بادبردگی حالتی است که قطرات ریز آب از سطح موردنظر خارج می‌شود. در صورتی که اگر مزرعه بزرگ باشد عملاً در این حالت قطرات آب تلفات محسوب نمی‌شوند. فرآیند تبخیر در آبیاری بارانی پیچیده‌تر از اثر باد می‌باشد. زمانی که مقداری از آب خارج‌شده از آبپاش قبل از رسیدن به سطح زمین تبخیر می‌شود باعث افزایش رطوبت در سطح مزرعه شده که خود باعث کاهش تبخیر می‌گردد؛ اما اگر هوای مرطوب ایجادشده توسط باد از سطح مزرعه خارج شود و هوای خشک جایگزین آن گردد، عمل تبخیر مجدداً ادامه خواهد یافت. محاسبه تلفات تبخیر و بادبردگی برابر اختلاف مقدار آب خارج‌شده از آبپاش‌ها و مقدار آب رسیده به سطح زمین (مقادیر آب جمع‌شده در قوطی‌ها) می‌باشد که اگر به صورت درصد بیان گردد به صورت رابطه ۱۷ خواهد بود:

$$D_1 = \frac{V_{out} - V_{gath}}{V_{out}} \times 100 \quad (17)$$

که در آن V_{out} حجم آب خروجی از نازل‌ها و V_{gath} حجم آب جمع‌شده در قوطی‌ها می‌باشد.

۳-۵-۴- آزمایش یکنواختی

همان‌طور که قبلاً ذکر گردید در این تحقیق از روش آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک استفاده شده است. به منظور انجام آزمایش یکنواختی در این روش در ابتدا محل انجام آزمایشات به گونه‌ای انتخاب شد که با توجه به توپوگرافی زمین، فشار متوسط سیستم آبیاری بارانی در آن محل رخ داده باشد. پس از آن، مساحت بین دو لوله فرعی مجاور که تحت پوشش چند آبپاش موردنظر (تعداد آبپاش در مزارع مختلف، متفاوت بود) قرار داشت با استفاده از متر نواری و میخ‌های چوبی به فواصل ۳×۳ متر شبکه‌بندی شد. پس از آن قوطی‌های جمع‌آوری آب که دارای شکل و اندازه یکسانی بودند در تمام نقاط شبکه قرار داده شد. سپس با شروع کار آبپاش و گذشت حدود یک ساعت از آغاز آزمایش، آب داخل قوطی‌ها با استفاده از استوانه مدرج اندازه‌گیری شد (فاریابی و قربانی، ۱۳۹۴).

فصل چهارم

اثر بخشی تکنیک‌های به‌زراعی و به‌نژادی در پایلوت- های آذربایجان غربی

۴-۱- نتایج پایش و مدیریت آبیاری در مزارع پایش اصلی، کشت پاییزه (گندم)

۴-۱-۱- مزرعه شماره W_1 (پایش اصلی پاییزه)

در این مزرعه آبیاری اول (خاک‌آب) شاهد و تیمار در تاریخ ۹۷/۸/۱۲ انجام شد و کلیه پارامترها جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. در این مزرعه تکنیک مدیریت زمان آبیاری بارانی در نظر گرفته شد. مشخصات بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_1 در جدول ۲۳ ارائه شده است. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه W_1 در جدول ۲۴ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۲۴، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد ۵۴/۸ میلی‌متر بوده و دلیل این امر، به‌کارگیری مدت آبیاری یکسان توسط کشاورز در بخش شاهد می‌باشد. آبیاری دوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۲/۲۲ انجام شد. مطابق جدول ۲۴، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۳۴/۲ و ۶۱/۶ میلی‌متر بوده که اعمال تیمار مدیریت زمان آبیاری موجب کاهش ۲۷/۴ میلی‌متری عمق آبیاری و افزایش ۲۹/۷ درصدی راندمان آبیاری شده است. آبیاری سوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۱۵ انجام شد. مطابق جدول ۲۴، در آبیاری سوم نیز اعمال تیمار مدیریت زمان آبیاری بارانی موجب کاهش ۲۷/۴ میلی‌متری عمق آب کاربردی شده است.

جدول ۲۳- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W_1

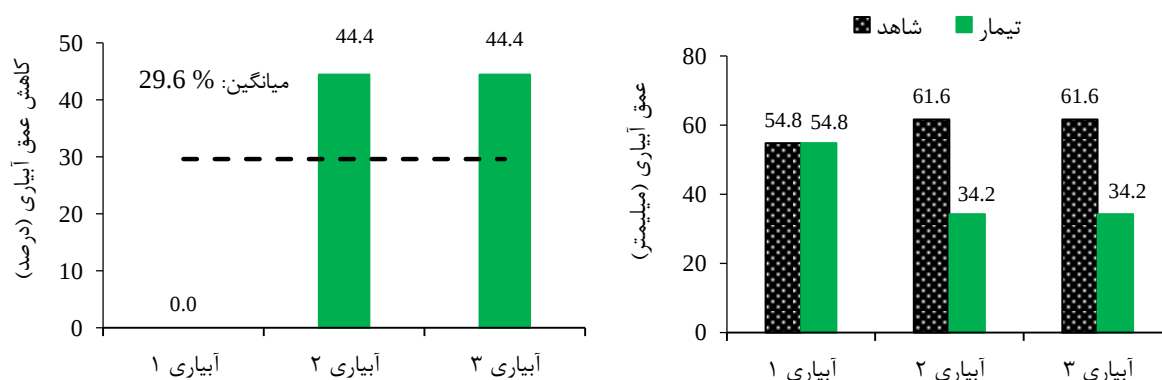
مزرعه W_1	روش آبیاری	فواصل آبیاش‌ها (m×m)	دبی آبیاش‌ها (lit/s)
تیمار	بارانی	۲۵×۲۵	۲/۳۸
شاهد	بارانی	۲۵×۲۵	۲/۳۸

جدول ۲۴- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه W_1 در آبیاری اول تا سوم

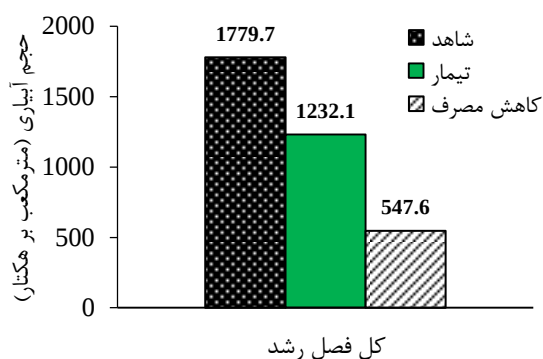
نوبت آبیاری	مزرعه W_1	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۲/۳۸	۲۴۰	۵۴/۸	۳۶*	۶۵/۷
	شاهد	۲/۳۸	۲۴۰	۵۴/۸	۳۶*	۶۵/۷
آبیاری دوم	تیمار	۲/۳۸	۲۷۰	۳۴/۲	۵۵/۲	۱۰۰/۰
	شاهد	۲/۳۸	۱۵۰	۶۱/۶	۴۳/۳	۷۰/۳
آبیاری سوم	تیمار	۲/۳۸	۱۵۰	۳۴/۲	۶۵/۲	۱۰۰/۰
	شاهد	۲/۳۸	۲۷۰	۶۱/۶	۵۴/۳	۸۶/۵

* در آبیاری اول (خاک‌آب) که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص مورد نیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است. علاوه بر این ۶ میلی‌متر نیز به عنوان تلفات تبخیر و بادردهی (۲۰ درصد تلفات) لحاظ گردید.

مزرعه W_1 طی فصل رشد محصول در ۳ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی یا کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۴۳ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد در مزرعه W_1 طی ۳ آبیاری این مزرعه، حدود ۲۹/۶ درصد محاسبه شد.

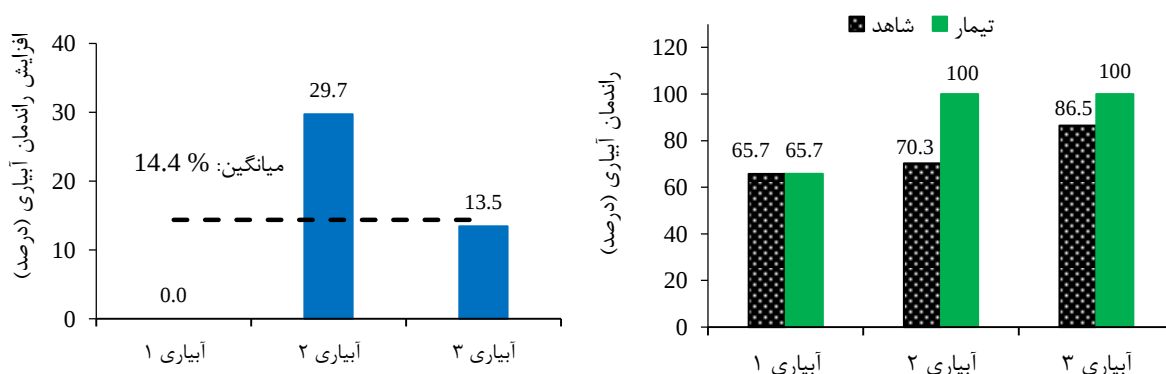
شکل ۴۳- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه W_1 طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد مزرعه W_1 به ترتیب ۱۲۳۲/۱ و ۱۷۷۹/۷ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود ۳۰/۸ درصدی (حدود ۵۴۷/۶ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۴۴).



شکل ۴۴- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W₁

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی ۳ آبیاری پایش شده، در شکل ۴۵ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۴/۴ درصد به دست آمد.



شکل ۴۵- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W₁ طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد برآورد شده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W₁ به ترتیب ۱۰۸۱۰ و ۹۷۷۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و میزان عملکرد تیمار نسبت به شاهد ۱۰/۶ درصد افزایش یافت (جدول ۲۵). مقادیر بهره‌وری برآورد شده در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۸/۷۷ و ۵/۴۹ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال تیمار برنامه‌ریزی آبیاری زمان واقعی موجب افزایش بهره‌وری آب (حدود ۳/۲۸ کیلوگرم بر مترمکعب) در این مزرعه شد (جدول ۲۶). همچنین با توجه به مقدار بارش مؤثر (بر اساس رابطه^۱ ASCE) که در طی فصل رشد گندم در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ (شهرستان میاندوآب) ۲۲۶/۲ میلی‌متر بوده مقادیر بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر نیز محاسبه و مقدار افزایش آن در بخش تیمار نسبت به شاهد ۲۸ درصد برآورد گردید. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در شکل ۴۶ ترسیم گردیده است.

^۱ باران مؤثر بخشی از بارش بوده که برای تأمین نیاز آبی گیاه مفید واقع می‌شود. این پارامتر با استفاده از رابطه پیشنهادی ASCE (Patwardhan et al., 1990) به صورت زیر محاسبه گردید:

$$P_e = (1.25P_t^{0.8242} - 2.935) \times 10^{ET_c \times 0.00095}$$

که در این رابطه P_e باران مؤثر (mm)، P_t بارندگی ماهانه (mm) و ET_c نیاز آبی گیاه در ماه موردنظر (mm) می‌باشد.

جدول ۲۵- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه W₁

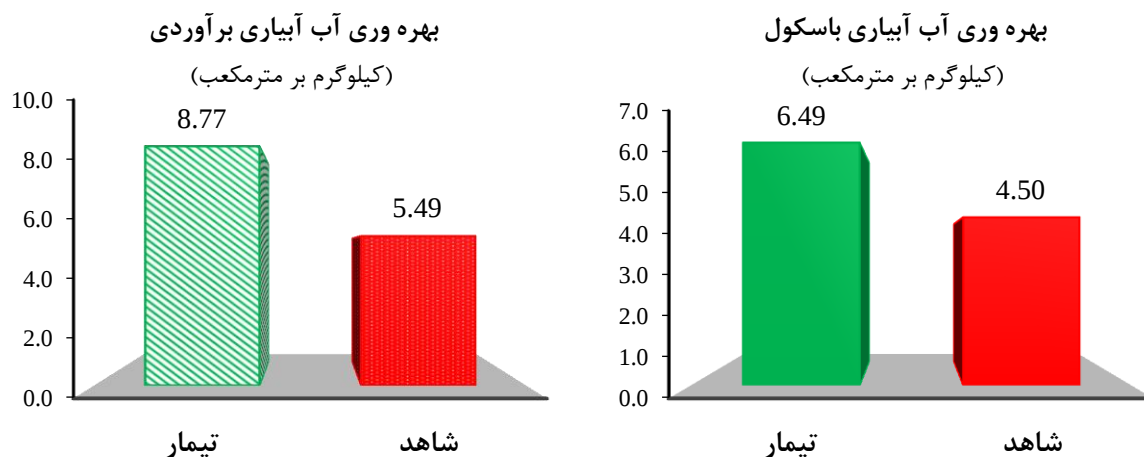
عملکرد باسکول (Kg/ha)		عملکرد برآوردی (Kg/m ³)		بهره‌وری آب (باسکول) (Kg/m ³)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)		بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد
۸۰۰۰	۸۰۰۰	۱۰۸۱۰	۹۷۷۰	۴/۵۰	۶/۴۹	۵/۴۹	۸/۷۷	۲/۴۲	۳/۰۹

* بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر با استفاده از مقدار عملکرد برآوردشده و مجموع آب آبیاری و بارش مؤثر محاسبه شده است. مقدار بهره‌وری آب آبیاری بر اساس مقدار عملکرد برآوردشده و آب آبیاری و مقدار بهره‌وری باسکول با استفاده از عملکرد باسکول و آب آبیاری محاسبه شده است.

✓ ملاک اصلی محاسبات بهره‌وری آب آبیاری، پارامتر بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر می‌باشد چراکه بارش‌های رخ داده در طول فصل رشد محصول بخشی از نیاز آبی محصول را تأمین کرده و نیاز به آبیاری را کمتر می‌کند؛ اما جهت آگاهی بیشتر، محاسبات بهره‌وری آب آبیاری با توجه به مقدار آب آبیاری (بدون لحاظ بارش مؤثر) نیز انجام گرفت. از سوی دیگر با توجه به این‌که هر دو عملکرد باسکول و کیل‌گیری (اندازه‌گیری شده) توسط کارشناسان شرکت‌های فنی و مهندسی اخذ و اندازه‌گیری شده است محاسبات بهره‌وری آب با استفاده از هر دو عملکرد نیز صورت گرفت؛ اما در یک جمع‌بندی کلی، بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر معیار اصلی بهره‌وری خواهد بود.

جدول ۲۶- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W₁

مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری برآوردی (Kg/m ³)	افزایش بهره‌وری برآوردی (%)	افزایش بهره‌وری باسکول (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
W ₁	۳۰/۸	۳/۲۸	۵۹/۸	۴۴/۴	۲۸/۰

شکل ۴۶- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در تیمار و شاهد مزرعه W₁

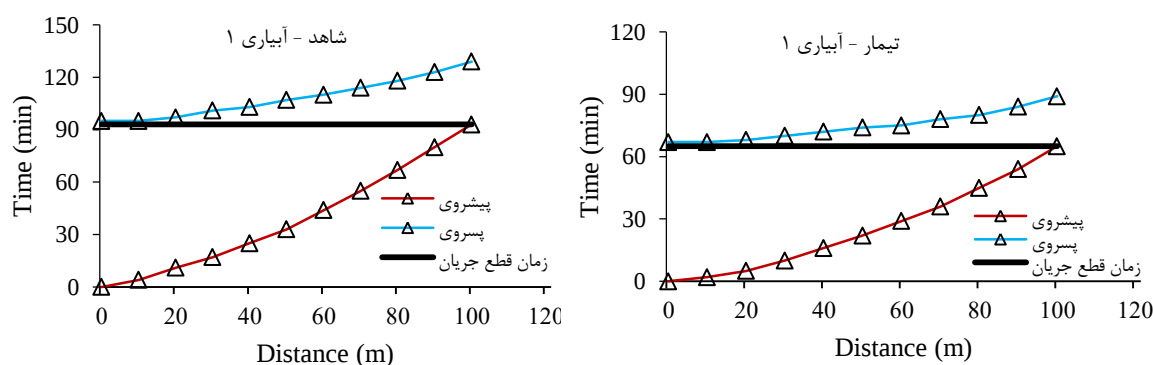
۴-۱-۲- مزرعه شماره W_2 (پایش اصلی پاییزه)

در این مزرعه آبیاری اول (خاک‌آب) شاهد و تیمار در تاریخ ۹۷/۸/۸ انجام شد و کلیه پارامترها جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. در این مزرعه تکنیک تغییر روش آبیاری از نواری به جویچه‌ای در نظر گرفته شد. طول نوارهای شاهد و تیمار برابر طول مزرعه و ۱۰۰ متر در نظر گرفته شد. عرض نوارهای تیمار و شاهد در این مزرعه به ترتیب ۷/۳۵ و ۷/۲۵ متر توسط کشاورز در نظر گرفته شد. مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W_2 در جدول ۲۷ ارائه شده است.

جدول ۲۷- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W_2

مزرعه W_2	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شرایط انتها
تیمار	جویچه‌ای	۷/۳۵ × ۱۰۰	بسته
شاهد	نواری	۷/۲۵ × ۱۰۰	بسته

منبع تأمین آب مزرعه چاه بوده و دبی تیمار و شاهد در آبیاری اول ۲۱/۴۱ لیتر بر ثانیه توسط فلوم WSC اندازه‌گیری شد. پیش‌روی آب در شاهد ۹۳ دقیقه و در تیمار ۶۵ دقیقه به طول انجامید (شکل ۴۷).

شکل ۴۷- پیش‌روی و پس‌روی جریان آب در نوارهای مورد آزمایش مزرعه W_2 در تیمار و شاهد در آبیاری اول

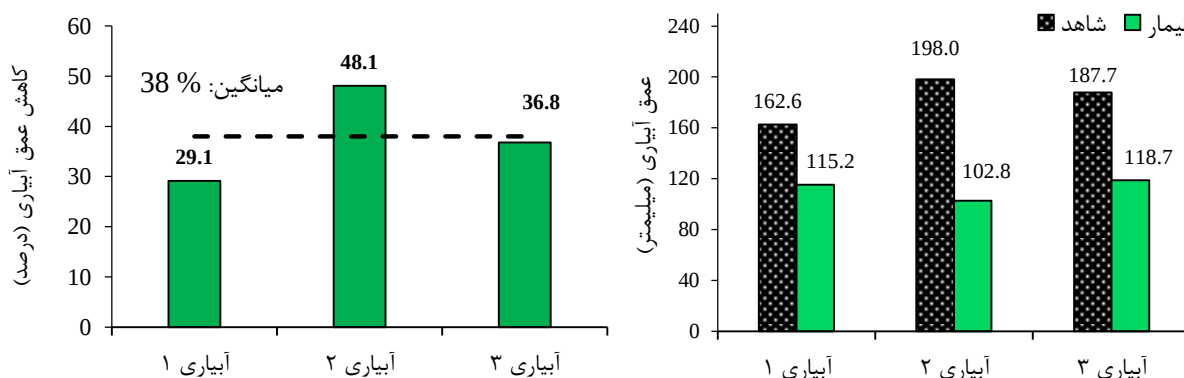
خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص مورد نیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه W_2 در جدول ۲۸ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۲۸، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۱۵/۲ و ۱۶۲/۶ میلی‌متر بوده که اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش ۴۷/۴ میلی‌متر در عمق آب کاربردی توسط کشاورز شده است. آبیاری دوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۲/۲۵ انجام شد. مطابق جدول ۲۸، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۰۲/۸ و ۱۹۸/۰ میلی‌متر بوده که اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش ۹۵/۲ میلی‌متر عمق آبیاری شده است. آبیاری سوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۱۶ انجام شد. اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش ۶۹ میلی‌متری عمق آب کاربردی شده است (جدول ۲۸).

جدول ۲۸- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه W_2 در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه W_2	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۲۱/۴۱	۶۵	۱۱۵/۲	۳۰*	۲۶/۰
	شاهد	۲۱/۴۱	۹۳	۱۶۲/۶	۳۰*	۱۸/۵
آبیاری دوم	تیمار	۲۱/۴۱	۵۸	۱۰۲/۸	۵۵/۰	۵۳/۵
	شاهد	۲۱/۴۱	۹۶	۱۹۸/۰	۵۴/۱	۲۷/۳
آبیاری سوم	تیمار	۲۱/۴۱	۶۷	۱۱۸/۷	۶۳/۸	۵۳/۷
	شاهد	۲۱/۴۱	۹۱	۱۸۷/۷	۶۶/۳	۳۵/۳

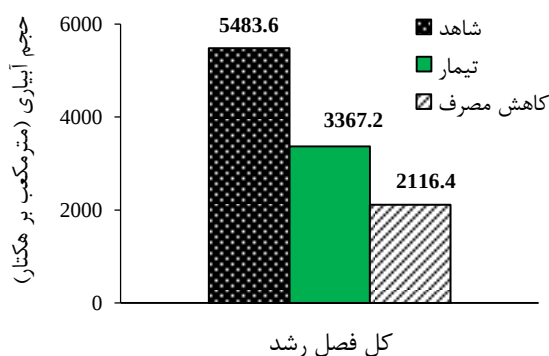
* در آبیاری اول (خاک‌آب) که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص مورد نیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

مزرعه W_2 طی فصل رشد محصول در ۳ نوبت آبیاری گردید. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد در مزرعه W_2 طی ۳ آبیاری این مزرعه، حدود ۳۸ درصد محاسبه شد (شکل ۴۸).



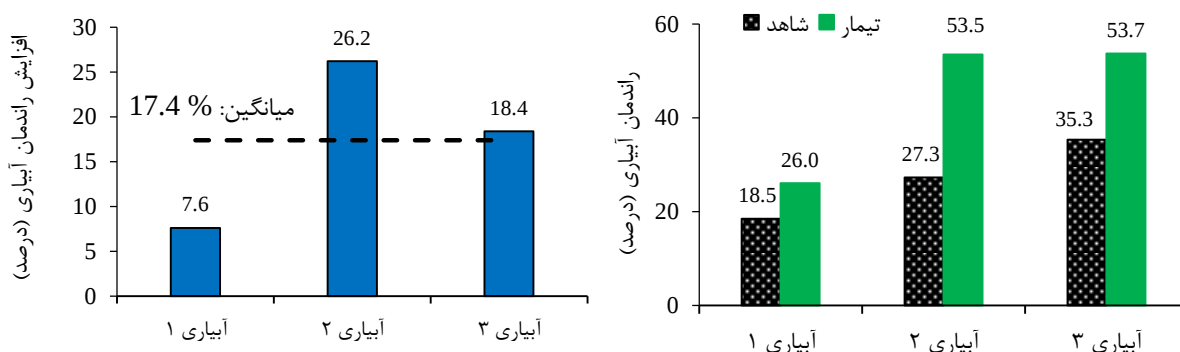
شکل ۴۸- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه W_2 طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری طی فصل رشد در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_2 به ترتیب $3367/2$ و $5483/6$ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید نشان‌دهنده کاهش $38/6$ درصدی آب آبیاری (حدود $2116/4$ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۴۹).



شکل ۴۹- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W_2

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی سه آبیاری پایش شده، در شکل ۵۰ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۷/۴ درصد به دست آمد.



شکل ۵۰- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W_2 طی آبیاری‌های مختلف

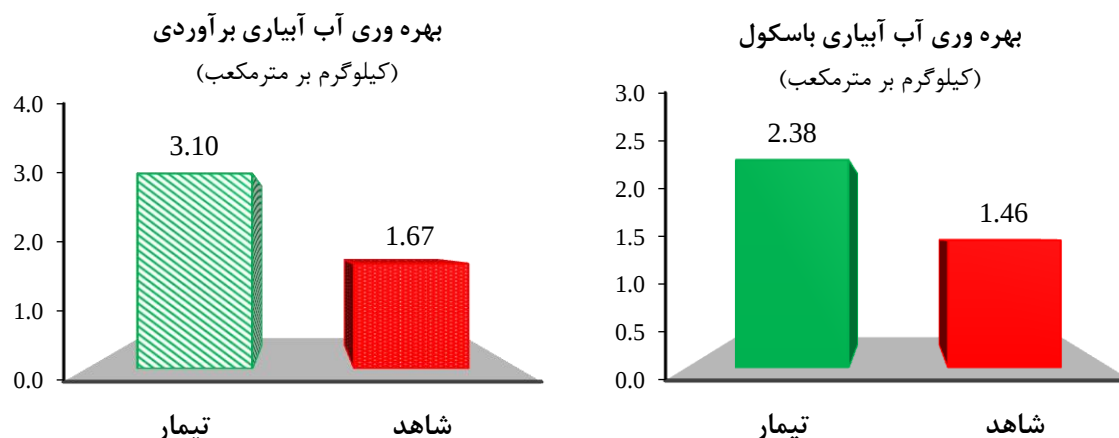
بر اساس نتایج، میزان عملکرد برآوردشده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_2 به ترتیب ۱۰۴۳۰ و ۹۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و میزان عملکرد تیمار نسبت به شاهد به‌طور قابل‌توجهی (۱۴ درصد) افزایش یافت (جدول ۲۹). بر اساس عملکرد محصول و حجم آب آبیاری، مقادیر بهره‌وری برآوردشده در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۳/۱۰ و ۱/۶۷ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال تیمار تغییر روش آبیاری به جویچه-ای موجب افزایش بهره‌وری آب (حدود ۱/۴۳ کیلوگرم بر مترمکعب) در این مزرعه شد (جدول ۳۰). همچنین با توجه به مقدار بارش مؤثر که در طی فصل رشد گندم در سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ (شهرستان میاندوآب) ۲۲۶/۲ میلی‌متر بوده مقادیر بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر نیز محاسبه و مقدار افزایش آن در بخش تیمار نسبت به شاهد ۵۶/۸ درصد برآورد گردید. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در شکل ۵۱ ترسیم گردیده است.

جدول ۲۹- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه W₂

عملکرد باسکول (Kg/ha)		عملکرد برآوردی (Kg/m ³)		بهره‌وری آب (باسکول) (Kg/m ³)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)		بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد
۸۰۰۰	۸۰۰۰	۱۰۴۳۰	۹۱۵۰	۱/۴۶	۲/۳۸	۱/۶۷	۳/۱۰	۱/۱۸	۱/۸۵

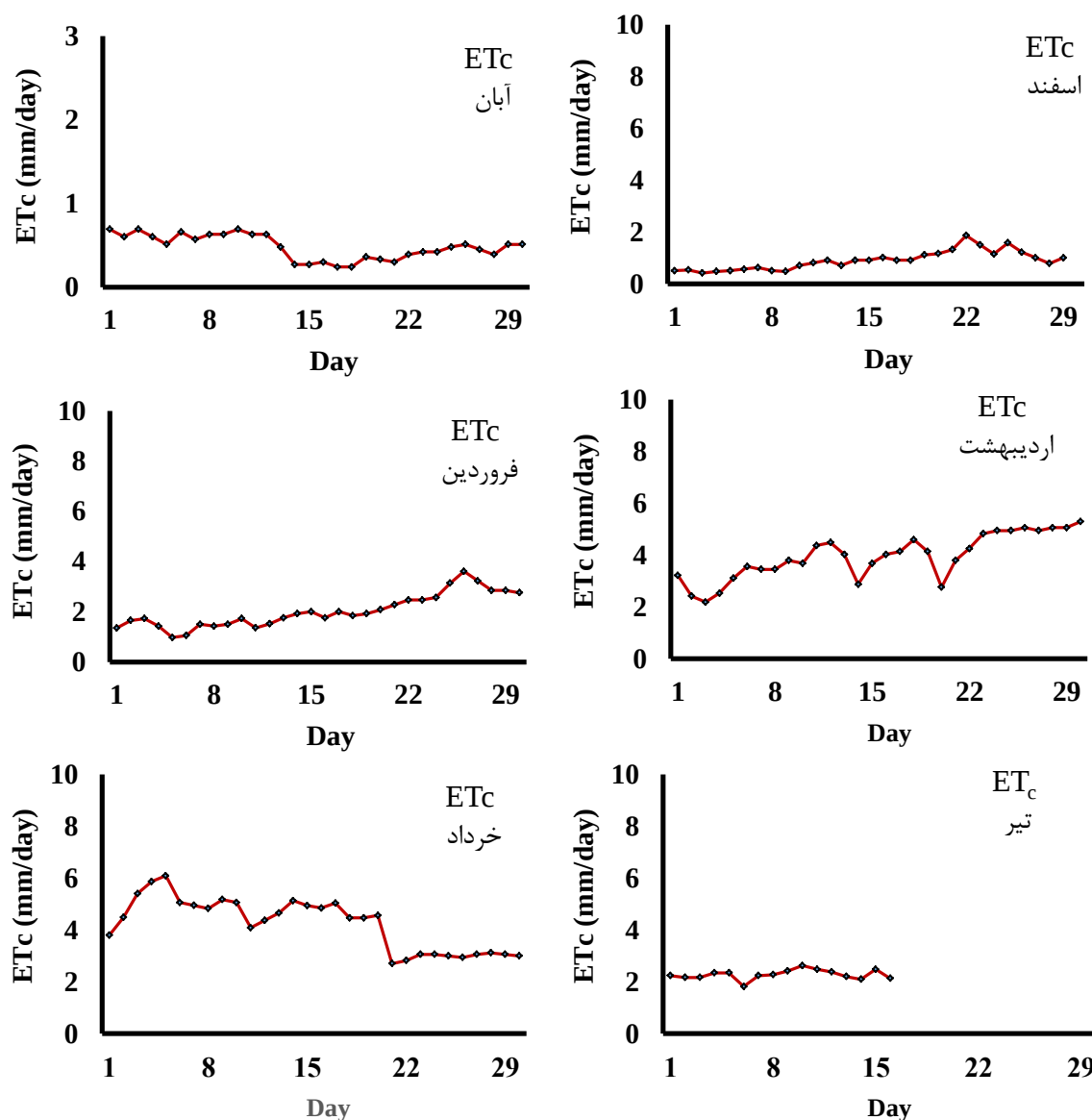
جدول ۳۰- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W₂

مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری برآوردی (Kg/m ³)	افزایش بهره‌وری برآوردی (%)	افزایش بهره‌وری باسکول (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
W ₂	۳۸/۶	۱/۴۳	۸۵/۶	۶۲/۹	۵۶/۸

شکل ۵۱- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در تیمار و شاهد مزرعه W₂

۳-۱-۴- مقادیر تبخیر-تعرق گندم بر اساس اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی و نیاز آبی واقعی گیاه در میاندوآب

بر اساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی سینوپتیک میاندوآب که نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه می‌باشد. بر اساس اطلاعات هفتگی اخذشده، تبخیر-تعرق گیاه (ET_c) برای گندم محاسبه و در شکل ۵۲ ارائه شده است.



شکل ۵۲- روند تغییرات نیاز آبی گندم از ابتدای دوره رشد تا انتهای دهه اول تیر (زمان برداشت) بر اساس آمار هواشناسی و بارش مؤثر در سال زارعی ۹۸-۱۳۹۷

مطابق بارش مؤثر و تبخیر-تعرق گندم، نیاز آبی واقعی گندم محاسبه گردید و سعی گردید عمق آبیاری بر اساس نیاز آبی واقعی در مزارع تیمار، اعمال گردد. مطابق نتایج نیاز آبیاری واقعی (Real time) تا اسفندماه مقادیر نیاز آبیاری واقعی کمتر از بارش مؤثر بوده و نیازی به آبیاری نمی‌باشد. از ماه فروردین نیاز آبیاری از بارش مؤثر پیشی گرفته که خلاصه نتایج آن در جدول ۳۱ ارائه شده است؛ اما با این وجود مقدار بارش در فصل رشد گندم در میاندوآب (آبان ۹۷ تا دهه اول تیر ۹۸) زیاد و معادل ۳۷۶/۷ میلی‌متر بود که این امر موجب شد نیاز خالص آبیاری گندم در سال زارعی ۹۸-۱۳۹۷ کم و برابر ۲۹۵ میلی‌متر (معادل ۲۹۵۰ مترمکعب بر هکتار) به دست آید. در سند ملی آب کشور (اصلاح شده) نیاز آبیاری گندم در شهرستان میاندوآب بر اساس داده‌های هواشناسی ۳۰ ساله حدود ۴۴۸/۶ میلی‌متر ارائه شده است و همان‌طور که گفته شد دلیل این اختلاف، افزایش بارندگی‌ها در سال جاری می‌باشد به گونه‌ای که موجب کاهش نوبت آبیاری از ۵ (متوسط استانی) به ۳ نوبت آبیاری شده است.

جدول ۳۱- نیاز آبی زمان واقعی گندم به تفکیک ماه بر اساس اطلاعات ایستگاه سینوپتیک میاندوآب در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ (کلیه پارامترهای جدول برحسب میلی‌متر می‌باشد)

ماه	تبخیر- تعرق	بارش	بارش مؤثر	نیاز آبیاری	توضیحات
آبان	۱۴/۴	۳۱/۶	۱۹/۲	۳۰/۰	خاک آب (آبیاری اول)، ۳۰ میلی‌متر لحاظ شده است
آذر	۹/۰	۹۰/۷	۴۹/۴	۰/۰	
دی	۹/۱	۲۵/۸	۱۵/۶	۰/۰	
بهمن	۱۱/۸	۶۴/۵	۳۶/۸	۰/۰	
اسفند*	۲۶/۳	۲۸/۲	۱۷/۷	۰/۰	نیاز به آبیاری در اسفندماه ناچیز بوده و از رطوبت باقیمانده در خاک استفاده می‌شود
فروردین	۶۳/۳	۸۳/۰	۵۱/۴	۱۱/۸	
اردیبهشت	۱۲۲/۷	۴۸/۵	۳۶/۲	۸۶/۵	
خرداد	۱۳۰/۰	۴/۳	۰/۰	۱۳۰/۰	
تیر (دهه اول)	۳۶/۴	۰/۰	۰/۰	۳۶/۴	
مجموع	۴۲۳/۰	۳۷۶/۷	۲۲۶/۲	۲۹۵/۰	

جهت مقایسه میزان آب آبیاری در مزارع پایش اصلی با نیاز آبی واقعی، خلاصه آب آبیاری تیمار و شاهد این دو مزرعه (W_1 و W_2) در جدول ۳۲ ارائه شده است. همان‌طور که قبلاً ذکر گردید تکنیک‌های اجرا شده در مزارع W_1 و W_2 به ترتیب برنامه‌ریزی زمان واقعی آبیاری بارانی و تغییر روش آبیاری از نواری به جویچه‌ای بود. مطابق جدول ۳۲، مقدار آب آبیاری در بخش تیمار و شاهد مزرعه W_1 کمتر از نیاز خالص گندم در سال جاری (۲۹۵۰ مترمکعب بر هکتار) می‌باشد. میزان کاهش آب آبیاری در بخش تیمار مزرعه سوم (W_3) قابل‌ملاحظه بوده که از سویی بیانگر اهمیت تکنیک برنامه‌ریزی زمان واقعی آبیاری بارانی و از سوی دیگر به دلیل بارش‌های صورت گرفته می‌باشد. میزان کاهش آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_1 نسبت به نیاز خالص گندم در سال زراعی ۹۸-۹۷ (۲۹۵۰ مترمکعب بر هکتار) به ترتیب ۵۸/۲ و ۳۹/۷ درصد می‌باشد. این در حالی است مقدار آب آبیاری در بخش-های تیمار و شاهد مزرعه W_2 بیشتر از مقدار واقعی نیاز آبی گندم می‌باشد.

جدول ۳۲- مقایسه نیاز آبی زمان واقعی گندم با مقدار مصرف زمان واقعی در مزارع پایش اصلی کشت پاییزه

بخش مزرعه		مقدار آب آبیاری	نیاز آبیاری زمان واقعی
		(مترمکعب بر هکتار)	(مترمکعب بر هکتار)
W ₁	تیمار	۱۲۳۲	۲۹۵۰
	شاهد	۱۷۸۰	
W ₂	تیمار	۳۳۶۷	۲۹۵۰
	شاهد	۵۴۸۳	

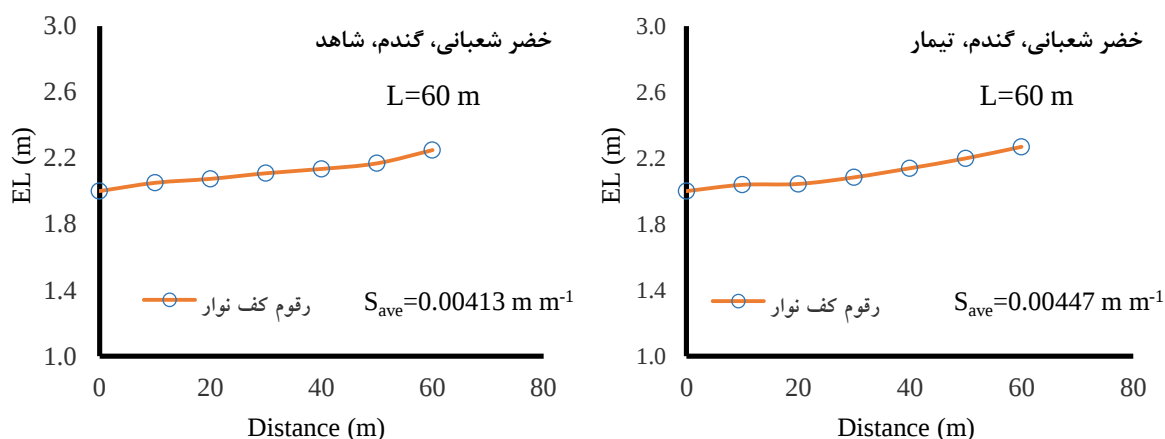
۴-۲- نتایج مزارع شبکه پایش شرکت‌ها در کشت پاییزه

۴-۲-۱- مزرعه شماره W_3

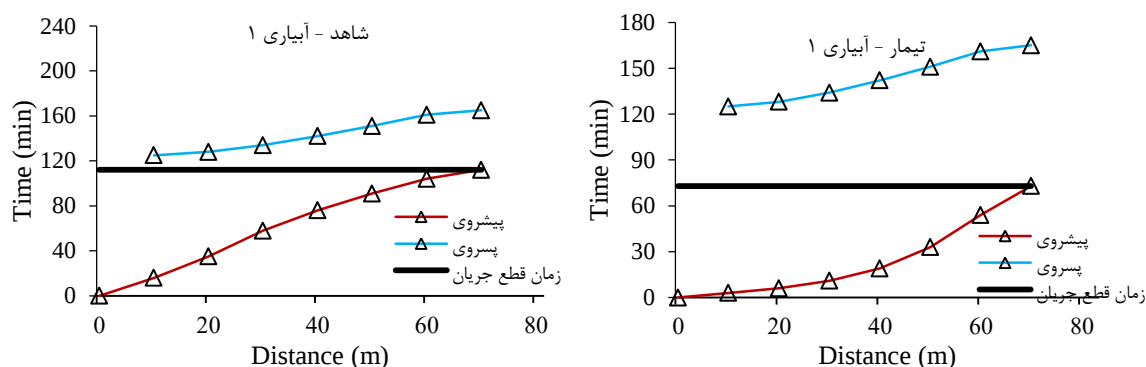
در این مزرعه تکنیک تغییر آرایش کشت و روش آبیاری از نواری به جویچه‌ای در نظر گرفته شد. عملیات کشت توسط دستگاه رایزید صورت گرفت. به صورتی که روی هر پشته ۴ ردیف گندم کشت شد (عرض هر پشته ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف دانه‌ها روی پشته ۱۰ سانتی‌متر و فاصله مرکز دو پشته ۷۵ سانتی‌متر می‌باشد). در این مزرعه آبیاری اول شاهد و تیمار در تاریخ ۹۷/۸/۱۱ انجام شد. مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W_3 در جدول ۳۳ ارائه شده است. همچنین پروفیل شیب طولی تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۵۳ ارائه شده است. مطابق این شکل، پروفیل شیب طولی نوار تیمار و شاهد تقریباً مشابه بوده و شیب معکوس (سربالایی) معادل ۰/۴ درصد مشاهده می‌گردد که موجب کاهش سرعت پیش‌روی و افزایش عمق آبیاری گردیده است. قابل ذکر است تسطیح مزرعه با استفاده از لولر انجام شده و در صورت وجود ادوات و انجام تسطیح لیزری نتایج بهتری حاصل می‌گردد.

جدول ۳۳- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W_3

شرایط انتها	متوسط شیب طولی (m/m)	طول × عرض (m×m)	روش آبیاری	مزرعه W_3
بسته	۰/۰۰۴۴۷	۷×۷۰	جویچه‌ای	تیمار
بسته	۰/۰۰۴۱۳	۷×۷۰	نواری	شاهد

شکل ۵۳- نیمرخ شیب طولی نوارهای تیمار و شاهد در مزرعه W_3

منبع آب آبیاری این مزرعه چاه و کانال بوده و دبی تیمار و شاهد در آبیاری اول ۱۹/۵ لیتر بر ثانیه توسط فلوم WSC اندازه‌گیری شد. پیش‌روی و پس‌روی جریان در آبیاری اول مزرعه در شکل ۵۴ نشان داده شده است. مطابق این شکل، پیش‌روی آب در شاهد ۱۱۲ دقیقه و در تیمار ۷۳ دقیقه به طول انجامید.



شکل ۵۴- پیشروی و پسروی جریان آب در نوارهای مورد آزمایش مزرعه W_3 در تیمار و شاهد در آبیاری اول

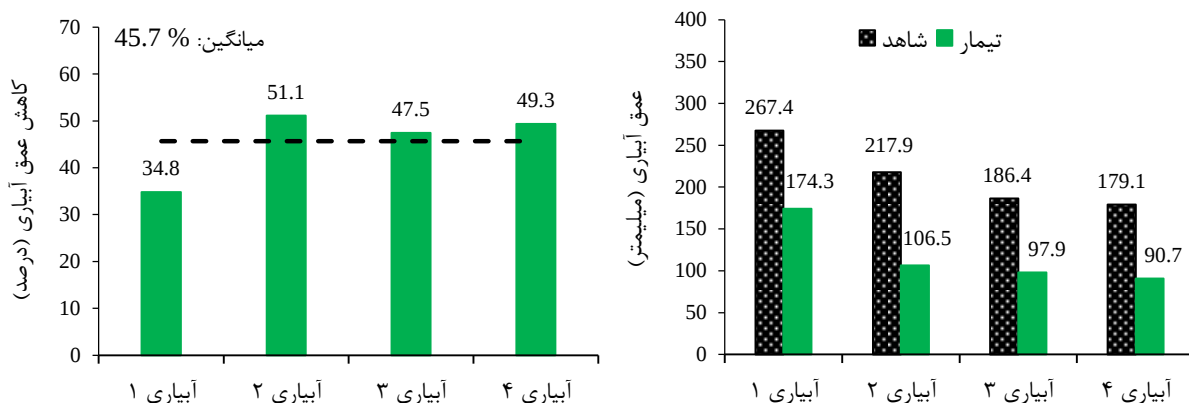
خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه W_3 در جدول ۳۴ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۳۴، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب $۱۷۴/۳$ و $۲۶۷/۴$ میلی‌متر بوده که اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش $۹۳/۱$ میلی‌متر در عمق آب کاربردی شده است. آبیاری دوم تیمار و شاهد در تاریخ $۹۸/۲/۶$ انجام شد. مطابق جدول ۳۴، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب $۱۰۶/۵$ و $۲۱۷/۵$ میلی‌متر بوده که اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش $۱۱۱/۴$ میلی‌متری عمق آبیاری شده است. آبیاری سوم تیمار و شاهد در تاریخ $۹۸/۳/۱$ انجام شد که مطابق جدول ۳۴، اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش $۸۸/۵$ میلی‌متری عمق آب کاربردی توسط کشاورز شده است.

جدول ۳۴- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه W_3 در تیمار و شاهد در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه W_3	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۱۹/۵	۷۳	۱۷۴/۳	۳۰*	۱۷/۲
	شاهد	۱۹/۵	۱۱۲	۲۶۷/۴	۳۰*	۱۱/۲
آبیاری دوم	تیمار	۱۶/۷۲	۵۲	۱۰۶/۵	۶۰/۶	۵۶/۹
	شاهد	۲۳/۴۲	۷۶	۲۱۷/۹	۶۴/۳	۲۹/۵
آبیاری سوم	تیمار	۱۹/۵۰	۴۱	۹۷/۹	۶۸/۴	۶۹/۸
	شاهد	۲۳/۴۲	۶۵	۱۸۶/۴	۶۴/۳	۳۷/۱

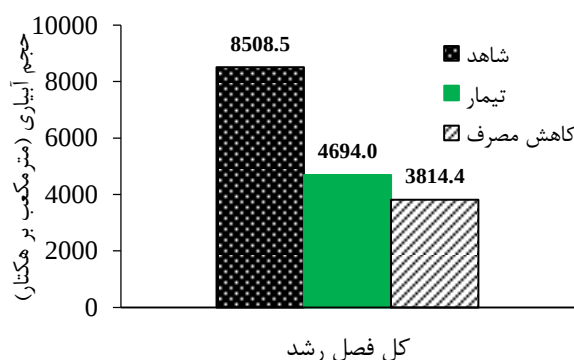
* در آبیاری اول (خاک‌آب) که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

مزرعه W_3 طی فصل رشد محصول در ۴ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۵۵ می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد در مزرعه W_3 طی ۴ آبیاری این مزرعه، حدود $۴۵/۷$ درصد محاسبه شد.



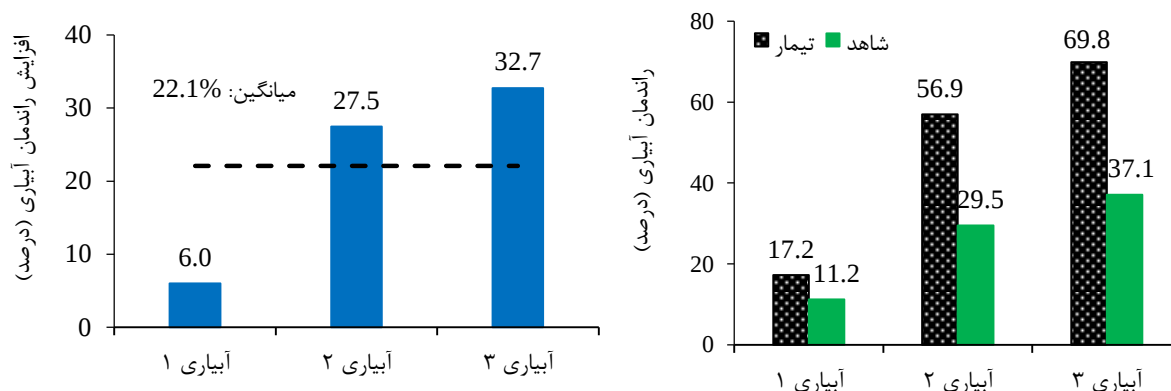
شکل ۵۵- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه W_3 طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد مزرعه W_3 به ترتیب ۴۶۹۴ و ۸۵۰۸/۵ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود ۴۵/۷ درصدی (حدود ۳۸۱۴/۴ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۵۶).



شکل ۵۶- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W_3

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی سه آبیاری پایش شده، در شکل ۵۷ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۲۲/۱ درصد به دست آمد.



شکل ۵۷- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W₃ طی آبیاری‌های مختلف

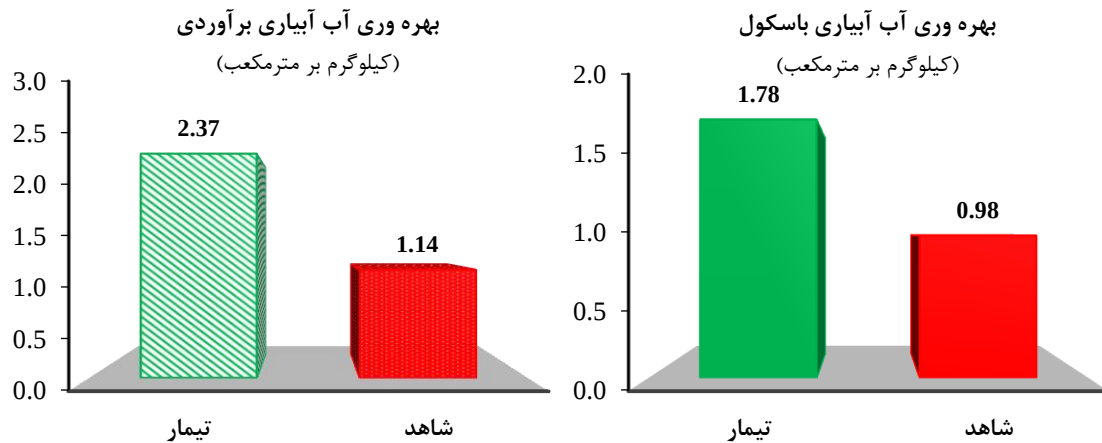
بر اساس نتایج، میزان عملکرد برآوردشده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W₃ به ترتیب ۱۱۱۳۰ و ۹۷۴۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و میزان عملکرد تیمار نسبت به شاهد به‌طور قابل‌توجهی (۱۴/۳ درصد) افزایش یافت (جدول ۳۵). بر اساس عملکرد محصول و حجم آب آبیاری، مقادیر بهره‌وری برآوردشده در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۲/۳۷ و ۱/۱۴ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب اعمال تیمار تغییر روش آبیاری به جویچه‌ای موجب افزایش بهره‌وری آب (حدود ۱/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب) در این مزرعه شد (جدول ۳۶). مقدار افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر در بخش تیمار نسبت به شاهد ۷۶/۹ درصد برآورد گردید. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در شکل ۵۸ ترسیم گردیده است.

جدول ۳۵- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه W₃

عملکرد باسکول (Kg/ha)		عملکرد برآوردی (Kg/m ³)		بهره‌وری آب (باسکول) (Kg/m ³)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)		بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد
۸۳۴۶	۸۳۴۶	۱۱۱۳۰	۹۷۴۰	۱/۷۸	۰/۹۸	۲/۳۷	۱/۱۴	۱/۶۰	۰/۹۰

جدول ۳۶- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W₃

مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری برآوردی (Kg/m ³)	افزایش بهره‌وری برآوردی (%)	افزایش بهره‌وری باسکول (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
W ₃	۴۴/۸	۱/۲۳	۱۰۷/۱	۸۱/۳	۷۶/۹



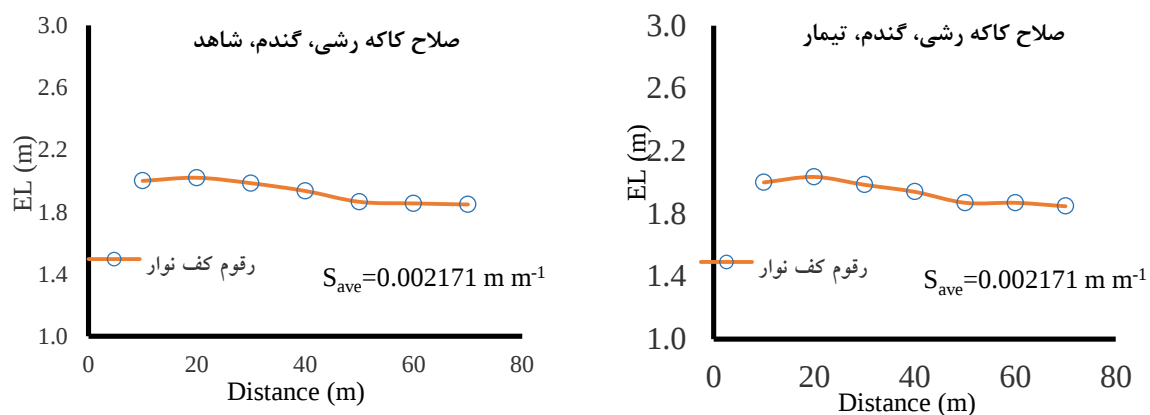
شکل ۵۸- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در تیمار و شاهد مزرعه W_3

۴-۲-۲- مزرعه شماره W_4

در این مزرعه آبیاری اول (خاک‌آب) تیمار و شاهد در تاریخ ۹۷/۸/۱۳ انجام شد و کلیه پارامترها جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. در این مزرعه تکنیک تغییر روش آبیاری از نواری به جویچه‌ای در نظر گرفته شد. مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W_4 در جدول ۳۷ ارائه شده است. همچنین پروفیل شیب طولی تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۵۹ ارائه شده است. مطابق این شکل، پروفیل شیب طولی نوار تیمار و شاهد تقریباً مشابه و مثبت (۲۲/۰ درصد) می‌باشد.

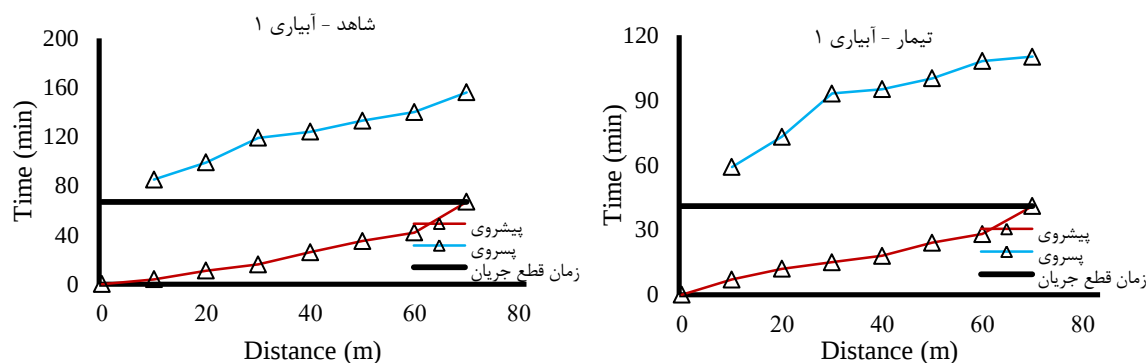
جدول ۳۷- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W_4

شرایط انتها	متوسط شیب طولی (m/m)	طول × عرض (m×m)	روش آبیاری	مزرعه W_4
بسته	۰/۰۰۲۱۷۱	۹×۷۰	جویچه‌ای	تیمار
بسته	۰/۰۰۲۱۷۱	۹×۷۰	نواری	شاهد



شکل ۵۹- نیمرخ شیب طولی نوارهای تیمار و شاهد در مزرعه W_4

منبع تأمین آب روستا چاه و کانال بوده و در آبیاری اول دبی تیمار و شاهد ۲۳/۴ لیتر بر ثانیه توسط فلوم WSC اندازه‌گیری شد. پیش‌روی و پس‌روی جریان در آبیاری اول مزرعه در شکل ۶۰ نشان داده شده است. مطابق این شکل، پیش‌روی آب در شاهد ۶۷ دقیقه و در تیمار ۴۱ دقیقه به طول انجامید.



شکل ۶۰- پیش‌روی و پس‌روی جریان آب در نوارهای مورد آزمایش مزرعه W₄ در تیمار و شاهد در آبیاری اول

خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول و دوم مزرعه W₄ در جدول ۳۸ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۳۸، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۹۱/۴ و ۱۴۹/۴ میلی‌متر بوده که اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش ۵۸ میلی‌متر در عمق آب کاربردی توسط کشاورز شده است. آبیاری دوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۲/۹ انجام شد. مطابق جدول ۳۸، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۷۹/۶ و ۱۲۷/۳ میلی‌متر بوده که اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش ۴۷/۷ میلی‌متر عمق آبیاری ی شده است. دو آبیاری آخر (آبیاری سوم و چهارم) به دلیل عدم همکاری کشاورز پایش نشد.

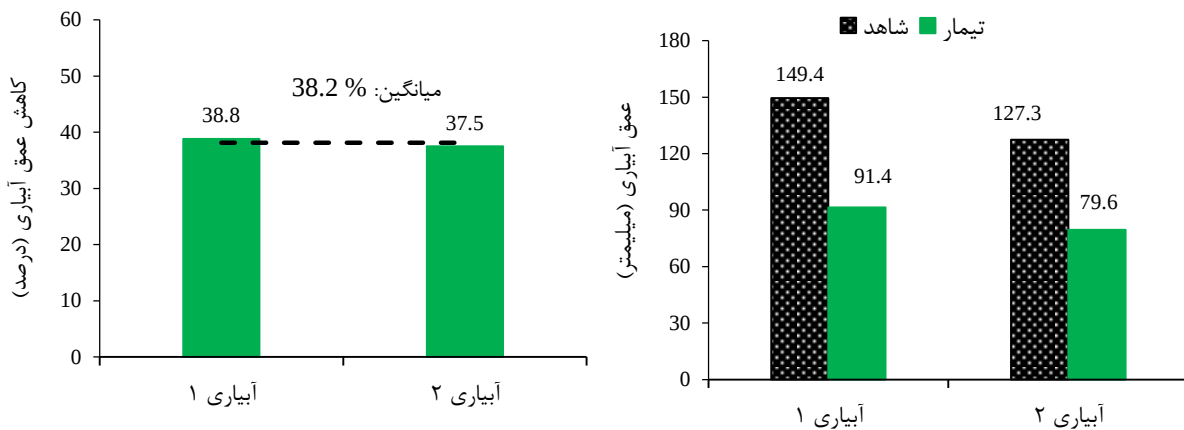
جدول ۳۸- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه W₄ در تیمار و شاهد در

آبیاری اول و دوم

نوبت آبیاری	مزرعه W ₄	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t _{co} دقیقه	عمق آبیاری I _g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I _n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۲۳/۴	۴۱	۹۱/۴	۳۰*	۳۲/۸
	شاهد	۲۳/۴	۶۷	۱۴۹/۴	۳۰*	۲۰/۱
آبیاری دوم	تیمار	۲۳/۸۸	۳۵	۷۹/۶	۴۱/۷	۵۲/۴
	شاهد	۲۳/۸۸	۵۶	۱۲۷/۳	۵۰/۰	۳۷/۷

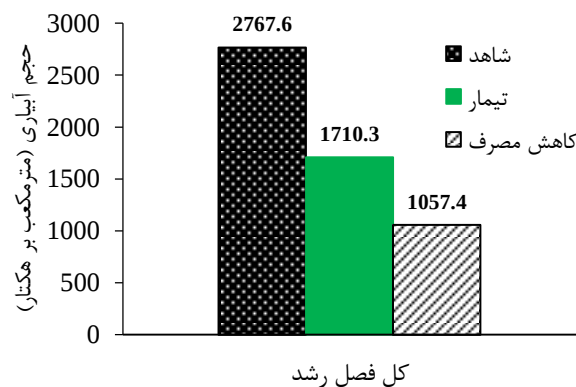
* در آبیاری اول (خاک‌آب) که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۵۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

مزرعه W₄ طی فصل رشد محصول در ۴ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی ۲ آبیاری اول و میزان صرفه‌جویی آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۶۱ می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد در مزرعه W₄ طی ۲ آبیاری این مزرعه، حدود ۳۸/۲ درصد محاسبه شد.



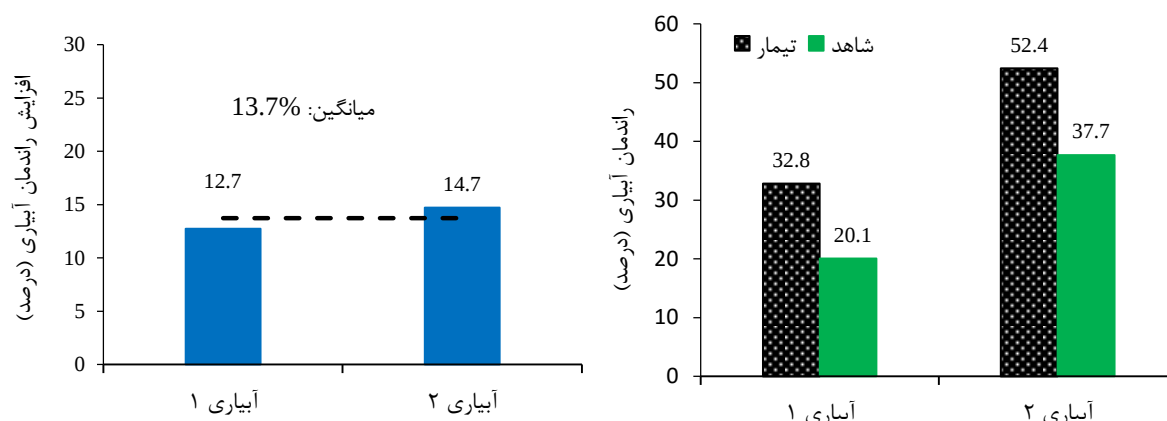
شکل ۶۱- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه W₄ طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد مزرعه W₄ در دو آبیاری اول به ترتیب ۱۷۱۰/۳ و ۲۷۶۷/۶ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود ۳۸/۲ درصدی (حدود ۱۰۵۷/۴ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۶۲).



شکل ۶۲- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W₄ (در دو آبیاری اول)

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی دو آبیاری پایش شده، در شکل ۶۳ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۳/۷ درصد به دست آمد.



شکل ۶۳- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W₄ طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد برآوردشده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W₄ به ترتیب ۹۵۶۰ و ۸۷۶۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و میزان عملکرد تیمار نسبت به شاهد ۹/۱ درصد افزایش یافت (جدول ۳۹)؛ اما محاسبات بهره‌وری آب به دلیل عدم پایش آبیاری امکان‌پذیر نبود.

جدول ۳۹- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه W₄

عملکرد برآوردی تیمار (Kg/ha)	عملکرد برآوردی شاهد (Kg/ha)	عملکرد باسکول تیمار (Kg/ha)	عملکرد باسکول شاهد (Kg/ha)
۹۵۶۰	۸۷۶۰	۶۸۷۵	۶۸۷۵

* به دلیل عدم پایش دو آبیاری سوم و چهارم محاسبه مقادیر بهره‌وری امکان‌پذیر نبود.

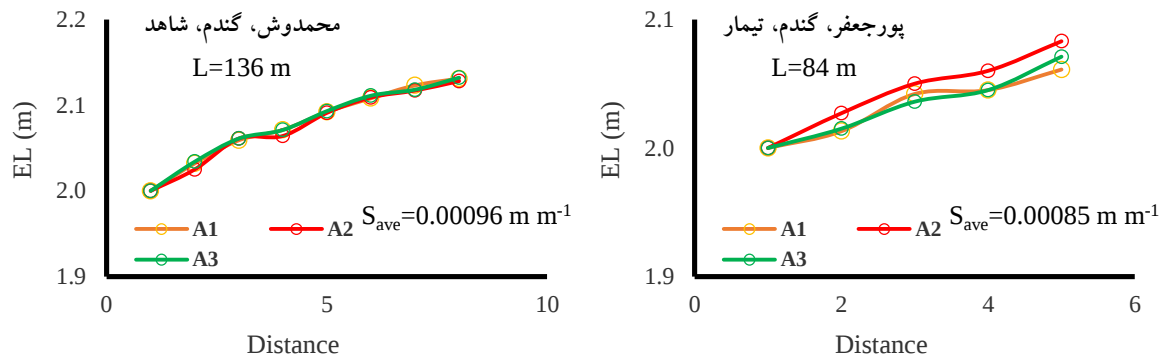
۴-۲-۳- نتایج پایش مزرعه W₅

آبیاری اول شاهد و تیمار مزرعه W₅ به ترتیب در تاریخ ۹۷/۸/۱۲ و ۹۷/۸/۱۱ انجام شد. در این مزرعه تکنیک تغییر روش آبیاری از نواری به جویچه‌ای در نظر گرفته شد. پس از عملیات کشت بلافاصله عملیات ایجاد پشته شروع شد. در این روش بعد از کشت اقدام به ایجاد پشته در مزرعه با استفاده از فارورر غلات^۱ می‌شود. اندازه پشته‌ها در این روش قابل تنظیم بوده و با توجه به کیفیت خاک مزرعه می‌توان عرض پشته را زیاد یا کم در نظر گرفت. در این مزرعه فاصله وسط پشته تا وسط پشته ۸۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. عرض نوارهای شاهد در این مزرعه ۷ متر و طول نوارهای آبیاری تیمار و شاهد به ترتیب ۸۴ و ۱۳۶ متر بود. مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W₅ در جدول ۴۰ ارائه شده است. همچنین پروفیل شیب طولی تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۶۴ ارائه شده است. مطابق این شکل، پروفیل شیب طولی نوار تیمار و شاهد مشابه و یکنواخت بوده و شیب نوارهای تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۰۸۶ و ۰/۰۹۶ درصد می‌باشد.

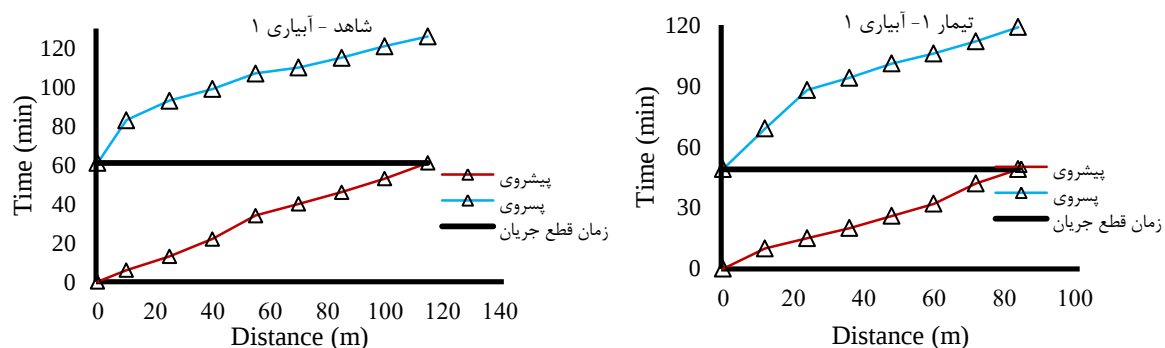
^۱ منظور از فارورر غلات، فارورر ذرت است. در مزرعه گندم تحت پایش شرکت، سعی در استفاده از تکنیک کشت با دستگاه ریزید گردید اما از آن جایی که این شرکت به دستگاه ریزید دسترسی نداشت آرایش کشت مشابه این دستگاه را در مزارع گندم پیاده کردند. به این منظور در این مزارع ابتدا با استفاده از خطی کار عملیات کشت انجام شد سپس با استفاده از فارورر ذرت، جوی و پشته‌هایی با فواصل ۸۵ سانتی‌متر (فاصله مرکز دو پشته) از هم ایجاد شد. به این ترتیب روی هر پشته ۴ ردیف گندم جای گرفت (مشابه آرایش ریزید).

جدول ۴۰- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W₅

مزرعه W ₅	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	جویچه‌ای	۱۳×۸۴	۰/۰۰۰۸۶	بسته
شاهد	نواری	۷×۱۳۶	۰/۰۰۰۹۶	بسته

شکل ۶۴- نیمرخ شیب طولی نوارهای تیمار و شاهد در مزرعه W₅

در آبیاری اول منبع آب آبیاری کشاورزی، کانال بوده و دبی شاهد و تیمار به ترتیب ۱۹/۵ و ۱۷/۶۹ لیتر بر ثانیه توسط فلوم WSC اندازه‌گیری شد. پیش‌روی آب در شاهد ۶۱ دقیقه و در تیمار ۴۹ دقیقه به‌طول انجامید. نتایج پیش‌روی و پس‌روی جریان در تیمار و شاهد در آبیاری اول مطابق شکل ۶۵ ارائه گردیده است.

شکل ۶۵- پیش‌روی و پس‌روی جریان آب در نوارهای مورد آزمایش مزرعه W₅ در تیمار و شاهد در آبیاری اول

خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه W₅ در جدول ۴۱ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۴۱، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۴۷/۴ و ۷۵/۰ میلی‌متر بوده که اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش ۲۷/۶ میلی‌متر در عمق آب کاربردی توسط کشاورز شده است. آبیاری دوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۲/۱۴ انجام شد. مطابق جدول ۴۱، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۱۸/۹۵ و ۱۳۸/۷۵ میلی‌متر بوده که اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش ۱۹/۸ میلی‌متر عمق آبیاری گردیده است. آبیاری سوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۵ انجام

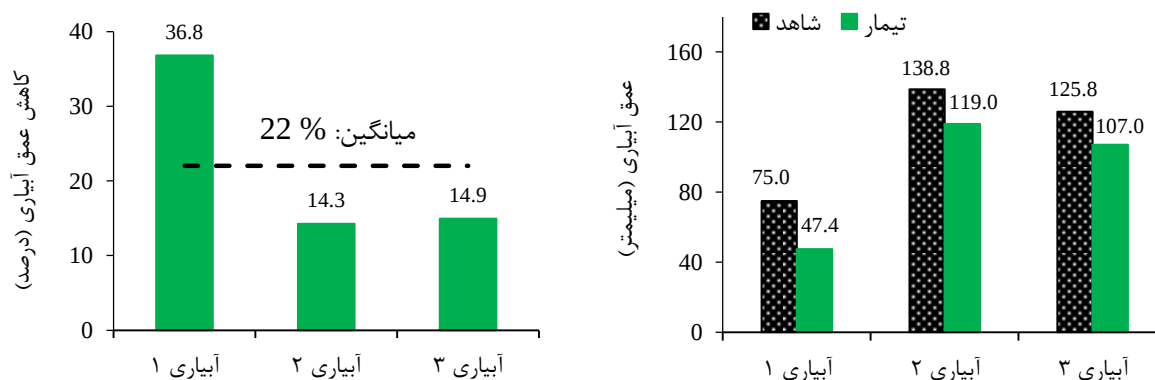
شد. در آبیاری سوم اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش ۳۲/۲ میلی‌متری عمق آب کاربردی توسط کشاورز شده است (جدول ۴۱).

جدول ۴۱- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه W_5 در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه W_5	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۱۷/۶۹	۴۹	۴۷/۴	* ۳۰	۶۳/۳
	شاهد	۱۹/۵۰	۶۱	۷۵/۰	* ۳۰	۴۰/۰
آبیاری دوم	تیمار	۱۹/۵۰	۱۱۱	۱۱۹/۰	۵۵/۴	۴۶/۵
	شاهد	۱۷/۳۳	۱۲۷	۱۳۸/۸	۵۰/۰	۳۵/۳
آبیاری سوم	تیمار	۱۵/۹۶	۱۲۲	۱۰۷/۰	۵۵/۷	۵۲/۱
	شاهد	۱۷/۵۱	۱۱۴	۱۲۵/۸	۶۸/۲	۵۴/۲

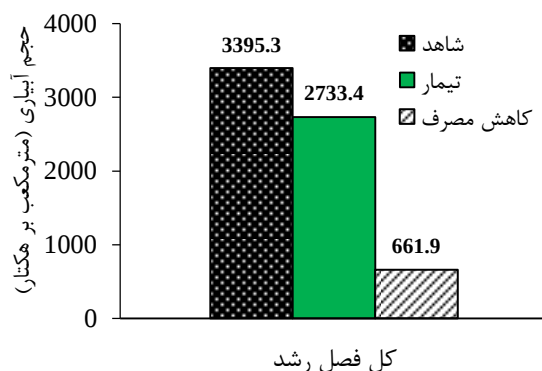
* در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص مورد نیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

مزرعه W_5 طی فصل رشد محصول در ۳ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۶۶ می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد در مزرعه W_5 طی ۳ آبیاری این مزرعه، حدود ۲۲ درصد محاسبه شد.



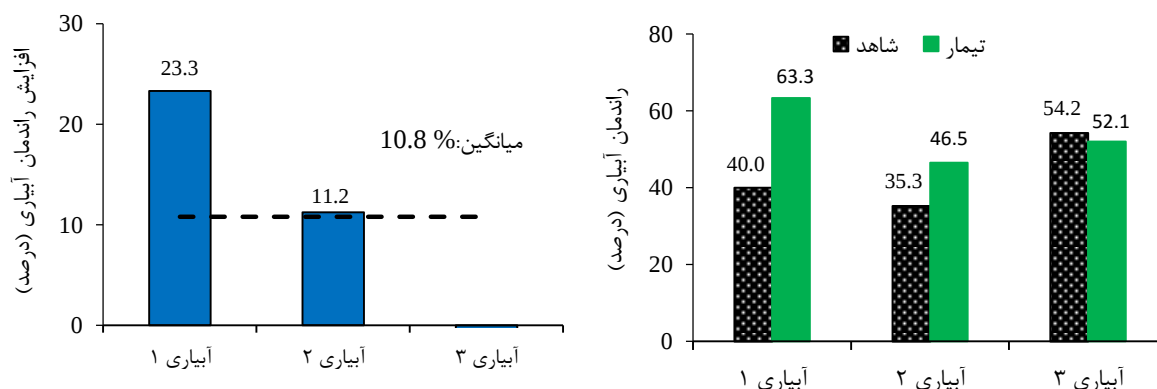
شکل ۶۶- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه W_5 طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد مزرعه W_5 به ترتیب ۲۷۳۳/۴ و ۳۳۹۵/۳ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود ۱۹/۵ درصدی (حدود ۶۶۱/۹ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۶۷). بر این اساس حجم آب آبیاری تیمار ۷/۳ درصد کمتر از مقدار نیاز آبی واقعی گندم بر اساس داده‌های به‌هنگام هواشناسی میاندوآب (۲۹۵۰ مترمکعب بر هکتار) و در مورد شاهد نیز ۱۵/۱ درصد بیشتر از این مقدار می‌باشد.



شکل ۶۷- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W₅

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی سه آبیاری پایش شده، در شکل ۶۸ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۰/۸ درصد به دست آمد.



شکل ۶۸- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W₅ طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد برآوردشده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W₅ به ترتیب ۱۰۹۰۰ و ۸۹۴۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و میزان عملکرد تیمار نسبت به شاهد به‌طور قابل توجهی (۲۱/۹ درصد) افزایش یافت (جدول ۴۲). بر اساس عملکرد محصول و حجم آب آبیاری، مقادیر بهره‌وری برآوردشده در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۳/۹۹ و ۲/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال تیمار تغییر روش آبیاری به جویچه‌ای موجب افزایش بهره‌وری آب (حدود ۱/۳۵ کیلوگرم بر مترمکعب) در این مزرعه شد (جدول ۴۳). همچنین با توجه به مقدار بارش مؤثر که در طی فصل رشد گندم در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ (شهرستان میاندوآب) ۲۲۶/۲ میلی‌متر بوده مقادیر بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر نیز محاسبه و مقدار افزایش آن در بخش تیمار نسبت به شاهد ۴۹/۲ درصد برآورد گردید. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در شکل ۶۹ ترسیم گردیده است.

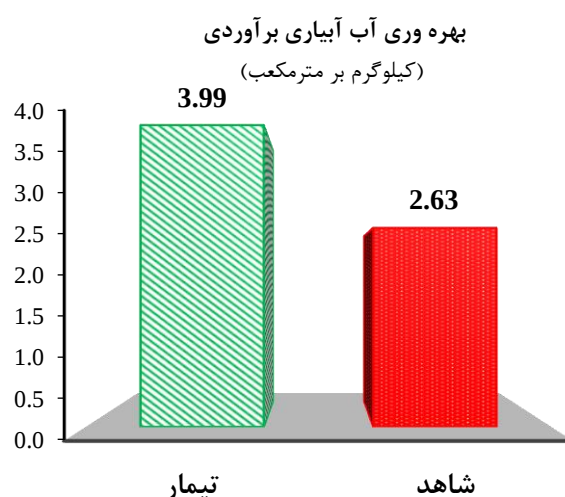
جدول ۴۲- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه W₅

عملکرد باسکول (Kg/ha)		عملکرد برآوردی (Kg/m ³)		بهره‌وری آب (باسکول) (Kg/m ³)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)		بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد
*	*	۱۰۹۰۰	۸۹۴۰	*	*	۲/۶۳	۳/۹۹	۱/۵۸	۲/۱۸

* دستیابی به عملکرد باسکول و در نتیجه محاسبه بهره‌وری بر اساس عملکرد باسکول به دلیل جنبه خودمصرفی محصول در این مزرعه امکان‌پذیر نبود.

جدول ۴۳- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W₅

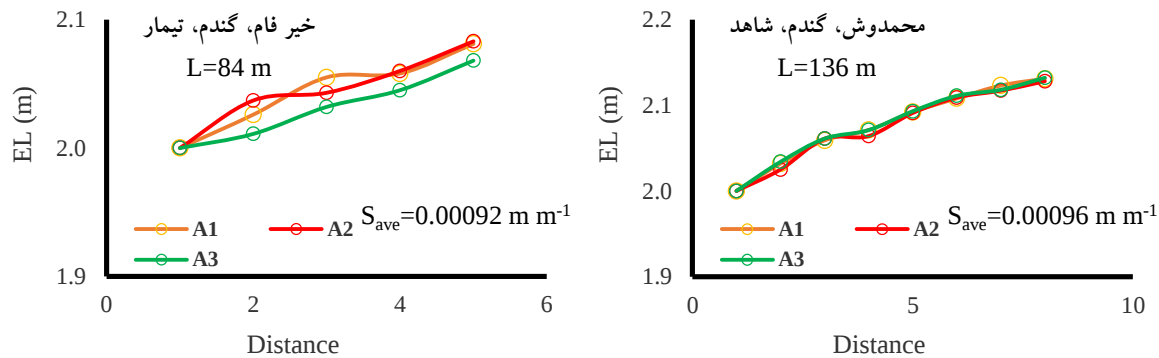
مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری برآوردی (Kg/m ³)	افزایش بهره‌وری برآوردی (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
W ₅	۱۹/۵	۱/۳۵	۵۱/۴	۳۸/۱

شکل ۶۹- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در تیمار و شاهد مزرعه W₅۴-۲-۴- مزرعه شماره W₆

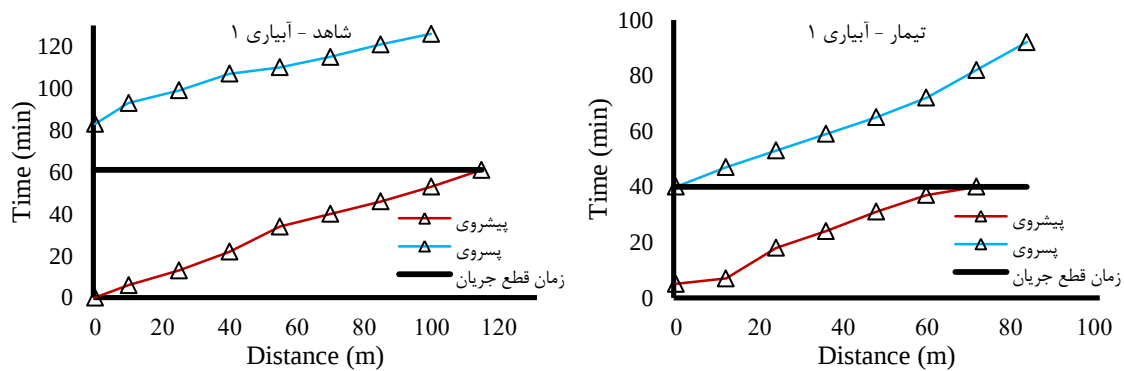
در این مزرعه آبیاری اول (خاک‌آب) شاهد و تیمار به ترتیب در تاریخ ۹۷/۸/۱۲ و ۹۷/۸/۱۴ انجام شد و کلیه پارامترها جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. در این مزرعه تکنیک تغییر روش آبیاری از نواری به جویچه-ای در نظر گرفته شد. در بخش تیمار این مزرعه نیز با استفاده فارور غلات اقدام به ایجاد پشته‌هایی با فواصل ۸۵ سانتی‌متر از هم گردید. عرض نوارهای شاهد در این مزرعه حدود ۷ متر توسط کشاورز در نظر گرفته شد. طول نوارهای آبیاری شاهد و تیمار به ترتیب ۱۳۶ و ۸۵ متر بود. مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W₆ در جدول ۴۴ ارائه شده است. قابل ذکر است مزرعه آقای صیاد محمدش به عنوان شاهد برای مزارع تیمار W₅ و W₆ در نظر گرفته شده است. همچنین پروفیل شیب طولی شاهد و تیمار در این مزرعه در شکل ۷۰ ارائه شده است. مطابق این شکل، پروفیل شیب طولی نوار شاهد و تیمار مشابه و یکنواخت بوده و شیب نوارهای شاهد و تیمار به ترتیب ۰/۰۹۶ و ۰/۰۹۲ درصد (شیب منفی ناچیز) می‌باشد.

جدول ۴۴- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W₆

مزرعه W ₆	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	جویچه‌ای	۷×۸۵	۰/۰۰۰۹۲	بسته
شاهد	نواری	۷×۱۳۶	۰/۰۰۰۹۶	بسته

شکل ۷۰- نیمرخ شیب طولی نوارهای تیمار و شاهد در مزرعه W₆

در آبیاری اول منبع آب آبیاری کشاورزی، کانال بوده و دبی شاهد و تیمار به ترتیب ۱۹/۵ و ۱۷/۶۹ لیتر بر ثانیه توسط فلوم WSC اندازه‌گیری شد. پیش‌روی آب در شاهد ۶۱ دقیقه و در تیمار ۴۰ دقیقه به طول انجامید. نتایج پیش‌روی و پس‌روی جریان در تیمار و شاهد در آبیاری اول مطابق شکل ۷۱ ارائه گردیده است.

شکل ۷۱- پیش‌روی و پس‌روی جریان آب در نوارهای مورد آزمایش مزرعه W₆ در تیمار و شاهد در آبیاری اول

خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص مورد نیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه W₆ در جدول ۴۵ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۴۵، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۷۱/۳ و ۷۵/۰ میلی‌متر بوده که اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش ناچیز ۳/۷ میلی‌متر در عمق آب کاربردی توسط کشاورز شده است. آبیاری دوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۲/۱۴ انجام شد. مطابق جدول ۴۵، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۱۲/۱ و ۱۳۸/۸ میلی‌متر بوده که اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش ۲۶/۷ میلی‌متر عمق آبیاری گردیده است. آبیاری سوم تیمار و شاهد به ترتیب در تاریخ

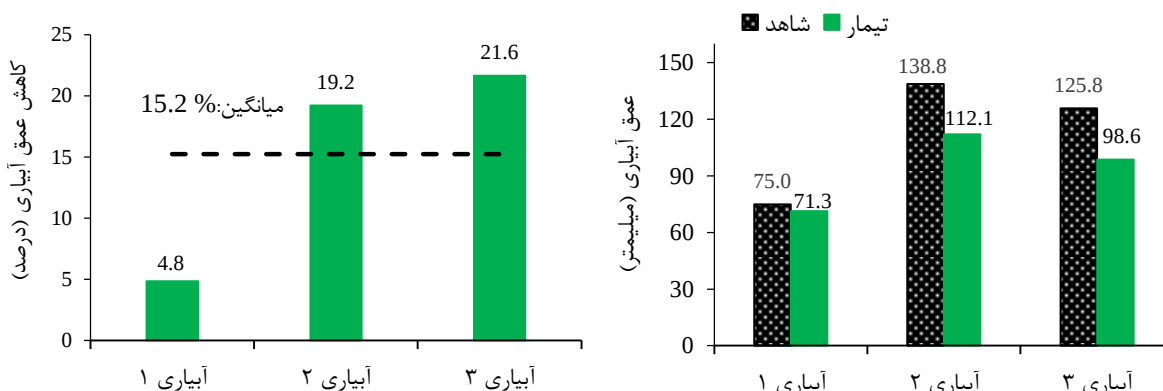
۹۸/۳/۷ و ۹۸/۳/۵ انجام شد. در آبیاری سوم، اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش ۲۷/۲ میلی‌متری عمق آب کاربردی و افزایش قابل توجه ۲۹/۷ درصدی راندمان کاربرد توسط کشاورز شده است.

جدول ۴۵- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه W_6 در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه W_6	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۱۷/۶۹	۴۰	۷۱/۳	۳۰*	۴۲/۱
	شاهد	۱۹/۵۰	۶۱	۷۵/۰	۳۰*	۴۰/۰
آبیاری دوم	تیمار	۱۸/۲۲	۶۱	۱۱۲/۱	۵۹/۶	۵۳/۲
	شاهد	۱۷/۳۳	۱۲۷	۱۳۸/۸	۵۰/۰	۳۵/۳
آبیاری سوم	تیمار	۱۴/۸۱	۶۶	۹۸/۶	۸۲/۷	۸۳/۹
	شاهد	۱۷/۵۱	۱۱۴	۱۲۵/۸	۶۸/۲	۵۴/۲

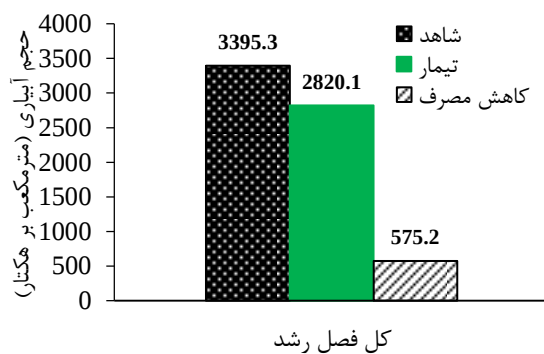
* در آبیاری اول (خاک‌آب) که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص مورد نیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

مزرعه W_6 طی فصل رشد محصول در ۳ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۷۲ می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد در مزرعه W_6 طی ۳ آبیاری این مزرعه، حدود ۱۵/۲ درصد محاسبه شد.



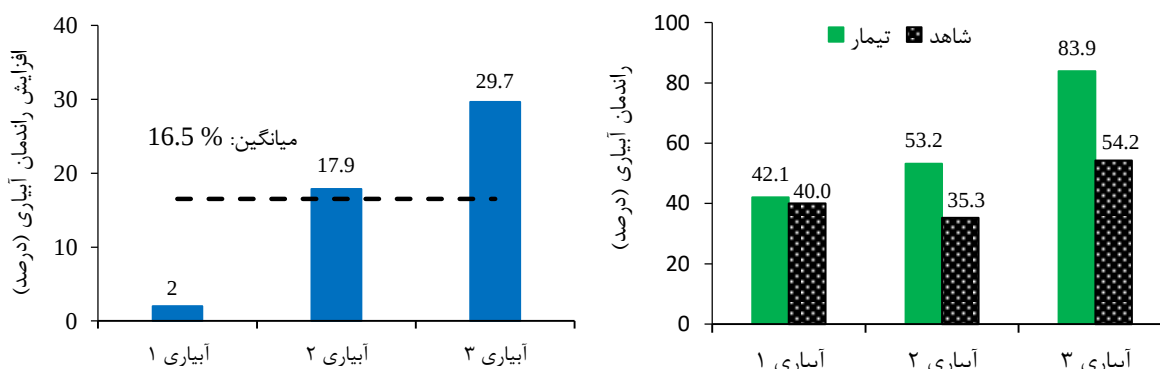
شکل ۷۲- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه W_6 طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد مزرعه W_6 به ترتیب ۲۸۲۰/۱ و ۳۳۹۵/۳ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود ۱۶/۹ درصدی (حدود ۵۷۵/۲ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۷۳).



شکل ۷۳- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی تیمار و شاهد در مزرعه W₆

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی سه آبیاری پایش شده، در شکل ۷۴ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۶/۵ درصد به دست آمد. به این ترتیب حجم آب مصرفی تیمار به ترتیب ۴/۴ و ۳۷/۱ درصد کمتر از مقادیر نیاز واقعی گندم و سند ملی اصلاح شده می‌باشد.



شکل ۷۴- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W₆ طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد برآورد شده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W₆ به ترتیب ۹۰۳۰ و ۸۹۴۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و میزان عملکرد تیمار نسبت به شاهد به‌طور ناچیزی (یک درصد) افزایش یافت (جدول ۴۶). مقادیر بهره‌وری برآورد شده در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۳/۲۰ و ۲/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال تیمار تغییر روش آبیاری به جویچه‌ای موجب افزایش بهره‌وری آب (حدود ۰/۵۷ کیلوگرم بر مترمکعب) در این مزرعه شد (جدول ۴۷). همچنین با توجه به مقدار بارش مؤثر که در طی فصل رشد گندم در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ (شهرستان میاندوآب) ۲۲۶/۲ میلی‌متر بوده مقادیر بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر نیز محاسبه و مقدار افزایش آن در بخش تیمار نسبت به شاهد ۲۰/۱ درصد برآورد گردید. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در شکل ۷۵ ترسیم گردیده است.

جدول ۴۶- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه W₆

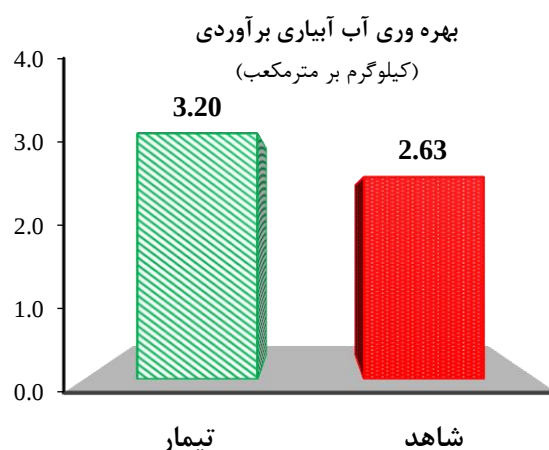
عملکرد باسکول (Kg/ha)	عملکرد برآوردی (Kg/m ³)	بهره‌وری آب (باسکول) (Kg/m ³)	بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)	بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)
-----------------------	-------------------------------------	---	---	---

تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار
۱/۷۸	۱/۵۸	۳/۲۰	۲/۶۳	*	*	۹۰۳۰	۸۹۴۰	*

* دستیابی به عملکرد باسکول و در نتیجه محاسبه بهره‌وری بر اساس عملکرد باسکول به دلیل جنبه خودمصرفی محصول در این مزرعه امکان‌پذیر نبود.

جدول ۴۷- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W₆

مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری برآوردی (Kg/m ³)	افزایش بهره‌وری برآوردی (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
W ₆	۱۶/۹	۰/۵۷	۲۱/۶	۱۲/۴



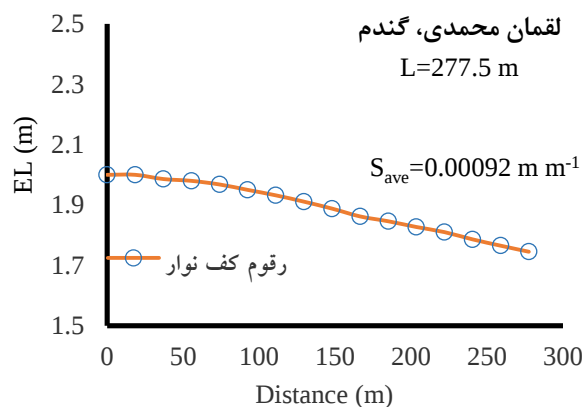
شکل ۷۵- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در تیمار و شاهد مزرعه W₆

۴-۲-۵- نتایج پایش مزرعه W₇

در این مزرعه آبیاری اول (خاک‌آب) شاهد و تیمار در تاریخ ۹۷/۸/۱ انجام شد و کلیه پارامترها جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. نوع سیستم آبیاری این مزرعه، آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک و تکنیک مورد استفاده در بخش تیمار مدیریت زمان آبیاری بارانی بود. مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W₇ در جدول ۴۸ ارائه شده است. همچنین پروفیل شیب طولی مزرعه W₇ در شکل ۷۶ ارائه شده است. مطابق این شکل، پروفیل شیب طولی نوار شاهد و تیمار یکنواخت (۰/۰۹۲ درصد) می‌باشد.

جدول ۴۸- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W₇

مزرعه W ₇	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	فواصل آبپاش (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	بارانی	۲۷×۵۵/۵	۱۸/۵×۱۸/۵	۰/۰۰۰۹۲	بسته
شاهد	بارانی	۱۲۹/۵×۲۷۷/۵	۱۸/۵×۱۸/۵	۰/۰۰۰۹۲	بسته

شکل ۷۶- نیمرخ شیب طولی مزرعه W₇

خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه W₇ در جدول ۴۹ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۴۹، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۳۸/۳ و ۳۸/۷ میلی‌متر بوده که با اعمال تیمار زمان‌بندی واقعی آبیاری در آبیاری اول، عمق کاربردی تغییری نیافته است. آبیاری دوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۲/۱۱ انجام شد. مطابق جدول ۴۹، متوسط عمق آبیاری اول تیمار و شاهد به ترتیب ۶۵/۳ و ۸۱/۸ میلی‌متر بوده که نشان‌دهنده کاهش ۱۶/۵ میلی‌متر عمق می‌باشد. آبیاری سوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۱۱ انجام شد. در آبیاری سوم، اعمال تیمار زمان واقعی آبیاری موجب کاهش ۲۳/۷ میلی‌متری عمق آب کاربردی توسط کشاورز شده است.

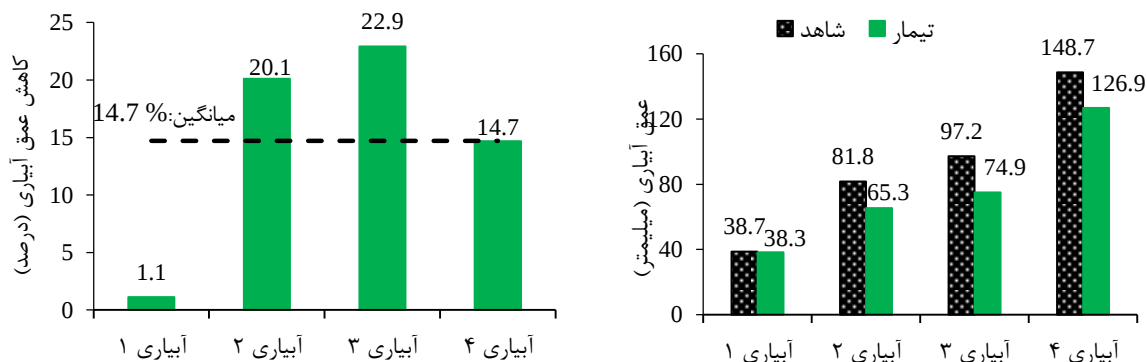
جدول ۴۹- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه W₇ در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه W ₇	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t _{co} دقیقه	عمق آبیاری I _g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I _n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۵/۴۶	۲۴۰	۳۸/۳	۳۶*	۹۴/۰
	شاهد	۹۱/۰۴	۲۴۰	۳۸/۷	۳۶*	۹۲/۹
آبیاری دوم	تیمار	۵/۸۸	۳۸۰	۶۵/۳	۴۳/۱	۶۶/۰
	شاهد	۹۶/۰۸**	۴۸۰	۸۱/۸	۵۸/۵	۷۱/۶
آبیاری سوم	تیمار	۶/۳۳	۴۰۵	۷۴/۹	۴۷/۸	۶۳/۸
	شاهد	۱۰۱/۵۵	۵۴۰	۹۷/۲	۴۸/۸	۵۰/۲

* در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است. همچنین ۶ میلی‌متر برای تلفات تبخیر و بادبردگی در آبیاری بارانی لحاظ شده و در مجموع ۳۶ میلی‌متر به‌عنوان کمبود رطوبتی خاک مدنظر قرار گرفت.

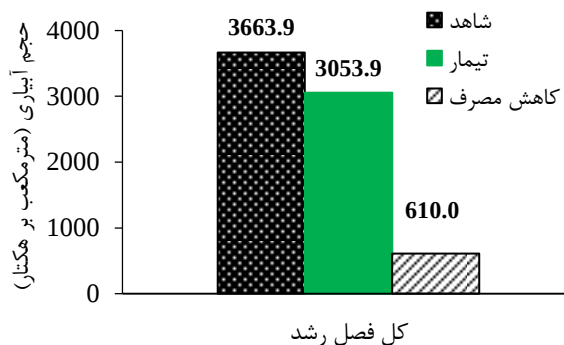
** دبی کل مزرعه در مجموع شامل ۷۲ آبپاش تمام‌دور و ۴۴ آبپاش نیم‌دور به ترتیب با دبی ۰/۹۱ و ۰/۵۸ لیتر بر ثانیه

مزرعه W₇ طی فصل رشد محصول در ۴ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۷۷ می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد در مزرعه W₇ طی ۴ آبیاری این مزرعه، حدود ۱۴/۷ درصد محاسبه شد.



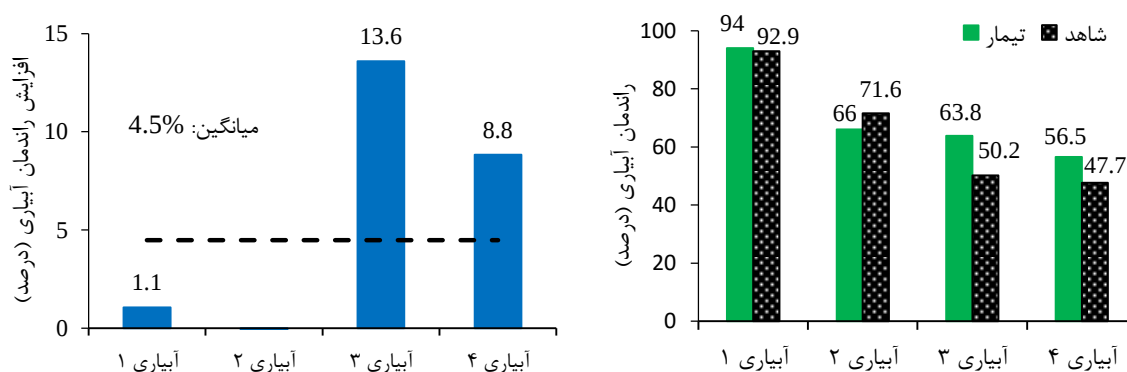
شکل ۷۷- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه W₇ طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد مزرعه W₇ به ترتیب ۳۰۵۳/۹ و ۳۶۶۳/۹ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود ۱۶/۶ درصدی (حدود ۶۱۰ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۷۸).



شکل ۷۸- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W₇

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی چهار آبیاری پایش شده، در شکل ۷۹ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۴/۵ درصد به دست آمد.



شکل ۷۹- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W₇ طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد برآورد شده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W₇ به ترتیب ۱۳۲۸۰ و ۹۹۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و میزان عملکرد تیمار نسبت به شاهد به‌طور معناداری (۳۳/۴ درصد) افزایش یافت (جدول ۵۰). بر اساس عملکرد محصول و حجم آب آبیاری، مقادیر بهره‌وری برآورد شده در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۴/۳۵ و ۲/۷۲ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال تیمار برنامه‌ریزی آبیاری زمان واقعی موجب افزایش بهره‌وری آب (حدود ۱/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب) در این مزرعه شد (جدول ۵۱). همچنین با توجه به مقدار بارش مؤثر (بر اساس رابطه ASCE) که در طی فصل رشد گندم در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ (شهرستان مهاباد) ۲۸۲/۷ میلی‌متر بوده مقادیر بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر نیز محاسبه و مقدار افزایش آن در بخش تیمار نسبت به شاهد ۴۷/۳ درصد برآورد گردید. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در شکل ۸۰ ترسیم گردیده است.

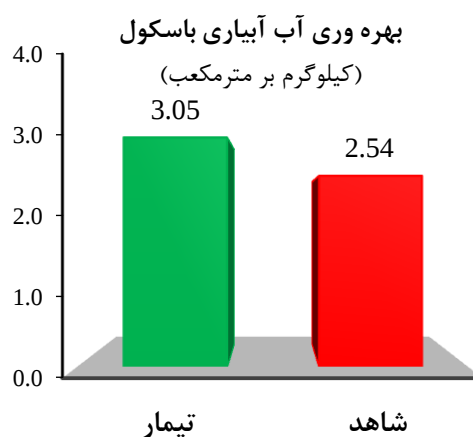
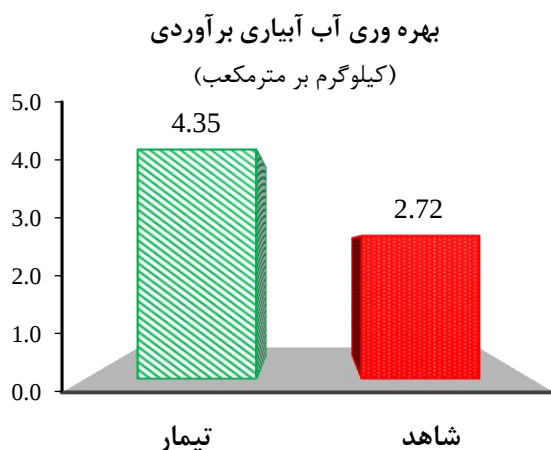
جدول ۵۰- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه W₇

عملکرد باسکول (Kg/ha)		عملکرد برآوردی (Kg/m ³)		بهره‌وری آب (باسکول) (Kg/m ³)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)		بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد
۹۳۰۰	۹۳۰۰	۱۳۲۸۰*	۸۹۴۰	۲/۵۴	۳/۰۵	۲/۷۲	۴/۳۵	۱/۵۳	۲/۲۶

* این عملکرد مربوط به افزودن کود آگروهمیومیک و میکورت بوده است (تیمار آب و زراعی). عملکرد تیمار زراعی دوم بر اثر افزودن فسفوزیست و نیتروزیست ۱۲۱۶۰ کیلوگرم در هکتار بود.

جدول ۵۱- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W₇

مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری برآوردی (Kg/m ³)	افزایش بهره‌وری برآوردی (%)	افزایش بهره‌وری باسکول (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
W ₇	۱۶/۶	۱/۶۳	۶۰/۱	۲۰/۰	۴۷/۳

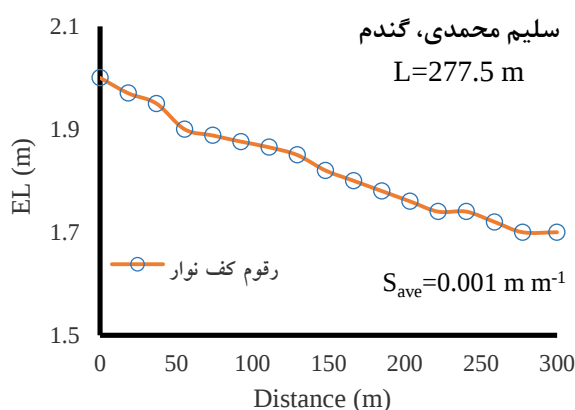
شکل ۸۰- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در تیمار و شاهد مزرعه W₇

۴-۲-۶- نتایج پایش مزرعه W₈

در این مزرعه آبیاری اول (خاک‌آب) تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۲/۱۲ انجام شد و کلیه پارامترها جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. نوع سیستم آبیاری این مزرعه، آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک و تکنیک مورد استفاده در بخش تیمار مدیریت زمان آبیاری بارانی بود. مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W₈ در جدول ۵۲ ارائه شده است. پروفیل شیب طولی نوار تیمار و شاهد این مزرعه مشابه و یکنواخت (۰/۱ درصد) می‌باشد (شکل ۸۱). لازم به ذکر است، طولی که در جدول ۵۲ نوشته شده مربوط به طول کرت، نوار یا جویچه است (در روش‌های سطحی)؛ اما طولی که در نمودار شیب (L) نوشته شده مربوط به طولی است که نقشه برداری آن با دوربین توسط کارشناسان صورت گرفته است. گاهی این دو طول در حد چند متر با هم تفاوت دارند؛ یعنی تراز در انتهای نوار قرائت نشده است. برای مثال ممکن است در یک نوار ۳۰۰ متری در هر ۴۰ متر، شاخص جهت قرائت تراز قرار داده شود ولی وقتی نقشه بردار شاخص را در نقطه ۲۸۰ متر قرار دارد این نقطه را به عنوان نقطه آخر تلقی کند و دیگر در انتهای نوار شاخص نگذارد. یا برعکس ممکن است طول نوار به عنوان مثال ۱۳۴ متر باشد اما تا نقطه ۱۴۰ متری نقشه برداری گردد.

جدول ۵۲- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W₈

مزرعه W ₈	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	فاصله آبیاری (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	بارانی	۲۷×۵۵/۵	۱۸/۵×۱۸/۵	۰/۰۰۱	بسته
شاهد	بارانی	۱۶۶/۵ و ۹۲/۵×۳۰۰	۱۸/۵×۱۸/۵	۰/۰۰۱	بسته

شکل ۸۱- نیمرخ شیب طولی مزرعه W₈

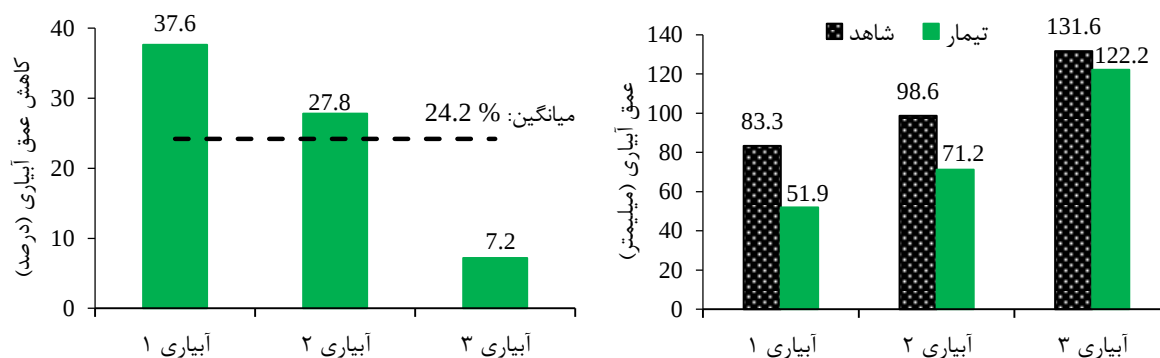
خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه W₈ در جدول ۵۳ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۵۳، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۵۱/۹ و ۸۳/۳ میلی‌متر بوده که با اعمال تیمار زمان‌بندی واقعی آبیاری در آبیاری اول، عمق کاربردی ۳۲/۴ میلی‌متر کاهش یافته است که رقم قابل توجهی است. آبیاری دوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۲/۳۱ انجام شد. مطابق جدول ۵۳، متوسط عمق آبیاری تیمار و شاهد به ترتیب ۷۱/۲ و ۹۸/۶ میلی‌متر بوده که نشان‌دهنده کاهش ۲۷/۴ میلی‌متر عمق آبیاری می‌باشد. آبیاری سوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۱۹ انجام شد. در آبیاری سوم، اعمال تیمار زمان واقعی آبیاری موجب کاهش ۹/۴ میلی‌متری عمق آب کاربردی توسط کشاورز شده است.

جدول ۵۳- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه W₈ در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه W ₈	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t _{co} دقیقه	عمق آبیاری I _g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I _n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۵/۵۲	۳۲۲	۵۱/۹	۳۶*	۶۹/۳
	شاهد	۹۴/۹۹	۵۴۰	۸۳/۳	۳۶*	۴۳/۲
آبیاری دوم	تیمار	۵/۹۴	۴۱۰	۷۱/۲	۴۶/۲	۶۴/۹
	شاهد	۱۰۱/۱۹	۶۰۰	۹۸/۶	۵۲/۰	۵۲/۷
آبیاری سوم	تیمار	۶/۶۶	۶۲۷/۶	۱۲۲/۲	۷۵/۸	۶۳/۱
	شاهد	۱۱۲/۵۵	۷۲۰/۰	۱۳۱/۶	۵۶/۵	۵۶/۵

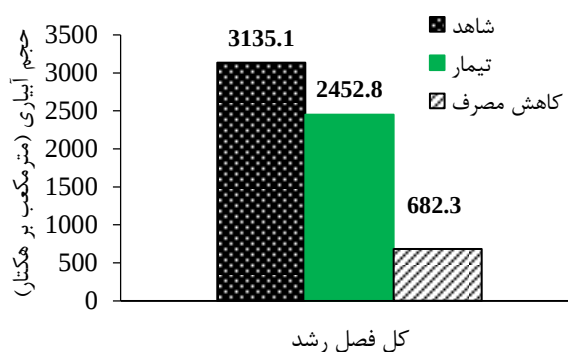
* در آبیاری اول (خاک‌آب) که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است. همچنین ۶ میلی‌متر برای تلفات تبخیر و بادبردگی در آبیاری بارانی لحاظ شده و در مجموع ۳۶ میلی‌متر به‌عنوان کمبود رطوبتی خاک مدنظر قرار گرفت.

مزرعه W_8 طی فصل رشد محصول در ۳ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۸۲ می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد در مزرعه W_8 طی ۳ آبیاری این مزرعه، حدود ۲۴/۲ درصد محاسبه شد.



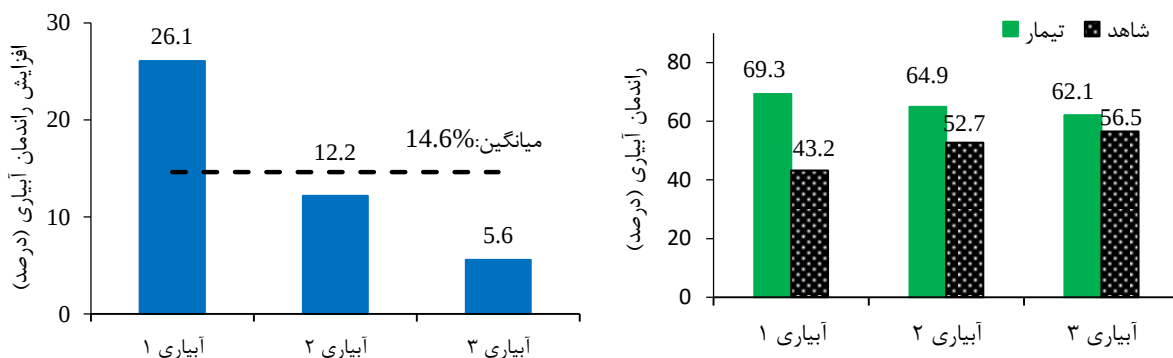
شکل ۸۲- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه W_8 طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد مزرعه W_8 به ترتیب ۲۴۵۲/۸ و ۳۱۳۵/۱ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود ۲۱/۸ درصدی (حدود ۶۱۰ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۸۳). مقادیر حجم آب آبیاری بخش‌های تیمار و شاهد با به‌کارگیری آبیاری بارانی به ترتیب ۴۵/۳ و ۳۰/۱ درصد کمتر از مقدار نیاز آبیاری گندم در شهرستان مهاباد بر اساس سند ملی اصلاح‌شده (۴۴۸۶ مترمکعب بر هکتار) می‌باشد و کاهش آب آبیاری بیشتر در بخش تیمار بیان‌گر اهمیت برنامه‌ریزی دقیق آبیاری می‌باشد.



شکل ۸۳- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W_8

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی سه آبیاری پایش شده، در شکل ۸۴ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۴/۶ درصد به دست آمد.



شکل ۸۴- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W₈ طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد برآورد شده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W₈ به ترتیب ۱۲۰۸۰ و ۹۱۸۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و میزان عملکرد تیمار نسبت به شاهد به‌طور معناداری (۳۱/۵ درصد) افزایش یافت (جدول ۵۴). مقادیر بهره‌وری برآورد شده در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۴/۹۲ و ۲/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال تیمار برنامه‌ریزی آبیاری زمان واقعی موجب افزایش بهره‌وری آب (حدود ۲ کیلوگرم بر مترمکعب) در این مزرعه شد (جدول ۵۵). همچنین با توجه به مقدار بارش مؤثر (بر اساس رابطه ASCE) که در طی فصل رشد گندم در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ (شهرستان مهاباد) ۲۸۲/۷ میلی‌متر بوده مقادیر بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر نیز محاسبه و مقدار افزایش آن در بخش تیمار نسبت به شاهد ۴۸/۶ درصد برآورد گردید. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در شکل ۸۵ ترسیم گردیده است.

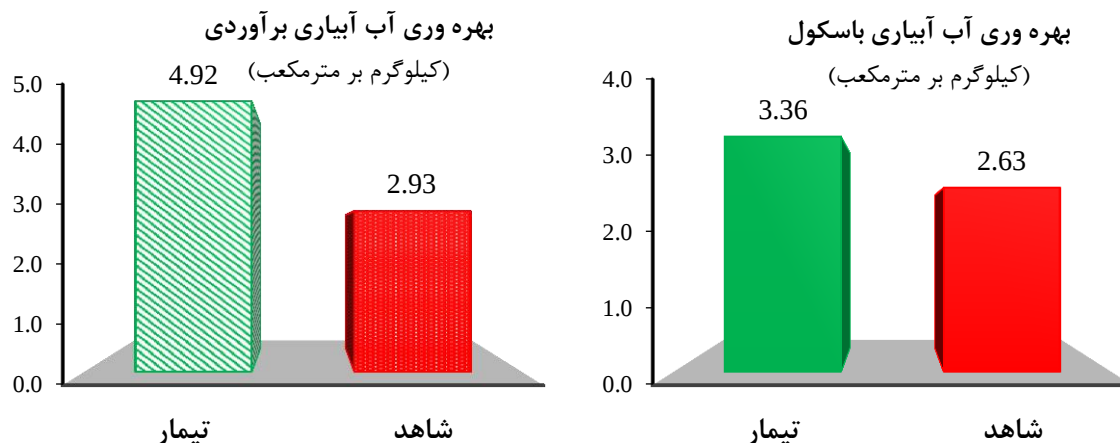
جدول ۵۴- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه W₈

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)		بهره‌وری آب (باسکول) (Kg/m ³)		عملکرد برآوردی (Kg/m ³)		عملکرد باسکول (Kg/ha)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد
۲/۲۹	۱/۵۴	۴/۹۲	۲/۹۳	۳/۳۶	۲/۶۳	۱۲۰۸۰*	۹۱۸۰	۸۲۵۰	۸۲۵۰

* این عملکرد مربوط به افزودن کود آگروهمیک و مایکورت بوده است (تیمار آب و زراعی). عملکرد تیمار زراعی دوم بر اثر افزودن فسفوزیست و نیتروزیست ۹۱۸۰ کیلوگرم در هکتار بود.

جدول ۵۵- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W₈

مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری برآوردی (Kg/m ³)	افزایش بهره‌وری برآوردی (%)	افزایش بهره‌وری باسکول (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
W ₈	۲۱/۸	۲/۰	۶۸/۲	۲۷/۸	۴۸/۶



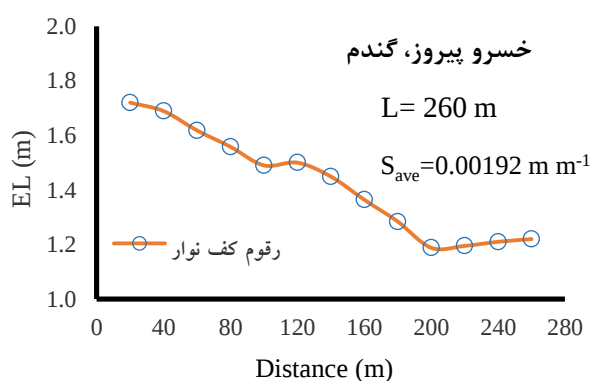
شکل ۸۵- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در تیمار و شاهد مزرعه W₈

۴-۲-۷- نتایج پایش مزرعه W₉

در این مزرعه آبیاری اول (خاک‌آب) تیمار و شاهد در تاریخ ۹۷/۷/۲۵ انجام شد و کلیه پارامترها جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. نوع سیستم آبیاری این مزرعه، آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک و تکنیک مورد استفاده در بخش تیمار مدیریت زمان آبیاری بارانی بود. مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W₉ در جدول ۵۶ ارائه شده است. پروفیل شیب طولی نوار تیمار و شاهد این مزرعه مشابه و یکنواخت (۰/۱ درصد) می‌باشد (شکل ۸۶).

جدول ۵۶- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W₉

مزرعه W ₉	روش آبیاری	فاصل آبیاش (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	بارانی	۱۸/۵×۱۸/۵	۰/۰۰۱۹۲	بسته
شاهد	بارانی	۱۸/۵×۱۸/۵	۰/۰۰۱۹۲	بسته



شکل ۸۶- نیمرخ شیب طولی مزرعه W₉

خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص مورد نیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه W₉ در جدول ۵۷ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۵۷، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به

ترتیب ۳۵/۸ و ۶۱/۷ میلی‌متر بوده که با اعمال تیمار زمان‌بندی واقعی آبیاری در آبیاری اول، عمق کاربردی ۲۵/۹ میلی‌متر کاهش یافته است که رقم قابل توجهی است. آبیاری دوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۸ انجام شد. با توجه به این که کشاورز مربوطه دارای حقابۀ از شبکه سطحی (کانال) بوده آبیاری دوم مزرعۀ با شبکه انجام شد. از سوی دیگر با توجه به انجام آبیاری شبانه توسط کشاورز، امکان پایش آبیاری وجود نداشته و عمق آبیاری برآورد گردیده است که مطابق جدول ۵۷، متوسط عمق آبیاری تیمار و شاهد مشابه و به ترتیب ۶۳/۷ و ۶۳/۲ میلی‌متر بود. آبیاری سوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۱۶ انجام شد. در آبیاری سوم، اعمال تیمار زمان واقعی آبیاری موجب کاهش جزئی ۲/۳ میلی‌متری عمق آب کاربردی شده است.

جدول ۵۷- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعۀ W_9 در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعۀ W_9	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۰/۹۲	۲۲۲	۳۵/۸	۳۶*	۱۰۰/۰
	شاهد	۰/۹۸	۳۶۰	۶۱/۷	۳۶*	۵۸/۴
آبیاری دوم	تیمار	۴۲	۶۶۰	۶۳/۲	**	**
	شاهد	۴۲	۷۲۰	۶۳/۷	**	**
آبیاری سوم	تیمار	۰/۹۷۲	۳۴۲	۵۸/۳	۶۲/۴	***۱۰۰/۰
	شاهد	۰/۹۶۰	۳۶۰	۶۰/۶	۶۳/۷	***۱۰۰/۰

* مقدار آبیاری اول (خاکاب) در آبیاری بارانی

** این آبیاری شبانه و با شبکه سطحی صورت گرفته و امکان پایش آبیاری و برداشت نمونه رطوبتی وجود نداشت.

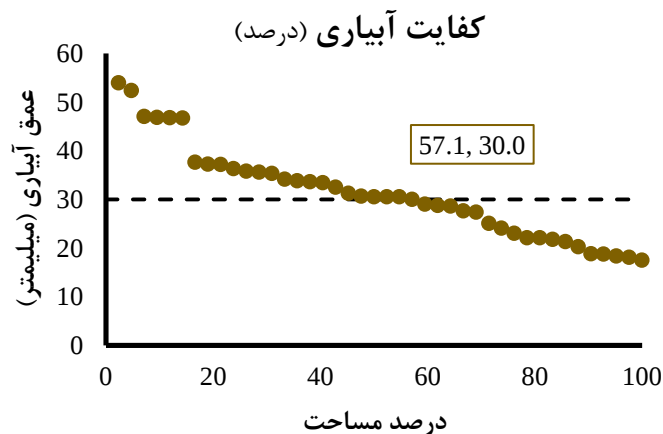
*** به میزان جزئی در هر دو بخش شاهد و تیمار کم آبیاری صورت گرفته است.

آزمایش یکنواختی در تاریخ ۹۷/۹/۱ انجام شد به این منظور ۴۲ قوطی در طرفین ۴ آبپاش (درمجموع ۸۴ قوطی) و به فواصل ۳ متر قرار داده شده است. پس از مدت یک ساعت مقادیر حجم آب قوطی‌ها با در نظر گرفتن همپوشانی اندازه‌گیری و فاکتورهای راندمان و تلفات صورت گرفته محاسبه گردید. در این آزمایش دبی آبپاش‌ها به روش حجمی و با استفاده از استوانه مدرج و گالن ۲۰ لیتری اندازه‌گیری شد. فشار آبپاش‌ها نیز با استفاده از فشارسنج اندازه‌گیری شد. خلاصه نتایج آزمایش یکنواختی مزرعۀ W_9 در جدول ۵۸ و نمودار کفایت آبیاری آن در شکل ۸۷ ارائه گردیده است.

جدول ۵۸- نتایج آزمایش یکنواختی در مزرعه W₉

واحد	مقدار	فاکتورها
-	۴۲	تعداد قوطی
m ²	۹	مساحت تحت پوشش هر قوطی
hr	۱/۰	مدت آزمایش
hr	۳/۷	مدت آبیاری
mm/hr	۱۰/۳	شدت خروجی آبپاش
mm/hr	۸/۵	متوسط شدت رسیده به زمین
mm	۳۸/۱	متوسط عمق خروجی از آبپاش
mm	۸/۵	متوسط عمق رسیده به زمین
mm	۳۱/۳	متوسط عمق آبیاری
mm	۱۹/۹	متوسط عمق آبیاری ربع آخر
mm	۳۶/۰*	SMD
%	۵/۱	تلفات نفوذ عمقی
%	۱۸/۰	تلفات تبخیر و بادبردگی
%	۷۶/۶	ضریب یکنواختی (CU)
%	۶۳/۷	یکنواختی پخش (DU)
%	۵۲/۲	AELQ
%	۵۲/۲	PELQ
%	۵۷/۱	کفایت آبیاری

* ۳۶ میلی‌متر به عنوان خاک‌آب (۶ میلی‌متر به عنوان تلفات تبخیر و بادبردگی) در نظر گرفته شده است.

شکل ۸۷- کفایت آبیاری در آزمایش یکنواختی مزرعه W₉

مقدار CU مناسب برای آبیاری بارانی در بازه ۷۸ تا ۹۱ درصد قرار دارد که مطابق جدول ۵۸ در این آبیاری این عدد ۷۶/۶ درصد بوده و نزدیک بازه مذکور می‌باشد. متوسط عمق آبیاری ۳۱/۱ میلی‌متر بوده که نزدیک کمبود رطوبتی خاک (۳۰ میلی‌متر بدون لحاظ تلفات تبخیر و بادبردگی) می‌باشد و موجب شده کفایت آبیاری در حدود ۵۷/۱ درصد باشد. البته مقدار مناسب کفایت آبیاری در آبیاری بارانی، بازه ۸۰ تا ۹۰ درصد می‌باشد. نتایج اندازه‌گیری دبی و فشار آبپاش‌ها در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W₉ به ترتیب در جداول ۵۹ و ۶۰ و موقعیت آبپاش-

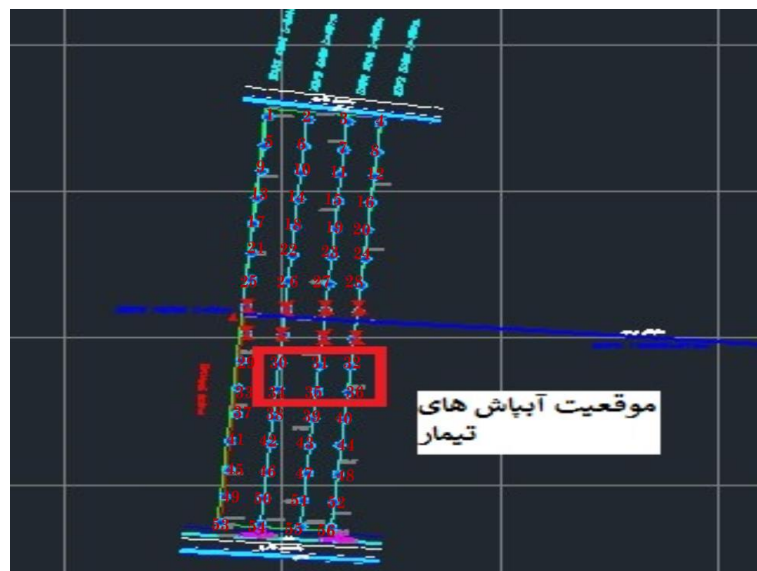
های مورد آزمایش در شکل ۸۸ ارائه شده است. مطابق این جداول، مقادیر فشار آبپاش نزدیک به هم بوده (بیشترین اختلاف فشار ۳ درصد) و بیان‌گر یکنواختی وضعیت فشار سیستم می‌باشد.

جدول ۵۹- نتایج اندازه‌گیری دبی و فشار آبپاش‌ها در آزمایش یکنواختی در قسمت تیمار مزرعه W₉

شماره آبپاش	دبی (لیتر بر ثانیه)	فشار (متر)
۳۸	۰/۹۴۱	۱۹/۳
۳۹	۰/۹۵۱	۱۹/۴
۴۰	۱/۰۱۶	۱۹/۷
۴۲	۰/۹۶۶	۱۹/۵
۴۳	۰/۹۹۵	۱۹/۷
۴۴	۱/۰۲۴	۱۹/۶

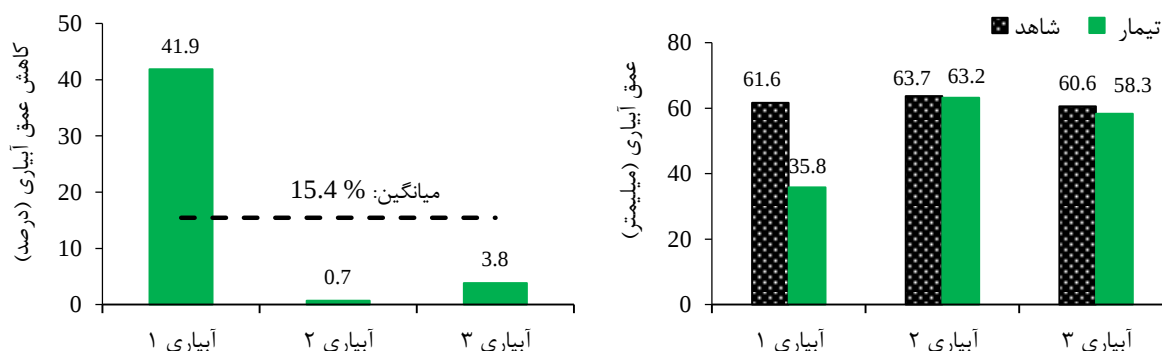
جدول ۶۰- نتایج اندازه‌گیری دبی و فشار آبپاش‌ها در آزمایش یکنواختی در قسمت شاهد مزرعه W₉

شماره آبپاش	دبی (لیتر بر ثانیه)	فشار (متر)
۳۰	۰/۹۳۹	۱۹/۳
۳۱	۰/۹۵۲	۱۹/۵
۳۲	۰/۹۹۶	۱۹/۶
۳۴	۰/۹۳۲	۱۹/۲
۳۵	۱/۰۱۲	۱۹/۷
۳۶	۱/۰۵۱	۱۹/۸



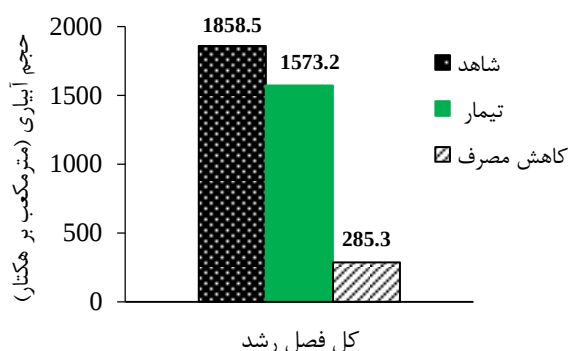
شکل ۸۸- موقعیت آبپاش‌های مورد آزمایش در مزرعه W₉

مزرعه W₉ طی فصل رشد محصول در ۳ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۸۹ می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد در مزرعه W₉ طی ۳ آبیاری این مزرعه، حدود ۱۵/۴ درصد محاسبه شد.



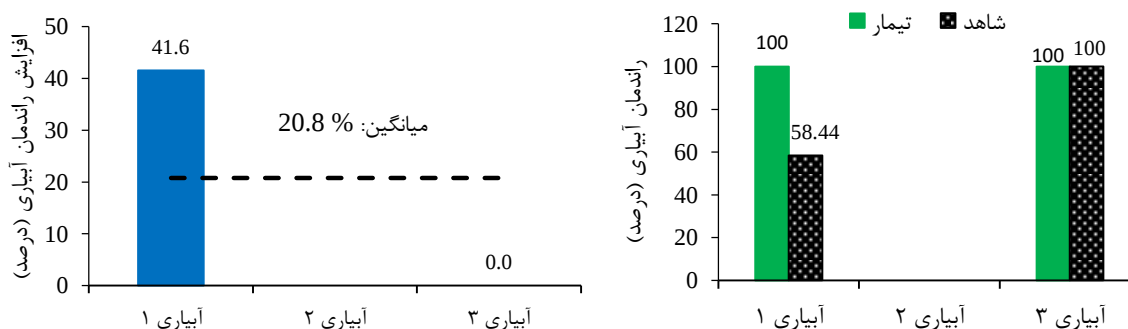
شکل ۸۹- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه W_9 طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد مزرعه W_9 به ترتیب $1573/2$ و $1858/5$ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود $15/4$ درصدی (حدود $285/3$ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۹۰). در این مزرعه نیز مقدار حجم آب آبیاری بخش‌های تیمار و شاهد به ترتیب $64/9$ و $58/6$ درصد کمتر از مقدار مندرج در سند ملی اصلاح‌شده (4486 مترمکعب بر هکتار) می‌باشد.



شکل ۹۰- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W_9

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی دو آبیاری پایش شده، در شکل ۹۱ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود $20/8$ درصد به دست آمد. قابل ذکر است برداشت نمونه رطوبتی در آبیاری دوم به دلیل آبیاری شبانه و استفاده از شبکه سطحی و به تبع آن محاسبه راندمان آبیاری میسر نبود.



شکل ۹۱- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W_9 طی آبیاری‌های مختلف

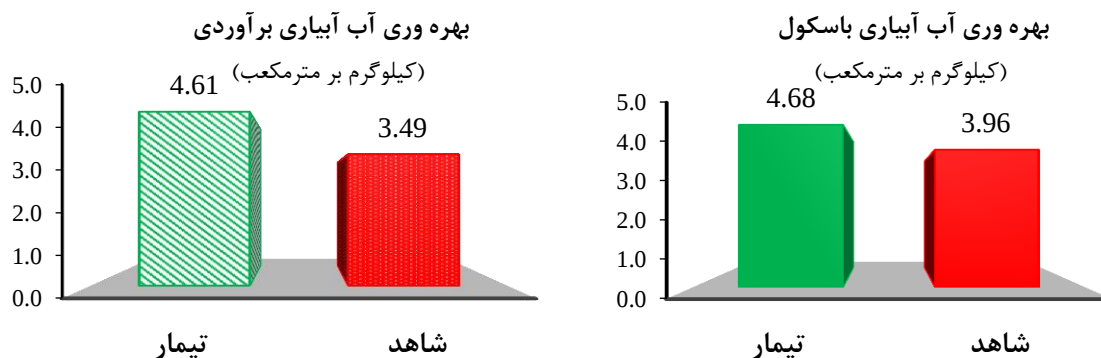
بر اساس نتایج، میزان عملکرد برآورد شده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_9 به ترتیب ۷۲۵۰ و ۶۴۸۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و میزان عملکرد تیمار نسبت به شاهد ۱۱/۹ درصد افزایش یافت (جدول ۶۱). مقادیر بهره‌وری برآورد شده در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۴/۶۱ و ۳/۴۹ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال تیمار برنامه‌ریزی آبیاری زمان واقعی موجب افزایش بهره‌وری آب (حدود ۱/۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب) در این مزرعه شد (جدول ۶۲). همچنین با توجه به مقدار بارش مؤثر (بر اساس رابطه ASCE) که در طی فصل رشد گندم در سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ (شهرستان مهاباد) ۲۸۲/۷ میلی‌متر بوده مقادیر بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر نیز محاسبه و مقدار افزایش آن در بخش تیمار نسبت به شاهد ۱۹/۳ درصد برآورد گردید. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در شکل ۹۲ ترسیم گردیده است.

جدول ۶۱- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه W_9

عملکرد باسکول (Kg/ha)		عملکرد برآوردی (Kg/m ³)		بهره‌وری آب (باسکول) (Kg/m ³)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)		بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد
۷۳۶۸	۷۳۶۸	۷۲۵۰	۶۴۸۰	۲/۹۶	۴/۶۸	۳/۴۹	۴/۶۱	۱/۳۸	۱/۶۵

جدول ۶۲- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_9

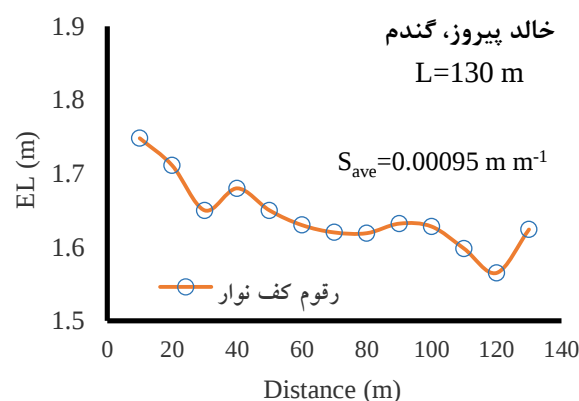
مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری برآوردی (Kg/m ³)	افزایش بهره‌وری برآوردی (%)	افزایش بهره‌وری باسکول	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
W_9	۱۵/۳	۱/۱۳	۳۲/۳	۱۸/۱	۱۹/۳

شکل ۹۲- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در تیمار و شاهد مزرعه W_9 ۴-۲-۸- مزرعه شماره W_{10}

در این مزرعه آبیاری اول (خاک‌آب) شاهد و تیمار به ترتیب در تاریخ ۹۷/۷/۲۸ و ۹۷/۷/۲۵ انجام شد و کلیه پارامترها جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. در این مزرعه تکنیک برنامه‌ریزی زمان واقعی آبیاری بارانی در نظر گرفته شد. مشخصات تیمار و شاهد مزرعه W_{10} در جدول ۶۳ ارائه شده است. همچنین مطابق شکل ۹۳ پروفیل شیب طولی شاهد و تیمار مشابه یکنواخت می‌باشد.

جدول ۶۳- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W₁₀

مزرعه W ₁₀	روش آبیاری	فواصل آبیاش‌ها (m×m)	شیب طولی (m×m)
تیمار	بارانی	۱۸/۵×۱۸/۵	۰/۰۰۰۹۵
شاهد	بارانی	۱۸/۵×۱۸/۵	۰/۰۰۰۹۵

شکل ۹۳- نیمرخ شیب طولی مزرعه W₁₀

خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه W₁₀ در جدول ۱۰۳ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۱۰۳، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۳۸/۹ و ۶۲/۲ میلی‌متر و متوسط راندمان کاربرد تیمار و شاهد به ترتیب ۹۲/۵ و ۵۷/۹ درصد می‌باشد. آبیاری دوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۸ انجام شد. در این مزرعه نیز با توجه به این که کشاورز مربوطه دارای حقا به از شبکه سطحی (کانال) بوده آبیاری دوم مزرعه با شبکه انجام شد. از سوی دیگر با توجه به انجام آبیاری شبانه توسط کشاورز، امکان پایش آبیاری وجود نداشته و عمق آبیاری برآورد گردیده است (جدول ۶۴). مطابق این جدول و با توجه به آبیاری هم‌زمان تیمار و شاهد توسط کشاورز، عمق متوسط آبیاری دوم در هر دو بخش تیمار و شاهد ۶۳/۲ میلی‌متر بوده است. آبیاری سوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۱۶ انجام شد. در آبیاری سوم، عمق کاربردی آب در تیمار و شاهد مشابه و در حدود ۶۲ میلی‌متر می‌باشد.

جدول ۶۴- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه W₁₀ در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه W ₁₀	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t _{co} دقیقه	عمق آبیاری I _g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I _n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۱/۰۰	۲۲۲	۳۸/۹	۳۶*	۹۲/۵
	شاهد	۰/۹۹	۳۶۰	۶۲/۲	۳۶*	۵۷/۹
آبیاری دوم	تیمار	۴۲/۰	۶۶۰	۶۳/۲	**	**
	شاهد	۴۲/۰	۶۶۰	۶۳/۲	**	**
آبیاری سوم	تیمار	۰/۹۷۵	۳۶۰	۶۱/۵	۶۳/۹	۱۰۰/۰
	شاهد	۰/۹۷۸	۳۶۰	۶۱/۷	۶۴/۶	۱۰۰/۰

* در آبیاری اول (خاک‌آب) که هنوز ریشه‌های وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این

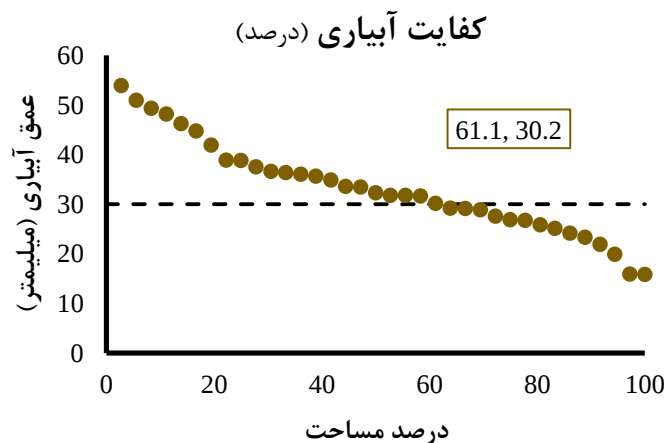
مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است. همچنین ۶ میلی‌متر برای تلفات تبخیر و بادبردگی در آبیاری بارانی لحاظ شده و در مجموع ۳۶ میلی‌متر به عنوان کمبود رطوبتی خاک مدنظر قرار گرفت. ** به دلیل آبیاری شبانه امکان برداشت نمونه رطوبتی خاک میسر نبود.

آزمایش یکنواختی در تاریخ ۹۷/۹/۱ انجام شد به این منظور ۳۶ قوطی در طرفین ۴ آبپاش (درمجموع ۷۲ قوطی) و به فواصل ۳ متر قرار داده شده است. خلاصه نتایج آزمایش یکنواختی مزرعه W_{10} در جدول ۶۵ و نمودار کفایت آبیاری آن در شکل ۹۴ ارائه گردیده است.

جدول ۶۵- نتایج آزمایش یکنواختی در مزرعه W_{10}

واحد	مقدار	فاکتورها
-	۳۶	تعداد قوطی
m ²	۹	مساحت تحت پوشش هر قوطی
hr	۱/۰	مدت آزمایش
hr	۳/۷	مدت آبیاری
mm/hr	۱۰/۳	شدت خروجی آبپاش
mm/hr	۹/۰	متوسط شدت رسیده به زمین
mm	۳۸/۱	متوسط عمق خروجی از آبپاش
mm	۹/۰	متوسط عمق رسیده به زمین
mm	۳۳/۲	متوسط عمق آبیاری
mm	۲۲/۱	متوسط عمق آبیاری ربع آخر
mm	۳۶/۰*	SMD
%	۶/۷	تلفات نفوذ عمقی
%	۱۳/۰	تلفات تبخیر و بادبردگی
%	۷۷/۸	ضریب یکنواختی (CU)
%	۶۶/۵	یکنواختی پخش (DU)
%	۵۷/۹	AELQ
%	۵۷/۹	PELQ
%	۶۱/۱	کفایت آبیاری

* ۳۶ میلی‌متر به عنوان خاک آب و ۶ میلی‌متر به عنوان تلفات تبخیر و بادبردگی در نظر گرفته شده است.



شکل ۹۴- کفایت آبیاری در آزمایش یکنواختی مزرعه W_{10}

مطابق جدول ۶۵، مقدار CU محاسبه شده در حدود ۷۸ درصد بوده که در رنج مناسب برای آبیاری بارانی قرار دارد. متوسط عمق آبیاری $33/2$ میلی‌متر بوده که نزدیک کمبود رطوبتی خاک می‌باشد و موجب شده کفایت آبیاری در حدود $61/1$ درصد باشد. نتایج اندازه‌گیری دبی و فشار آبپاش‌ها در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_{10} به ترتیب در جداول ۶۶ و ۶۷ و موقعیت آبپاش‌های مورد آزمایش در شکل ۹۵ ارائه گردیده است. مطابق این جداول سیستم آبیاری از نظر فشار و دبی دارای یکنواختی مناسبی می‌باشد.

جدول ۶۶- نتایج اندازه‌گیری دبی و فشار آبپاش‌ها در آزمایش یکنواختی در قسمت تیمار مزرعه W_{10}

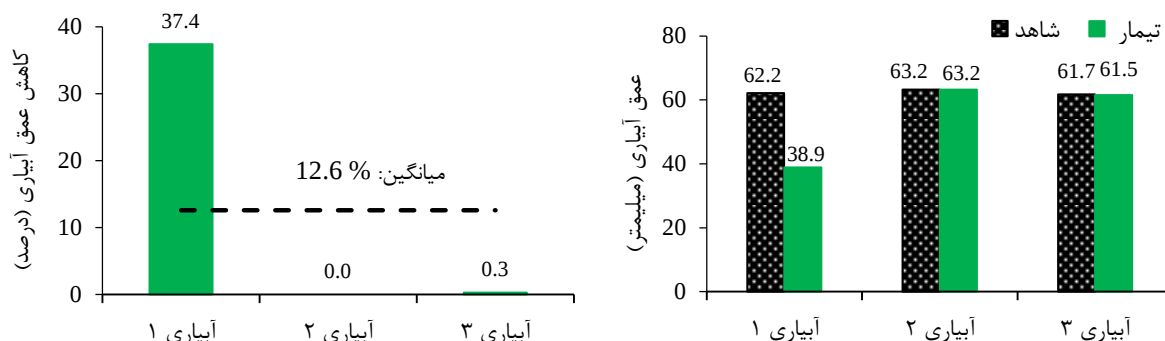
شماره آبپاش	دبی (لیتر بر ثانیه)	فشار (متر)
۴۸	۰/۹۴۷	۱۹/۵
۴۹	۱/۰۷۰	۱۹/۹
۵۰	۰/۹۴۶	۱۹/۲
۵۹	۱/۰۲۸	۱۹/۶
۶۰	۰/۹۴۰	۱۹/۵
۶۱	۰/۹۸۲	۱۹/۱

جدول ۶۷- نتایج اندازه‌گیری دبی و فشار آبپاش‌ها در آزمایش یکنواختی در قسمت شاهد مزرعه W_{10}

شماره آبپاش	دبی (لیتر بر ثانیه)	فشار (متر)
۱۴	۱/۰۸۱	۱۹/۹
۱۵	۰/۹۴۸	۱۹/۵
۱۶	۰/۹۳۶	۱۹/۳
۲۷	۰/۹۲۱	۱۹/۲
۲۸	۰/۹۶۵	۱۹/۴
۲۹	۱/۰۳۲	۱۹/۷

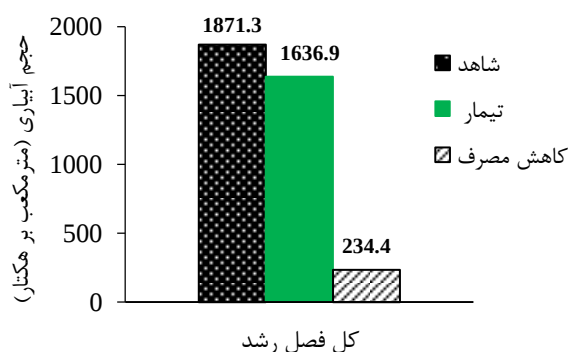
شکل ۹۵- موقعیت آبپاش‌های مورد آزمایش در مزرعه W_{10}

مزرعه W_{10} طی فصل رشد محصول در ۳ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی یا کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۹۶ می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد در مزرعه W_{10} طی ۳ آبیاری این مزرعه، حدود ۱۲/۶ درصد محاسبه شد.



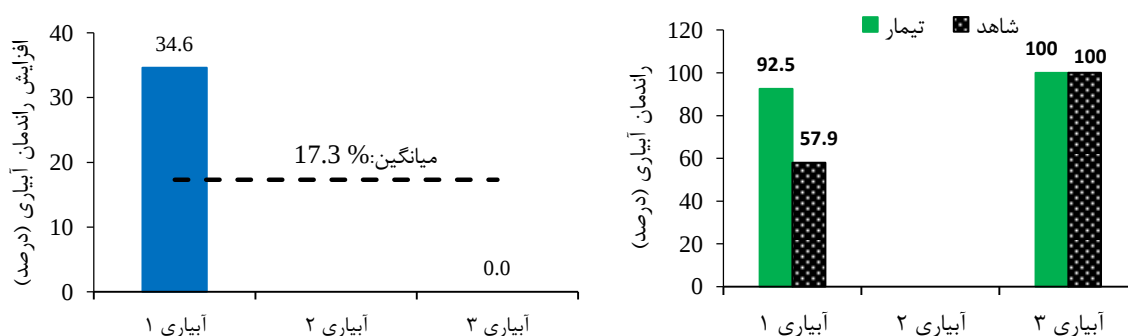
شکل ۹۶- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه W_{10} طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد مزرعه W_{10} به ترتیب ۱۶۳۶/۹ و ۱۸۷۱/۳ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود ۱۲/۵ درصدی (حدود ۲۳۴/۴ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۹۷).



شکل ۹۷- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W_{10}

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی سه آبیاری پایش شده (برداشت نمونه رطوبتی مربوط به دو آبیاری است)، در شکل ۹۸ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۷/۳ درصد به دست آمد.



شکل ۹۸- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W_{10} طی آبیاری‌های مختلف

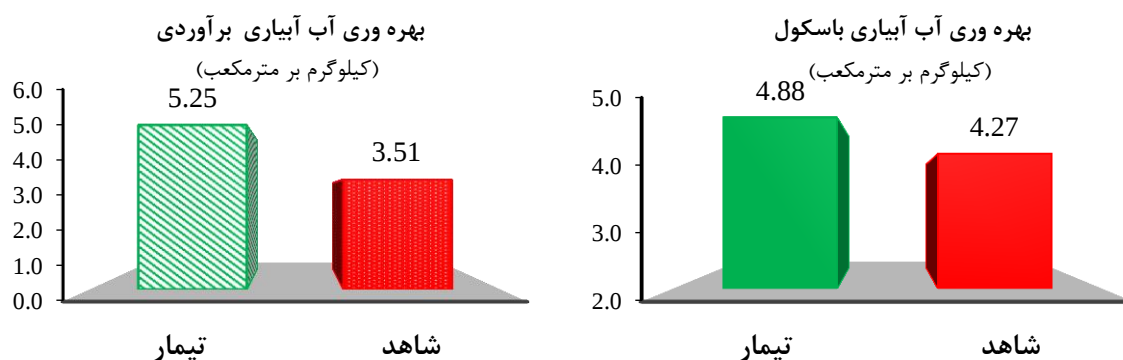
بر اساس نتایج، میزان عملکرد برآوردشده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_{10} به ترتیب ۸۶۰۰ و ۶۵۷۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و میزان عملکرد تیمار نسبت به شاهد به‌طور قابل‌توجهی (۳۰/۸ درصد) افزایش یافت (جدول ۶۸). مقادیر بهره‌وری برآوردشده در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۵/۲۵ و ۳/۵۱ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال تیمار برنامه‌ریزی آبیاری زمان واقعی موجب افزایش بهره‌وری آب (حدود ۱/۷۴ کیلوگرم بر مترمکعب) در این مزرعه شد (جدول ۶۹). همچنین با توجه به مقدار بارش مؤثر (بر اساس رابطه ASCE) که در طی فصل رشد گندم در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ (شهرستان مهاباد) ۲۸۲/۷ میلی‌متر بوده مقادیر بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر نیز محاسبه و مقدار افزایش آن در بخش تیمار نسبت به شاهد ۳۷/۶ درصد برآورد گردید. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در شکل ۹۹ ترسیم گردیده است.

جدول ۶۸- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه W_{10}

عملکرد باسکول (Kg/ha)		عملکرد برآوردی (Kg/m ³)		بهره‌وری آب (باسکول) (Kg/m ³)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)		بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد
۷۹۸۵	۷۹۸۵	۸۶۰۰	۶۵۷۷	۴/۲۷	۴/۸۸	۳/۵۱	۵/۲۵	۱/۴۰	۱/۹۳

جدول ۶۹- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_{10}

مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری (Kg/m ³) برآوردی	افزایش بهره‌وری (%) برآوردی	افزایش بهره‌وری باسکول (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
W_{10}	۱۲/۵	۱/۷۴	۴۹/۵	۱۴/۳	۳۷/۶



شکل ۹۹- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در تیمار و شاهد مزرعه W_{10}

۹-۲-۴- نتایج پایش مزرعه W_{11}

مزرعه W_{11} مجهز به سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک با فاصله ۲۲×۲۲ متر شیرهای خودکار می‌باشد که ۸ آبپاش به‌صورت هم‌زمان آبیاری کرده و ۸ آبپاش دیگر به‌صورت رزرو استفاده می‌شوند به-

طوری که روی هر خط لاترال ۲ آبپاش به صورت هم‌زمان کار می‌کنند. مدل آبپاش مورد استفاده آمبو دو نازله با قطرهای ۷ و ۸ میلی‌متری بود و در مجموع ۶ آبپاش به عنوان تیمار در نظر گرفته شد. در این مزرعه آبیاری اول تیمار و شاهد در تاریخ ۹۷/۸/۲۹ انجام شد. تکنیک مورد استفاده در بخش تیمار، مدیریت زمان آبیاری بارانی بود. مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W_{11} در جدول ۷۰ ارائه شده است.

جدول ۷۰- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W_{11}

مزرعه W_{11}	روش آبیاری	فاصل آبپاش (m×m)
تیمار	بارانی	۲۲×۲۲
شاهد	بارانی	۲۲×۲۲

خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص مورد نیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه W_{11} در جدول ۷۱ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۷۱، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۲۹/۹ و ۴۴/۹ میلی‌متر بوده که با اعمال تیمار زمان‌بندی واقعی آبیاری در آبیاری اول، عمق آبیاری ۱۵ میلی‌متر کاهش یافته است. آبیاری دوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۲/۱۶ انجام شد. مطابق جدول ۷۱، متوسط عمق آبیاری تیمار و شاهد به ترتیب ۵۹/۸ و ۴۴/۹ میلی‌متر بوده که با افزایش ۲۴/۹ میلی‌متری مواجه بوده است. آبیاری سوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۲/۲۲ انجام شد. قابل ذکر است که از آبیاری سوم به بعد کشاورز با کارشناسان شرکت فنی و مهندسی همکاری ننموده و به برنامه آبیاری کارشناس آب عمل نکرده است. به این ترتیب اعمال خودسرانه مدت آبیاری توسط کشاورز موجب استحصال عمق‌های یکسان آبیاری در بخش تیمار و شاهد مزرعه از آبیاری‌های سوم تا هفتم این مزرعه گردیده است.

جدول ۷۱- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه W_{11} در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه W_{11}	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۲/۰۱	۱۲۰	۲۹/۹	۳۶*	۱۰۰/۰
	شاهد	۲/۰۱	۱۸۰	۴۴/۹	۳۶*	۸۰/۳
آبیاری دوم	تیمار	۲/۰۱	۲۴۰	۵۹/۸	۶۹/۸	۱۰۰**
	شاهد	۲/۰۱	۱۸۰	۴۴/۹	۶۷/۵	۱۰۰**
آبیاری سوم	تیمار	۲/۰۱	۲۱۰	۵۲/۳	۵۵/۶	۱۰۰***
	شاهد	۲/۰۱	۲۱۰	۵۲/۳	۶۹/۵	۱۰۰***

* در آبیاری اول (خاک‌آب) که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص مورد نیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است. همچنین ۶ میلی‌متر برای تلفات تبخیر و بادبردگی در آبیاری بارانی لحاظ شده و در مجموع ۳۶ میلی‌متر به عنوان کمبود رطوبتی خاک مدنظر قرار گرفت.

** حصول راندمان ۱۰۰ درصد به دلیل کم‌آبیاری صورت گرفته در هر دو بخش شاهد و تیمار و به‌ویژه بخش شاهد مزرعه می‌باشد.

*** حصول راندمان ۱۰۰ درصد به دلیل کم‌آبیاری شاهد و کم‌آبیاری جزئی تیمار

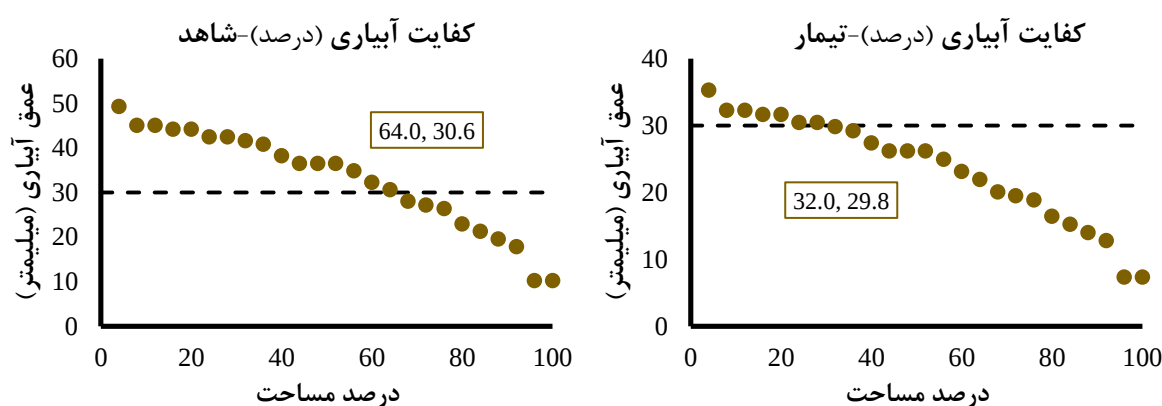
آزمایش یکنواختی در تاریخ ۹۷/۸/۲۹ انجام شد. به این منظور ۴ آبپاش با در نظر گرفتن همپوشانی به مدت یک ساعت مورد آزمایش قرار گرفتند. خلاصه نتایج آزمایش یکنواختی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_{11} در جدول ۷۲ و نمودار کفایت آبیاری آن در شکل ۱۰۰ ارائه گردیده است.

جدول ۷۲- نتایج آزمایش یکنواختی در تیمار و شاهد مزرعه W_{11}

واحد	شاهد	تیمار	فاکتورها
-	۲۵	۲۵	تعداد قوطی
m ²	۱۷/۷	۱۷/۷	مساحت تحت پوشش هر قوطی
hr	۲	۲	مدت آزمایش
hr	۳/۰	۲/۱	مدت آبیاری
mm/hr	۱۳/۹۵	۱۳/۹۵	شدت خروجی آبپاش
mm/hr	۱۱/۰	۱۱/۶	متوسط شدت رسیده به زمین
mm	۴۱/۹	۲۹/۹	متوسط عمق خروجی از آبپاش
mm	۲۳/۰	۲۳/۲	متوسط عمق رسیده به زمین
mm	۳۴/۵	۲۴/۹	متوسط عمق آبیاری
mm	۲۲/۵	۱۶/۱	متوسط عمق آبیاری ربع آخر
mm	۳۶/۰	۳۶/۰	SMD
%	۷/۱	۰/۰	تلفات نفوذ عمقی
%	۲۸/۴	۱۲/۸	تلفات تبخیر و بادبردگی
%	۷۱/۸	۸۵/۶	ضریب یکنواختی (CU)
%	۵۱/۵	۶۴/۲	یکنواختی پخش (DU)
%	۴۰/۶	۷۸/۷	AELQ
%	۴۰/۶	۶۵/۳	PELQ
%	۶۴/۰**	۳۲/۰**	کفایت آبیاری

* ۳۶ میلی‌متر به عنوان خاک‌آب و ۶ میلی‌متر به عنوان تلفات تبخیر و بادبردگی در نظر گرفته شده است.

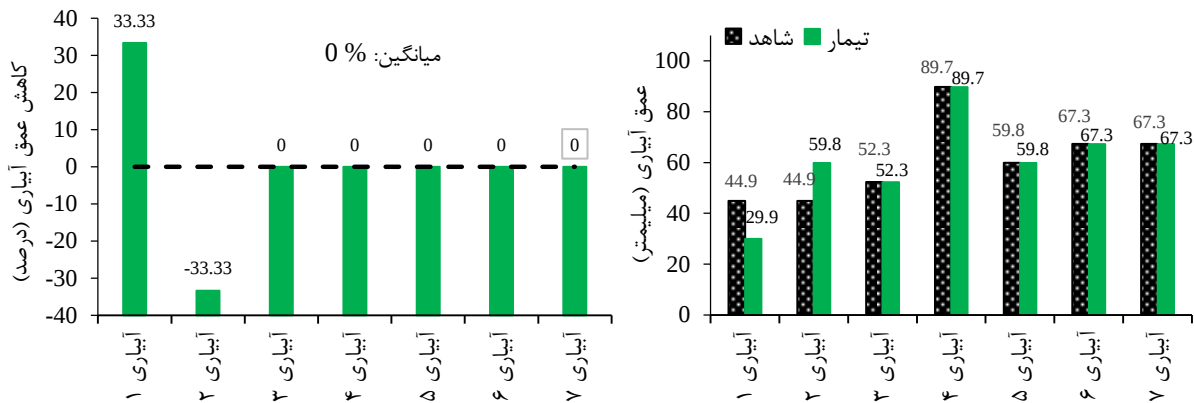
** کفایت آبیاری در بخش شاهد به دلیل بیشتر بودن مدت زمان آبیاری و بالطبع عمق آبیاری، نسبت به تیمار بیشتر است.



شکل ۱۰۰- کفایت آبیاری در آزمایش یکنواختی مزرعه W_{11}

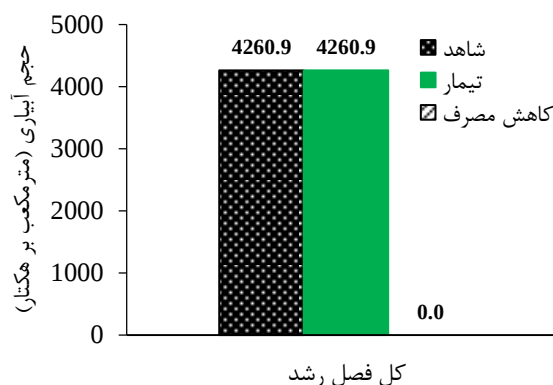
مطابق جدول ۷۲، مقدار CU در رنج مناسب قرار دارد. متوسط عمق آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد به ترتیب ۲۴/۹ و ۳۵/۵ میلی‌متر بوده که موجب شده کفایت آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد به ترتیب ۳۲ و ۶۴

درصد باشد. مزرعه W_{11} طی فصل رشد محصول در ۷ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۱۰۱ می‌باشد. با توجه به عدم اعمال برنامه آبیاری کارشناس آب توسط کشاورز، مجموع عمق کاربردی در بخش تیمار و شاهد مزرعه W_{11} یکسان بوده و صرفه‌جویی صورت نگرفته است.



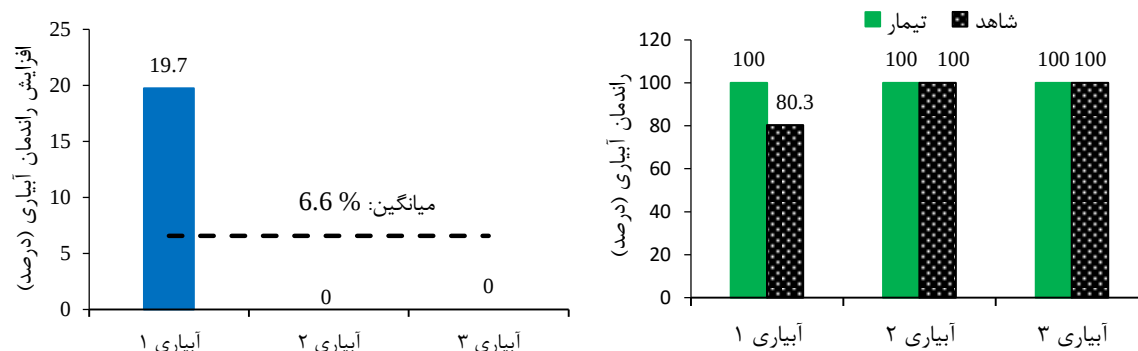
شکل ۱۰۱- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه W_{11} طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد مزرعه W_{11} ، ۴۲۶۰/۹ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید و عملاً هیچ‌گونه صرفه‌جویی در آب آبیاری رخ نداده است (شکل ۱۰۲).



شکل ۱۰۲- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W_{11}

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی سه آبیاری که پایش رطوبت صورت گرفته در شکل ۱۰۳ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۶/۶ درصد به دست آمد.



شکل ۱۰۳- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W_{11} طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد برآوردشده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_{11} به ترتیب ۶۰۸۰ و ۶۲۸۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و میزان عملکرد تیمار نسبت به شاهد به‌طور جزئی (۳/۲ درصد) کاهش یافت (جدول ۷۳). مقادیر بهره‌وری برآوردشده در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۱/۴۳ و ۱/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید که با کاهش جزئی ۲/۷ درصدی همراه بود (جدول ۷۴). در جدول ۷۴، با توجه به این که مقادیر بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر و بهره‌وری برآوردی تیمار کمتر از شاهد حاصل شد، بنابراین مقادیر افزایش این پارامترها منفی به دست آمده است. علامت منفی نشان‌دهنده کاهش مقادیر این پارامترها در تیمار نسبت به شاهد است. همچنین با توجه به مقدار بارش مؤثر (بر اساس رابطه ASCE) که در طی فصل رشد گندم در سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ (شهرستان نقده) ۱۹۳/۷ میلی‌متر بوده مقادیر بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر نیز محاسبه و با کاهش ۳/۲ درصدی در بخش تیمار نسبت به شاهد مواجه بود. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در شکل ۱۰۴ ترسیم گردیده است.

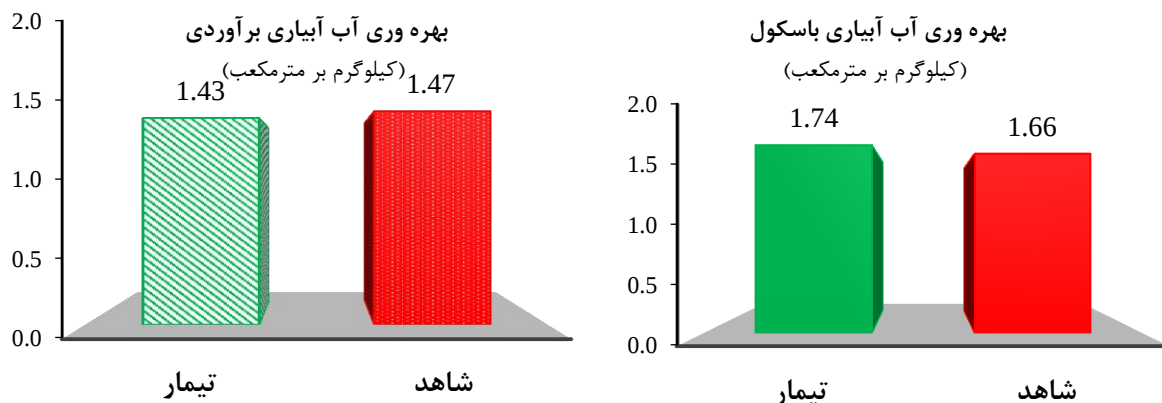
جدول ۷۳- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه W_{11}

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)		بهره‌وری آب (باسکول) (Kg/m ³)		عملکرد برآوردی (Kg/m ³)		عملکرد باسکول (Kg/ha)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	شاهد	تیمار
۱/۰۱	۰/۹۸	۱/۴۳	۱/۴۷	۱/۷۴	۱/۶۶	۶۰۸۰	۶۲۸۰	۷۰۸۰	۷۴۱۰

* قابل‌ذکر است عملکرد باسکول این بخش مربوط به تیمار زراعی می‌باشد.

جدول ۷۴- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_{11}

مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری برآوردی (Kg/m ³)	افزایش بهره‌وری برآوردی (%)	افزایش بهره‌وری باسکول (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
W_{11}	۰/۰	-۰/۰۵	-۳/۲	۴/۷	-۳/۲



شکل ۱۰۴- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در تیمار و شاهد مزرعه W_{11}

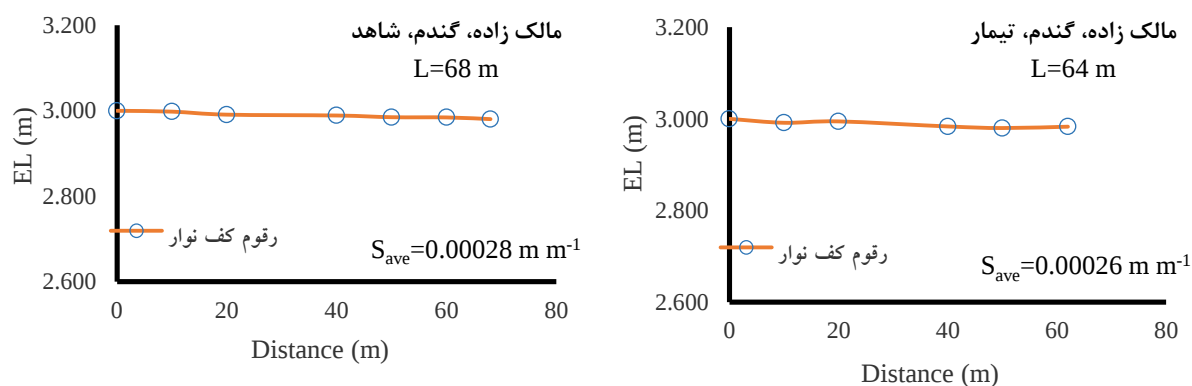
۱۰-۲-۴- نتایج پایش مزرعه W_{12}

در این مزرعه آبیاری اول (خاک‌آب) شاهد و تیمار به ترتیب در تاریخ ۹۷/۸/۱۳ و ۹۷/۸/۱۲ انجام شد. در این مزرعه تکنیک تغییر آرایش کشت و روش آبیاری از نواری به جویچه‌ای (کشت با رازید) در نظر گرفته شد. عرض نوارهای شاهد در این مزرعه حدود ۵/۵ متر توسط کشاورز در نظر گرفته شد. طول نوارهای آبیاری در این مزرعه برابر طول مزرعه و حدود ۶۸ متر بود. مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W_{12} در جدول ۷۵ ارائه شده است. همچنین پروفیل شیب طولی شاهد و تیمار در این مزرعه در شکل ۱۰۵ ارائه شده است. مطابق این شکل، پروفیل شیب طولی نوار شاهد و تیمار مشابه و یکنواخت بوده و شیب نوارهای شاهد و تیمار به ترتیب ۰/۰۲۸ و ۰/۰۲۶ درصد می‌باشد.

جدول ۷۵- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W_{12}

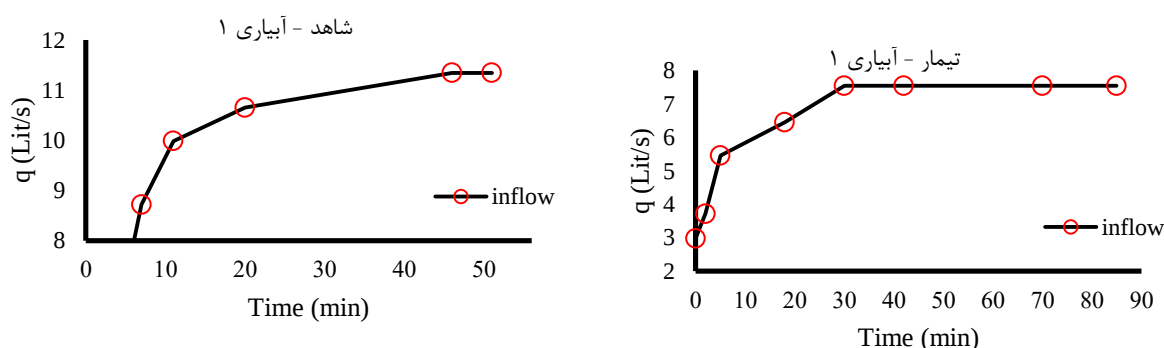
مزرعه W_{12}	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	جویچه‌ای	۰/۷۵*۶۴	۰/۰۰۰۲۶	بسته
شاهد	نواری	۵/۵×۶۸	۰/۰۰۰۲۸	بسته

* بخش تیمار شامل ۲۰ جویچه با عرض پشته ۰/۷۵ متر بود.

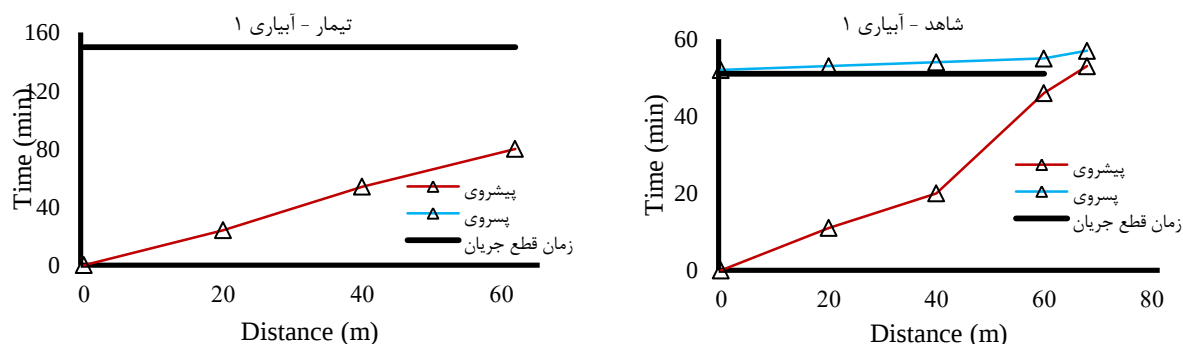


شکل ۱۰۵- نیمرخ شیب طولی نوارهای تیمار و شاهد در مزرعه W_{12}

در آبیاری اول منبع آب آبیاری، چاه بوده و دبی شاهد و تیمار به ترتیب ۱۱/۳۴ و ۷/۲۵ لیتر بر ثانیه توسط فلوم WSC اندازه‌گیری شد. پیش‌روی آب در شاهد ۵۳ دقیقه و در تیمار ۸۰ دقیقه به طول انجامید. نتایج هیدروگراف ورودی، پیش‌روی و پس‌روی جریان در تیمار و شاهد در آبیاری اول مطابق اشکال ۱۰۶ و ۱۰۷ ارائه گردیده است. در این مزرعه آبیاری شاهد به صورت نواری و تیمار به صورت جویچه‌ای است. زمان پیش‌روی آب به انتهای نوار در بخش شاهد ۵۳ دقیقه بوده اما قطع جریان ۲ دقیقه زودتر صورت گرفته است (در زمان ۵۱ دقیقه) به عبارتی قبل از این که آب به انتهای نوار برسد جریان آب قطع شده است (اتمام آبیاری). در بخش تیمار نیز زمان پیش‌روی به انتهای نوار ۸۰ دقیقه بوده اما مدت آبیاری ۱۵۰ دقیقه است به عبارت دیگر آبیاری پس از رسیدن جریان به انتهای جویچه نیز ادامه پیدا کرده است یکی از دلایل آن این است که در بخش تیمار تعداد ۲۰ جویچه به صورت هم‌زمان آبیاری شده که این امر موجب زیاد شدن مدت آبیاری گردیده است (شکل ۱۰۷).



شکل ۱۰۶- هیدروگراف جریان ورودی آبیاری‌های مزرعه W₁₂ در تیمار و شاهد در آبیاری اول (خاک‌آب)



شکل ۱۰۷- پیش‌روی و پس‌روی جریان آب در نوارهای مورد آزمایش مزرعه W₁₂ در تیمار و شاهد در آبیاری اول

خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص مورد نیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه W₁₂ در جدول ۷۶ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۷۶، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۶۷/۹ و ۸۳/۴ میلی‌متر بوده که اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش ۱۵/۵ میلی‌متر در عمق آب کاربردی توسط کشاورز شده است. آبیاری دوم تیمار و شاهد به ترتیب در تاریخ ۹۸/۲/۲۴ و ۹۸/۲/۲۵ انجام شد. مطابق جدول ۷۶، متوسط عمق آبیاری تیمار و شاهد به ترتیب ۶۷/۹۳ و ۷۳/۶۸ میلی‌متر بوده که اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش ۵/۸ میلی‌متر عمق آبیاری توسط کشاورز شده است. آبیاری سوم تیمار و شاهد به

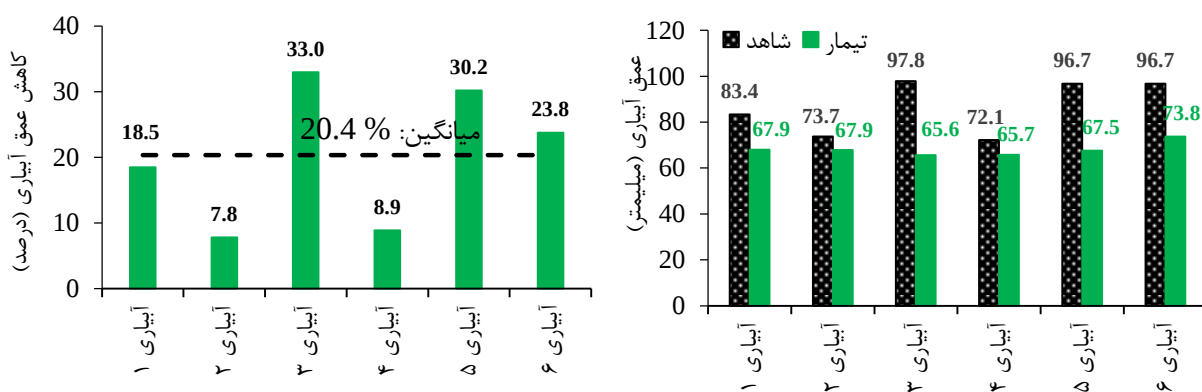
ترتیب در تاریخ ۹۸/۲/۳۱ و ۹۸/۳/۱ انجام شد. در آبیاری سوم، اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش ۳۲/۲ میلی‌متری عمق آب کاربردی توسط کشاورز شده است. مقایسه گرافیکی عمق آبیاری بخش‌های تیمار و شاهد در شکل ۱۶۴ نشان داده شده است (جدول ۷۶).

جدول ۷۶- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه W_{12} در آبیاری اول

نوبت آبیاری	مزرعه W_{12}	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۷/۵۴	۱۵۰	۶۷/۹	۳۰*	۴۴/۲
	شاهد	۱۱/۳۴	۵۱	۸۳/۴	۳۰*	۳۶/۰
آبیاری دوم	تیمار	۱۲/۱۰	۹۰	۶۷/۹	۴۸/۳	۷۱/۱
	شاهد	۱۱/۴۸	۴۰	۷۳/۷	۴۸/۳	۶۵/۵
آبیاری سوم	تیمار	۱۳/۵۵	۲۴۰	۶۵/۶	عدم پایش رطوبت	
	شاهد	۱۳/۵۵	۴۵	۹۷/۸		

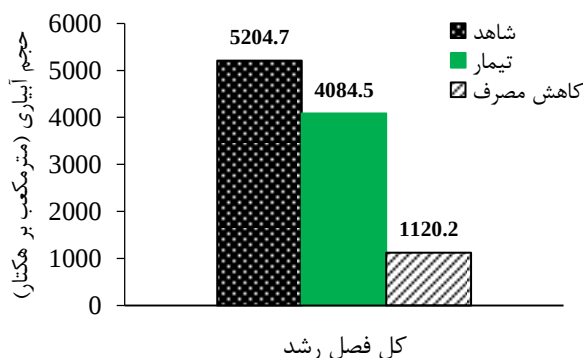
* در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص مورد نیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

مزرعه W_{12} طی فصل رشد محصول در ۶ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۱۰۸ می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد در مزرعه W_{12} طی ۶ آبیاری این مزرعه، حدود ۲۰/۴ درصد محاسبه شد.



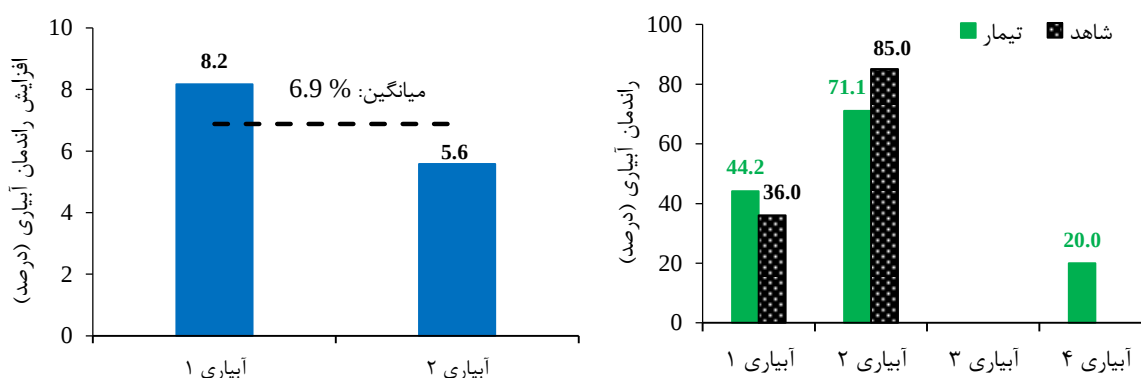
شکل ۱۰۸- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه W_{12} طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد مزرعه W_{12} به ترتیب ۴۰۸۴/۵ و ۵۲۰۴/۷ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود ۲۱/۵ درصدی (حدود ۱۱۲۰/۲ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۰۹).



شکل ۱۰۹- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W₁₂

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی شش آبیاری پایش شده، در شکل ۱۱۰ ارائه شده است. لازم به ذکر است در این شکل مقادیر راندمان ارائه شده مربوط به آبیاری‌هایی است که در آن پایش رطوبت خاک صورت گرفته است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۶/۹ درصد به دست آمد.



شکل ۱۱۰- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W₁₂ طی آبیاری‌های مختلف

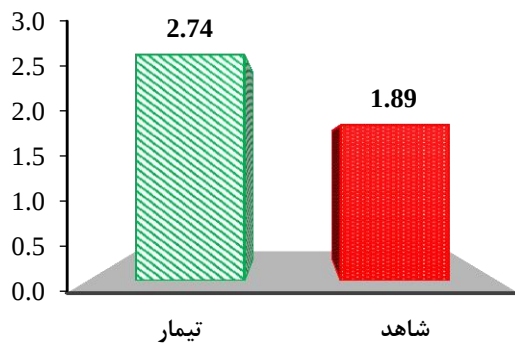
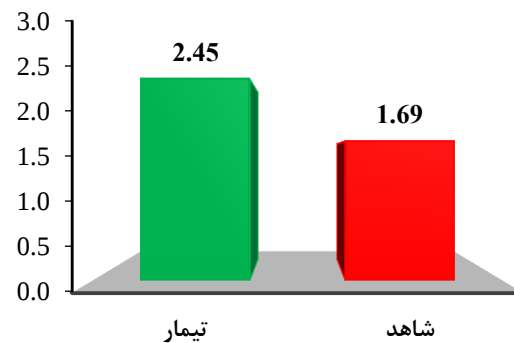
بر اساس نتایج، میزان عملکرد برآورد شده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W₁₂ به ترتیب ۱۱۲۰۰ و ۹۸۲۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و میزان عملکرد تیمار نسبت به شاهد به‌طور قابل توجهی (۱۴/۱ درصد) افزایش یافت (جدول ۷۷). بر اساس عملکرد محصول و حجم آب آبیاری، مقادیر بهره‌وری برآورد شده در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۲/۷۴ و ۱/۸۹ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال تیمار تغییر روش آبیاری به جویچه‌ای موجب افزایش بهره‌وری آب (حدود ۰/۸۶ کیلوگرم بر مترمکعب) در این مزرعه شد (جدول ۷۸). با توجه به مقدار بارش مؤثر که در طی فصل رشد گندم در سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ (شهرستان نقده) ۱۹۳/۷ میلی‌متر بوده بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر نیز محاسبه و مقدار افزایش آن در بخش تیمار نسبت به شاهد ۳۵/۳ درصد برآورد گردید. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در شکل ۱۱۱ ترسیم گردیده است.

جدول ۷۷- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه W₁₂

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)		بهره‌وری آب (باسکول) (Kg/m ³)		عملکرد برآوردی (Kg/m ³)		عملکرد باسکول (Kg/ha)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد
۱/۸۶	۱/۳۸	۲/۷۴	۱/۸۹	۲/۴۵	۱/۶۹	۱۱۲۰۰	۹۸۲۰	۱۰۰۰۰	۸۸۰۱

جدول ۷۸- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W₁₂

مزرعه	کاهش آب مصرفی (%)	افزایش بهره‌وری برآوردی (Kg/m ³)	افزایش بهره‌وری (٪)	افزایش بهره‌وری باسکول (٪)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
W12	۲۱/۵	۰/۸۶	۴۵/۳	۴۴/۸	۳۵/۳

بهره‌وری آب آبیاری برآوردی
(کیلوگرم بر مترمکعب)بهره‌وری آب آبیاری باسکول
(کیلوگرم بر مترمکعب)شکل ۱۱۱- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در تیمار و شاهد مزرعه W₁₂

۳-۴- نتایج مزارع شبکه پایش شرکت‌ها در کشت بهاره

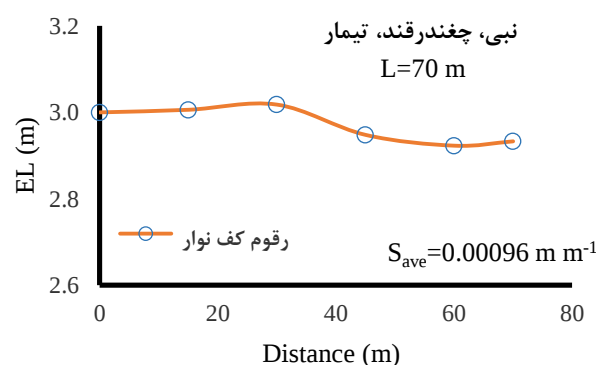
۳-۴-۱- مزرعه شماره S₄

بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₄ مجزا و تحت مدیریت دو کشاورز می‌باشد. مزارع تیمار و شاهد تحت کشت چغندر قند به مساحت ۱/۳ و ۱ هکتار بوده و تکنیک به کاررفته در مزرعه تیمار تغییر روش آبیاری از سطحی (نواری با جویچه‌های ۵۰×۵۰ سانتی‌متر) به جویچه‌ای با آرایش کشت دو ردیفه (۴۰×۶۰ سانتی‌متر) می‌باشد. مشخصات نوارهای تیمار و شاهد در جدول ۷۹ و پروفیل طولی شیب کف مزرعه تیمار در شکل ۱۱۲ نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل مشخص است، شیب کف مزرعه تیمار تقریباً یکنواخت (۰/۰۹۶ درصد) بوده و از فاصله ۳۰ تا انتهای نوار شیب مثبت (سرازیری) مشاهده می‌گردد که می‌تواند پیش‌روی جریان را در بخش تیمار تسریع بخشد.

جدول ۷۹- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S₄

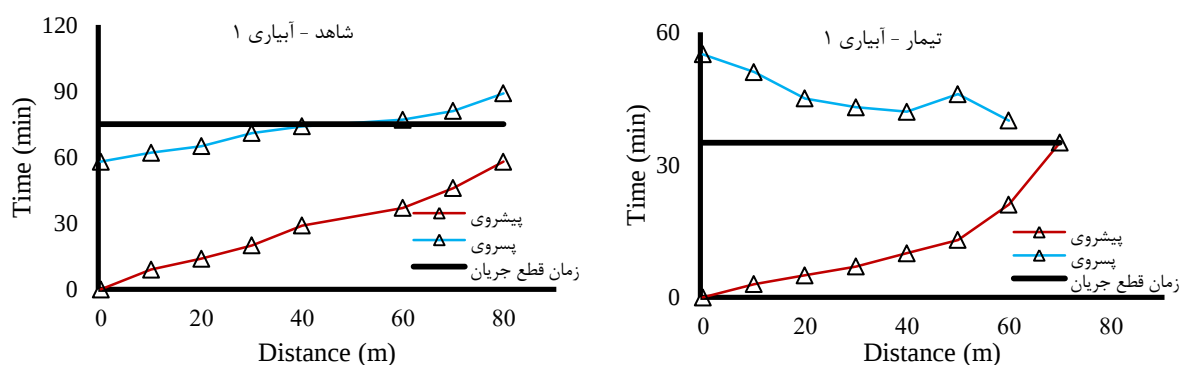
مزرعه S ₄	روش آبیاری	طول×عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
----------------------	------------	---------------	----------------	-------------

تیمار	جویچه‌ای- دوردیفه ۴۰×۶۰	۱۲×۷۵	۰/۰۰۰۹۶	بسته
شاهد	نواری- تکر دیفه ۵۰×۵۰	۱۲×۷۵	-۰/۰۰۰۹۶	بسته



شکل ۱۱۲- نیمرخ شیب طولی نوار تیمار مزرعه S₄

پیشروی و پسروی در آبیاری اول تیمار و شاهد در شکل ۱۱۳ ارائه شده که مطابق این شکل پیشروی جریان در تیمار و شاهد به ترتیب ۳۵ و ۵۸ دقیقه به طول انجامیده است. وجود شیب مثبت در بخش تیمار مزرعه یکی از دلایل تسریع پیشروی جریان در این مزرعه است. مطابق شکل ۱۱۳ پیشروی جریان در تیمار و شاهد به ترتیب ۳۵ و ۵۸ دقیقه به طول انجامیده است. وجود شیب مثبت در بخش تیمار مزرعه یکی از دلایل تسریع پیشروی جریان در این مزرعه است. در مزرعه شاهد، پیشروی جریان به انتهای نوار آبیاری، ۵۸ دقیقه به طول انجام انجامید این در حالی است که قطع جریان توسط کارشناس آب در زمان ۷۵ دقیقه صورت گرفته است. احتمالاً یکی از دلایل عدم قطع جریان در بخش شاهد، غیریکنواختی توزیع جریان در نوار آبیاری بوده که موجب شده کارشناس آب، آبیاری را تا رسیدن جریان به تمام قسمت‌های نوار آبیاری (توزیع عرضی و طولی آب در نوار) ادامه دهد.



شکل ۱۱۳- مقایسه پیشروی و پسروی در تیمار و شاهد در آبیاری اول

نتایج پایش آبیاری در آبیاری اول مزرعه S₄ در جدول ۸۰ آورده شده است. بر این اساس مقادیر عمق آبیاری اول در بخش‌های تیمار و شاهد به ترتیب ۴۵/۵ و ۱۰۹/۰ میلی‌متر بوده و اعمال تیمار موجب کاهش ۶۳/۵ میلی‌متری عمق آبیاری شده است. آبیاری دوم تیمار و شاهد به ترتیب در تاریخ ۹۸/۲/۲۷ و ۹۸/۲/۲۹ انجام شد. در آبیاری دوم، مقدار عمق آب کاربردی تیمار و شاهد به ترتیب ۴۷/۲ و ۸۳/۲ میلی‌متر بوده و اعمال تیمار موجب کاهش ۳۶

میلی‌متری عمق آب کاربردی گردیده است (جدول ۸۰). آبیاری سوم تیمار و شاهد به ترتیب در تاریخ ۹۸/۳/۱۷ و ۹۸/۳/۱۵ انجام شد. مطابق جدول ۸۰، اعمال تیمار موجب کاهش ۳۳ میلی‌متری عمق آب کاربردی شده است.

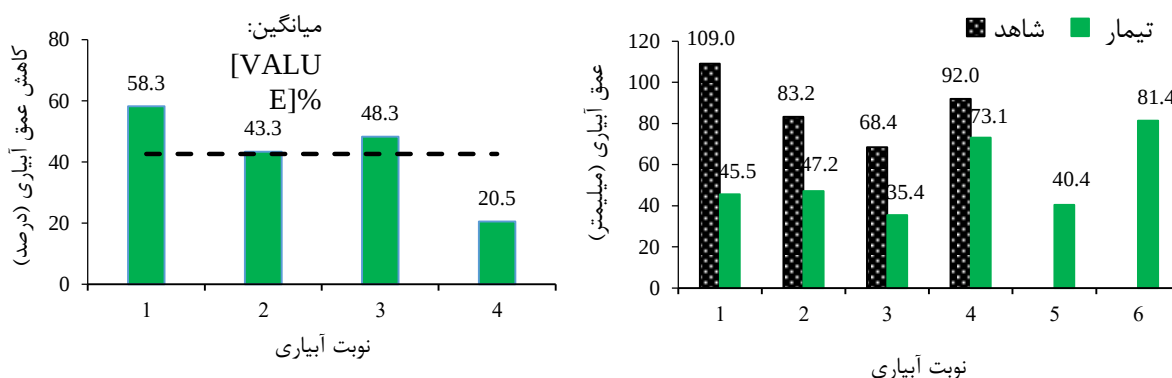
جدول ۸۰- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه S₄ در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه S ₄	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t _{co} دقیقه	عمق آبیاری I _g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I _n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۱۹/۵۰	۳۵	۴۵/۵	۳۰*	۶۵/۹
	شاهد	۲۱/۸۱	۷۵	۱۰۹/۰	۳۰*	۲۷/۵
آبیاری دوم	تیمار	۱۷/۶۹	۴۰	۴۷/۲	۲۶/۲	۵۵/۶
	شاهد	۱۹/۵۰	۶۴	۸۳/۲	۱۰/۴**	۱۲/۵
آبیاری سوم	تیمار	۱۷/۶۹	۳۰	۳۵/۴	۲۴/۴	۶۸/۹
	شاهد	۱۷/۶۹	۵۸	۶۸/۴	۲۱/۴	۳۱/۴

* در آبیاری اول (خاک‌آب) که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص مورد نیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

** به دلیل بالا بودن رطوبت خاک قبل از آبیاری در مزرعه شاهد نیازی به این آبیاری نبوده است.

مزرعه تیمار S₄ طی فصل رشد در ۶ نوبت آبیاری و تمام این آبیاری‌ها توسط کارشناس آب پایش گردید؛ اما پایش آبیاری مزرعه شاهد به دلیل تغییر کارشناس آب فقط تا ۹۸/۴/۱۱ صورت گرفته و تعداد آبیاری‌ها نامشخص می‌باشد. مطابق نتایج، متوسط عمق آبیاری تیمار طی ۶ آبیاری ۵۳/۸ میلی‌متر و متوسط عمق آبیاری تیمار و شاهد طی ۴ نوبت اول آبیاری ۵۰/۳ و ۸۸/۲ میلی‌متر بوده که نشان‌دهنده کاهش ۴۲/۶ درصدی عمق آبیاری تیمار در ۴ نوبت آبیاری بوده است (شکل ۱۱۴).

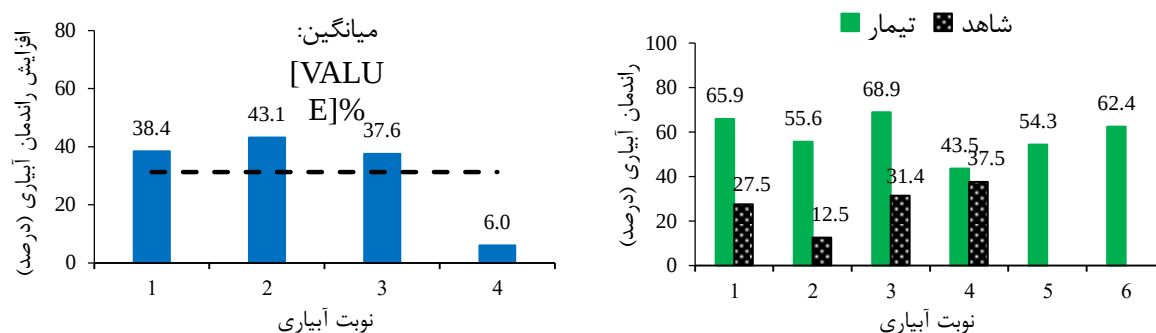


شکل ۱۱۴- مقایسه مقادیر عمق آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₄ طی آبیاری‌های مختلف

مقدار کل حجم آب آبیاری طی فصل رشد (۶ آبیاری) در مزرعه تیمار ۳۲۳۰ مترمکعب بر هکتار بوده و حجم کل آب آبیاری شاهد طی ۴ آبیاری اول ۳۵۲۶/۱ مترمکعب بر هکتار بوده و محاسبه کل حجم آب آبیاری شاهد طی فصل رشد به دلیل عدم وجود اطلاعات آبیاری‌ها امکان‌پذیر نیست. از سوی دیگر مقدار حجم آب آبیاری تیمار

طی کل فصل رشد کمتر از حجم آب آبیاری شاهد طی ۴ نوبت آبیاری بوده که این موضوع بیان‌گر اثربخشی تکنیک تغییر روش آبیاری و آرایش کشت در این مزرعه می‌باشد.

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی ۴ نوبت آبیاری پایش شده شاهد و ۶ نوبت آبیاری تیمار در شکل ۱۱۵ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط راندمان طی ۶ نوبت آبیاری تیمار ۵۸/۵ درصد و طی ۴ نوبت آبیاری تیمار و شاهد به ترتیب ۵۸/۵ و ۲۷/۲ درصد بوده و استفاده از تکنیک تغییر روش آبیاری و آرایش کشت موجب افزایش ۳۱/۳ درصدی راندمان کاربرد گردیده است.



شکل ۱۱۵- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₄ طی آبیاری‌های مختلف

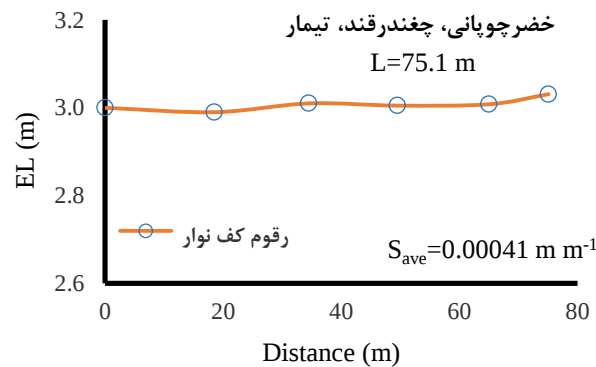
بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₄ به ترتیب ۷۶۹۲۳ و ۶۶۶۷۰ کیلوگرم در هکتار بود که نشان‌دهنده افزایش ۱۵/۴ درصدی عملکرد تیمار نسبت به شاهد می‌باشد. میزان بهره‌وری آب آبیاری تیمار بر اساس عملکرد باسکول ۲۳/۸ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. محاسبه میزان بهره‌وری آب آبیاری در مزرعه شاهد به دلیل عدم پایش دو آبیاری امکان‌پذیر نبود.

۴-۳-۲- مزرعه شماره S₅

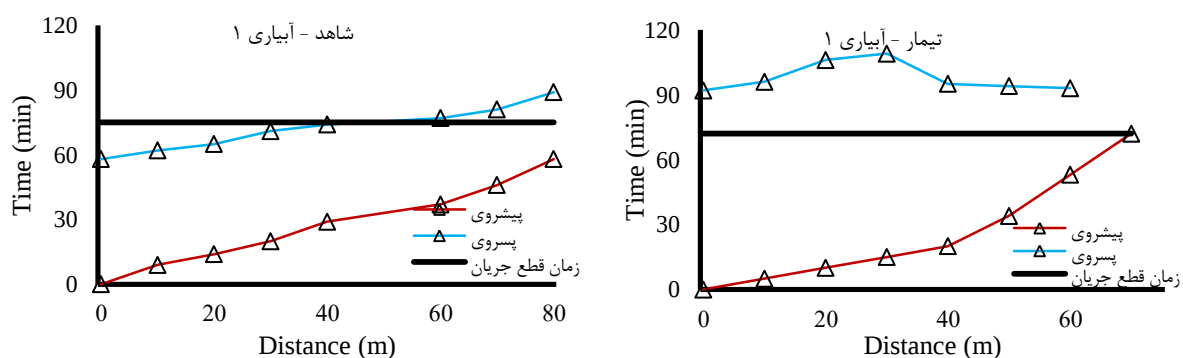
بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₅ مجزا و تحت مدیریت دو کشاورز و به ترتیب دارای مساحت ۰/۶ و ۱ هکتار می‌باشد. قابل‌ذکر است مزرعه حسن خلیلی به‌عنوان شاهد برای دو مزرعه تیمار S₄ و S₅ در نظر گرفته شده است. معمولاً در بیشتر مزارع شاهد و تیمار متعلق به یک کشاورز واحد است اما در مورد دو مزرعه تیمار S₄ و S₅، شاهد و تیمار مزارع جداگانه‌ای بوده و به دو کشاورز مجزا تعلق دارند. مزرعه S₄ تیمار بوده و مزرعه حسن خلیلی شاهد آن است. مجدداً مزرعه S₅ تیمار بوده و مزرعه حسن خلیلی شاهد آن است؛ به عبارت دیگر از یک مزرعه به‌عنوان مزرعه شاهد برای دو مزرعه S₄ و S₅ استفاده شده است. این مزارع تحت کشت چغندر قند بوده و تکنیک به‌کاررفته در مزرعه تیمار، تغییر روش آبیاری از سطحی (نواری با جویچه‌های ۵۰×۵۰ سانتی‌متر) به جویچه‌ای با آرایش کشت دو ردیفه (۴۰×۶۰ سانتی‌متر) می‌باشد. مشخصات نوارهای تیمار و شاهد در جدول ۸۱ و پروفیل طولی شیب کف مزرعه تیمار در شکل ۱۱۶ نشان داده شده است. تسطیح این مزرعه با استفاده از لولر انجام شده و همان‌طور که از شکل مشخص است، شیب کف مزرعه تیمار یکنواخت و ۰/۰۰۴۱ درصد می‌باشد.

جدول ۸۱- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S₅

مزرعه S ₅	روش آبیاری	طول×عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	جویچه‌ای- دوردیفه ۴×۶۰	۱۲×۷۵	۰/۰۰۰۴۱	بسته
شاهد	نواری- تکر دیفه ۵۰×۵۰	۱۲×۷۵	۰/۰۰۰۴۱-	بسته

شکل ۱۱۶- نیمرخ شیب طولی نوار تیمار در مزرعه S₅

پیش‌روی و پس‌روی در آبیاری اول تیمار و شاهد در شکل ۱۱۷ ارائه شده که مطابق این شکل پیش‌روی جریان در تیمار و شاهد به ترتیب ۷۲ و ۵۸ دقیقه به طول انجامیده است. با توجه به ابعاد یکسان تیمار و شاهد یکی از دلایل پیش‌روی سریع‌تر جریان در بخش شاهد بالاتر بودن رطوبت شاهد نسبت تیمار در آبیاری اول می‌باشد. در مزرعه شاهد، پیش‌روی جریان به انتهای نوار آبیاری، ۵۸ دقیقه به طول انجام انجامید این در حالی است که قطع جریان توسط کارشناس آب در زمان ۷۵ دقیقه صورت گرفته است. مزرعه حسن خلیلی به عنوان شاهد بخش‌های تیمار S₄ و S₅ توسط شرکت انتخاب شده است؛ بنابراین شاهد این دو مزرعه یکی است و نتایج آن نیز یکی خواهد بود. از این رو، توضیحات مقدار زمان قطع جریان برای شکل ۱۱۳ ارائه شده است و به علت حذف تکرار، از ارائه علت آن خودداری می‌شود.



شکل ۱۱۷- مقایسه پیش‌روی و پس‌روی در تیمار و شاهد در آبیاری اول

نتایج پایش آبیاری در آبیاری اول مزرعه S₅ در جدول ۸۲ آورده شده است. بر این اساس مقادیر عمق آبیاری اول در بخش‌های تیمار و شاهد به ترتیب ۹۳/۶ و ۱۰۹/۰ میلی‌متر بوده و اعمال تیمار موجب کاهش ۱۵/۴

میلی‌متری عمق آبیاری شده است (جدول ۸۲). آبیاری دوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۲/۲۹ انجام شد. در آبیاری دوم، مقدار عمق آب کاربردی تیمار و شاهد به ترتیب ۷۲/۸ و ۸۳/۲ میلی‌متر بوده و اعمال تیمار موجب کاهش ۱۰/۴ میلی‌متری عمق آب کاربردی گردیده است (جدول ۸۲). آبیاری سوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۱۵ انجام شد. مطابق جدول ۸۲، اعمال تیمار موجب کاهش جزئی (۶/۷ میلی‌متری) میلی‌متری عمق آب کاربردی شده است.

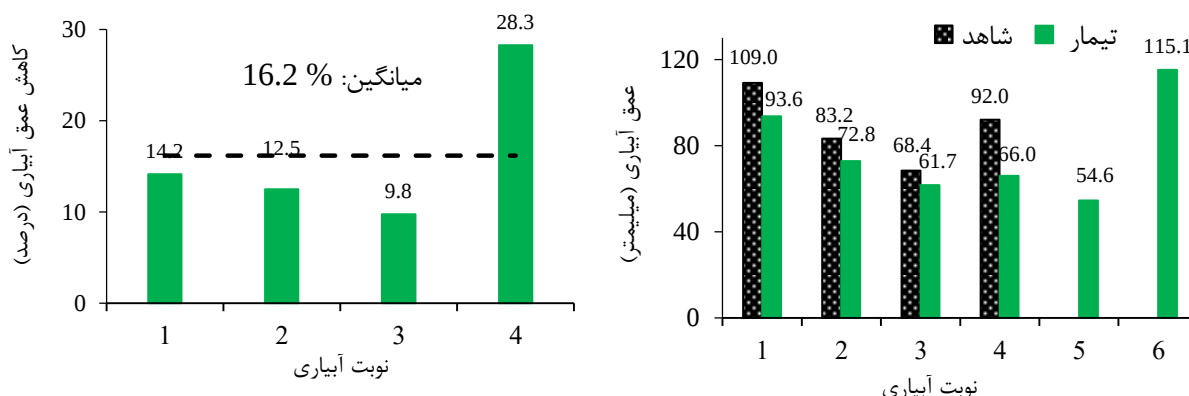
جدول ۸۲- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه S_5 در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه S_5	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۱۹/۵	۷۲	۹۳/۶	۳۰*	۳۲/۱
	شاهد	۲۱/۸۱	۷۵	۱۰۹/۰	۳۰*	۲۷/۵
آبیاری دوم	تیمار	۱۹/۵۰	۵۶	۷۲/۸	۱۴/۰**	۱۹/۳
	شاهد	۱۹/۵۰	۶۴	۸۳/۲	۱۰/۴**	۱۲/۵
آبیاری سوم	تیمار	۱۵/۹۶	۵۸	۶۱/۷	۱۹/۸	۳۲/۰
	شاهد	۱۷/۶۹	۵۸	۶۸/۴	۲۱/۴	۳۱/۴

* در آبیاری اول (خاک آب) که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص مورد نیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

** رطوبت خاک در عمق ۳۰-۰ بالا بوده و در صورت تعویق چندروزه آبیاری و استحصال رطوبت خاک به حد بهینه، راندمان بیشتری به دست می‌آید.

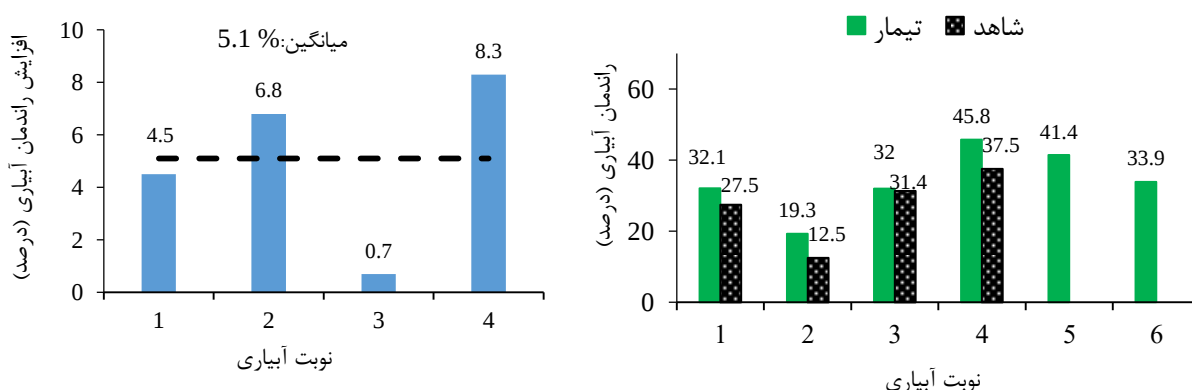
مزرعه تیمار S_5 طی فصل رشد در ۶ نوبت آبیاری و تمام این آبیاری‌ها توسط کارشناس آب پایش گردید؛ اما پایش آبیاری مزرعه شاهد به دلیل تغییر کارشناس آب فقط تا ۹۸/۴/۱۱ صورت گرفته و تعداد آبیاری‌ها نامشخص می‌باشد. مطابق نتایج، متوسط عمق آبیاری تیمار طی ۶ آبیاری ۷۷/۳ میلی‌متر و متوسط عمق آبیاری تیمار و شاهد طی ۴ نوبت اول آبیاری ۷۳/۵ و ۸۸/۲ میلی‌متر بوده که نشان‌دهنده کاهش ۱۶/۲ درصدی عمق آبیاری تیمار در ۴ نوبت آبیاری بوده است (شکل ۱۱۸).



شکل ۱۱۸- مقایسه مقادیر عمق آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S_5 طی آبیاری‌های مختلف

مقدار کل حجم آب آبیاری طی فصل رشد (۶ آبیاری) در مزرعه تیمار ۴۶۳۷/۷ مترمکعب بر هکتار بوده و حجم کل آب آبیاری شاهد طی ۴ آبیاری اول ۳۵۲۶/۳ مترمکعب بر هکتار بوده و محاسبه کل حجم آب آبیاری شاهد طی فصل رشد به دلیل عدم وجود اطلاعات آبیاری‌ها امکان‌پذیر نیست.

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی ۴ نوبت آبیاری پایش شده شاهد و ۶ نوبت آبیاری تیمار در شکل ۱۱۹ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط راندمان طی ۶ نوبت آبیاری تیمار ۳۴/۱ درصد و طی ۴ نوبت آبیاری تیمار و شاهد به ترتیب ۳۲/۳ و ۲۷/۲ درصد بوده و استفاده از تکنیک تغییر روش آبیاری و آرایش کشت موجب افزایش جزئی ۵/۱ درصدی راندمان کاربرد گردیده است.



شکل ۱۱۹- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₅ طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₅ به ترتیب ۷۵۰۰ و ۶۶۶۷۰ کیلوگرم در هکتار بود که بیان‌گر افزایش ۱۲/۵ درصدی عملکرد تیمار نسبت به شاهد می‌باشد. میزان بهره‌وری آب آبیاری تیمار بر اساس عملکرد باسکول ۲۴/۵ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. محاسبه میزان بهره‌وری آب آبیاری در مزرعه شاهد به دلیل عدم پایش دو آبیاری امکان‌پذیر نبود.

۴-۳-۳- باغ شماره S₆

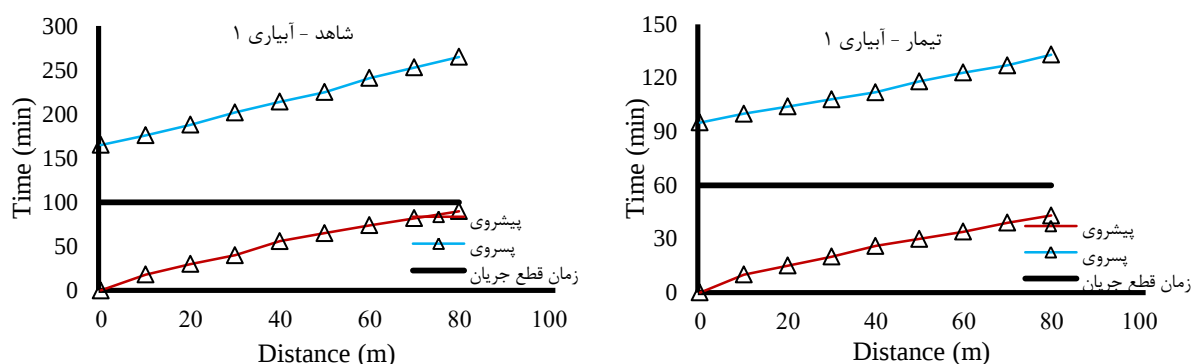
باغ S₆ تحت کشت هلو بوده و بخش‌های تیمار و شاهد باغ به ترتیب مساحتی معادل ۰/۱ و ۰/۴ هکتار دارند. تکنیک مورد استفاده در قسمت تیمار، تغییر روش آبیاری از نواری به شیاری دوطرفه می‌باشد (جدول ۸۳).

جدول ۸۳- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در باغ S₆

باغ S ₆	روش آبیاری	طول×عرض (m×m)	مساحت (ha)
تیمار	شیاری دوطرفه	۱۰×۸۵	۰/۱
شاهد	نواری	۸×۸۵	۰/۴

پیش‌روی و پس‌روی در آبیاری اول تیمار و شاهد در شکل ۱۲۰ ارائه شده که مطابق این شکل پیش‌روی جریان در تیمار و شاهد به ترتیب ۴۳ و ۹۰ دقیقه به طول انجامیده است. لازم به ذکر است همانند شکل ۱۱۳ و ۱۱۷، در

این مزرعه نیز آبیاری توسط کارشناس آب بعد از رسیدن آب به انتهای شیار نیز ادامه پیدا کرده است به همین دلیل بین دو منحنی پس‌روی و قطع جریان، فاصله افتاده است به این مدت‌زمان، زمان تأخیر گفته می‌شود (اختلاف زمان قطع جریان و مدت‌زمان پس‌روی).



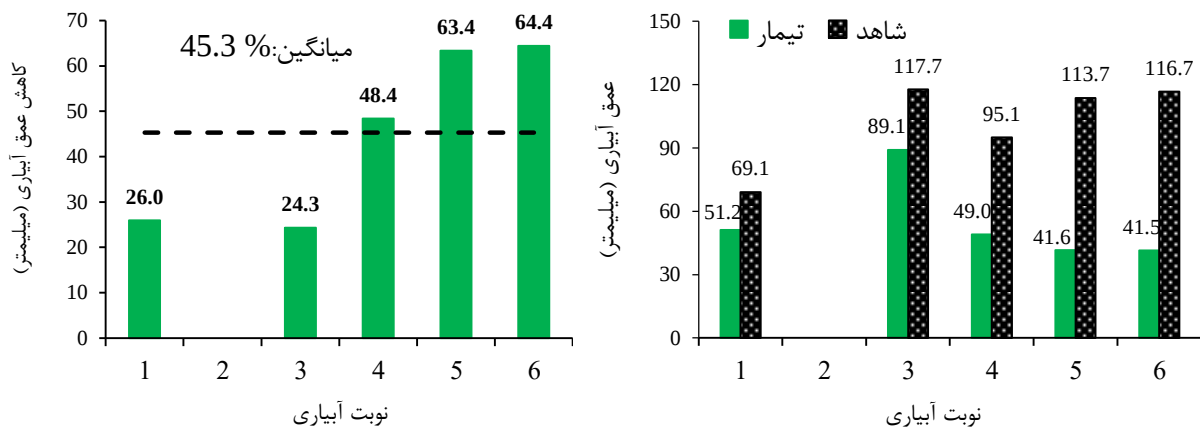
شکل ۱۲۰- مقایسه پیش‌روی و پس‌روی در تیمار و شاهد در آبیاری اول

آبیاری اول تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۲/۲۶ صورت گرفت. مطابق جدول ۸۴، عمق آب کاربردی در آبیاری اول تیمار و شاهد به ترتیب ۵۱/۲ و ۶۹/۱ میلی‌متر بوده و اعمال برنامه‌ریزی زمان واقعی آبیاری موجب کاهش ۱۷/۹ میلی‌متری عمق آبیاری شده است. آبیاری سوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۲۹ انجام شد. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش ۲۸/۶ میلی‌متری عمق آب کاربردی شده است.

جدول ۸۴- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان باغ S_6 در آبیاری اول و سوم

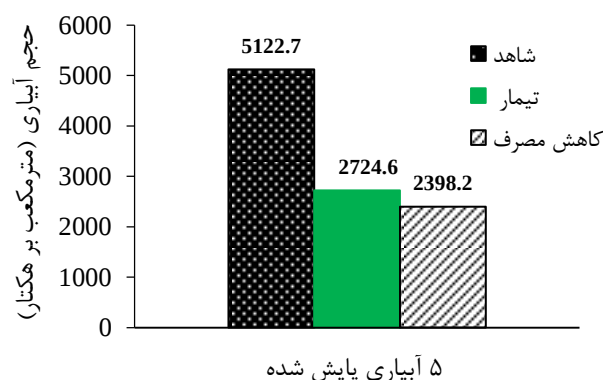
نوبت آبیاری	مزرعه S_6	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۹/۶۶	۶۰	۵۱/۲	۳۴/۱	۶۶/۶
	شاهد	۹/۷۹	۱۰۰	۶۹/۱	۵۰/۸	۷۳/۴
آبیاری دوم	عدم پایش آبیاری دوم					
آبیاری سوم	تیمار	۱۰/۹۸	۹۲	۸۹/۱	۳۳/۱	۳۷/۲
	شاهد	۱۱/۲	۱۵۰	۱۱۷/۷	۳۱/۱	۲۶/۴

بخش‌های تیمار و شاهد باغ S_6 طی فصل رشد محصول در ۶ نوبت آبیاری گردید. تعداد آبیاری پایش شده تیمار و شاهد ۵ نوبت بوده که مقادیر عمق آبیاری و میزان صرفه‌جویی آب تیمار نسبت به شاهد طی آبیاری‌های پایش شده مطابق شکل ۱۲۱ می‌باشد. بر این اساس متوسط عمق آبیاری تیمار و شاهد طی ۵ آبیاری پایش شده به ترتیب ۵۳/۹ و ۹۶/۹ میلی‌متر و صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد طی ۶ نوبت آبیاری ۴۵/۳ درصد می‌باشد.



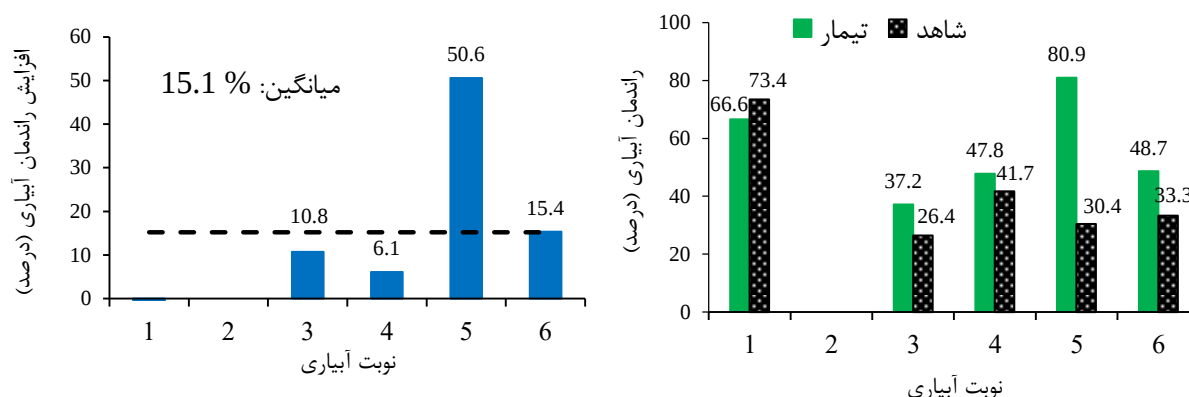
شکل ۱۲۱- مقایسه مقادیر عمق آبیاری تیمار و شاهد در باغ S₆ طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد باغ S₆ در ۵ آبیاری پایش شده به ترتیب ۲۷۲۴/۶ و ۵۱۲۲/۷ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود ۴۶/۸ درصدی (حدود ۲۳۹۸/۲ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۲۲).



شکل ۱۲۲- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در باغ S₆

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی آبیاری‌هایی که رطوبت خاک پایش شده، در شکل ۱۲۳ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط راندمان در بخش‌های تیمار و شاهد به ترتیب ۵۶/۲ و ۴۱/۱ درصد بوده و استفاده از آبیاری شیاری دوطرفه موجب افزایش ۱۵/۱ درصدی راندمان کاربرد گردیده است.



شکل ۱۲۳- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در باغ S_6 طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در بخش‌های تیمار و شاهد باغ S_6 به ترتیب ۱۶۵۰۰ و ۱۲۴۰۰ کیلوگرم در هکتار بود که نشان‌دهنده افزایش ۳۳/۱ درصدی عملکرد تیمار نسبت به شاهد می‌باشد. محاسبه میزان بهره‌وری آب آبیاری در این باغ به دلیل عدم پایش یک آبیاری امکان‌پذیر نبود.

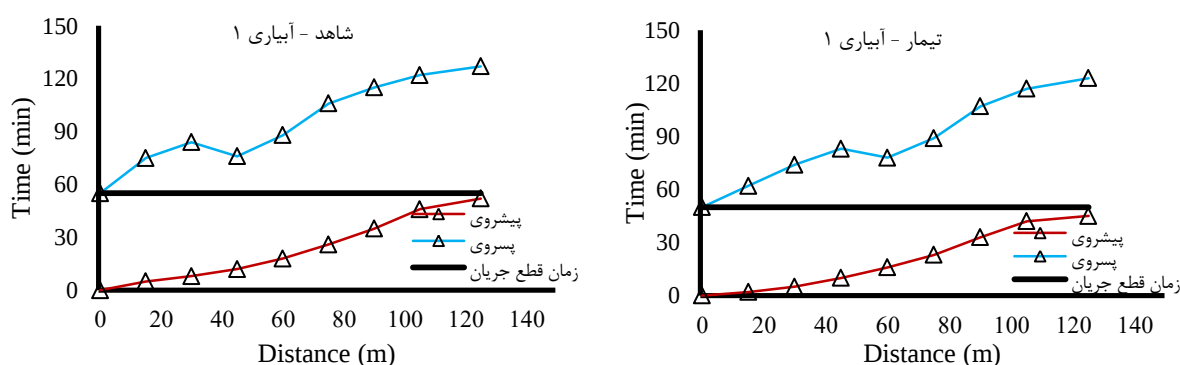
۴-۳-۴- مزرعه شماره S_7

بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S_7 تحت کشت چغندر قند به مساحت ۰/۵ و ۰/۷۵ هکتار می‌باشد. تکنیک به‌کاررفته در مزرعه تیمار تغییر روش آبیاری از سطحی (نواری با جویچه‌های ۵۰×۵۰ سانتی‌متر) به جویچه‌ای با آرایش کشت دو ردیفه (۴۰×۶۰ سانتی‌متر) است. مشخصات نوارهای تیمار و شاهد در جدول ۸۵ آورده شده است.

جدول ۸۵- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S_7

مزرعه S_7	روش آبیاری	طول×عرض (m×m)	شرایط انتها
تیمار	جویچه‌ای-دو ردیفه ۴×۶۰	۳×۱۲۵	بسته
شاهد	نواری	۴/۲×۱۲۵	بسته

پیش‌روی و پس‌روی در آبیاری اول تیمار و شاهد در شکل ۱۲۴ ارائه شده که مطابق این شکل پیش‌روی جریان در تیمار و شاهد به ترتیب ۴۵ و ۵۲ دقیقه به طول انجامیده است.



شکل ۱۲۴- مقایسه پیش‌روی و پس‌روی در تیمار و شاهد در آبیاری اول

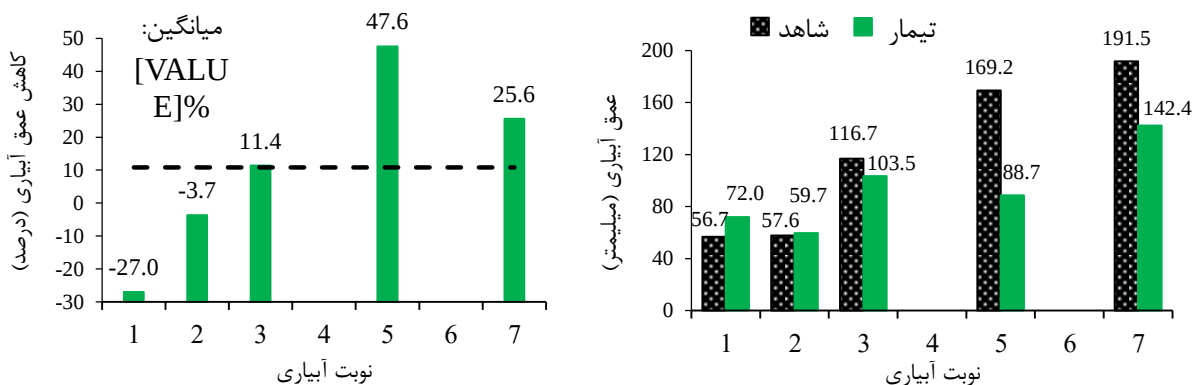
نتایج پایش آبیاری در آبیاری اول مزرعه S₇ در جدول ۸۶ آورده شده است. بر این اساس مقادیر عمق آب کاربردی در بخش‌های تیمار و شاهد به ترتیب ۷۲ و ۵۶/۷ میلی‌متر بوده و اعمال تیمار موجب افزایش ۱۵/۳ میلی‌متری عمق آبیاری شده است (جدول ۸۶). آبیاری دوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۱۵ انجام شد. در آبیاری دوم، مقدار عمق آب کاربردی تیمار و شاهد مشابه و به ترتیب ۵۹/۷ و ۵۷/۶ میلی‌متر بود. آبیاری سوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۴/۲ انجام شد. مطابق جدول ۸۶، اعمال تیمار موجب کاهش ۱۳/۲ میلی‌متری عمق آب کاربردی شده است.

جدول ۸۶- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه S₇ در آبیاری اول تا سوم

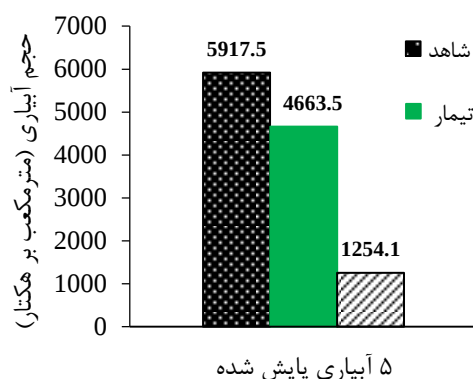
نوبت آبیاری	مزرعه S ₇	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t _{co} دقیقه	عمق آبیاری I _g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I _n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۹/۰۰	۵۰	۷۲/۰	۳۰*	۴۱/۷
	شاهد	۹/۰۲	۵۵	۵۶/۷	۳۰*	۵۲/۹
آبیاری دوم	تیمار	۸/۲۹	۴۵	۵۹/۷	۵۸/۷	۹۸/۳
	شاهد	۸/۴۰	۶۰	۵۷/۶	۳۶/۸	۶۴/۰
آبیاری سوم	تیمار	۹/۹۵	۶۵	۱۰۳/۵	۴۳/۵	۴۲/۱
	شاهد	۱۳/۱۰	۷۸	۱۱۶/۷	۶۲/۸	۵۳/۸

* در آبیاری اول (خاک‌آب) که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص مورد نیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

مزارع تیمار و شاهد طی فصل رشد محصول در ۷ نوبت آبیاری گردید. قابل ذکر است آبیاری چهارم این مزرعه شبانه و بدون اطلاع‌رسانی کشاورز صورت گرفت و آبیاری ششم نیز به دلیل عدم همکاری و اطلاع‌رسانی کشاورز پایش نگردید. متوسط عمق آبیاری در ۵ آبیاری پایش شده تیمار و شاهد به ترتیب ۹۳/۳ و ۱۱۸/۴ میلی‌متر بوده و متوسط کاهش عمق آبیاری طی این ۵ آبیاری ۱۰/۸ درصد بود (شکل ۱۲۵).

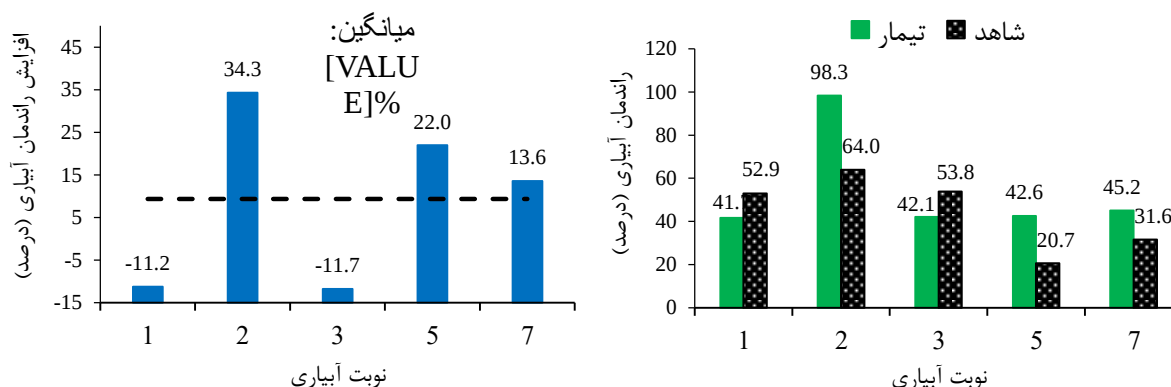
شکل ۱۲۵- مقایسه مقادیر عمق آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₇ طی آبیاری‌های مختلف

درمجموع ۵ آبیاری از ۷ آبیاری مزرعه S₇ پایش گردید. بر این اساس میزان آب آبیاری طی ۵ آبیاری پایش شده تیمار و شاهد مزرعه S₇ به ترتیب ۴۶۶۳/۵ و ۵۹۱۷/۵ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود ۲۱/۲ درصدی (حدود ۱۲۵۴/۱ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۲۶).



شکل ۱۲۶- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₇ طی ۵ آبیاری پایش شده

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی ۵ آبیاری پایش شده در شکل ۱۲۷ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط راندمان در بخش‌های تیمار و شاهد به ترتیب ۵۴/۰ و ۴۴/۶ درصد بوده و استفاده تکنیک تغییر روش آبیاری و آرایش کشت موجب افزایش ۹/۴ درصدی راندمان کاربرد گردیده است.



شکل ۱۲۷- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₇ طی آبیاری‌های مختلف

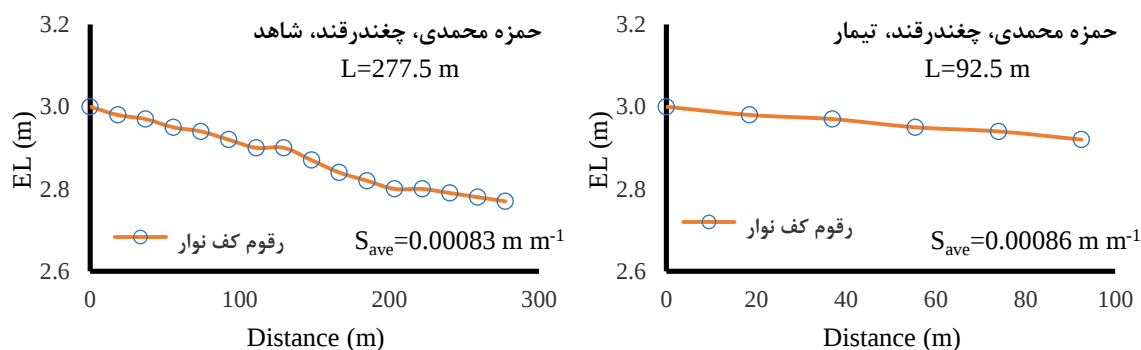
بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₇ به ترتیب ۴۳۹۶۰ و ۴۲۲۹۷ کیلوگرم در هکتار بود که نشان‌دهنده افزایش جزئی ۳/۹ درصدی عملکرد تیمار نسبت به شاهد می‌باشد. محاسبه میزان بهره‌وری آب آبیاری در این مزرعه به دلیل عدم پایش دو آبیاری امکان‌پذیر نبود.

۴-۳-۵- مزرعه شماره S₈

مزرعه S₈ تحت کشت چغندر قند بوده و بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه به ترتیب مساحتی معادل ۰/۱۷ و ۲/۱۷ هکتار دارند. سیستم آبیاری مزرعه بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک بوده با فواصل ۱۸/۵×۱۸/۵ متر می‌باشد (جدول ۸۷). بخش تیمار شامل ۵ آبپاش و بخش شاهد شامل ۵۱ آبپاش تمام‌دور و ۴۰ آبپاش تنظیم شونده (مدل k-a-4 دو نازل) بوده و تکنیک مورد استفاده برنامه‌ریزی زمان واقعی آبیاری است. پروفیل طولی شیب کف تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۱۲۸ نشان داده شده است. مطابق این شکل، شیب نوارهای تیمار و شاهد مزرعه S₈ یکنواخت و به ترتیب ۰/۰۸۶ و ۰/۰۸۳ درصد می‌باشد.

جدول ۸۷- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S₈

مزرعه S ₈	روش آبیاری	فواصل آبپاش‌ها (m×m)	شیب طولی (m/m)	مساحت (m ²)
تیمار	بارانی	۱۸/۵×۱۸/۵	۰/۰۰۰۸۶	۱۷۱۱/۳
شاهد	بارانی	۱۸/۵×۱۸/۵	۰/۰۰۰۸۳	۲۱۷۸۸/۸

شکل ۱۲۸- نیمرخ شیب طولی نوارهای تیمار و شاهد در مزرعه S₈

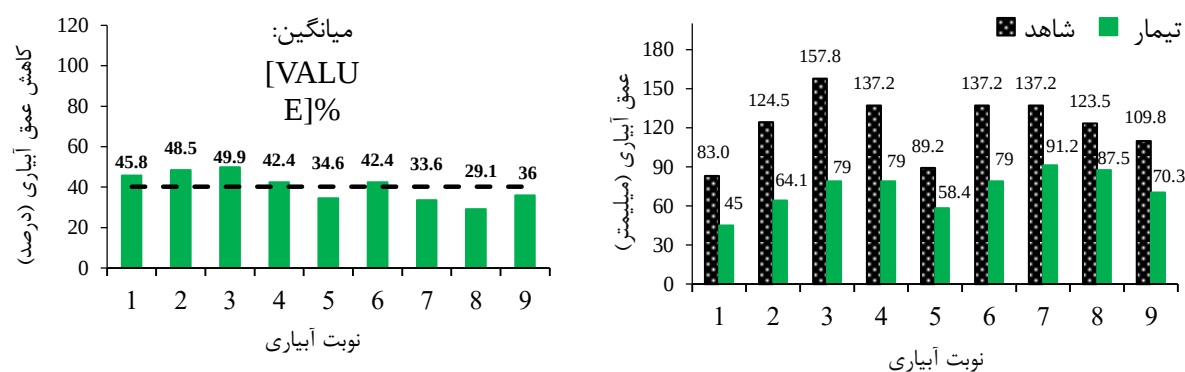
آبیاری اول تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۲/۱۹ صورت گرفت و دبی آبپاش و مقدار ضریب یکنواختی (CU) بر اساس آزمایش یکنواختی به ترتیب ۱/۰۷ لیتر بر ثانیه و ۸۷/۳ درصد به دست آمد. مطابق جدول ۸۸، عمق آب کاربردی در آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۴۵ و ۸۳ میلی‌متر بوده و اعمال برنامه‌ریزی زمان واقعی آبیاری موجب کاهش ۳۸ میلی‌متری عمق آبیاری شده است. آبیاری دوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۱۴ انجام شد. عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد در آبیاری دوم به ترتیب ۶۴/۱ و ۱۲۴/۵ میلی‌متر بوده و اعمال تیمار موجب کاهش ۶۰/۴ میلی‌متری عمق آب کاربردی گردیده است (جدول ۸۸). آبیاری سوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۴/۳ انجام شد. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش ۷۸/۸ میلی‌متری عمق آب کاربردی شده است.

جدول ۸۸- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه S₈ در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه S ₈	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t _{co} دقیقه	عمق آبیاری I _g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I _n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
-------------	----------------------	--	--	--	--	------------------------------

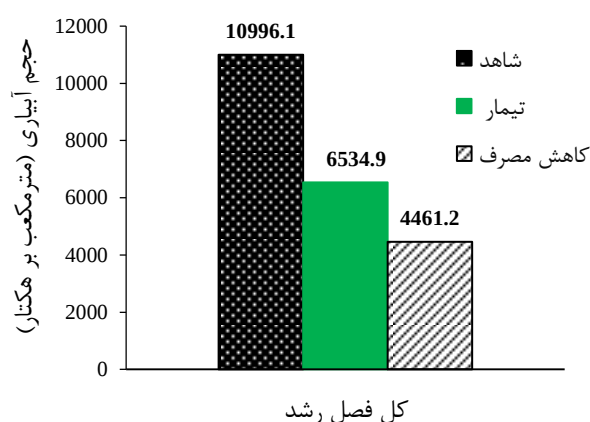
۷۰/۰	۳۱/۵	۴۵/۰	۲۴۰	۵/۳۵	تیمار	آبیاری اول
۳۷/۹	۳۱/۵	۸۳/۰	۳۶۰	۸۳/۷۳	شاهد	
۷۵/۷	۴۸/۵	۶۴/۱	۳۴۲	۵/۳۵	تیمار	آبیاری دوم
۳۷/۹	۴۷/۲	۱۲۴/۵	۵۴۰	۸۷/۷۳	شاهد	
۷۳/۸	۵۸/۳	۷۹/۰	۴۲۶	۵/۲۹	تیمار	آبیاری سوم
۳۵/۲	۵۵/۶	۱۵۷/۸	۶۹۰	۸۳/۰۷	شاهد	

مزارع تیمار و شاهد طی فصل رشد محصول در ۹ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۱۲۹ می‌باشد. بر این اساس متوسط عمق آبیاری تیمار و شاهد به ترتیب ۷۲/۶ و ۱۲۲/۲ میلی‌متر و صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد طی ۹ نوبت آبیاری ۴۰/۳ درصد می‌باشد.



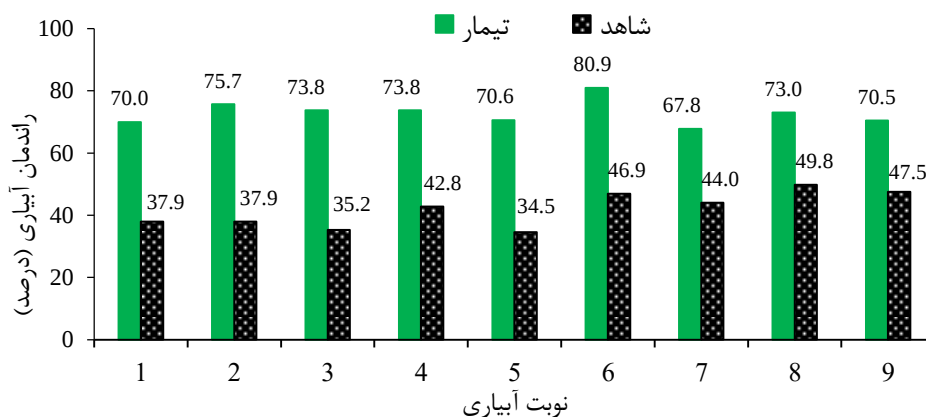
شکل ۱۲۹- مقایسه مقادیر عمق آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₈ طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد مزرعه S₈ به ترتیب ۶۵۳۴/۹ و ۱۰۹۹۶/۱ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود ۴۰/۶ درصدی (حدود ۴۴۶۱/۲ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۳۰).



شکل ۱۳۰- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₈

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی آبیاری‌هایی که رطوبت خاک پایش شده، در شکل ۱۳۱ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط راندمان در بخش‌های تیمار و شاهد به ترتیب ۷۲/۹ و ۴۱/۸ درصد بوده و استفاده از برنامه‌ریزی زمان واقعی آبیاری موجب افزایش ۳۱/۱ درصدی راندمان کاربرد گردیده است.



شکل ۱۳۱- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₈ طی آبیاری‌های مختلف

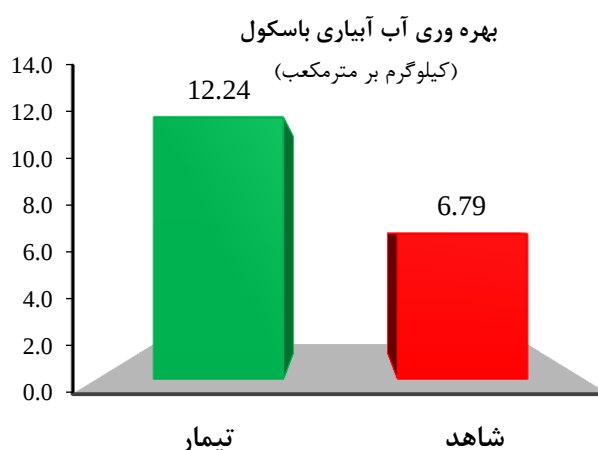
بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₈ به ترتیب ۸۰۰۰ و ۷۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۸۹). بر اساس عملکرد باسکول و حجم آب آبیاری، مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۱۲/۲۴ و ۶/۷۹ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب افزایش ۸۰/۲ درصدی مقدار بهره‌وری آب تیمار نسبت به شاهد گردیده است (جدول ۹۰). با توجه به مقدار بارش مؤثر طی فصل رشد چغندر قند در مهاباد (۶۱/۵ میلی‌متر) مقدار بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر تیمار و شاهد به ترتیب ۱۱/۱۹ و ۶/۴۳ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد باسکول در شکل ۱۳۲ ترسیم گردیده است.

جدول ۸۹- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه S₈

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)		عملکرد (Kg/ha)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	شاهد	تیمار
۶/۴۳	۱۱/۱۹	۱۲/۲۴	۶/۷۹	۷۵۰۰۰	۸۰۰۰۰

جدول ۹۰- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₈

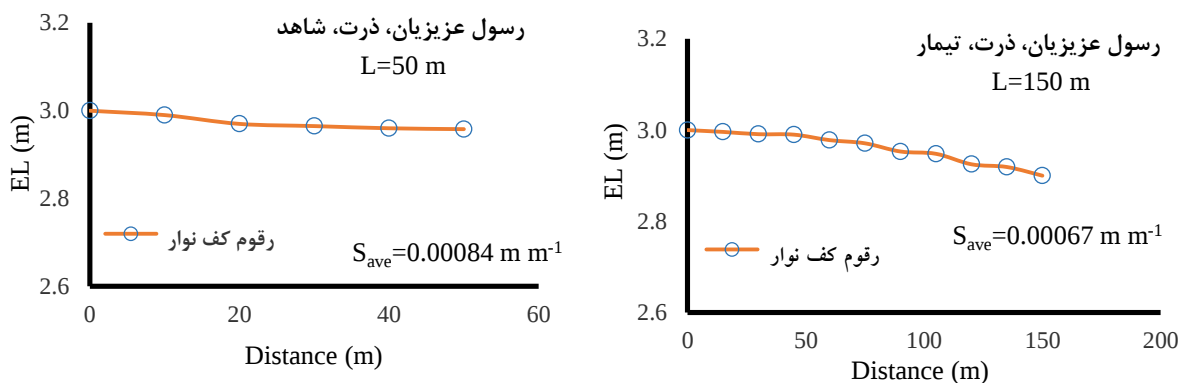
مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)	افزایش بهره‌وری آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
S ₈	۴۰/۸	۵/۴۵	۸۰/۲	۷۳/۹

شکل ۱۳۲- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S₈۴-۳-۶- مزرعه شماره S₉

بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₉ تحت کشت ذرت به مساحت ۱/۴ و ۰/۳ هکتار می‌باشد. تکنیک به‌کاررفته در مزرعه تیمار تغییر روش آبیاری از جویچه‌ای به تیپ است. هر دو قسمت تیمار و شاهد مزرعه شامل کشت دو ردیفه با فواصل کشت ۱۸×۷۵ سانتی‌متر (۱۸ سانتی‌متر فاصله بوته‌ها از هم و ۷۵ سانتی‌متر فاصله مرکز دو پشته) و فاصله دو بوته روی پشته ۲۶ سانتی‌متر می‌باشد. نوار تیپ‌ها در مرکز پشته (بین دو بوته) قرار داده شد و دبی خروجی‌ها بر اساس آزمایش یکنواختی (با راندمان یکنواختی ۹۴/۱ درصد و ضریب تغییرات ساخت ۴/۳۱ درصد) ۱/۳۳ لیتر بر ساعت به دست آمد. آبیاری مزرعه تیمار در ۴ شیفت (هر شیفت ۳۵۰۰ مترمربع) صورت گرفت. طول و عرض تیمار ۱۵۰ و ۹۳/۵ متر و نوار شاهد ۶۰ و ۵۰ متر می‌باشد (جدول ۹۱). پروفیل طولی شیب کف تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۱۳۳ نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل مشخص است، شیب کف مزرعه تیمار و شاهد یکنواخت و به ترتیب ۰/۰۶۷ و ۰/۰۸۴ درصد می‌باشد. لازم به ذکر است طولی که در جداول مشخصات نوارهای آبیاری نوشته شده مربوط به طول کرت، نوار یا جویچه است (در روش‌های سطحی)؛ اما طولی که در نمودار شیب (L) نوشته شده مربوط به طولی است که نقشه‌برداری آن با دوربین توسط کارشناسان صورت گرفته است. گاهی این دو طول در حد چند متر با هم تفاوت دارند؛ یعنی تراز در انتهای نوار قرائت نشده است.

جدول ۹۱- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S₉

مزرعه S ₉	روش آبیاری	طول×عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	تیپ	۹۳/۵×۱۵۰	۰/۰۰۰۶۷	بسته
شاهد	جویچه‌ای	۶۰×۵۰	۰/۰۰۰۸۴	بسته

شکل ۱۳۳- نیمرخ شیب طولی نوارهای تیمار و شاهد در مزرعه S₉

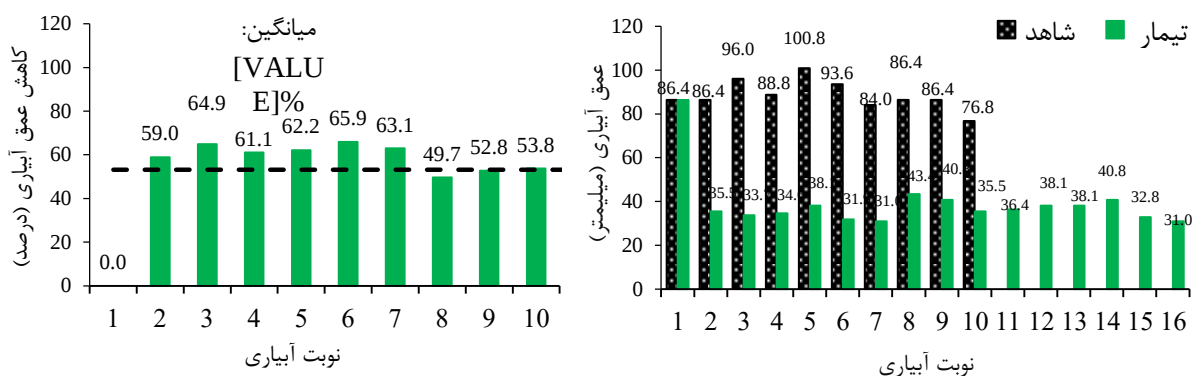
آبیاری اول تیمار و شاهد مزرعه S₉ با استفاده از سیستم شبکه و به صورت جویچه‌ای انجام شد و عملیات نصب سیستم تیپ در بخش تیمار مزرعه پس از آبیاری اول صورت گرفت. دبی کل مزرعه با استفاده از خط‌کش جت ۱۲ لیتر بر ثانیه اندازه‌گیری گردید. قابل ذکر است در این مزرعه پایش رطوبت خاک صورت نگرفته و مقدار نیاز خالص آبیاری و به تبع آن مدت آبیاری (راندمان آبیاری ۹۰ درصد لحاظ گردیده است) با استفاده از داده‌های هواشناسی و برآورد میزان تبخیر-تعرق محاسبه شده است. بر این اساس عمق آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد ۸۶/۴ میلی‌متر محاسبه شد (جدول ۹۲). آبیاری دوم بخش تیمار با استفاده از سیستم آبیاری تیپ در تاریخ ۹۸/۳/۳۰ و آبیاری دوم شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۲۸ صورت گرفت. در آبیاری دوم، مقدار عمق آب کاربردی تیمار و شاهد به ترتیب ۳۵/۵ و ۸۶/۴ میلی‌متر بوده و تغییر روش آبیاری از جویچه‌ای به تیپ موجب کاهش ۵۰/۹ میلی‌متری عمق آبیاری گردیده است. مطابق جدول ۹۲، اعمال تیمار موجب کاهش ۶۲/۳ میلی‌متری عمق آبیاری سوم شده است.

جدول ۹۲- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه S₉ در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه S ₉	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t _{co} دقیقه	عمق آبیاری I _g میلی‌متر
آبیاری اول	تیمار	۱۲/۰	۱۶۸۳	۸۶/۴
	شاهد	۱۲/۰	۳۶۰	۸۶/۴
آبیاری دوم	تیمار	۸/۶*	۲۴۰	۳۵/۵
	شاهد	۱۲/۰	۳۶۰	۸۶/۴
آبیاری سوم	تیمار	۸/۶	۲۲۸	۳۳/۷
	شاهد	۱۲/۰	۴۰۰	۹۶/۰

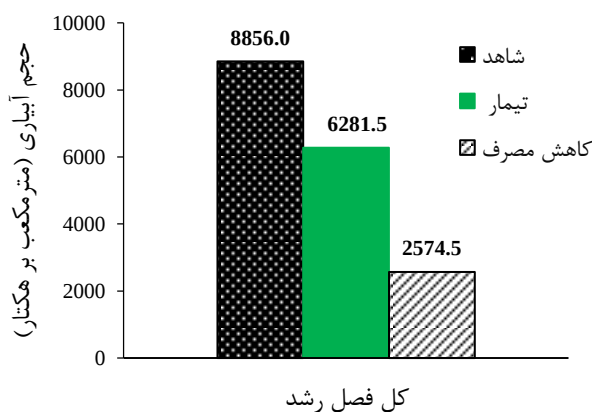
* بخش تیمار در چهار شیفت آبیاری هر یک به مساحت تقریبی ۳۵۰۰ مترمربع آبیاری شد. مقدار دبی با استفاده از تعداد کل خروجی‌ها با دبی متوسط ۱/۳۳ لیتر بر ساعت محاسبه شده است.

مزارع تیمار و شاهد طی فصل رشد محصول به ترتیب ۱۶ و ۱۰ نوبت آبیاری گردید. بر این اساس متوسط عمق آبیاری تیمار و شاهد در طول فصل رشد به ترتیب ۳/۳۹ و ۶/۸۸ میلی‌متر بوده و متوسط مقدار آب صرفه‌جویی شده در بخش تیمار طی ۱۰ نوبت آبیاری شاهد، ۲/۵۳ درصد و طی کل فصل رشد ۱/۲۹ درصد می‌باشد (شکل ۱۳۴).



شکل ۱۳۴- مقایسه مقادیر عمق آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₉ طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد مزرعه S₉ به ترتیب ۶۲۸۱/۵ و ۸۸۵۶/۰ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود ۲۹/۱ درصدی (حدود ۲۵۷۴/۵ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۳۵).



شکل ۱۳۵- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₉

بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₉ توسط کشاورز تفکیک نشده و ۷۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (جدول ۹۳). بر اساس عملکرد باسکول و حجم آب آبیاری، مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۱۱/۹۴ و ۸/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال

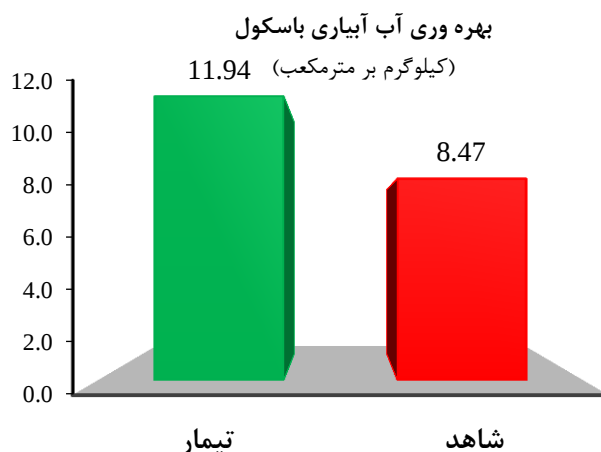
تیمار تغییر روش آبیاری از جویچه‌ای به تیپ موجب افزایش ۳۸/۰ درصدی مقدار بهره‌وری آب تیمار نسبت به شاهد گردیده است (جدول ۹۴). مقدار بارش مؤثر طی فصل رشد ذرت در مهاباد ناچیز (۴۹/۳ میلی‌متر) بوده و مقادیر بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر به ترتیب ۱۱/۰۷ و ۸/۰۲ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد باسکول در شکل ۱۳۶ ترسیم گردیده است.

جدول ۹۳- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه S₉

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)		عملکرد (Kg/ha)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	شاهد	تیمار
۸/۰۲	۱۱/۰۷	۱۱/۹۴	۸/۴۷	۷۵۰۰۰	۷۵۰۰۰

جدول ۹۴- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₉

مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
S ₉	۲۹/۱	۳/۴۷	۴۱/۰	۳۸/۰

شکل ۱۳۶- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S₉

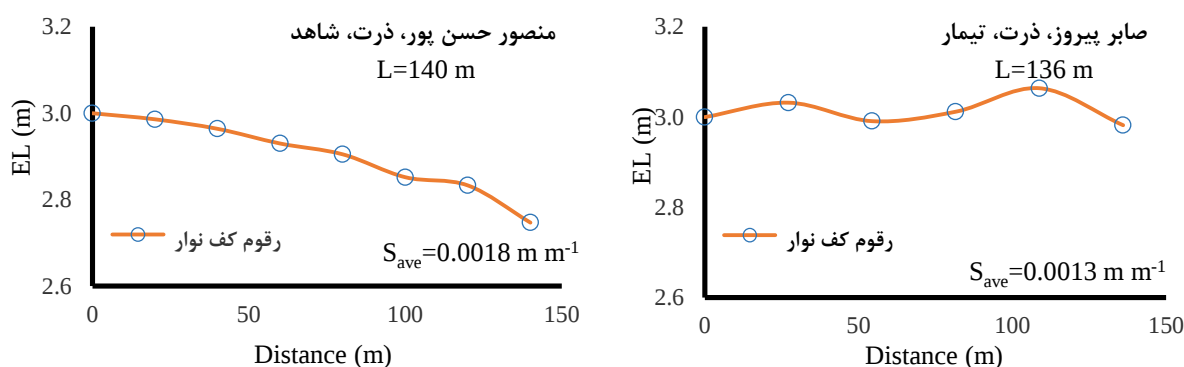
۴-۳-۷- مزرعه شماره S₁₀

مزارع تیمار و شاهد مجزا و تحت مدیریت دو کشاورز مجزا قرار داشته و به ترتیب مساحتی معادل ۲/۲ و ۰/۹ هکتار دارند. این مزارع تحت کشت ذرت بوده و قسمت شاهد آن به روش جویچه‌ای آبیاری می‌گردد. تکنیک به‌کاررفته در مزرعه تیمار تغییر روش آبیاری از جویچه‌ای به تیپ است. قسمت شاهد شامل کشت تک‌ردیفه با فواصل کشت ۱۶×۷۵ سانتی‌متر و تیمار شامل کشت دو ردیفه ذرت روی پشته (فواصل ۳۵ سانتی‌متری بین دو بوته) با فواصل کشت ۱۶×۷۵ (۷۵ فاصله نوار تیپ‌ها و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۴۰ سانتی‌متر می‌باشد) سانتی‌متر است. نوار تیپ‌ها در مرکز پشته قرار داده شد و دبی خروجی‌ها بر اساس آزمایش یکنواختی (با راندمان یکنواختی

۹۵/۹ درصد و ضریب تغییرات ساخت^۱ ۱۲/۹ درصد) ۱/۷۴ لیتر بر ساعت به دست آمد. جهت سهولت در امر آبیاری و کفایت دبی ورودی، مزرعه تیمار به ۷ قسمت (شیفت آبیاری؛ هر کدام ۳۱۴۲ مترمربع) تقسیم و آبیاری هر بخش به صورت مجزا صورت گرفت. طول و عرض نوارهای تیمار ۱۳۶ و ۶ متر و نوارهای شاهد ۱۴۰ و ۵ متر می‌باشد (جدول ۹۵). پروفیل طولی شیب کف تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۱۳۷ نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل مشخص است، شیب کف مزرعه شاهد نسبت به تیمار یکنواخت‌تر بوده و در بخش تیمار شیب منفی جزئی در قسمت‌هایی از مزرعه مشاهده می‌شود.

جدول ۹۵- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S₁₀

مزرعه S ₁₀	روش آبیاری	فواصل کشت (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	تیپ-دور دیف روی پشته	۰/۳۵ و ۰/۱۶×۰/۴۰	۰/۰۰۱۳	-
شاهد	جویچه‌ای	۰/۱۶×۰/۷۵	۰/۰۰۱۸	بسته

شکل ۱۳۷- نیمرخ شیب طولی نوارهای تیمار و شاهد در مزرعه S₁₀

دو آبیاری اول و دوم مزارع تیمار و شاهد با استفاده از سیستم آبیاری بارانی صورت گرفت. آبیاری اول (خاک‌آب) دو بخش تیمار و شاهد به ترتیب در تاریخ ۹۸/۳/۱۴ و ۹۸/۳/۱۳ صورت گرفت. دبی آبیاری‌ها در هر دو مزرعه ۱ لیتر بر ثانیه و فاصله آبیاری‌ها ۱۸/۵×۱۸/۵ متر بود. بر این اساس متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۰/۵ و ۶۳/۱ میلی‌متر بوده و به عنوان خاک‌آب صورت گرفته است (جدول ۹۶). متوسط راندمان کاربرد آبیاری اول در تیمار و شاهد در این آبیاری به ترتیب ۱۰۰/۰ و ۴۷/۵ درصد بوده و به عنوان خاک‌آب بکار رفته است (جدول ۹۶). آبیاری دوم مزارع تیمار و شاهد S₁₀ با استفاده از شبکه بارانی صورت گرفت و عمق آبیاری

^۱ از آنجایی که معمولاً در یک فشار ثابت، دبی خروجی از قطره‌چکان‌های ساخت یک کارخانه با یکدیگر تفاوت دارند، برای بیان این ویژگی می‌توان از ضریب ساخت به صورت زیر استفاده نمود:

$$CV = \frac{S_d}{q_a}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_a)^2}{n-1}}$$

که در آن‌ها، q_i : دبی اندازه‌گیری شده قطره‌چکان، q_a : متوسط دبی قطره‌چکان‌ها و S_d : انحراف از معیار دبی‌های اندازه‌گیری شده قطره‌چکان‌های مورد آزمایش بر حسب لیتر در ساعت است.

تیمار و شاهد در آبیاری دوم به ترتیب ۳۱/۶ و ۷۳/۶ میلی‌متر بود (جدول ۹۶). از آبیاری سوم به بعد آبیاری تیمار به روش تیپ و با استفاده از برنامه کارشناس آب و آبیاری شاهد به روش جویچه‌ای صورت گرفت. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش ۵۲/۷ میلی‌متری عمق آبیاری شده است (جدول ۹۶).

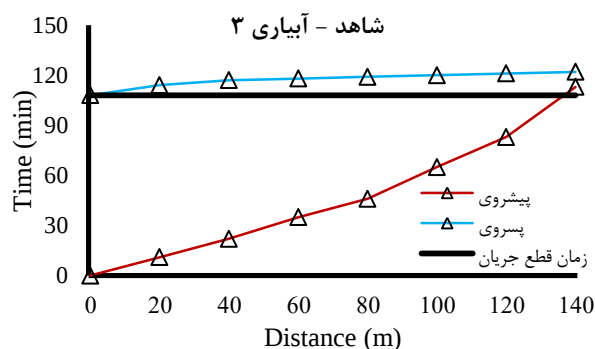
جدول ۹۶- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه S_{10} در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه S_{10}	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۱/۰	۶۰	۱۰/۵	۳۶*	۱۰۰/۰
	شاهد	۱/۰	۳۶۰	۶۳/۱	۳۶*	۵۷/۰
آبیاری دوم	تیمار	۱/۰	۱۸۰	۳۱/۶	عدم پایش رطوبت	
	شاهد	۱/۰	۴۲۰	۷۳/۶	عدم پایش رطوبت	
آبیاری سوم	تیمار	۱۰/۱**	۱۶۳	۳۱/۵	عدم پایش رطوبت	
	شاهد	۵۲/۰	۱۰۸۰	۸۴/۲	۲۷/۳	۱۹/۰

* در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص مورد نیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است. همچنین ۶ میلی‌متر برای تلفات تبخیر و بادبردگی در آبیاری بارانی لحاظ شده و در مجموع ۳۶ میلی‌متر به عنوان کمبود رطوبتی خاک مدنظر قرار گرفت.

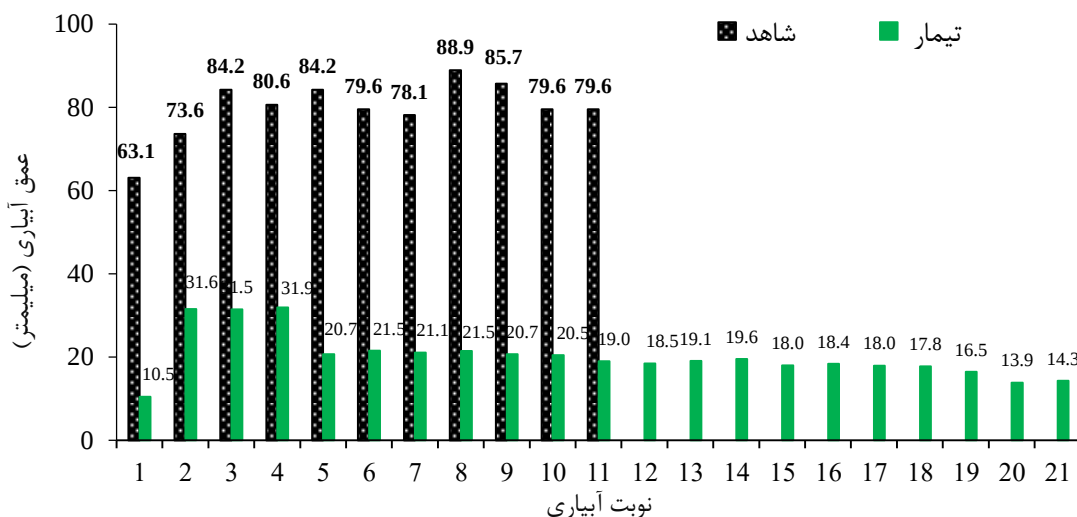
** دبی کل تیمار از حاصل ضرب تعداد کل خروجی‌ها (۲۰۹۵۲) در دبی متوسط خروجی‌ها (۱/۷۴ لیتر بر ساعت) محاسبه شده است.

پیش‌روی و پس‌روی در آبیاری سوم در یکی از جویچه‌های مزرعه شاهد در شکل ۱۳۸ ارائه شده که مطابق این شکل پیش‌روی جریان ۱۱۳ دقیقه به طول انجامیده است.



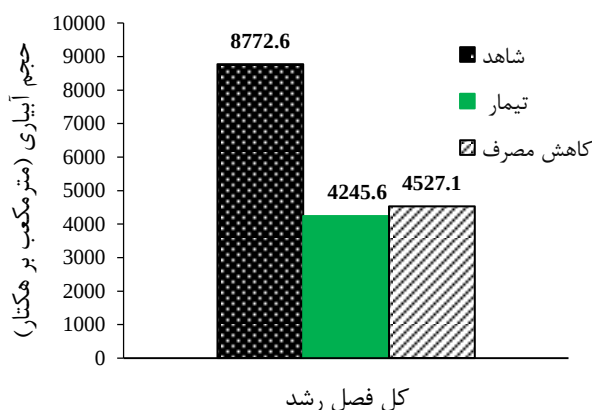
شکل ۱۳۸- مقایسه پیش‌روی و پس‌روی در مزرعه شاهد در آبیاری سوم

مزارع تیمار و شاهد طی فصل رشد محصول به ترتیب ۲۱ و ۱۱ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد مطابق شکل ۱۳۹ می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد طی ۱۱ نوبت آبیاری شاهد ۷۱/۵ درصد و طی کل فصل رشد ۵۱/۶ درصد بود.



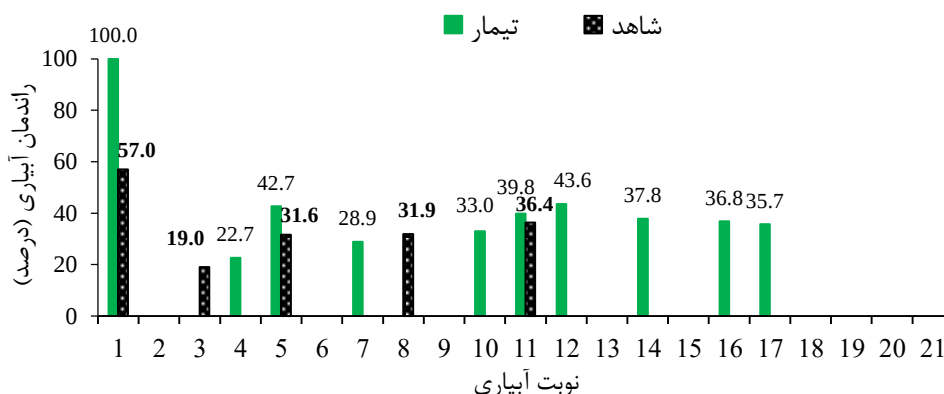
شکل ۱۳۹- مقایسه مقادیر عمق آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S_{10} طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد مزرعه S_{10} به ترتیب $4245/6$ و $8772/6$ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود $51/6$ درصدی (حدود $4527/1$ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۴۰).



شکل ۱۴۰- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S_{10}

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی آبیاری‌هایی که رطوبت خاک پایش شده، در شکل ۱۴۱ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط راندمان در بخش‌های تیمار و شاهد به ترتیب $42/1$ و $35/2$ درصد می‌باشد.

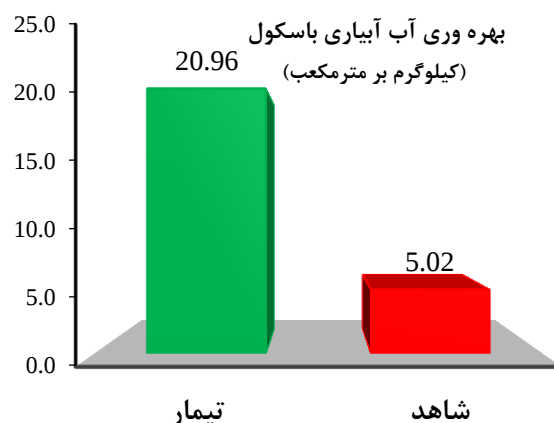


شکل ۱۴۱- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₁₀ طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₁₀ به ترتیب ۸۹۰۰۰ و ۴۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۹۷). میزان عملکرد تیمار نسبت به شاهد ۵۰/۵ درصد افزایش یافته است. متفاوت بودن رقم کشت ذرت در مزارع تیمار و شاهد و همچنین کشت دو ردیف روی پشته در بخش تیمار از جمله دلایل این تفاوت عملکرد می‌باشد. بر اساس عملکرد باسکول و حجم آب آبیاری، مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۲۰/۹۶ و ۵/۰۲ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب افزایش ۳۱۸ درصدی مقدار بهره‌وری آب تیمار نسبت به شاهد گردیده است. مقدار بارش مؤثر طی دوره کشت تا برداشت تیمار و شاهد به ترتیب ۲۶/۸ و ۰ میلی‌متر بوده که در محاسبه بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر لحاظ گردید. تاریخ کشت تیمار زودتر بوده به گونه‌ای که تیمار در تاریخ ۹۸/۲/۱۶ و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۱۲ کشت شده است؛ بنابراین بارش‌های که در بازه زمانی ۱۶ اردیبهشت تا ۱۲ خرداد رخ داده برای تیمار لحاظ شده اما برای شاهد لحاظ نشد. در این بازه زمانی در مجموع ۳۵/۵ میلی‌متر بارش رخ داد که معادل ۲۶/۸ میلی‌متر بارش مؤثر با روش ASCE می‌باشد که این مقدار برای تیمار در نظر گرفته شد؛ اما از تاریخ کشت شاهد تا برداشت آن فقط ۳/۴ میلی‌متر بارش رخ داد که چون کمتر از ۵ میلی‌متر است جزو بارش مؤثر محسوب نشد (بارش مؤثر=۰). نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد باسکول در شکل ۱۴۲ ترسیم گردیده است.

جدول ۹۷- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه S₁₀

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)		عملکرد (Kg/ha)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	شاهد	تیمار
۱۹/۷۲	۵/۰۲	۲۰/۹۶	۵/۰۲	۸۹۰۰۰	۴۴۰۰۰



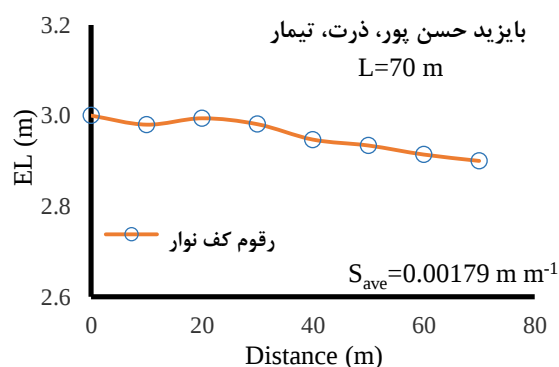
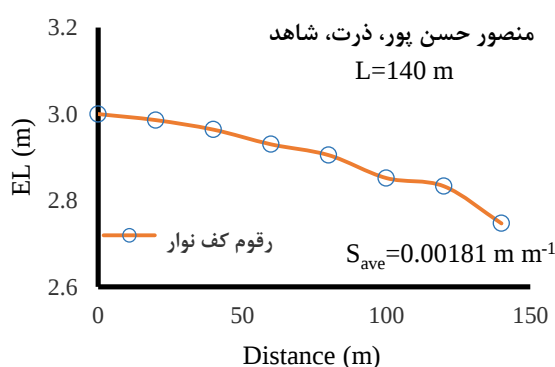
شکل ۱۴۲- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S₁₀

۴-۳-۸- مزرعه شماره S₁₁

مزارع تیمار و شاهد مجزا و تحت مدیریت دو کشاورز مجزا قرار داشته و به ترتیب مساحتی معادل ۴ و ۰/۹ هکتار دارند. این مزارع تحت کشت ذرت بوده و به روش جویچه‌ای آبیاری می‌گردند. قابل ذکر است مزرعه منصور حسن‌پور به عنوان شاهد برای مزارع تیمار S₁₀ و S₁₁ در نظر گرفته شده است. تکنیک به کاررفته در مزرعه تیمار کشت نشایی ذرت است. آرایش کشت هر دو مزرعه شامل کشت تک‌ردیفه با فواصل کشت ۱۶×۷۵ سانتی‌متر است (جدول ۹۸). پروفیل طولی شیب کف تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۱۴۳ نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل مشخص است، شیب کف مزرعه تیمار نسبت به شاهد یکنواخت‌تر بوده و در بخش شاهد شیب مثبت (سرازیری) در پروفیل طولی مزرعه مشاهده می‌شود.

جدول ۹۸- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S₁₁

مزرعه S ₁₁	روش آبیاری	فواصل کشت (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	جویچه‌ای-کشت نشایی تک‌ردیفه	۰/۱۶×۰/۷۵	۰/۰۰۱۷۹	بسته
شاهد	جویچه‌ای	۰/۱۶×۰/۷۵	۰/۰۰۱۸۱	بسته



شکل ۱۴۳- نیمرخ شیب طولی نوارهای تیمار و شاهد در مزرعه S₁₁

دو آبیاری اول و دوم مزرعه شاهد با استفاده از سیستم آبیاری بارانی صورت گرفت و مجموع حجم آبیاری مورد استفاده در دوره نشایی ذرت در بخش تیمار (تا قبل از کشت) ۱۶/۵۵ مترمکعب بر هکتار بوده که به مجموع حجم آبیاری طی فصل رشد ذرت اضافه گردیده است. آبیاری اول تیمار پس از کشت نشاء در تاریخ ۹۸/۳/۲۶ و آبیاری اول (خاک‌آب) شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۱۳ صورت گرفت. دبی آبپاش‌ها در مزرعه شاهد ۱ لیتر بر ثانیه و فاصله آبپاش‌ها ۱۸/۵×۱۸/۵ متر بود. بر این اساس متوسط عمق آبیاری تیمار و شاهد مشابه و به ترتیب ۶۷/۶ و ۶۳/۱ میلی‌متر می‌باشد (جدول ۹۹). آبیاری دوم مزارع تیمار و شاهد S₁₁ با استفاده از شبکه بارانی صورت گرفت و عمق آبیاری تیمار و شاهد در آبیاری دوم به ترتیب ۵۰/۴ و ۷۳/۶ میلی‌متر بود (جدول ۹۹). از آبیاری سوم به بعد آبیاری تیمار به روش تیپ و با استفاده از برنامه کارشناس آب و آبیاری شاهد به روش جویچه‌ای صورت گرفت. مطابق جدول ۹۹، اعمال تیمار موجب کاهش ۱۶/۶ میلی‌متری عمق آبیاری سوم شده است.

جدول ۹۹- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه S₁₁ در آبیاری اول

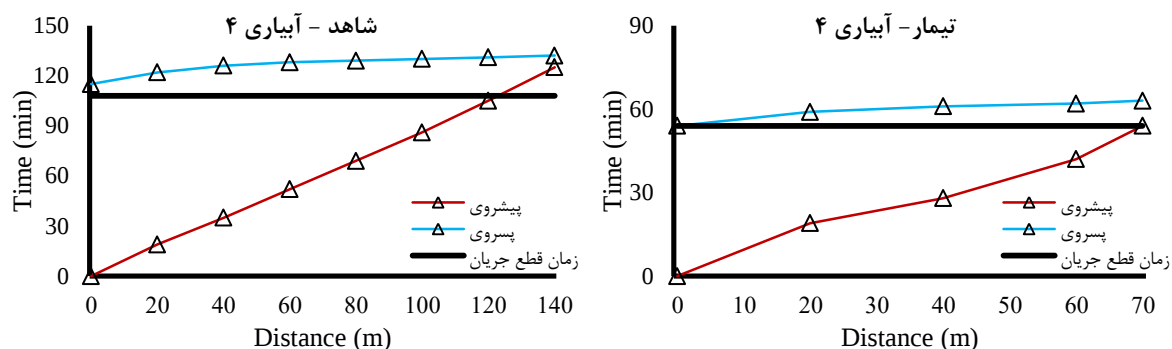
نوبت آبیاری	مزرعه S ₁₁	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t _{co} دقیقه	عمق آبیاری I _g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I _n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۱۳/۰	۷۸۰	۶۷/۶	۱۵/۱**	۲۲/۴
	شاهد	۱/۰*	۳۶۰	۶۳/۱	۳۶/۰***	۵۷/۰
آبیاری دوم	تیمار	۴۲/۰	۱۸۰	۵۰/۴	عدم پایش رطوبت	
	شاهد	۱/۰*	۴۲۰	۷۳/۶	عدم پایش رطوبت	
آبیاری سوم	تیمار	۱۳/۰	۷۸۰	۶۷/۶	عدم پایش رطوبت	
	شاهد	۵۲/۰	۱۰۸۰	۸۴/۲	۲۷/۳	۱۹/۰

* دبی آبپاش در دو آبیاری اول و دوم مزرعه شاهد ۱ لیتر بر ثانیه می‌باشد.

** به این دلیل که کشت تیمار به صورت نشایی بوده است؛ زمانی آبیاری اول خاکاب محسوب می‌شود که کشت به صورت بذری صورت گرفته باشد و ریشه‌ای در زمین وجود نداشته باشد. در این صورت چنانچه آبیاری در فاصله زمانی چند روز پس از کشت صورت گیرد به این آبیاری خاکاب می‌گویند و مقدار کمبود رطوبتی خاک در این حالت برای آبیاری سطحی ۳۰ میلی‌متر و برای آبیاری بارانی ۳۶ میلی‌متر (در فاز پنجم) فرض گردید. این در حالی است کشت تیمار به صورت بذری نبوده بنابراین مقدار کمبود رطوبتی خاک (نیاز خالص آبیاری) با برداشت نمونه رطوبتی و با لحاظ عمق ریشه ۲۵ سانتی‌متر محاسبه گردید.

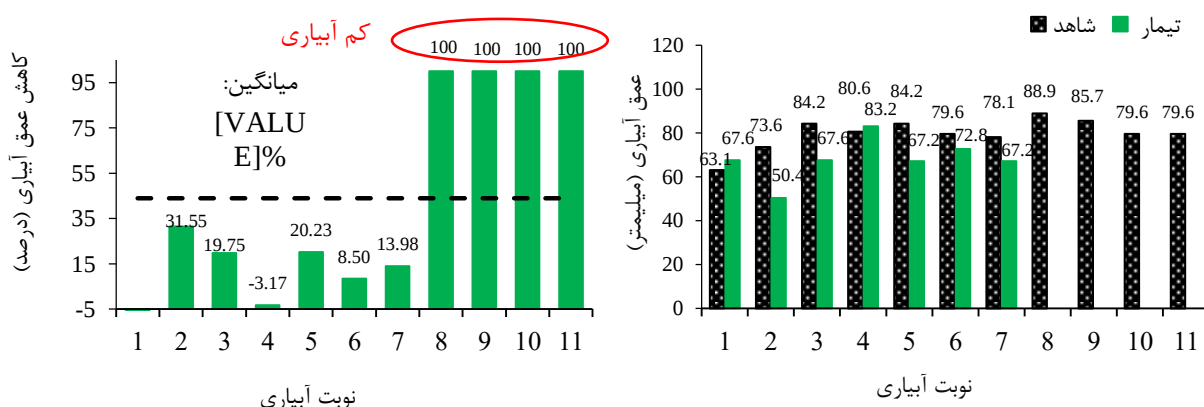
*** در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص مورد نیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است. همچنین ۶ میلی‌متر برای تلفات تبخیر و بادبردگی در آبیاری بارانی لحاظ شده و در مجموع ۳۶ میلی‌متر به عنوان کمبود رطوبتی خاک مدنظر قرار گرفت.

پیش‌روی و پس‌روی در آبیاری چهارم در یکی از جویچه‌های مزارع تیمار و شاهد در شکل ۱۴۴ ارائه شده که مطابق این شکل پیش‌روی جریان در یکی از جویچه‌های تیمار و شاهد به ترتیب ۵۴ و ۱۲۵ دقیقه به طول انجامیده است.



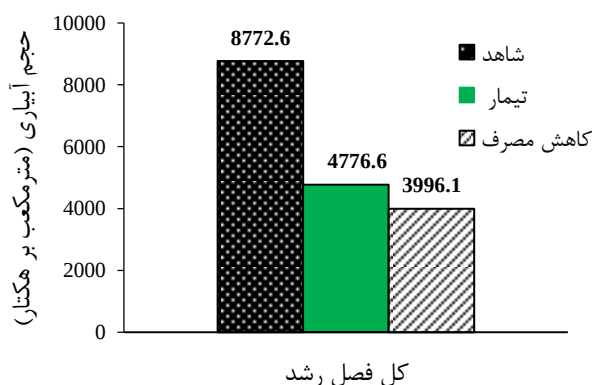
شکل ۱۴۴- مقایسه پیشروی و پسروی در تیمار و شاهد در آبیاری چهارم

مزارع تیمار و شاهد طی فصل رشد محصول به ترتیب ۷ و ۱۱ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۱۴۵ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش عمق آبیاری تیمار نسبت به شاهد ۴۴ درصد است.



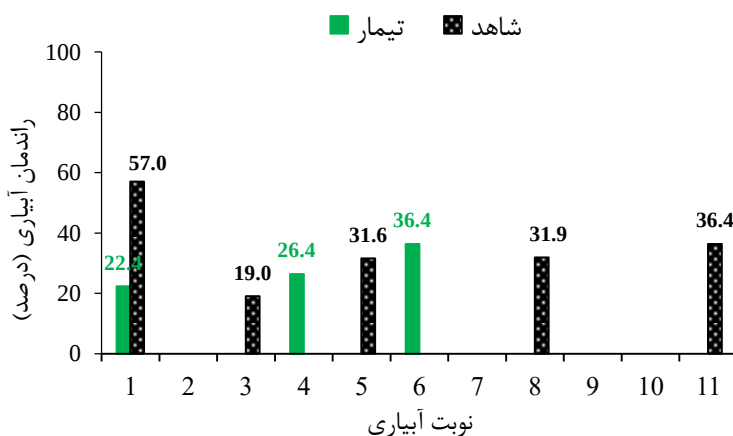
شکل ۱۴۵- مقایسه مقادیر عمق آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₁₁ طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد مزرعه S₁₁ به ترتیب ۴۷۷۶/۶ و ۸۷۷۲/۶ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود ۴۵/۶ درصدی (حدود ۳۹۹۶/۱ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۴۶).



شکل ۱۴۶- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₁₁

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی آبیاری‌هایی که رطوبت خاک پایش شده، در شکل ۱۴۷ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط راندمان در بخش‌های تیمار و شاهد به ترتیب ۴۳/۹ و ۲۷/۶ درصد می‌باشد.

شکل ۱۴۷- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₁₁ طی آبیاری‌های مختلف

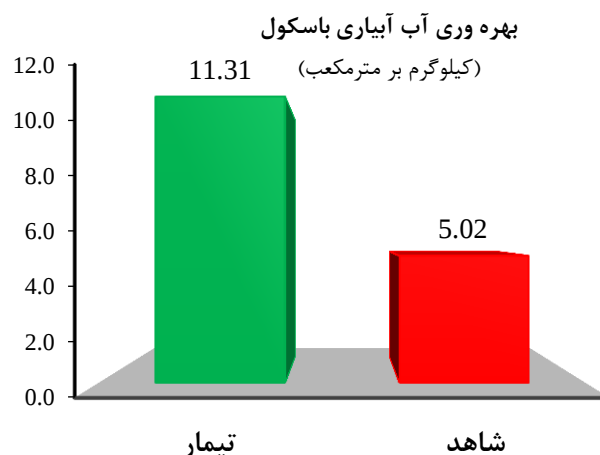
بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₁₁ به ترتیب ۵۴۰۰۰ و ۴۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱۰۰). میزان عملکرد تیمار نسبت به شاهد ۲۲/۷ درصد افزایش یافته است. البته یکی از دلایل این تفاوت عملکرد می‌تواند متفاوت بودن رقم کشت ذرت در مزارع تیمار و شاهد باشد. بر اساس عملکرد باسکول و حجم آب آبیاری، مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۱۱/۳۱ و ۵/۰۲ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب افزایش ۱۲۵/۴ درصدی مقدار بهره‌وری آب تیمار نسبت به شاهد گردیده است (جدول ۱۰۱). نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد باسکول در شکل ۱۴۸ ترسیم گردیده است.

جدول ۱۰۰- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه S₁₁

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)		عملکرد (Kg/ha)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	شاهد	تیمار
۱۱/۳۱	۵/۰۲	۱۱/۳۱	۵/۰۲	۴۴۰۰۰	۵۴۰۰۰

جدول ۱۰۱- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₁₁

مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)	افزایش بهره‌وری آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
S ₁₁	۴۵/۶	۶/۲۹	۱۲۵/۸	۱۲۵/۸



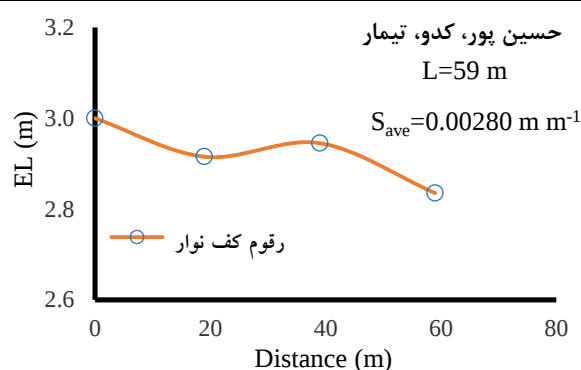
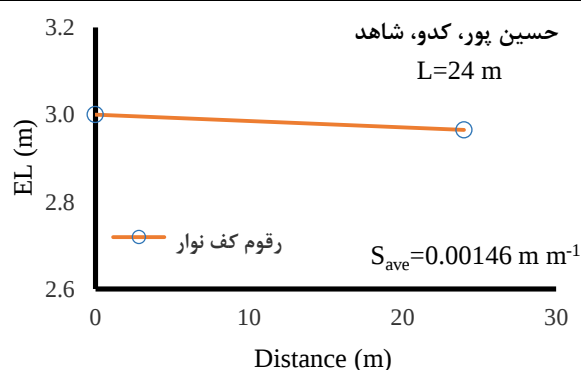
شکل ۱۴۸- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S₁₁

۹-۳-۴- نتایج پایش مزرعه S₁₂

مساحت این مزرعه ۱ هکتار بوده و تحت کشت کدو می‌باشد. طول نوار تیمار و شاهد مزرعه به ترتیب ۵۹ و ۲۴ متر می‌باشد. در این مزرعه در هر دو بخش شاهد و تیمار آبیاری تیپ با فواصل نوارهای ۷۵ سانتی‌متر اجرا شده و تکنیک مورد استفاده، برنامه‌ریزی زمان واقعی آبیاری تیپ می‌باشد. آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۴/۳ صورت گرفته که حدود دو ماه بعد از کشت کدو بوده و خاک‌آب محسوب نمی‌گردد (مقدار بارش و بارش مؤثر در این مدت به ترتیب ۳۷ و ۲۲ میلی‌متر بوده است)؛ اما به دلیل عدم اطلاع‌رسانی کشاورز و عدم برداشت نمونه رطوبت، محاسبه SMD خاک ممکن نبوده و عمق آبیاری اول ۳۰ میلی‌متر لحاظ شده است. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۱۰۲ ارائه شده است. پروفیل طولی شیب کف تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۱۴۹ نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل مشخص است، شرایط یکنواختی شیب کف شاهد بهتر از تیمار می‌باشد.

جدول ۱۰۲- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S₁₂

مزرعه S ₁₂	روش آبیاری	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	تیپ	۰/۰۰۲۸۰	بسته
شاهد	تیپ	۰/۰۰۱۴۶	بسته



شکل ۱۴۹- نیمرخ شیب طولی نوارهای تیمار و شاهد در مزرعه S₁₂

دو آبیاری اول هر دو بخش شاهد و تیمار (به دلیل عدم همکاری کشاورز) با برنامه کشاورز صورت گرفته است. از آبیاری سوم به بعد از کنتور حجمی جهت اندازه‌گیری حجم آب آبیاری استفاده شد. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه S₁₂ در جدول ۱۰۳ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۱۰۳، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد ۱۵۶/۶ میلی‌متر بوده که توسط کشاورز اعمال شده است. در آبیاری دوم نیز برنامه آبیاری کارشناس آب اعمال نشده و ساعت آبیاری مطابق برنامه کشاورز، در هر دو بخش شاهد و تیمار ۱۰ ساعت لحاظ شده است. در این آبیاری نمونه رطوبتی در بخش تیمار مزرعه برداشت شده که نشان‌دهنده رطوبت بالای مزرعه بوده به گونه‌ای که مقدار کمبود رطوبتی خاک و به تبع آن راندمان کاربرد صفر بوده است. به عبارت دیگر، نیازی به آبیاری نبوده است که به دلیل عمق زیاد آبیاری در آبیاری اول قابل تحلیل است. مطابق جدول ۱۰۳، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد ۶۸/۱ میلی‌متر بوده است. از آبیاری سوم به بعد، برنامه آبیاری در بخش تیمار مطابق نظر کارشناس آب اعمال گردیده است و میزان حجم موردنیاز آبیاری نیز با استفاده از داده‌های هواشناسی و محاسبه ETC به دست آمد. مطابق جدول ۱۰۳، اعمال تیمار برنامه‌ریزی زمان واقعی آبیاری موجب کاهش جزئی ۹/۲ میلی‌متری عمق آبیاری سوم شده است.

جدول ۱۰۳- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه S₁₂ در آبیاری اول

نوبت آبیاری	مزرعه S ₁₂	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t _{co} دقیقه	عمق آبیاری I _g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I _n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۱۹	۱۳۸۰	۱۵۶/۶	۳۰/۰*	۱۹/۲
	شاهد	۱۹	۱۳۸۰	۱۵۶/۶	۳۰/۰*	۱۹/۲
آبیاری دوم	تیمار	۱۹	۶۰۰	۶۸/۱	۰**	۰**
	شاهد	۱۹	۶۰۰	۶۸/۱	۰**	۰**
آبیاری سوم	تیمار	۲/۰۱***	۴۲۰	۹۰/۷	۷۶/۱	۸۳/۹
	شاهد	۲/۰۱***	۴۲۰	۹۹/۹	۷۳/۹	۷۴/۱

* در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

** به دلیل رطوبت بالای خاک، نیازی به آبیاری نبوده است.

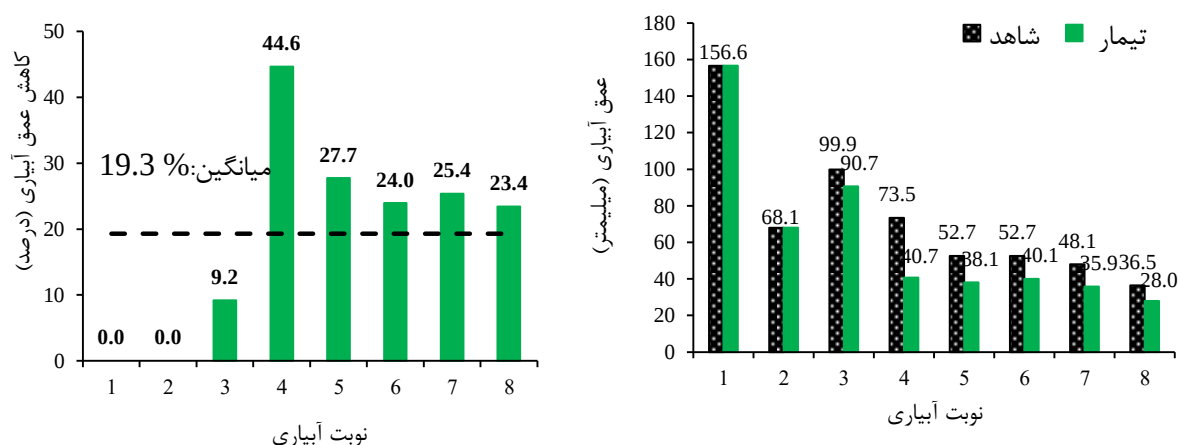
*** دبی هر قطره‌چکان

آزمایش یکنواختی در جدول ۱۰۴ آورده شده است. مطابق این جدول، مقدار راندمان یکنواختی چارک پایین ۹۳ درصد می‌باشد.

جدول ۱۰۴- پارامترهای یکنواختی در مزرعه S₁₂

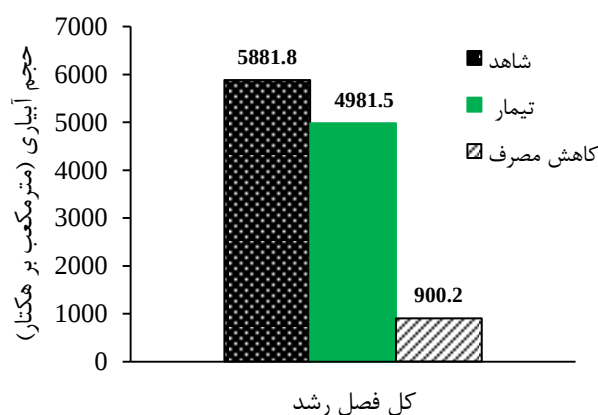
پارامتر	تیمار	واحد
n	۱۴	-
متوسط دبی	۲/۰۱	l/s
متوسط عمق ربع آخر	۱/۸۶	mm
CU	۹۴	%
DU	۹۳	%

مزرعه S₁₂ طی فصل رشد محصول در ۸ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۱۵۰ می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد طی هشت آبیاری این مزرعه، حدود ۱۹/۳ درصد محاسبه شد.



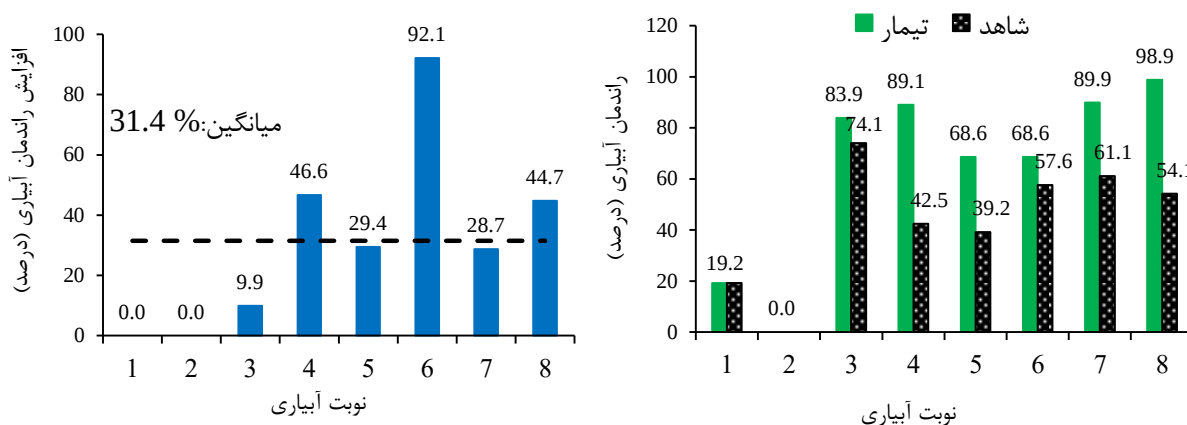
شکل ۱۵۰- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه S₁₂ طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد مزرعه S₁₂ به ترتیب ۴۹۸/۵ و ۵۸۸۱/۸ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود ۱۵/۳ درصدی (حدود ۹۰۰/۲ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۵۱).



شکل ۱۵۱- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₁₂

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی هشت آبیاری پایش شده، در شکل ۱۵۲ ارائه شده است. لازم به ذکر است در این شکل مقادیر راندمان ارائه شده مربوط به آبیاری‌هایی است که در آن پایش رطوبت خاک صورت گرفته است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۳۱/۴ درصد به دست آمد.



شکل ۱۵۲- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₁₂ طی آبیاری‌های مختلف

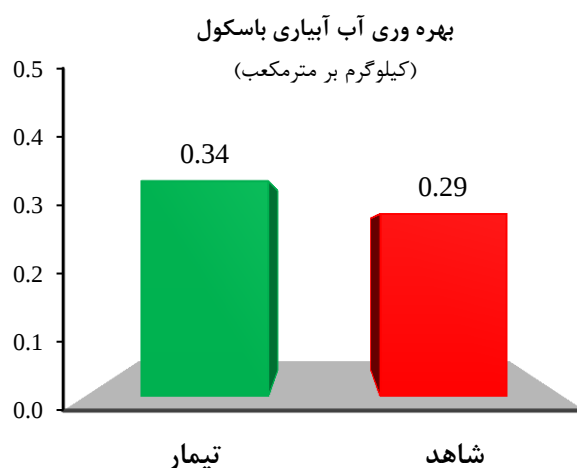
بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول مزرعه S₁₂، ۱۷۱۰ کیلوگرم بر هکتار بود (جدول ۱۰۵). بر اساس عملکرد باسکول و حجم آب آبیاری، مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۳۴ و ۰/۲۹ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال تیمار برنامه‌ریزی زمان واقعی آبیاری موجب افزایش ۱۸/۱ درصدی بهره‌وری آب در این مزرعه شد (جدول ۱۰۶). همچنین با توجه به مقدار بارش مؤثر که در طی فصل رشد کدو (اردیبهشت تا مرداد ۱۳۹۸) کم و در حدود ۲۲ میلی‌متر بوده مقادیر بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر نیز محاسبه و مقدار افزایش آن در بخش تیمار نسبت به شاهد ۱۷/۳ درصد برآورد گردید. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد باسکول در شکل ۱۵۳ ترسیم گردیده است.

جدول ۱۰۵- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه S₁₂

عملکرد باسکول (Kg/ha)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)		بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد
۱۷۱۰	۱۷۱۰	۰/۳۴	۰/۲۹	۰/۳۳	۰/۲۸

جدول ۱۰۶- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₁₂

مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)	افزایش بهره‌وری آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
S ₁₂	۱۵/۳	۰/۰۵	۱۸/۱	۱۷/۳



شکل ۱۵۳- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S_{12}

۴-۳-۱۰- مزرعه شماره S_{13}

نوع سیستم آبیاری در مزرعه S_{13} ، آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک با فاصله 22×22 متر شیرهای خودکار بوده و تکنیک مورد استفاده در بخش تیمار، مدیریت زمان آبیاری بارانی می‌باشد. در این مزرعه آبیاری اول تیمار و شاهد در تاریخ $98/4/14$ انجام شد. در این مزرعه نیز آبیاری اول در حدود دو و نیم ماه بعد از کشت صورت گرفته است و مقدار بارش و بارش مؤثر در این مدت به ترتیب در حدود $68/2$ و $38/5$ میلی‌متر (به روش ASCE) بوده است. مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S_{13} در جدول ۱۰۷ ارائه شده است.

جدول ۱۰۷- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S_{13}

مزرعه S_{13}	روش آبیاری	فواصل آبپاش (m×m)
تیمار	بارانی	22×22
شاهد	بارانی	22×22

خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص مورد نیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه S_{13} در جدول ۱۰۸ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۱۰۸، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب $38/4$ و $48/0$ میلی‌متر بوده که با اعمال تیمار زمان بندی واقعی آبیاری در آبیاری اول، عمق کاربردی $9/6$ میلی‌متر کاهش یافته است. قابل ذکر است مقدار عمق آبیاری در بخش تیمار مزرعه بر اساس پایش رطوبت خاک (SMD) و با اعمال ۲۰ درصد تلفات آبیاری محاسبه گردیده است. مطابق جدول ۱۰۸، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد $38/4$ میلی‌متر بوده است. در آبیاری سوم، متوسط عمق آبیاری تیمار و شاهد به ترتیب $43/2$ و $57/6$ میلی‌متر بوده و اعمال برنامه آبیاری موجب کاهش $6/3$ میلی‌متری عمق آبیاری شده است (جدول ۱۹۴).

جدول ۱۰۸- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه S_{13} در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه S_{13}	دبی متوسط ورودی inflow	مدت آبیاری t_{co}	عمق آبیاری I_g	نیاز خالص آبیاری I_n	راندمان کاربرد AE
-------------	----------------	---------------------------	------------------------	---------------------	---------------------------	----------------------

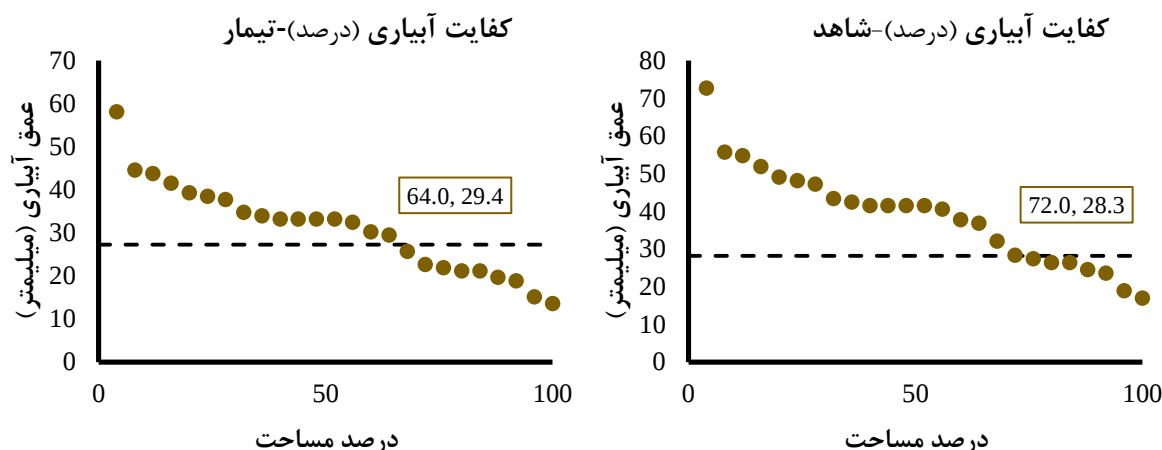
لیتر بر ثانیه	دقیقه	میلی‌متر	میلی‌متر	درصد	
۱/۲۹	۲۴۰	۳۸/۴	۳۲/۷	۹۳/۸	تیمار
۱/۲۹	۳۰۰	۴۸/۰	۳۳/۸	۷۵/۰	شاهد
۱/۲۹	۲۴۰	۳۸/۴	۳۰/۴	۷۹/۲	تیمار
۱/۲۹	۲۴۰	۳۸/۴	۲۶/۹	۷۰/۱	شاهد
۱/۲۹	۲۷۰	۴۳/۲	۳۵/۴	۸۲/۱	تیمار
۱/۲۹	۳۶۰	۵۷/۶	۴۱/۷	۷۲/۵	شاهد

آزمایش یکنواختی در تاریخ ۹۸/۴/۱۴ انجام شد. به این منظور ۴ آبپاش با در نظر گرفتن همپوشانی به مدت سه ساعت مورد آزمایش قرار گرفتند. خلاصه نتایج آزمایش یکنواختی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₁₃ در جدول ۱۰۹ و نمودار کفایت آبیاری آن در شکل ۱۵۴ ارائه گردیده است.

جدول ۱۰۹- نتایج آزمایش یکنواختی در تیمار و شاهد مزرعه S₁₃

فاکتورها	تیمار	شاهد	واحد
تعداد قوطی	۲۵	۲۵	-
مساحت تحت پوشش هر قوطی	۱۷/۷	۱۷/۷	m ²
مدت آزمایش	۳	۳	hr
مدت آبیاری	۴	۵	hr
شدت خروجی آبپاش	۹/۶	۹/۶	mm/hr
متوسط شدت رسیده به زمین	۷/۸	۷/۸	mm/hr
متوسط عمق خروجی از آبپاش	۳۸/۴	۴۸/۰	mm
متوسط عمق رسیده به زمین	۲۳/۳	۲۳/۳	mm
متوسط عمق آبیاری	۳۱/۱	۳۸/۸	mm
متوسط عمق آبیاری ربع آخر	۱۸/۸	۲۳/۵	mm
SMD	۳۲/۷*	۳۳/۸*	mm
تلفات نفوذ عمقی	۸/۳	۱۷/۱	%
تلفات تبخیر و بادبردگی	۱۹/۰	۱۹/۰	%
ضریب یکنواختی (CU)	۷۳/۶	۷۳/۶	%
یکنواختی پخش (DU)	۶۰/۴	۶۰/۴	%
AELQ	۴۸/۹	۴۸/۹	%
PELQ	۴۸/۹	۴۸/۹	%
کفایت آبیاری	۶۴/۰	۷۲/۰	%

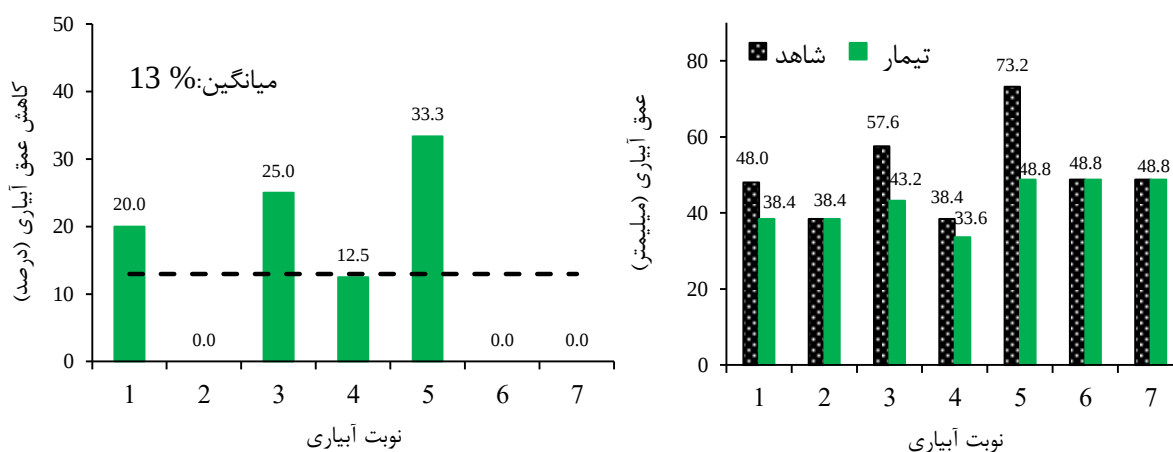
* با توجه به این که آزمایش یکنواختی هم‌زمان با آبیاری اول (که در حدود دو و نیم ماه بعد از کشت انجام شده است) صورت گرفته است بنابراین عمق این آبیاری بر اساس کمبود رطوبتی خاک و با اعمال ۲۰ درصد تلفات (بنا بر توافق با اعضای تیم پایش) محاسبه شده است. طی کارگاه آموزشی که در تاریخ ۹۸/۳/۲۱ توسط اعضای تیم پایش برگزار گردید به کارشناسان آب گفته شد تلفات تبخیر و بادبردگی ۲۰ درصد تلفات تبخیر و بادبردگی است.



شکل ۱۵۴- کفایت آبیاری در آزمایش یکنواختی مزرعه S₁₃

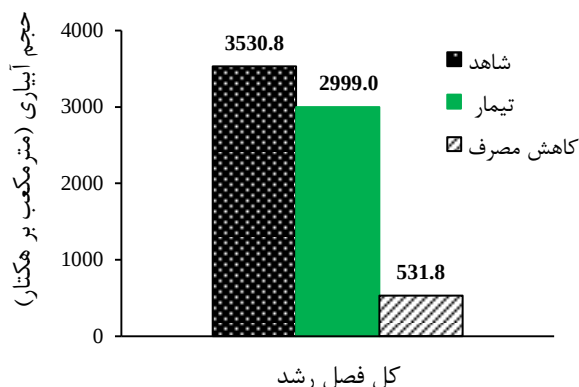
مطابق جدول ۱۹۵، مقدار CU در رنج مناسب (۷۳/۶ درصد) قرار دارد. متوسط عمق آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد به ترتیب ۳۱/۱ و ۳۸/۸ میلی‌متر بوده که موجب شده کفایت آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد به ترتیب ۶۴ و ۷۲ درصد باشد.

مزرعه S₁₃ طی فصل رشد محصول در ۷ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۱۵۵ می‌باشد. مطابق این شکل، مقدار کاهش آب آبیاری در بخش تیمار نسبت به شاهد طی هفت نوبت آبیاری پایش شده ۱۳ درصد بوده است.



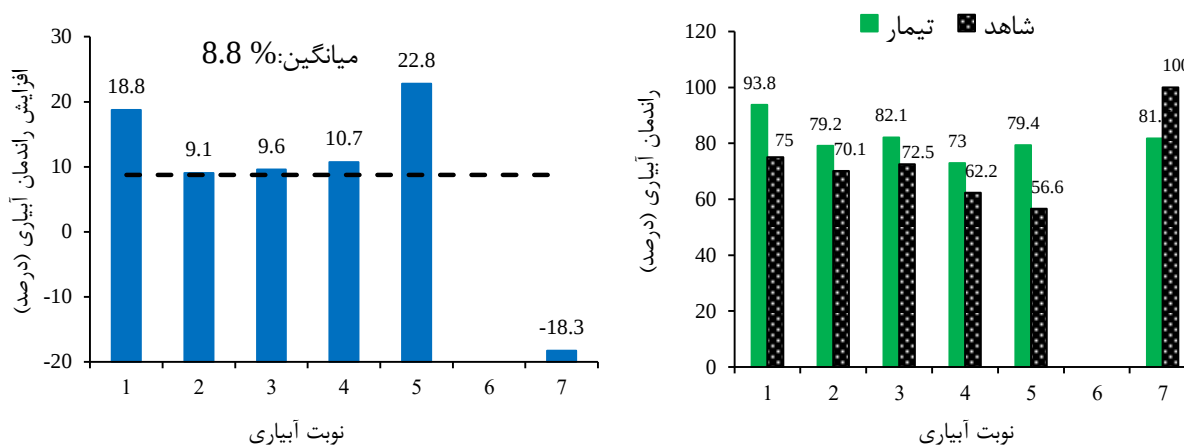
شکل ۱۵۵- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه S₁₃ طی آبیاری‌های مختلف

مطابق شکل ۱۵۶ میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد مزرعه S₁₃ به ترتیب ۲۹۹۹ و ۳۵۳۰/۸ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید و اعمال برنامه‌ریزی آبیاری موجب کاهش ۱۵ درصدی آب آبیاری (۵۳۱/۸ مترمکعب بر هکتار) شده است.



شکل ۱۵۶- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₁₃

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد مزرعه طی هفت آبیاری صورت گرفته در شکل ۱۵۷ ارائه شده است. لازم به ذکر است به دلیل حضور کارشناسان شرکت مجری در جلسه اعضای تیم پایش (شهرستان ارومیه) در آبیاری ششم، پایش رطوبت صورت نگرفته و مقادیر راندمان ارائه شده در شکل ۱۵۷ مربوط به شش آبیاری می‌باشد. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۸/۸ درصد به دست آمد.



شکل ۱۵۷- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₁₃ طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₁₃، ۶۹۰۴۸ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۱۱۰). بر این اساس مقادیر بهره‌وری آب باسکول در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۲۳/۰۲ و ۱۹/۵۶ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید که با افزایش ۱۷/۷ درصدی همراه بود (جدول ۱۱۱). همچنین با توجه به مقدار کم بارش مؤثر (بر اساس رابطه ASCE) که در طی فصل رشد چغندر قند در شهرستان نقده ۳۸/۵ میلی‌متر بوده مقادیر بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر تیمار و شاهد به ترتیب ۲۰/۴۰ و ۱۷/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد باسکول در شکل ۱۵۸ ترسیم گردیده است.

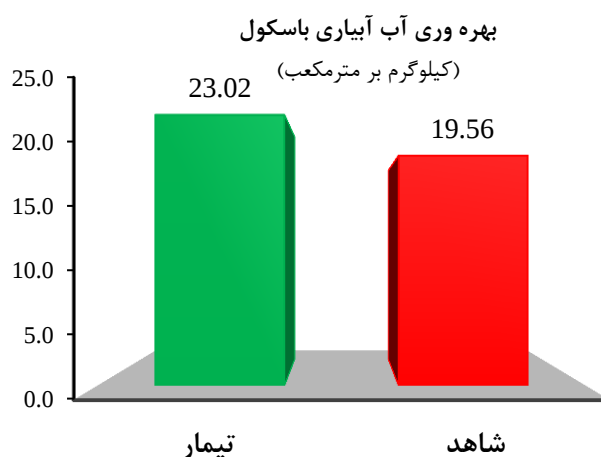
جدول ۱۱۰- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه S₁₃

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)		عملکرد (Kg/ha)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	شاهد	تیمار
۱۷/۶۳	۲۰/۴۰	۲۳/۰۲	۱۹/۵۶	۶۹۰/۴۸	۶۹۰/۴۸

* قابل ذکر است عملکرد باسکول این بخش مربوط به تیمار زراعی می‌باشد.

جدول ۱۱۱- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₁₃

مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (Kg/m ³)	افزایش بهره‌وری آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
S ₁₃	۱۵/۱	۲/۶۲	۱۷/۷	۱۵/۷

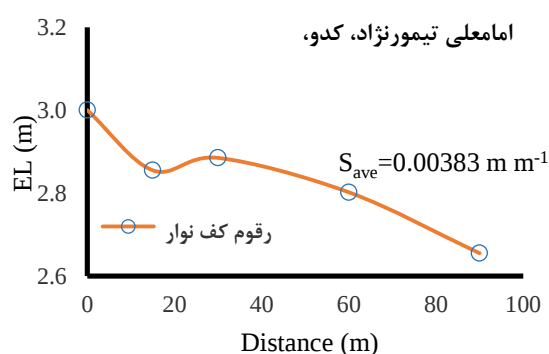
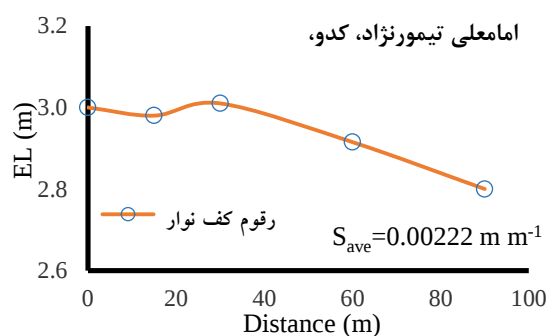
شکل ۱۵۸- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S₁₃

۴-۳-۱۱- مزرعه شماره S₁₄

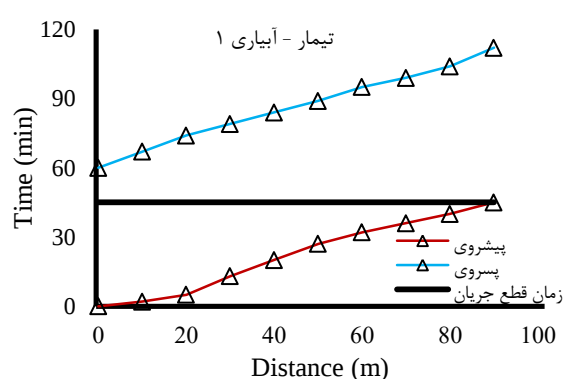
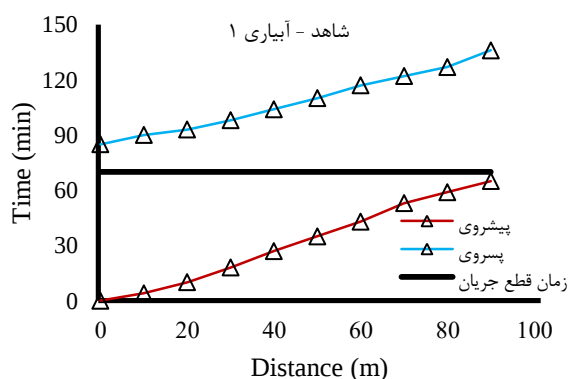
مساحت این مزرعه ۰/۴ هکتار بوده و تحت کشت کدو می‌باشد. جهت تسهیل امر آبیاری و همچنین صرفه‌جویی در مصرف آب، آبیاری با استفاده از سیفون انجام گرفت. به این صورت که مقدار دبی طراحی‌شده، قطر سیفون‌ها و تعداد آن‌ها و همچنین طول و عرض جوی و پشته‌ها با استفاده از نرم‌افزار winSRFR شبیه‌سازی و محاسبه شد. قسمت شاهد نیز به صورت غرقابی آبیاری گردید. طول نوارها در قسمت تیمار ۹۰ متر، عرض پشته‌ها ۱/۲ متر و عرض جویچه‌ها ۵۰ سانتی‌متر که در کل عرض نوار ۲/۲ متر (دو جوی و یک پشته) در نظر گرفته شد. طول و عرض نوارها در قسمت شاهد به ترتیب ۹۰ و ۴ متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۱۱۲ ارائه شده است. پروفیل طولی شیب کف تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۱۵۹ نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل مشخص است، شرایط یکنواختی شیب کف تیمار و شاهد مشابه بوده و در فاصله ۱۵ تا ۳۰ متری سربالایی (شیب منفی) جزئی مشاهده می‌شود.

جدول ۱۱۲- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S₁₄

مزرعه S ₁₄	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	سیفون	۲/۲×۹۰	۰/۰۰۲۲۲	بسته
شاهد	سطحی	۴×۹۰	۰/۰۰۳۸۳	بسته

شکل ۱۵۹- نیمرخ شیب طولی نوارهای تیمار و شاهد در مزرعه S₁₄

پیش‌روی و پس‌روی در آبیاری اول اندازه‌گیری شده است و در شکل ۱۶۰ ارائه گردیده است. مطابق این شکل زمان پیش‌روی تیمار و شاهد در آبیاری اول به ترتیب ۴۵ و ۶۵ دقیقه می‌باشد که استفاده از آبیاری سیفون و کاهش عرض نوار از جمله دلایل افزایش سرعت پیش‌روی در بخش تیمار است.



شکل ۱۶۰- مقایسه پیش‌روی و پس‌روی در تیمار و شاهد در آبیاری اول

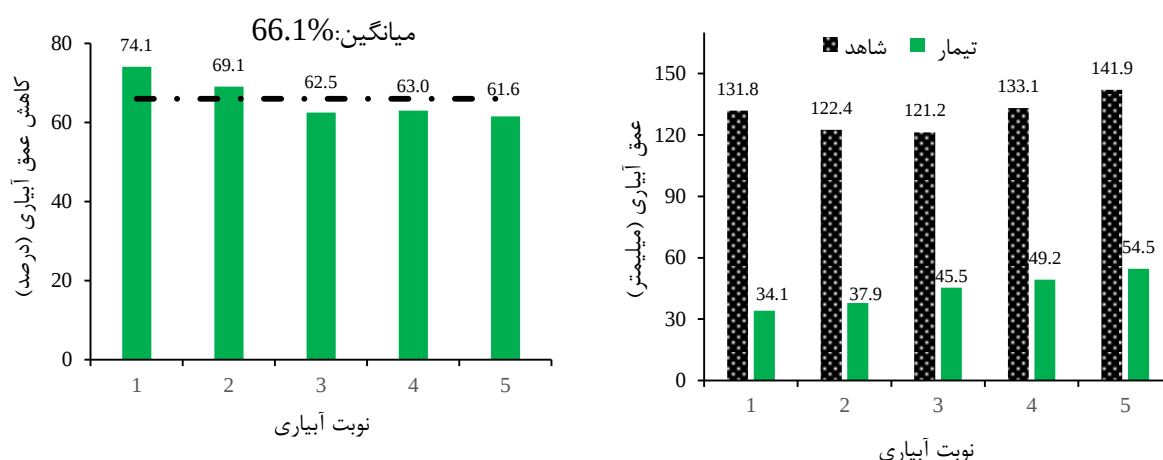
آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۴/۷ صورت گرفته که حدود دو ماه بعد از کشت آفتابگردان بوده و خاک آب محسوب نمی‌گردد (مقدار بارش و بارش مؤثر در این مدت به ترتیب ۶۰/۷ و ۳۲/۸ میلی‌متر بوده است). خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص مورد نیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه S₁₄ در جدول ۱۱۳ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۱۱۳، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۳۴/۱ و ۱۳۱/۸ میلی‌متر بوده و استفاده از روش آبیاری سیفون موجب کاهش قابل توجه ۹۷/۷ میلی‌متری عمق آب کاربردی گردیده است. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت

آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری دوم مزرعه S_{14} در جدول ۱۱۳ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۱۱۳، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۳۷/۹ و ۱۲۲/۴ میلی‌متر بوده و اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش ۸۳/۹ درصدی عمق آبیاری شده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۷۵/۷ میلی‌متری عمق آب کاربردی شده است (جدول ۱۱۳).

جدول ۱۱۳- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه S_{14} در آبیاری اول تا سوم

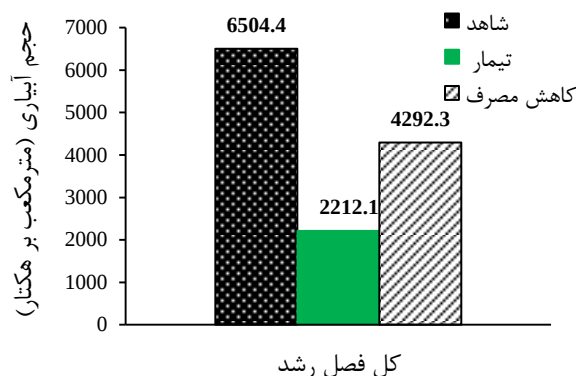
نوبت آبیاری	مزرعه S_{14}	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۲/۵	۴۵	۳۴/۱	۲۶/۵	۸۸/۰
	شاهد	۱۱/۳	۷۰	۱۳۱/۸	۲۶/۴	۲۲/۸
آبیاری دوم	تیمار	۲/۵	۵۰	۳۷/۹	۲۸/۶	۷۵/۵
	شاهد	۱۱/۳	۶۵	۱۲۲/۴	۲۴/۱	۱۹/۷
آبیاری سوم	تیمار	۲/۵۰	۶۰	۴۵/۵	۳۴/۷	۷۶/۳
	شاهد	۸/۸۷	۸۲	۱۲۱/۲	۲۹/۳	۲۴/۲

مزرعه S_{14} طی فصل رشد محصول در ۵ نوبت آبیاری گردید. متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد طی پنج آبیاری این مزرعه، حدود ۶۶/۱ درصد محاسبه شد (شکل ۱۶۱).



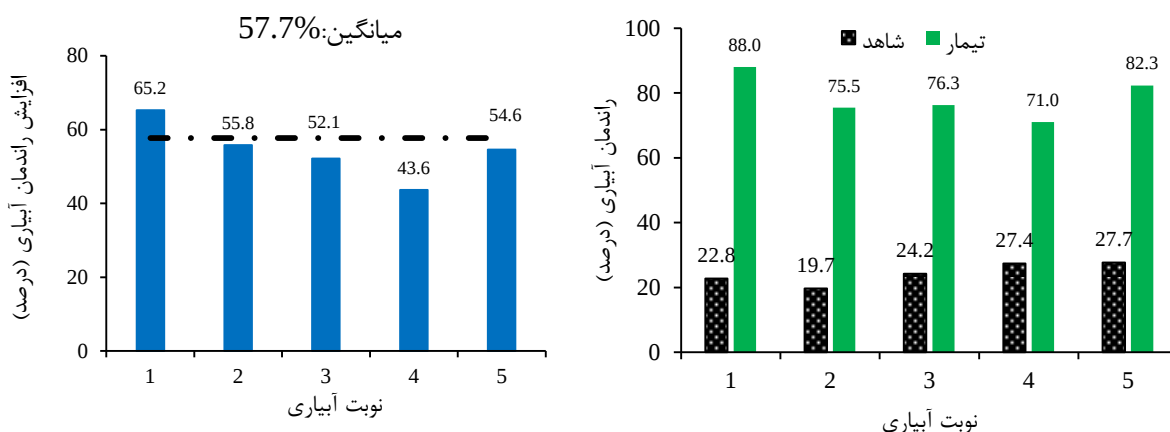
شکل ۱۶۱- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه S_{14} طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد مزرعه S_{14} به ترتیب ۲۲۱۲/۱ و ۶۵۰۴/۴ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود ۶۶ درصدی (حدود ۴۲۹۲/۳ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۶۲).



شکل ۱۶۲- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₁₄

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی پنج آبیاری پایش شده، در شکل ۱۶۳ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۵۷/۷ درصد به دست آمد.



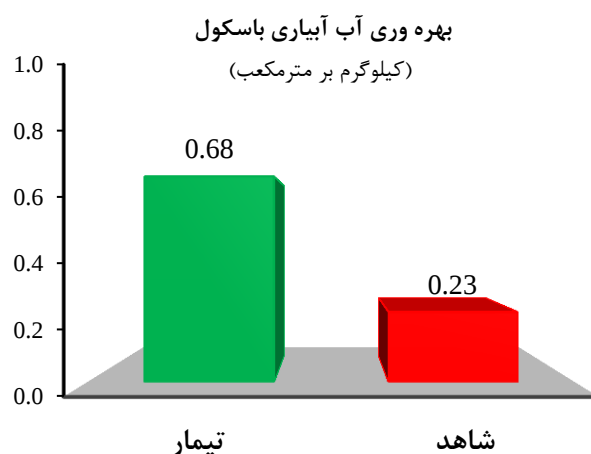
شکل ۱۶۳- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₁₄ طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₁₄ ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار (جدول ۱۱۴). مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۶۸ و ۰/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب به دلیل کاهش قابل توجه آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد (۶۶ درصد) مقدار بهره‌وری باسکول ۱۹۴ درصد افزایش یافته است (جدول ۱۱۵). همچنین با توجه به مقدار بارش مؤثر که در طی فصل رشد کدو در روستای غفارباهی ارومیه (۲۸ فروردین تا ۱۵ شهریور) کم و در حدود ۳۲/۸ میلی‌متر بوده مقادیر بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر نیز محاسبه و مقدار افزایش آن در بخش تیمار نسبت به شاهد ۱۶۹ درصد برآورد گردید. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد باسکول در شکل ۱۶۴ ترسیم گردیده است.

جدول ۱۱۴- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه S₁₄

عملکرد (Kg/ha)	بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)	بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)
----------------	---	---

تیمار	شاهد	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار
۰/۵۹	۰/۲۲	۰/۶۸	۰/۲۳	۱۵۰۰	۱۵۰۰
جدول ۱۱۵- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S ₁₄					
مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)	افزایش بهره‌وری آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)	
S ₁₄	۶۶/۰	۰/۴۵	۱۹۴/۰	۱۶۹/۰	



شکل ۱۶۴- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S₁₄

۴-۳-۱۲- باغ شماره S₁₅

مساحت این باغ ۰/۳۸ هکتار (۰/۱۹+۰/۱۹) بوده و تحت کشت آلو می‌باشد. بخش شاهد باغ به‌صورت غرقابی آبیاری شده و در بخش تیمار از تکنیک آبیاری قطره‌ای به‌روش بابلر استفاده گردید. اجرای آبیاری قطره‌ای بابلر در تاریخ ۹۸/۳/۸ صورت گرفت و مطابق طراحی صورت گرفته توسط کارشناس آب شرکت مجری، تعداد دو بابلر با دبی اسمی ۷۰ لیتر بر ساعت برای هر درخت در نظر گرفته شد. دور آبیاری و ساعت آبیاری نیز با استفاده از داده‌های روزانه هواشناسی و بر اساس معادله پنمن-مانتیت-فائو محاسبه شد. بر این اساس دور آبیاری، ۷ روز لحاظ گردید. مشخصات نوارهای تیمار و شاهد به‌صورت جدول ۱۱۶ ارائه شده است.

جدول ۱۱۶- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در باغ S₁₅

باغ S ₁₅	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شرایط انتها
تیمار	بابلر	۴۰×۵۰	بسته
شاهد	سطحی	۴۰×۵۰	بسته

آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۲۰ صورت گرفته و خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم باغ S₁₅ در جدول ۱۱۷ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۱۱۷، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۴۴/۸ و ۱۱۶/۵ میلی‌متر

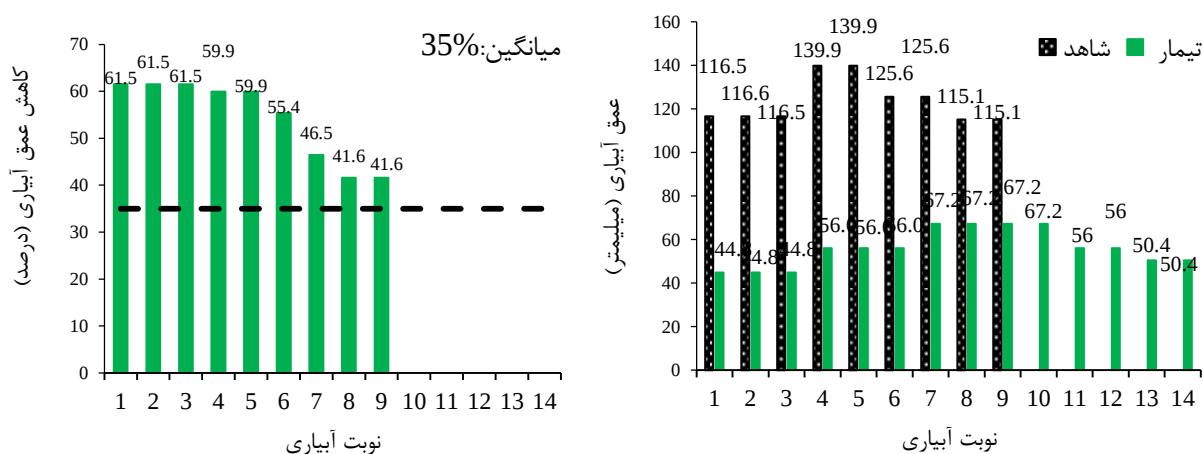
بوده و استفاده از روش آبیاری بابلر موجب کاهش قابل توجه ۷۱/۷ میلی‌متری عمق آب کاربردی گردیده است. مقدار دبی متوسط بابلر با استفاده از آزمایش یکنواختی ۶۷/۲۴ لیتر بر ساعت و مقادیر راندمان یکنواختی چارک پایین ۵۱/۸ درصد محاسبه گردید. متوسط راندمان کاربرد تیمار و شاهد در این آبیاری به ترتیب ۷۰/۳ و ۸/۷ درصد بوده که اعمال آبیاری قطره‌ای موجب ارتقاء ۶۱/۶ درصدی راندمان آبیاری اول شده است. دلیل راندمان بسیار پایین بخش شاهد در آبیاری، بالا بودن رطوبت خاک و عدم نیاز به آبیاری است. مطابق جدول ۱۱۷، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۴۴/۸ و ۱۱۶/۶ میلی‌متر بوده و اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش ۷۱/۸ میلی‌متری عمق آبیاری شده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش ۷۱/۷ میلی‌متری عمق آب کاربردی شده است.

جدول ۱۱۷- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان باغ S₁₅ در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه S ₁₅	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t _{co} دقیقه	عمق آبیاری I _g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I _n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۵/۹۰*	۲۴۰	۴۴/۸	۳۱/۵	۷۰/۳
	شاهد	۶/۱۵	۶۰۰	۱۱۶/۵	۱۰/۱	۸/۷
آبیاری دوم	تیمار	۵/۹۰	۲۴۰	۴۴/۸	۳۸/۰	۸۴/۷
	شاهد	۶/۱۵	۶۰۰	۱۱۶/۶	۳۱/۸	۲۷/۳
آبیاری سوم	تیمار	۵/۹۰	۲۴۰	۴۴/۸	۳۶/۷	۸۱/۸
	شاهد	۶/۱۵	۶۰۰	۱۱۶/۵	۲۹/۶	۲۵/۴

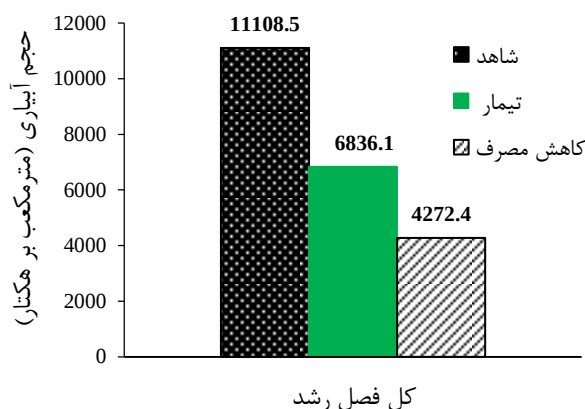
* مقدار دبی اندازه‌گیری شده هر بابلر ۶۷/۴ لیتر بر ساعت بوده که با احتساب تعداد کل بابلرها، دبی ورودی به تیمار ۵/۹ لیتر بر ثانیه به دست آمد.

بخش‌های تیمار و شاهد باغ S₁₅ طی فصل رشد محصول به ترتیب در ۹ و ۱۴ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۱۶۵ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش عمق آبیاری تیمار نسبت به شاهد (در ۹ آبیاری شاهد) حدود ۳۵ درصد محاسبه شد.



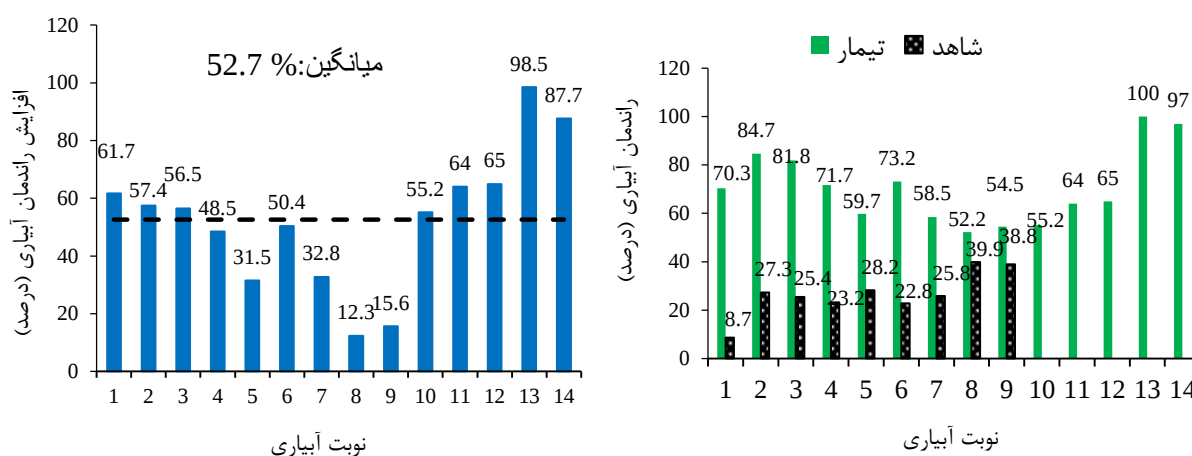
شکل ۱۶۵- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و صرفه‌جویی (کاهش مصرف) آب تیمار و شاهد در باغ S₁₅ طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد باغ S_{15} به ترتیب $۶۸۳۶/۱$ و $۱۱۱۰۸/۵$ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود $۳۸/۵$ درصدی (حدود $۴۲۷۲/۴$ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۶۶).



شکل ۱۶۶- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در باغ S_{15}

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی ۱۴ آبیاری پایش شده تیمار، در شکل ۱۶۷ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد باغ، حدود $۵۲/۷$ درصد به دست آمد.



شکل ۱۶۷- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در باغ S_{15} طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در بخش‌های تیمار و شاهد باغ S_{15} ، ۱۵۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱۱۸). بر اساس عملکرد باسکول و حجم آب آبیاری، مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به ترتیب $۲/۲۷$ و $۱/۴۰$ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب افزایش $۶۲/۵$ درصدی مقدار بهره‌وری آب تیمار نسبت به شاهد گردیده است (جدول ۱۱۹). همچنین با توجه به مقدار بارش مؤثر که در طی فصل آبیاری آلو در روستای غفاربهی ارومیه کم و در حدود $۳۲/۸$ میلی‌متر بوده مقادیر

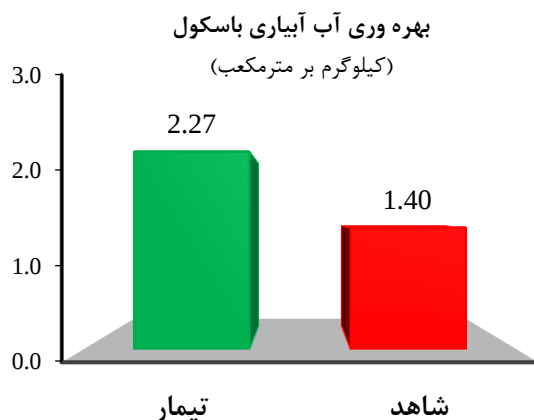
بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر نیز محاسبه و مقدار افزایش آن در بخش تیمار نسبت به شاهد ۵۹/۶ درصد برآورد گردید. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد باسکول در شکل ۱۶۸ ترسیم گردیده است.

جدول ۱۱۸- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد باغ S₁₅

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)		عملکرد (Kg/ha)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	شاهد	تیمار
۱/۳۶	۲/۱۶	۲/۲۷	۱/۴۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰

جدول ۱۱۹- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد باغ S₁₅

مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)	افزایش بهره‌وری آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
S ₁₅	۳۸/۵	۰/۸۷	۶۲/۵	۵۹/۶

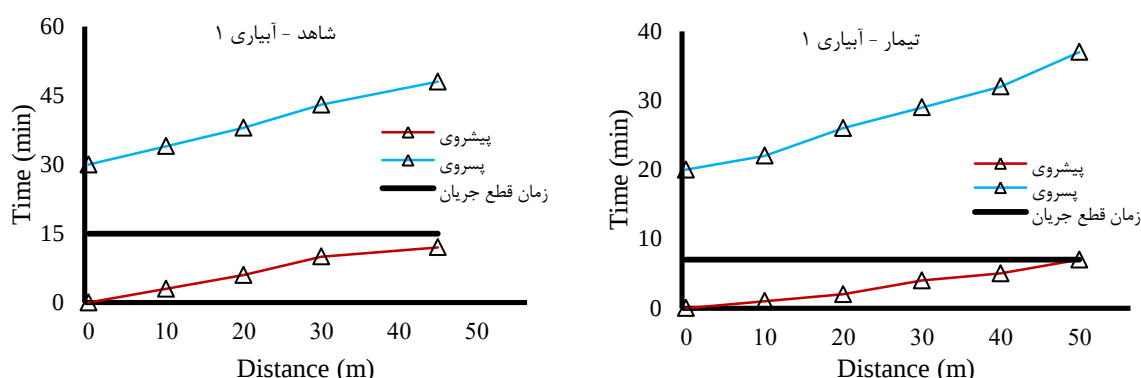
شکل ۱۶۸- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد باغ S₁₅۴-۳-۱۳- مزرعه شماره S₁₆

مساحت این باغ ۰/۳ هکتار بوده و تحت کشت شلیل می‌باشد. بخش شاهد باغ S₁₆ به صورت غرقابی آبیاری شده و تکنیک مورد استفاده در بخش تیمار این باغ، آبیاری شیباری دوطرفه می‌باشد. طول و عرض نوارها در قسمت تیمار به ترتیب ۵۰ و ۳ متر و در قسمت شاهد نیز ۴۵ و ۳ متر در نظر گرفته شد. عرض شیارها با توجه به سن درختان، بافت خاک و نتایج شبیه‌سازی نرم‌افزار winSRFR، ۶۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری نیز بر اساس پایش رطوبت خاک در طی فصل آبیاری (رطوبت بهینه) تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۱۲۰ ارائه شده است.

جدول ۱۲۰- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S₁₆

باغ S ₁₆	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شرایط انتها
تیمار	شیاری دوطرفه	۳×۵۰	بسته
شاهد	سطحی	۳×۴۵	بسته

پیش‌روی و پس‌روی در آبیاری اول اندازه‌گیری شده است و در شکل ۱۶۹ ارائه گردیده است. مطابق این شکل زمان پیش‌روی تیمار و شاهد در آبیاری اول به ترتیب ۷ و ۱۲ دقیقه می‌باشد.



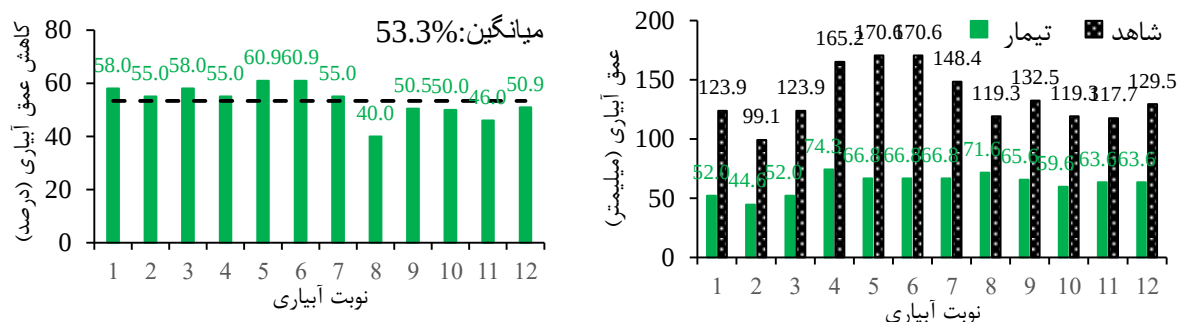
شکل ۱۶۹- مقایسه پیش‌روی و پس‌روی در تیمار و شاهد در آبیاری اول

آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۳ صورت گرفته است. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم باغ S_{16} در جدول ۱۲۱ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۱۲۱، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۵۲/۰ و ۱۲۳/۹ میلی‌متر بوده و تغییر روش آبیاری از سطحی به شیاری دوطرفه موجب کاهش قابل‌توجه ۷۱/۹ میلی‌متری عمق آب کاربردی گردیده است. مطابق جدول ۱۲۱، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۴۴/۶ و ۹۹/۱ میلی‌متر بوده و اعمال تیمار تغییر روش آبیاری به شیاری دوطرفه موجب کاهش ۵۴/۵ درصدی عمق آبیاری شده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش ۷۱/۹ میلی‌متری عمق آب کاربردی شده است (جدول ۱۲۱).

جدول ۱۲۱- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان باغ S_{16} در آبیاری اول تا سوم

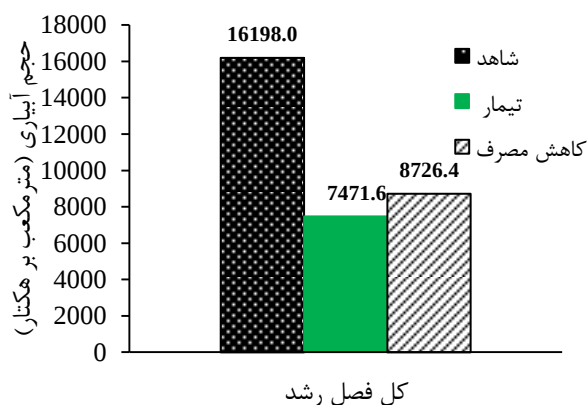
نوبت آبیاری	مزرعه S_{16}	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۱۸/۵۸	۷	۵۲/۰	۴۰/۳	۷۷/۴
	شاهد	۱۸/۵۸	۱۵	۱۲۳/۹	۴۲/۶	۳۴/۴
آبیاری دوم	تیمار	۱۸/۵۸	۶	۴۴/۶	۳۱/۰	۶۹/۵
	شاهد	۱۸/۵۸	۱۲	۹۹/۱	۲۷/۷	۲۷/۹
آبیاری سوم	تیمار	۱۸/۵۸	۷	۵۲/۰	۳۴/۲	۶۵/۷
	شاهد	۱۸/۵۸	۱۵	۱۲۳/۹	۳۲/۲	۲۶/۰

باغ S_{16} طی فصل رشد محصول در ۱۲ نوبت آبیاری گردید. متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد طی ۱۲ آبیاری این مزرعه، حدود ۵۳/۳ درصد محاسبه شد (شکل ۱۷۰).



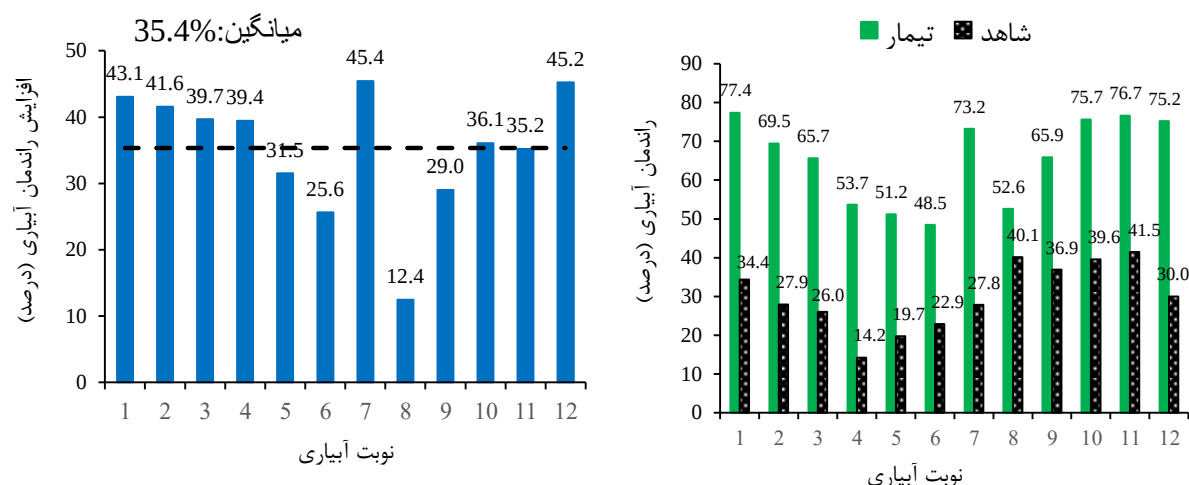
شکل ۱۷۰- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در باغ S₁₆ طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد باغ S₁₆ به ترتیب ۷۴۷۱/۶ و ۱۶۱۹۸/۰ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود ۵۳/۹ درصدی (حدود ۸۷۲۶/۴ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۷۱).



شکل ۱۷۱- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₁₆

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی ۱۲ آبیاری پایش شده، در شکل ۱۷۲ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد باغ، حدود ۳۵/۴ درصد به دست آمد.



شکل ۱۲۲- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در باغ S_{16} طی آبیاری‌های مختلف

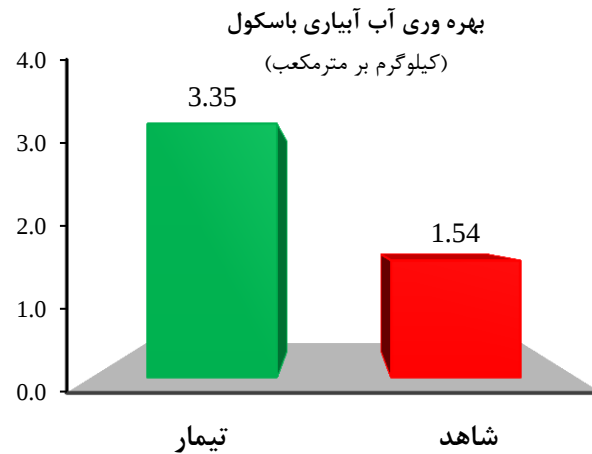
بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در بخش‌های تیمار و شاهد باغ S_{16} ، ۲۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱۲۲). مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۳/۳۵ و ۱/۵۴ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. مجزا کردن عملکرد باسکول و تیمار به دلیل عدم موافقت کشاورز امکان‌پذیر نبود و مقدار بهره‌وری باسکول (با فرض یکسان بودن عملکرد تیمار و شاهد) ۱۱۶/۸ درصد افزایش یافته است که این موضوع به دلیل کاهش قابل توجه آب آبیاری در بخش تیمار نسبت به شاهد (۵۳/۹ درصد) بوده است (جدول ۱۲۳). همچنین با توجه به مقدار بارش مؤثر که در طی فصل آبیاری شلیل در روستای غفاریه ارومیه کم و در حدود ۳۲/۸ میلی‌متر بوده مقدار افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر در بخش تیمار نسبت به شاهد ۱۱۱/۱ درصد برآورد گردید. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد باسکول در شکل ۱۲۳ ترسیم گردیده است.

جدول ۱۲۲- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه S_{16}

عملکرد (Kg/ha)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m^3)		بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد
۲۵۰۰۰	۲۵۰۰۰	۳/۳۵	۱/۵۴	۳/۱۸	۱/۵۱

جدول ۱۲۳- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S_{16}

مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری باسکول (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
S_{16}	۵۳/۹	۱۱۶/۸	۱۱۱/۱



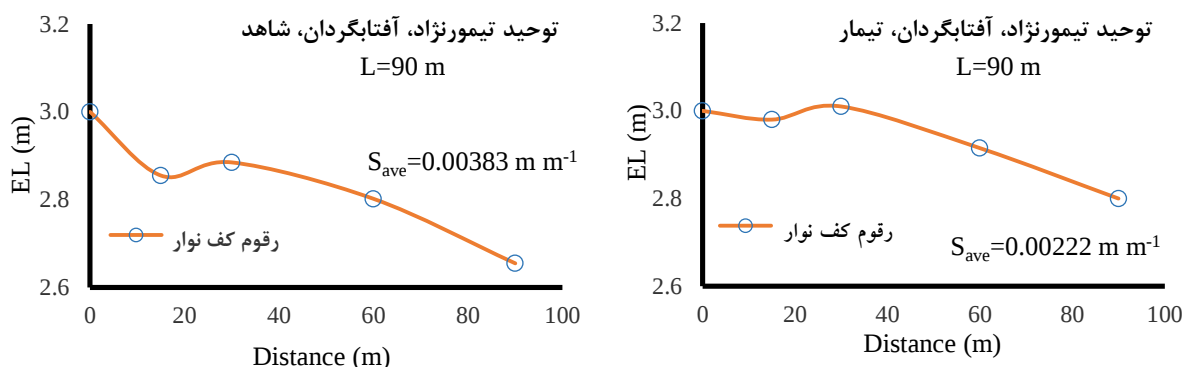
شکل ۱۷۳- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S₁₆

۴-۳-۱۴- مزرعه شماره S₁₇

مساحت این مزرعه ۰/۳ هکتار بوده و تحت کشت آفتابگردان می‌باشد. قسمت شاهد مزرعه به‌صورت غرقابی آبیاری شده و در بخش تیمار نیز از تکنیک آبیاری سیفون استفاده شد. مقدار دبی طراحی‌شده، قطر سیفون‌ها و تعداد آن‌ها و همچنین طول و عرض جوی و پشته‌ها با استفاده از نرم‌افزار winSRFR شبیه‌سازی و محاسبه شد. قسمت شاهد نیز به‌صورت غرقابی آبیاری گردید. طول و عرض نوارها در قسمت تیمار به ترتیب ۹۰ و ۱/۲ متر (فاصله جویچه‌ها) در نظر گرفته شد. در قسمت شاهد نیز طول نوار ۹۰ متر و عرض آن ۴ متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به‌صورت جدول ۱۲۴ ارائه شده است. پروفیل طولی شیب کف تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۱۷۴ نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل مشخص است، شرایط یکنواختی شیب کف تیمار و شاهد مشابه بوده و در فاصله ۱۵ تا ۳۰ متری سربالایی (شیب منفی) جزئی مشاهده می‌شود.

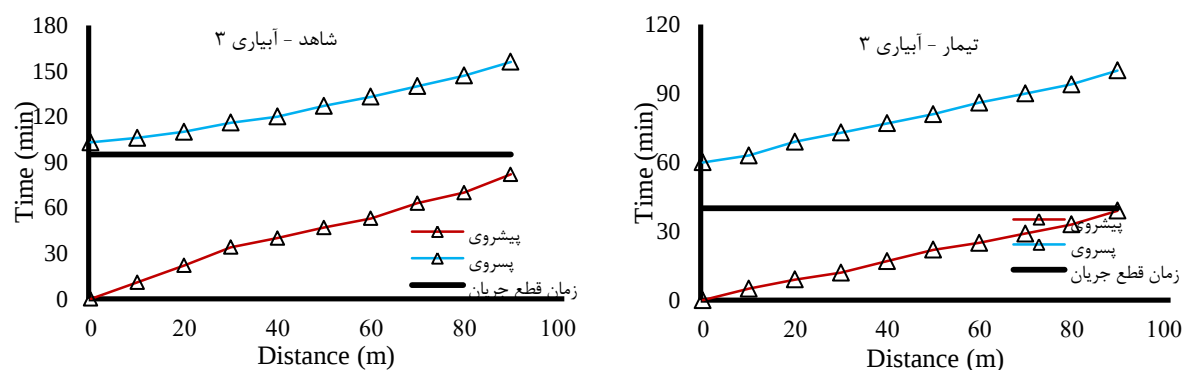
جدول ۱۲۴- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S₁₇

مزرعه S ₁₇	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	سیفون	۱/۲×۹۰	۰/۰۰۲۲۲	بسته
شاهد	سطحی	۴×۹۰	۰/۰۰۳۸۳	بسته



شکل ۱۷۴- نیمرخ شیب طولی نوارهای تیمار و شاهد در مزرعه S₁₇

پیش‌روی و پس‌روی در آبیاری اول اندازه‌گیری شده است و در شکل ۱۷۵ ارائه گردیده است. مطابق این شکل زمان پیش‌روی تیمار و شاهد در آبیاری سوم به ترتیب ۳۹ و ۸۰ دقیقه می‌باشد که استفاده از آبیاری سیفون و کاهش عرض نوار از جمله دلایل این موضوع است.



شکل ۱۷۵- مقایسه پیش‌روی و پس‌روی در تیمار و شاهد در آبیاری سوم

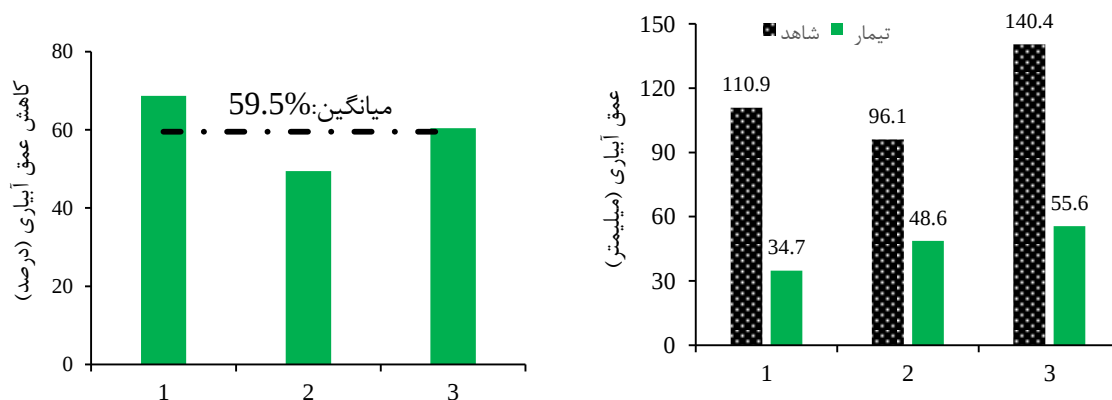
آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۴/۷ صورت گرفته که حدود دو ماه بعد از کشت آفتابگردان بوده و خاک آب محسوب نمی‌گردد (مقدار بارش و بارش مؤثر در این مدت به ترتیب ۶۰/۷ و ۳۲/۸ میلی‌متر بوده است). خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص مورد نیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه S₁₇ در جدول ۱۲۵ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۱۲۵، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۳۴/۷ و ۱۱۰/۹ میلی‌متر بوده و استفاده از روش آبیاری سیفون موجب کاهش قابل توجه ۶۶/۲ میلی‌متری عمق آب کاربردی گردیده است. مطابق جدول ۱۲۵، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۴۸/۶ و ۹۶/۱ میلی‌متر بوده و اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش ۴۹/۵ درصدی عمق آبیاری شده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۸۴/۸ میلی‌متری عمق آب کاربردی شده است (جدول ۱۲۵).

جدول ۱۲۵- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه S₁₇ در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه S ₁₇	دبی متوسط ورودی	مدت آبیاری	عمق آبیاری	نیاز خالص آبیاری	راندمان کاربرد
		inflow	t _{co}	I _g	I _n	AE

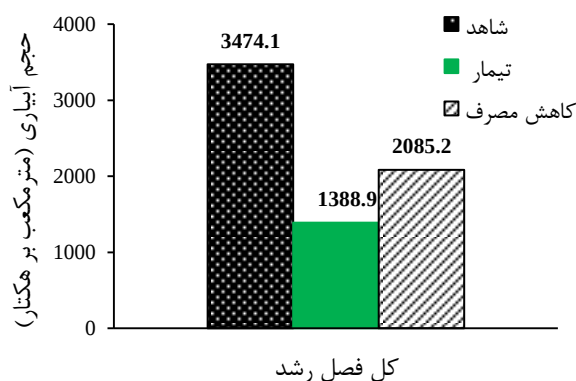
	لیتر بر ثانیه	دقیقه	میلی‌متر	میلی‌متر	درصد
آبیاری اول	تیمار	۲/۵۰	۲۵	۳۴/۷	۳۸/۲
	شاهد	۸/۸۷	۷۵	۱۱۰/۹	۲۸/۲
آبیاری دوم	تیمار	۲/۵۰	۳۵	۴۸/۶	۳۲/۵
	شاهد	۸/۸۷	۶۵	۹۶/۱	۳۹/۸
آبیاری سوم	تیمار	۲/۵۰	۴۰	۵۵/۶	۳۴/۱
	شاهد	۸/۸۷	۹۵	۱۴۰/۴	۲۸/۹

مزرعه S_{17} طی فصل رشد محصول در ۳ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۱۷۶ می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد طی سه آبیاری این مزرعه، حدود ۵۹/۵ درصد محاسبه شد.



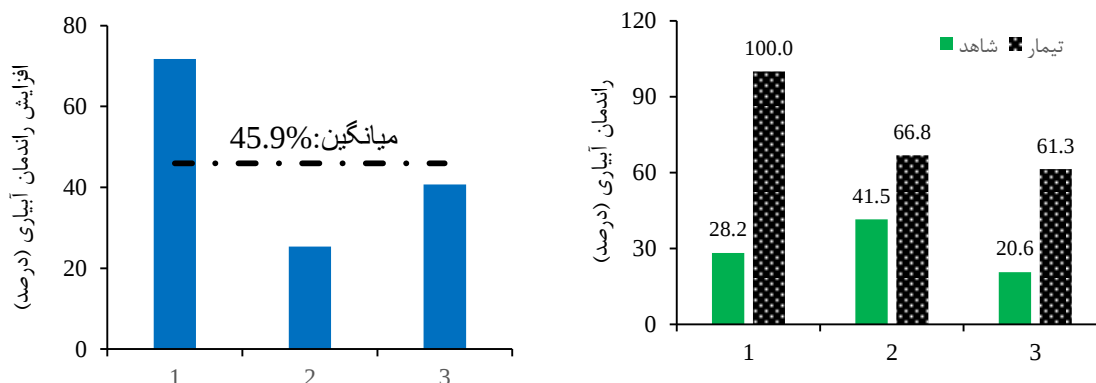
شکل ۱۷۶- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه S_{17} طی آبیاری‌های مختلف

میزان مصرف آب در تیمار و شاهد مزرعه S_{17} به ترتیب ۲۰۸۵/۲ و ۳۴۷۴/۱ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف آب در حدود ۶۰ درصدی (حدود ۱۳۸۸/۹ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۷۷).



شکل ۱۷۷- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S_{17}

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی سه آبیاری پایش شده، در شکل ۱۷۸ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۴۵/۹ درصد به دست آمد.



شکل ۱۷۸- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₁₇ طی آبیاری‌های مختلف

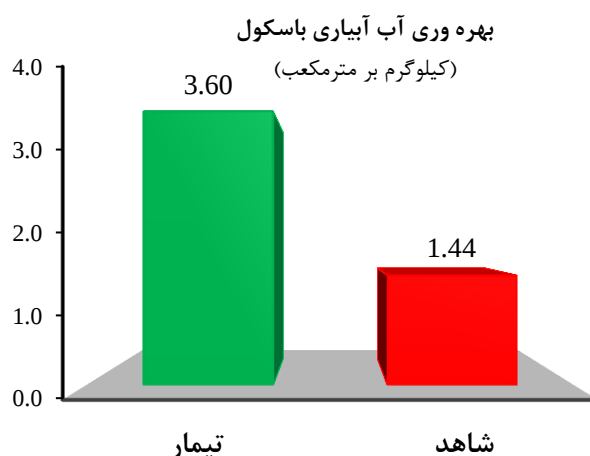
بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₁₇، ۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱۲۶). بر اساس عملکرد باسکول و حجم آب آبیاری، مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۳/۶ و ۱/۴۴ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب افزایش ۱۵۰/۱ درصدی مقدار بهره‌وری آب تیمار نسبت به شاهد گردیده است (جدول ۱۲۷). همچنین با توجه به مقدار بارش مؤثر که در طی فصل رشد آفتابگردان در روستای غفاریه ارومیه (۲۸ فروردین تا ۱۵ شهریور ۱۳۹۸) کم و در حدود ۳۲/۸ میلی‌متر بوده مقادیر بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر نیز محاسبه و مقدار افزایش آن در بخش تیمار نسبت به شاهد ۱۲۱/۵ درصد برآورد گردید. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد باسکول در شکل ۱۷۹ ترسیم گردیده است.

جدول ۱۲۶- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه S₁₇

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)		عملکرد (Kg/ha)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	شاهد	تیمار
۲/۹۱	۱/۳۲	۳/۶۰	۱/۴۴	۵۰۰۰	۵۰۰۰

جدول ۱۲۷- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₁₇

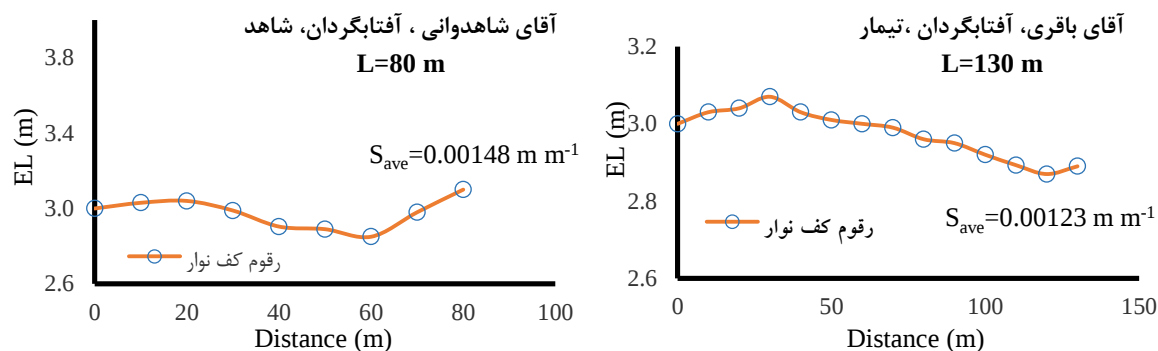
مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)	افزایش بهره‌وری آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
S ₁₇	۶۰/۰	۲/۱۶	۱۵۰/۱	۱۲۱/۵

شکل ۱۷۹- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S₁₇۴-۳-۱۵- مزرعه شماره S₁₈

مزارع تیمار و شاهد مجزا و تحت مدیریت دو کشاورز مجزا قرار داشته و به ترتیب مساحتی معادل ۰/۷۸ و ۰/۴۴ هکتار دارند. این مزارع تحت کشت آفتابگردان بوده و قسمت شاهد آن به روش شیاری آبیاری می‌گردد. فواصل کشت بوته‌ها ۰/۵×۰/۸ متر، فواصل خروجی‌ها ۱۰ سانتی‌متر و دبی آن‌ها بر اساس آزمایش یکنواختی با راندمان ۹۵/۹ درصد، ۱/۸۴ لیتر بر ساعت به دست آمد. طول و عرض نوارهای تیمار ۱۳۴ و ۶ متر و نوارهای شاهد ۸۰ و ۵ متر می‌باشد (جدول ۱۲۸). پروفیل طولی شیب کف تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۱۸۰ نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل مشخص است، شیب کف تیمار و شاهد از یکنواختی مناسبی برخوردار نبوده و در صورت تسطیح مزارع نتایج به دست آمده بهبود می‌یافت.

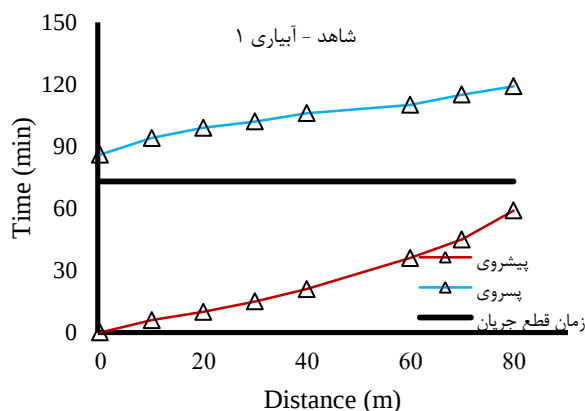
جدول ۱۲۸- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S₁₈

مزرعه S ₁₈	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	تیپ	۶×۱۳۴	۰/۰۰۱۲۳	-
شاهد	شیاری	۵×۸۰	۰/۰۰۱۴۸	بسته



شکل ۱۸۰- نیمرخ شیب طولی نوارهای تیمار و شاهد در مزرعه S_{18}

پیش‌روی و پس‌روی در یکی از شیارهای مزرعه شاهد در شکل ۱۸۱ ارائه شده که مطابق این شکل پیش‌روی جریان ۵۹ دقیقه به طول انجامیده است.



شکل ۱۸۱- مقایسه پیش‌روی و پس‌روی در نوار شاهد در آبیاری اول

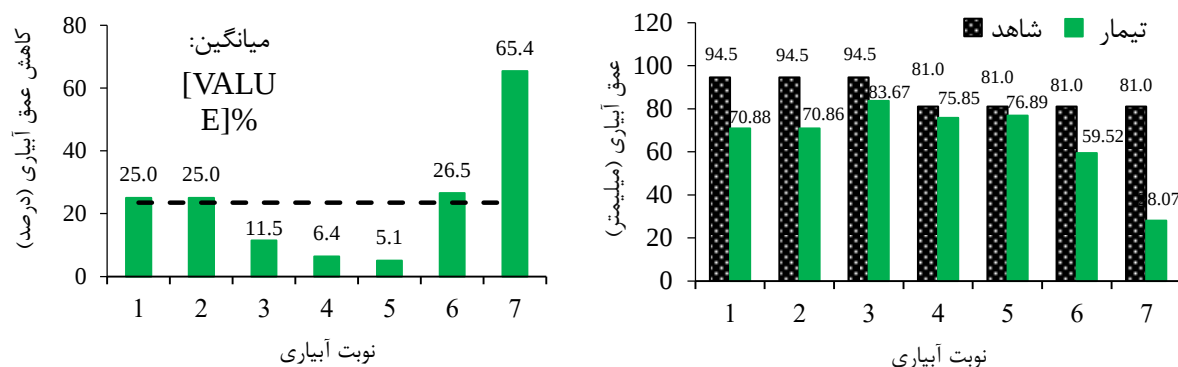
آبیاری اول (خاک‌آب) در دو بخش تیمار و شاهد به ترتیب در تاریخ ۹۸/۳/۲۹ و ۹۸/۴/۱۴ صورت گرفت و دبی ورودی به مزارع تیمار و شاهد با استفاده از خط‌کش جت اندازه‌گیری و به ترتیب ۹ و ۱۵ لیتر بر ثانیه اندازه‌گیری گردید (جدول ۱۲۹). مطابق جدول ۱۲۹، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار (با احتساب ۸۰ درصد سطح خیس-شده) و شاهد به ترتیب ۷۰/۹ و ۹۴/۵ میلی‌متر بوده و استفاده از روش آبیاری تیپ موجب کاهش ۲۳/۶ میلی‌متری عمق آب کاربردی گردیده است. متوسط راندمان کاربرد تیمار و شاهد در این آبیاری به ترتیب ۴۲/۳ و ۳۱/۷ درصد بوده که اعمال آبیاری تیپ موجب ارتقاء ۱۰/۶ درصدی راندمان آبیاری اول شده است. مطابق جدول ۲۲۵، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۷۰/۹ و ۹۴/۵ میلی‌متر بوده و اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش ۲۳/۶ میلی‌متری عمق آبیاری شده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش ۴۵/۲ میلی‌متری عمق آب کاربردی شده است (در جدول ۱۲۹).

جدول ۱۲۹- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه S₁₈ در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه S ₁₈	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t _{co} دقیقه	عمق آبیاری I _g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I _n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۹/۰	۱۵۰	۷۰/۹	۳۰/۰*	۴۲/۳
	شاهد	۱۵/۰	۴۲۰	۹۴/۵	۳۰/۰*	۳۱/۷
آبیاری دوم	تیمار	۹/۰	۱۵۰	۷۰/۹	۲۵/۰	۳۵/۳
	شاهد	۱۵/۰	۴۲۰	۹۴/۵	۲۳/۹	۲۵/۳
آبیاری سوم	تیمار	۹/۰	۱۷۴	۸۳/۷	۲۲/۴	۲۶/۷
	شاهد	۱۵/۰	۴۲۰	۹۴/۵	۱۷/۴	۱۸/۴

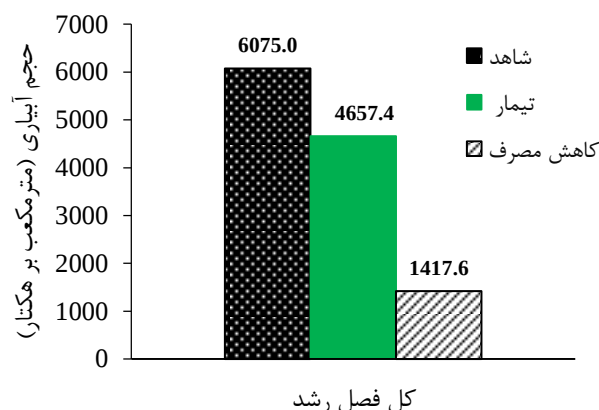
* در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص مورد نیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

مزرعه تیمار و شاهد طی فصل رشد محصول در ۷ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد مطابق شکل ۱۸۲ می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد طی ۷ آبیاری ۲۳/۵ درصد بود.



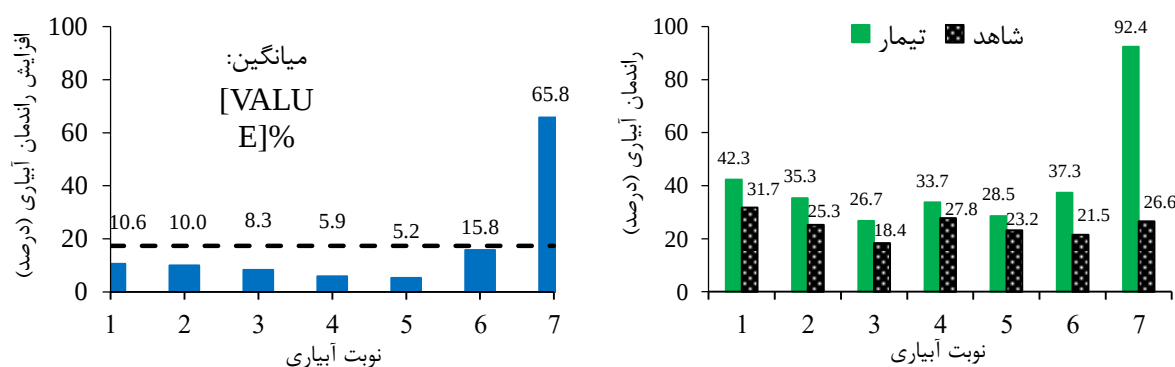
شکل ۱۸۲- مقایسه مقادیر عمق آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₁₈ طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد مزرعه S₁₈ به ترتیب ۴۶۵۷/۴ و ۶۰۷۵/۰ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود ۲۳/۳ درصدی (حدود ۱۴۱۷/۶ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۸۳).



شکل ۱۸۳- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₁₈

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی سه آبیاری پایش شده، در شکل ۱۸۴ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۷/۴ درصد به دست آمد.



شکل ۱۸۴- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₁₈ طی آبیاری‌های مختلف

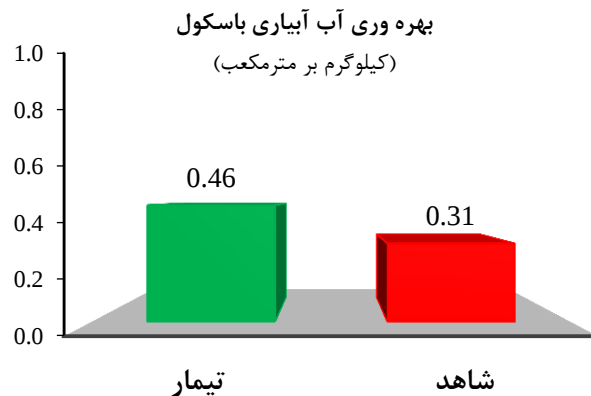
بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₁₈ به ترتیب ۲۱۴۲ و ۱۸۷۵ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱۳۰). بر اساس عملکرد باسکول و حجم آب آبیاری، مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۴۶ و ۰/۳۱ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب افزایش ۴۷/۸ درصدی مقدار بهره‌وری آب تیمار نسبت به شاهد گردیده است (جدول ۱۳۱). مقدار بارش مؤثر در طول فصل رشد آفتابگردان در ارومیه ناچیز (۴/۶ میلی‌متر) بود. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد باسکول در شکل ۱۸۵ ترسیم گردیده است.

جدول ۱۳۰- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه S₁₈

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)		عملکرد (Kg/ha)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	شاهد	تیمار
۰/۴۶	۰/۳۱	۰/۴۶	۰/۳۱	۱۸۷۵	۲۱۴۲

جدول ۱۳۱- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₁₈

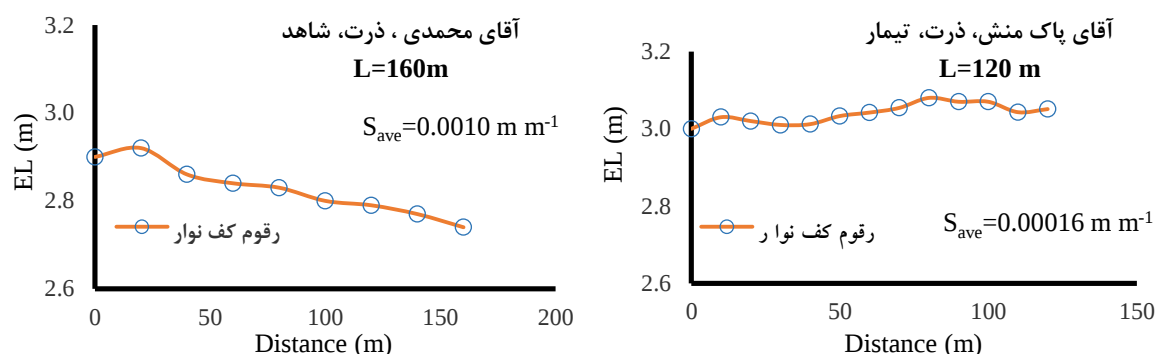
مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)	افزایش بهره‌وری آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
S ₁₈	۲۳/۳	۰/۱۵	۴۹/۰	۴۸/۷

شکل ۱۸۵- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S₁₈۴-۳-۱۶- مزرعه شماره S₁₉

مزارع تیمار و شاهد مجزا و تحت مدیریت دو کشاورز مجزا قرار داشته و به ترتیب مساحتی معادل ۰/۸۵ و ۰/۶۴ هکتار دارند. این مزارع تحت کشت ذرت بوده و قسمت شاهد آن به روش کرتی آبیاری می‌گردد. طول و عرض نوارهای تیمار ۱۲۵ و ۵ متر و نوارهای شاهد ۱۶۵ و ۴ متر می‌باشد (جدول ۱۳۲). پروفیل طولی شیب کف تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۱۸۶ نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل مشخص است، شیب کف تیمار و شاهد تقریباً یکنواخت بوده و در بخش شاهد سرریزی با شیب ۰/۱ درصد مشاهده می‌گردد.

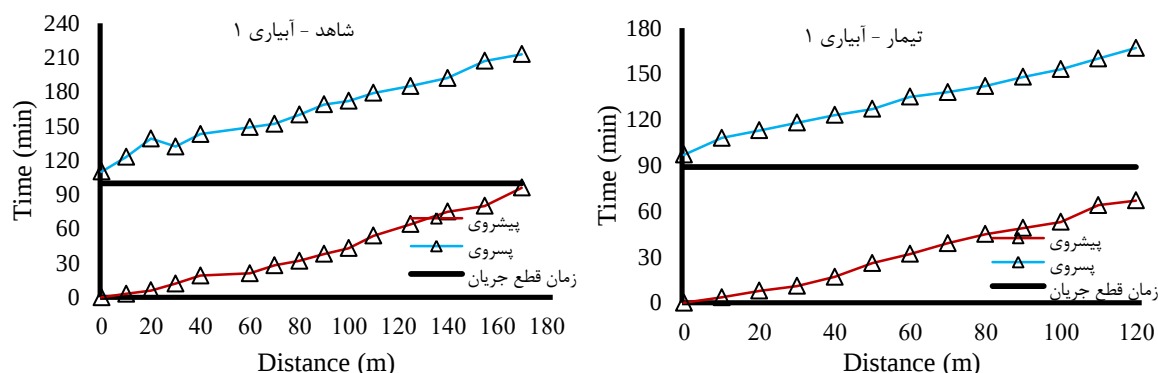
جدول ۱۳۲- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S₁₉

مزرعه S ₁₉	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	هیدروفلوم	۵×۱۲۵	۰/۰۰۰۱۶	بسته
شاهد	کرتی	۴×۱۶۵	۰/۰۰۱۰۰	بسته



شکل ۱۸۶- نیمرخ شیب طولی نوارهای تیمار و شاهد در مزرعه S₁₉

پیش‌روی و پس‌روی در نوارهای تیمار و شاهد مزرعه S₁₉ در شکل ۱۸۷ ارائه شده است. مطابق این شکل، پیش‌روی جریان در نوارهای تیمار و شاهد به ترتیب ۶۷ و ۹۶ دقیقه به طول انجامید که یکی از دلایل بیشتر بودن زمان پیش‌روی شاهد، طولانی بودن نوار شاهد نسبت به تیمار می‌باشد.



شکل ۱۸۷- مقایسه پیش‌روی و پس‌روی در تیمار و شاهد در آبیاری اول

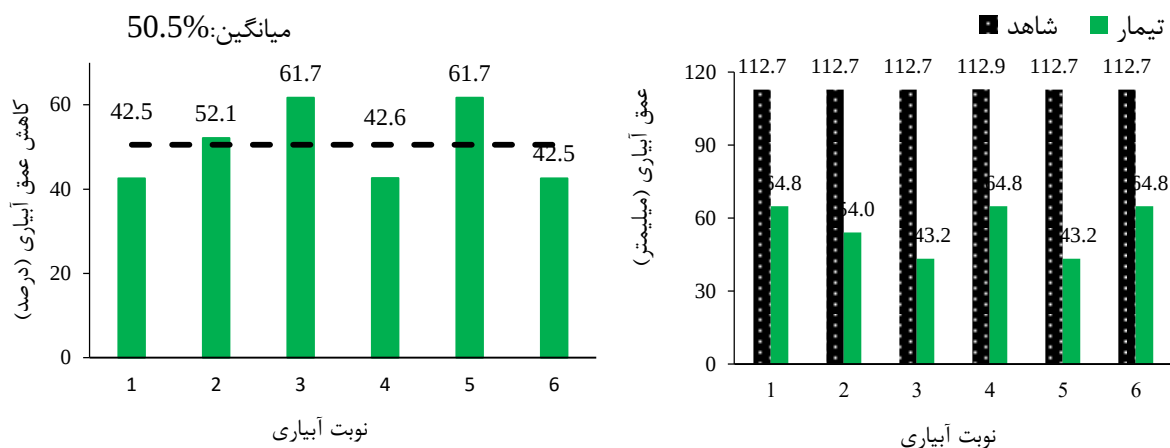
آبیاری اول (خاک‌آب) در دو بخش تیمار و شاهد به ترتیب در تاریخ ۹۸/۴/۱ و ۹۸/۳/۲۸ صورت گرفت و خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه S₁₉ در جدول ۱۳۳ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۱۳۳، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۶۴/۸ و ۱۱۲/۷ میلی‌متر بوده و استفاده از درچه‌های هیدروفلوم موجب کاهش قابل توجه ۴۷/۹ میلی‌متری عمق آب کاربردی گردیده است. متوسط راندمان کاربرد تیمار و شاهد در این آبیاری به ترتیب ۴۶/۳ و ۲۶/۶ درصد بوده که اعمال تکنیک آبیاری موجب ارتقاء ۱۹/۷ درصدی راندمان آبیاری اول شده است. مطابق جدول ۱۳۳، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۵۴/۰ و ۱۱۲/۷ میلی‌متر بوده و استفاده از درچه‌های هیدروفلوم موجب کاهش ۵۸/۷ میلی‌متری عمق آبیاری شده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش ۶۹/۵ میلی‌متری عمق آب کاربردی شده است (جدول ۱۳۳).

جدول ۱۳۳- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه S₁₉ در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه S ₁₉	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t _{co} دقیقه	عمق آبیاری I _g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I _n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۱۵/۰	۳۶۰	۶۴/۸	۳۰/۰*	۴۶/۳
	شاهد	۱۵/۵	۷۲۰	۱۱۲/۷	۳۰/۰*	۲۶/۶
آبیاری دوم	تیمار	۱۵/۰	۳۰۰	۵۴/۰	۳۵/۴	۶۵/۵
	شاهد	۱۵/۵	۷۲۰	۱۱۲/۷	۲۳/۹	۲۴/۵
آبیاری سوم	تیمار	۱۵/۰	۲۴۰	۴۳/۲	۲۶/۴	۸۷/۴
	شاهد	۱۵/۵	۷۲۰	۱۱۲/۷	۲۶/۴	۲۳/۴

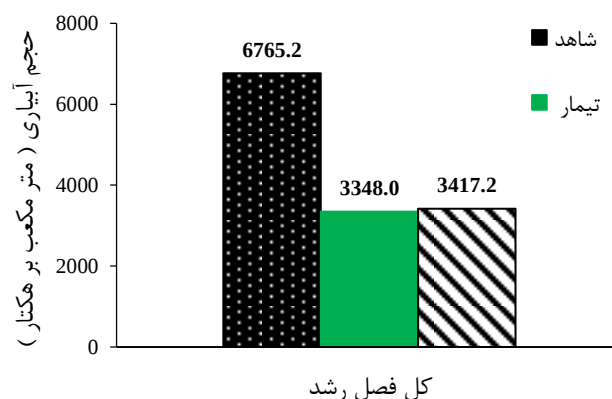
* در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص مورد نیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

مزارع تیمار و شاهد طی فصل رشد محصول در ۶ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۱۸۸ می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد ۵۰/۵ درصد بود.



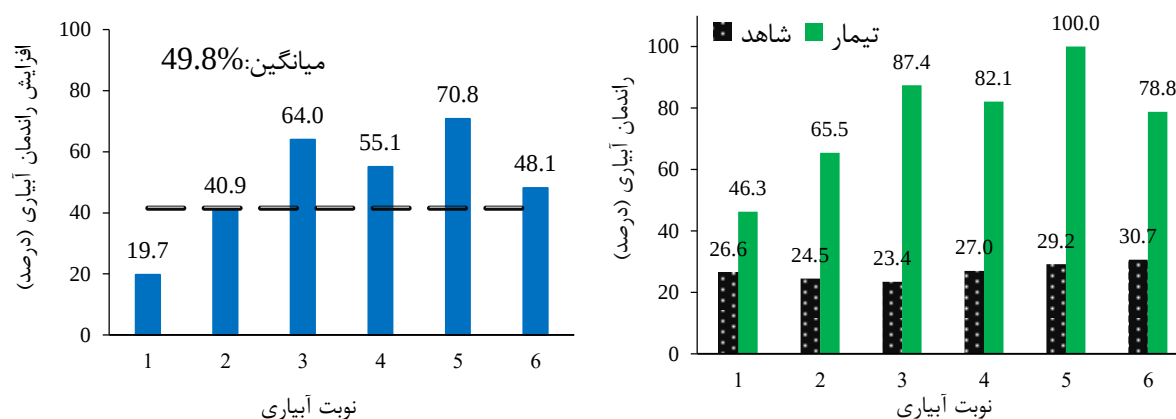
شکل ۱۸۸- مقایسه مقادیر عمق آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₁₉ طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد مزرعه S₁₉ به ترتیب ۳۳۴۸/۰ و ۶۷۶۵/۲ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود ۵۰/۵ درصدی (حدود ۳۴۱۷/۲ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۸۹).



شکل ۱۸۹- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₁₉

مقادیر متوسط راندمان آبیاری در مزارع تیمار و شاهد طی ۶ آبیاری به ترتیب ۷/۷۶ و ۹/۲۶ درصد بود که نشان‌دهنده افزایش ۸/۴۹ درصدی راندمان کاربرد در اثر استفاده از دریچه‌های هیدروفلوم می‌باشد (شکل ۱۹۰).



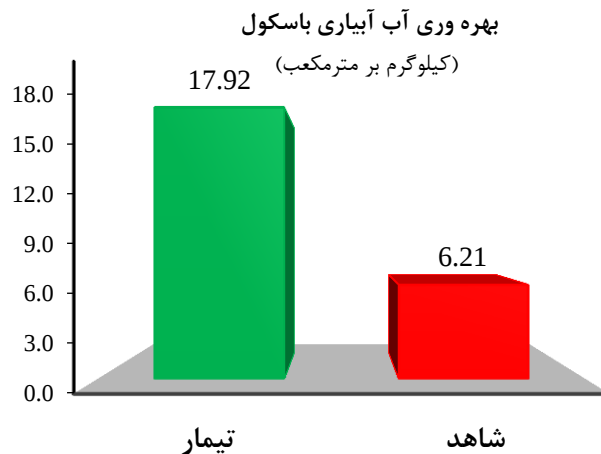
شکل ۱۹۰- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₁₉ طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در مزارع تیمار و شاهد S₁₉ به ترتیب ۶۰۰۰ و ۴۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱۳۴). بر اساس عملکرد باسکول و حجم آب آبیاری، مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۱۷/۹۲ و ۶/۲۱ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب افزایش ۱۸۶/۷ درصدی مقدار بهره‌وری آب تیمار نسبت به شاهد گردیده است (جدول ۱۳۵) که این افزایش قابل توجه هم در اثر افزایش عملکرد و هم در اثر کاهش ۵/۵ درصدی آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد می‌باشد. همچنین با توجه این‌که بارش مؤثر طی فصل رشد ذرت در ارومیه ناچیز (۴/۶ میلی‌متر) بوده مقدار این پارامتر در حدود بهره‌وری آب آبیاری می‌باشد. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد باسکول در شکل ۱۹۱ ترسیم گردیده است.

جدول ۱۳۴- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه S₁₉

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)		عملکرد (Kg/ha)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	شاهد	تیمار

۶۰۰۰۰	۴۲۰۰۰	۶/۲۱	۱۷/۹۲	۶/۱۷	۱۷/۶۸
جدول ۱۳۵- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S ₁₉					
مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)	افزایش بهره‌وری آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)	
S ₁₉	۵۰/۵	۱۱/۷۱	۱۸۸/۷	۱۸۶/۷	



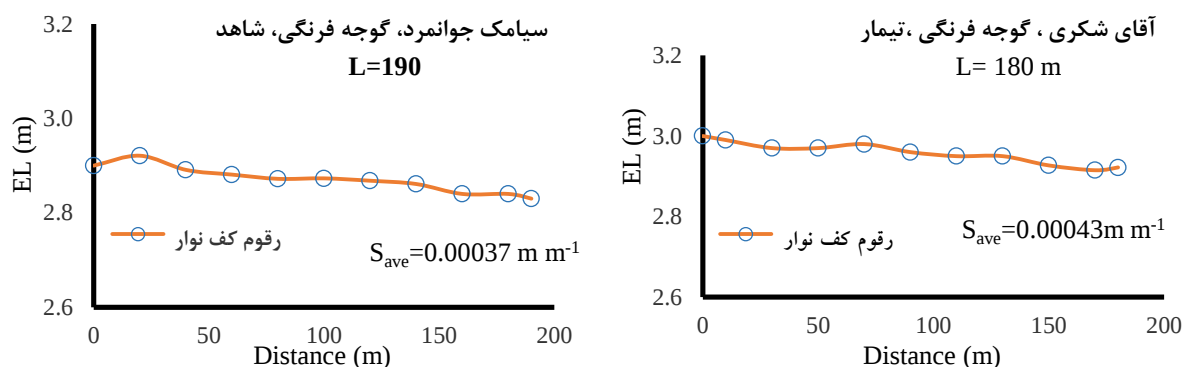
شکل ۱۹۱- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S₁₉

۴-۳-۱۷- مزرعه شماره S₂₀

مزارع تیمار و شاهد مجزا و تحت مدیریت دو کشاورز مجزا قرار داشته و به ترتیب مساحتی معادل ۱/۳ و ۰/۴ هکتار دارند. این مزارع تحت کشت گوجه‌فرنگی بوده که مزرعه شاهد به روش جویچه‌ای و مزرعه تیمار به روش تیپ آبیاری می‌گردد. طول و عرض نوارهای تیمار ۱۸۷ و ۸ متر و نوارهای شاهد ۱۹۰ و ۴ متر می‌باشد (جدول ۱۳۶). پروفیل طولی شیب کف تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۱۹۲ نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل مشخص است، شیب کف تیمار و شاهد یکنواخت و تقریباً مسطح می‌باشد.

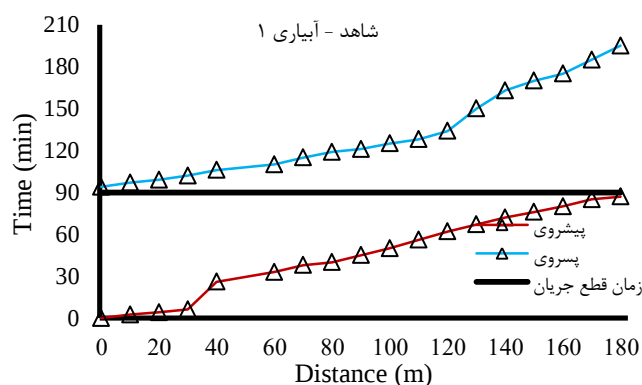
جدول ۱۳۶- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S₂₀

مزرعه S ₂₀	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	تیپ	۸×۱۸۷	۰/۰۰۰۴۳	-
شاهد	جویچه‌ای	۴×۱۹۰	۰/۰۰۰۳۷	بسته



شکل ۱۹۲- نیمرخ شیب طولی نوارهای تیمار و شاهد در مزرعه S_{20}

پیش‌روی و پس‌روی در یکی از نوارهای شاهد مزرعه S_{20} در شکل ۱۹۳ ارائه شده است. مطابق این شکل، پیش‌روی جریان در نوار شاهد ۸۷ دقیقه به طول انجامیده است.



شکل ۱۹۳- مقایسه پیش‌روی و پس‌روی جریان در نوار شاهد در آبیاری اول

آبیاری اول (خاک‌آب) در دو هر بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۱۵ صورت گرفت. منبع تأمین آب هر دو مزرعه چاه بوده و دبی آبیاری با استفاده از خط‌کش جت در مزارع تیمار و شاهد به ترتیب ۳/۸ و ۳/۹ لیتر بر ثانیه اندازه‌گیری گردید (جدول ۱۳۷). مطابق نتایج، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار (با احتساب ۸۰ درصد سطح خیس‌شده) و شاهد به ترتیب ۱۸/۲ و ۵۶/۲ میلی‌متر و مقادیر راندمان آبیاری به ترتیب ۱۰۰ و ۵۳/۴ درصد بوده است. به این ترتیب تکنیک تغییر روش آبیاری از سطحی به تیپ موجب کاهش ۳۸ میلی‌متری عمق آبیاری و افزایش ۴۶/۶ درصدی راندمان کاربرد در آبیاری اول گردیده است. در بخش تیمار کم‌آبیاری به میزان ۱۱/۸ میلی‌متر مشاهده وجود داشته است. مطابق جدول ۱۳۷، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۴/۴ و ۳۵/۱ میلی‌متر بوده و استفاده از سیستم آبیاری تیپ موجب کاهش ۲۰/۷ میلی‌متری عمق آبیاری شده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش ۲۱/۵ میلی‌متری عمق آب کاربردی شده است (جدول ۱۳۷).

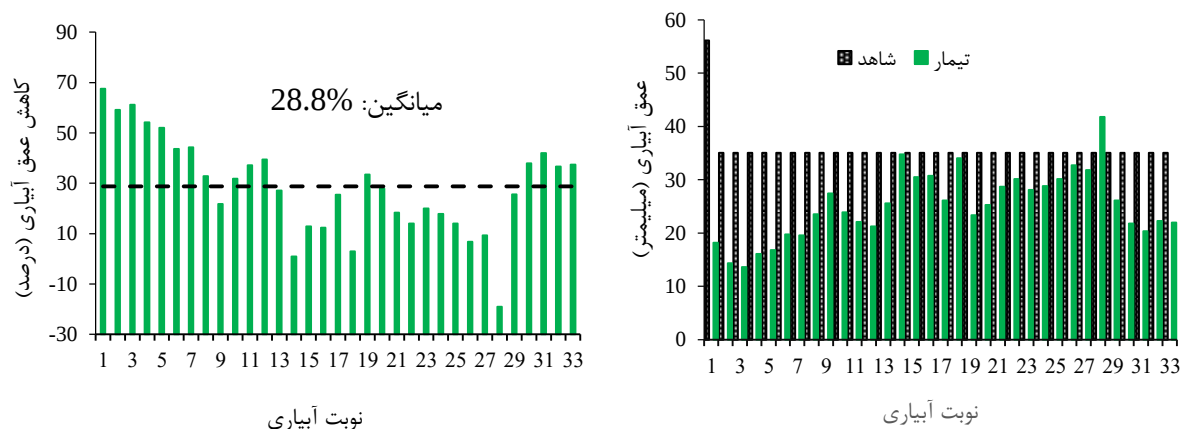
جدول ۱۳۷- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه S₂₀ در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه S ₂₀	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t _{co} دقیقه	عمق آبیاری I _g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I _n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۳/۸	۶۰	۱۸/۲	۳۰/۰*	۱۰۰/۰
	شاهد	۳/۹	۹۶۰	۵۶/۲	۳۰/۰*	۵۳/۴
آبیاری دوم	تیمار	۴/۹۸**	۶۰	۱۴/۴	۱۷/۰	۱۰۰/۰
	شاهد	۳/۹۰	۶۰۰	۳۵/۱	۱۵/۳	۴۳/۵
آبیاری سوم	تیمار	۴/۹۸	۵۱	۱۳/۶	۱۱/۸	۸۶/۵
	شاهد	۳/۹۰	۶۰۰	۳۵/۱	۱۲/۰	۳۴/۲

* در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص مورد نیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

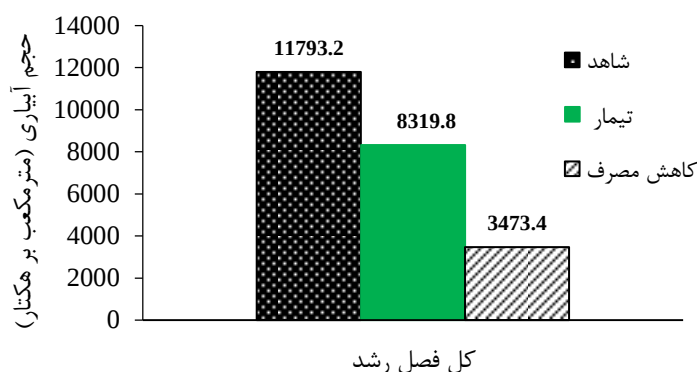
** دبی ورودی به مزرعه با استفاده از دبی متوسط قطره‌چکان (۱/۸ لیتر بر ساعت) و تعداد کل خروجی‌ها محاسبه شده است.

مزارع تیمار و شاهد طی فصل رشد محصول در ۳۳ نوبت (دور آبیاری سه روز) آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۱۹۴- باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد ۲۸/۸ درصد بود.



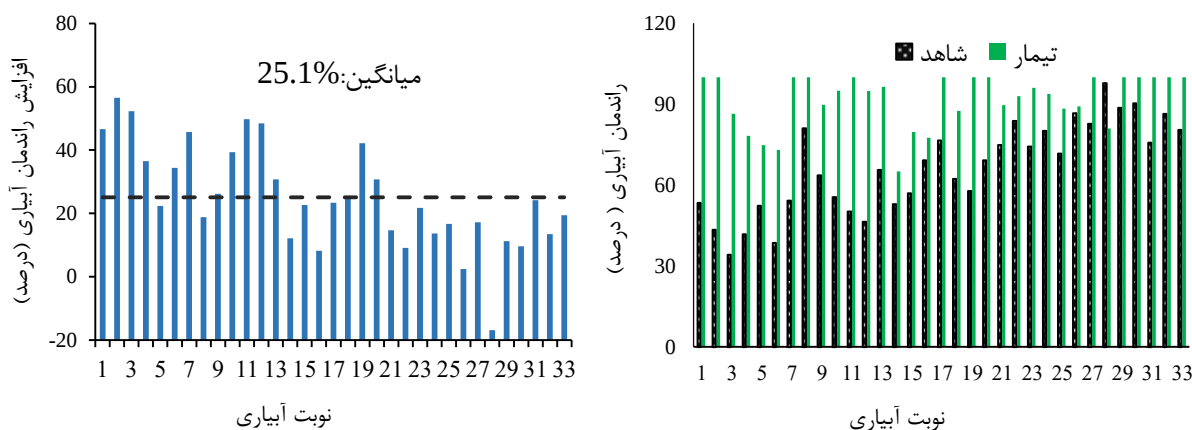
شکل ۱۹۴- مقایسه مقادیر عمق آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₂₀ طی آبیاری‌های مختلف

میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد مزرعه S₂₀ به ترتیب ۸۳۱۹/۸ و ۱۱۷۹۳/۲ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری در حدود ۲۹/۵ درصدی (حدود ۳۴۷۳/۲ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۹۵).



شکل ۱۹۵- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₂₀

مقادیر متوسط راندمان آبیاری در مزارع تیمار و شاهد طی ۳۳ آبیاری به ترتیب ۹۱/۸ و ۶۶/۷ درصد بود که نشان‌دهنده افزایش ۲۵/۱ درصدی راندمان کاربرد در اثر استفاده از دریچه‌های هیدروفلوم می‌باشد (شکل ۱۹۶).



شکل ۱۹۶- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S₂₀ طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در مزارع تیمار و شاهد S₂₀ به ترتیب ۵۶۷۶۵ و ۴۵۶۷۸ کیلوگرم در هکتار بود و میزان عملکرد مزرعه تیمار نسبت به شاهد ۲۴/۳ درصد بیشتر بود (جدول ۱۳۸). بر اساس عملکرد باسکول و حجم آب آبیاری، مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۶/۸۲ و ۳/۸۷ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب افزایش ۷۶/۲ درصدی مقدار بهره‌وری آب تیمار نسبت به شاهد گردیده است (جدول ۱۳۹) که این افزایش قابل توجه در اثر افزایش عملکرد و نیز کاهش ۲۹/۵ درصدی آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد می‌باشد. همچنین با توجه این که بارش مؤثر طی فصل رشد ذرت در ارومیه ناچیز (۴/۶ میلی‌متر) بوده مقدار این پارامتر در حدود بهره‌وری آب آبیاری می‌باشد. نمودار بهره‌وری آب آبیاری تیمار و شاهد بر اساس عملکرد باسکول در شکل ۱۹۷ ترسیم گردیده است.

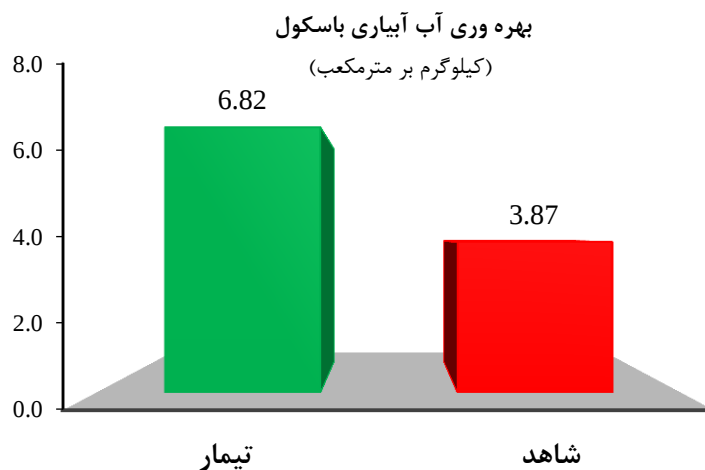
جدول ۱۳۸- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه S₂₀

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m ³)		بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)		عملکرد (Kg/ha)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	شاهد	تیمار

۵۶۷۶۵	۴۵۶۷۸	۳/۸۷	۶/۸۲	۳/۸۶	۶/۷۹
-------	-------	------	------	------	------

جدول ۱۳۹- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S₂₀

مزرعه	کاهش آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری آب آبیاری (Kg/m ³)	افزایش بهره‌وری آب آبیاری (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
S ₂₀	۲۹/۵	۲/۹۵	۷۶/۲	۷۵/۹

شکل ۱۹۷- بهره‌وری آب آبیاری بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S₂₀

فصل پنجم

اثر بخشی تکنیک‌های به‌زراعی و به‌نژادی در پایلوت- های آذربایجان شرقی

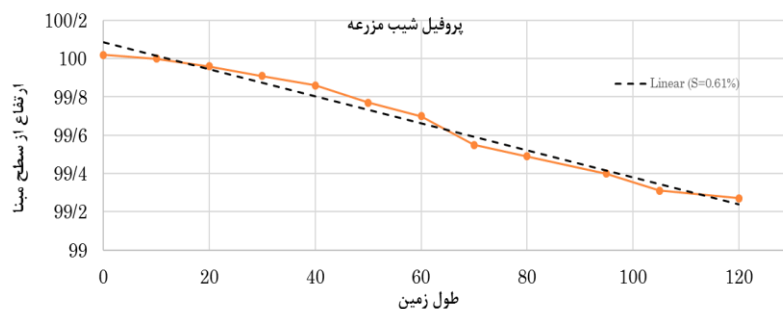
۵-۱- نتایج اندازه‌گیری‌های مزارع پایش اصلی در کشت پاییزه (گندم)

۵-۱-۱- نتایج مزرعه آقای سیروس فضل

مساحت این مزرعه در بخش تیمار و شاهد به ترتیب $0/34$ و $0/2$ هکتار بوده و تحت کشت گندم می‌باشد. قسمت شاهد مزرعه به‌صورت شیاری آبیاری شده و در بخش تیمار نیز از تکنیک آبیاری نواری استفاده شد. طول و عرض نوارها در قسمت تیمار به ترتیب 65 و $3/6$ متر در نظر گرفته شد. در قسمت شاهد نیز طول شیار 65 متر و عرض آن $4/2$ متر در نظر گرفته شد. طول نوارهای آبیاری در مزرعه تیمار و شاهد برابر طول مزرعه بود. تکنیک مورد استفاده در مزرعه تیمار، آماده‌سازی زمین با استفاده از گاواهن، خاک‌ورز حفاظتی مرکب و لولر بود و کاشت با استفاده از یک دستگاه خطی کار کف‌کار صورت پذیرفت. در مزرعه تیمار 6 شیار هم‌زمان آبیاری می‌شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به‌صورت جدول ۱۴۰ ارائه شده است. از آنجایی که مزرعه تیمار و شاهد از تقسیم یک مزرعه به دو بخش به دست آمدند، پروفیل طولی شیب کف تیمار و شاهد در این مزرعه یکسان می‌باشد که در شکل ۱۹۸ نشان داده شده است. در مزرعه سیروس فضل در ۱۳ آبان ماه قبل از کشت شیب مزرعه اندازه‌گیری شد که درصد شیب مزرعه $0/61$ درصد می‌باشد (شکل ۱۹۸).

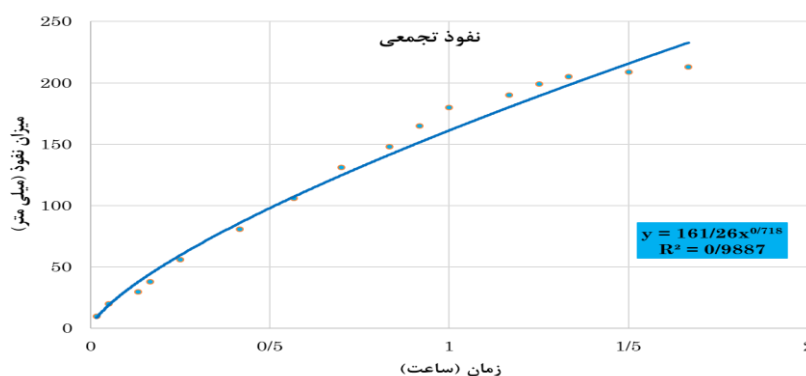
جدول ۱۴۰- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار (با سه تکرار) و شاهد در مزرعه آقای سیروس فضل

مزرعه سیروس فضل	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	شیاری	۶۵×۳/۶	۰/۰۰۶۱	بسته
شاهد	نواری	۶۵×۴/۲	۰/۰۰۶۱	بسته

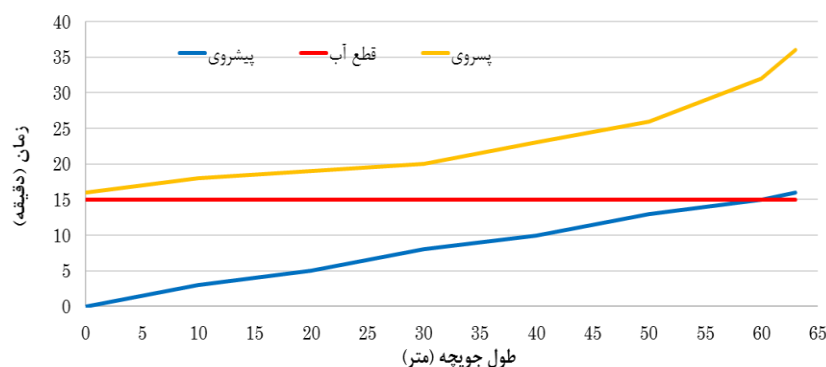


شکل ۱۹۸- پروفیل شیب مزرعه آقای سیروس فضل

به منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در ۲۱ آبان ماه در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به صورت منحنی در شکل ۱۹۹ آورده شده است. در مزرعه آقای فضل در ۲ آذرماه هم‌زمان با آبیاری اول مزرعه پیش‌روی و پس‌روی آب اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل ۲۰۰ آورده شده است. لازم به ذکر است که در این مزرعه شرکت با توجه به شرح خدمات خود منحنی نفوذ تجمعی و پیش‌روی و پس‌روی آب را در مزرعه تیمار اندازه‌گیری کرده است. آبیاری اول با منبع آب چاه و با متوسط دبی ۱۶/۷ لیتر در ثانیه توسط فلوم WSC تیپ ۵ اندازه‌گیری شد. مدت‌زمان پیش‌روی آب در تیمار ۱۵ دقیقه حاصل شد.



شکل ۱۹۹- منحنی نفوذ مزرعه آقای سیروس فضل



شکل ۲۰۰- منحنی پیشروی و پسروی آب در آبیاری اول مزرعه آقای سیروس فضل

آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۱۳۹۷/۰۹/۰۲ صورت گرفت و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه آقای سیروس فضل در جدول ۱۴۱ ارائه گردیده است. در مزرعه آقای سیروس فضل در کل دوره رشد محصول ۳ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۱۴۱، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۶۵/۴ و ۹۷/۴ میلی‌متر بوده و این نتایج نشان می‌دهد که آماده‌سازی بهینه زمین و تسطیح آن و کاشت با کف‌کار به همراه تغییر روش آبیاری موجب کاهش قابل‌توجه ۳۲/۹ درصد عمق آب کاربردی گردیده است. دومین آبیاری این مزرعه در تاریخ ۹۸/۰۲/۲۲ انجام شد و اندازه‌گیری‌ها و محاسبات مربوط به آبیاری دوم در مزرعه در جدول ۱۴۱ ارائه شده است. مطابق جدول ۱۴۱، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۱۸ و ۱۵۰/۵ میلی‌متر بوده و اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش ۲۱/۶ درصد عمق آبیاری شده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۲۱/۵ درصد عمق آب کاربردی شده است (جدول ۱۴۱).

جدول ۱۴۱- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه آقای سیروس فضل در تیمارها و شاهد در آبیاری اول تا سوم

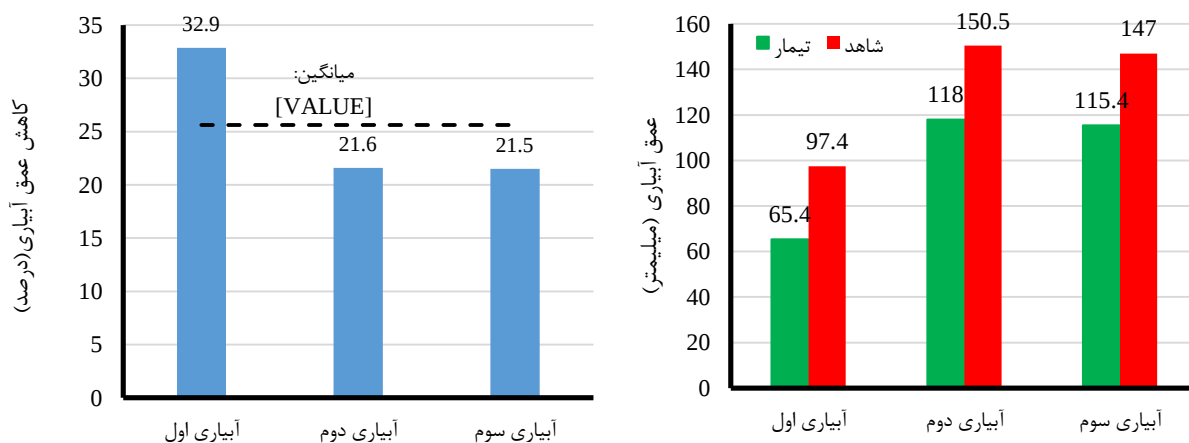
نوبت آبیاری	مزرعه فضل	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	متوسط درصد رطوبت وزنی ناحیه ریشه قبل آبیاری (θ_i)	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۲۷/۲۵	۱۸۰	**	۶۵/۴	۳۰	۴۵/۹
	شاهد	۲۷/۲۵	۲۱۰	**	۹۷/۴	۳۰	۳۰/۸
آبیاری دوم	تیمار	۱۸/۶	۲۵	۱۲/۳	۱۱۸	۱۰۲/۸	۸۷
	شاهد	۱۸/۶	۳۷	۱۱/۷	۱۵۰/۵	۱۰۷/۷	۷۱/۵
آبیاری سوم	تیمار	۲۷/۲	۱۷	۱۳/۹۵	۱۱۵/۴	۸۹/۵	۷۷/۵
	شاهد	۲۷/۲	۴۲	۱۵/۷۵	۱۴۷/۱	۷۴/۹	۵۳/۷

* در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

** متوسط درصد رطوبت وزنی ناحیه ریشه قبل آبیاری باید در بین دو آبیاری اندازه‌گیری شود و این روش صحیح‌تر است؛ بنابراین در آبیاری اول این

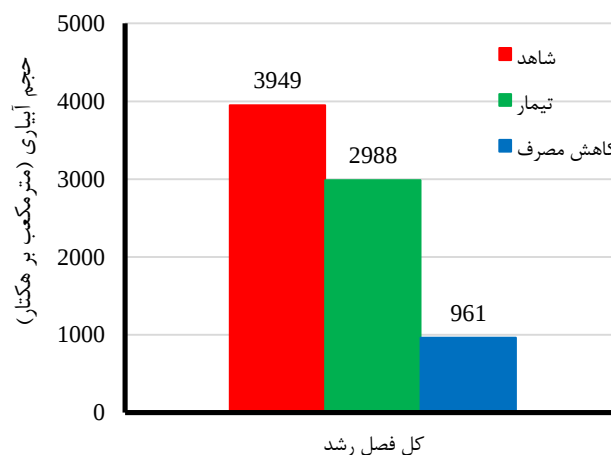
پارامتر اندازه‌گیری نشده است.

این مزرعه طی فصل رشد محصول در سه نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۲۰۱ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی سه آبیاری این مزرعه، حدود ۲۵/۶ درصد محاسبه شد.



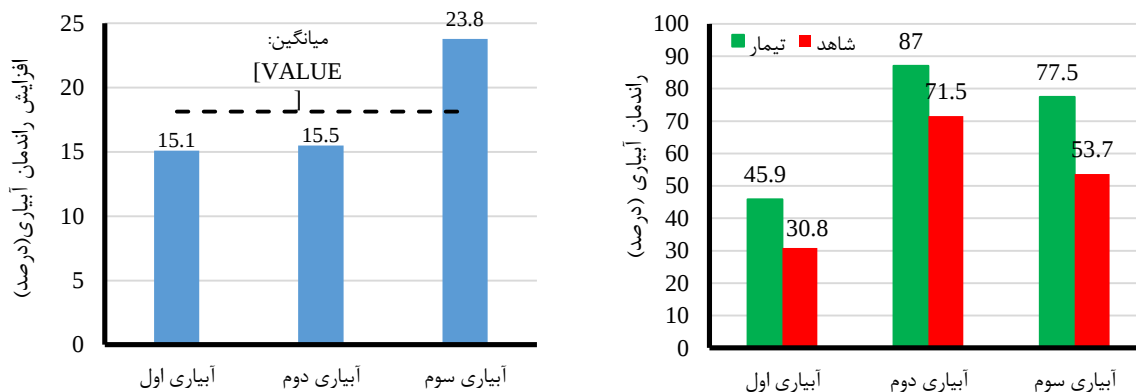
شکل ۲۰۱- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش مصرف آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای سیروس فضل طی آبیاری‌های مختلف

میزان مصرف آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای سیروس فضل به ترتیب ۲۹۸۸ و ۳۹۴۹ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف آب در حدود ۲۵/۶ درصدی (حدود ۹۶۱ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۲۰۲).



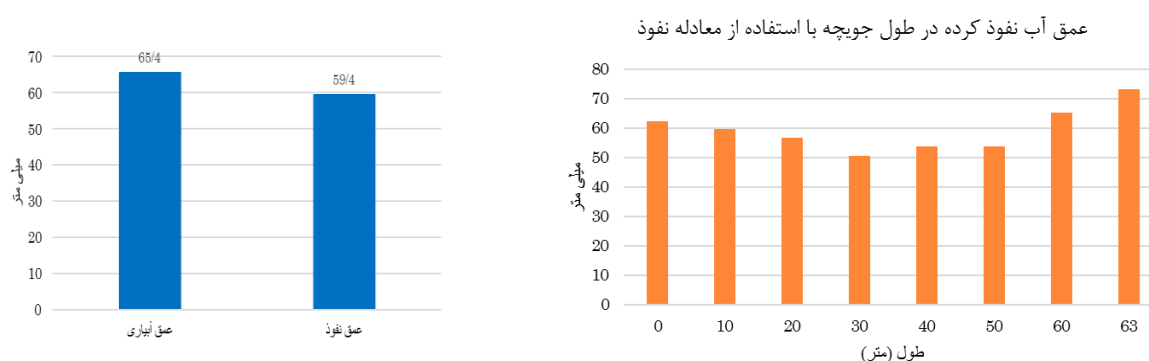
شکل ۲۰۲- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه آقای سیروس فضل

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی سه آبیاری مزرعه آقای سیروس فضل در شکل ۲۰۳ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۸/۱ درصد به دست آمد.

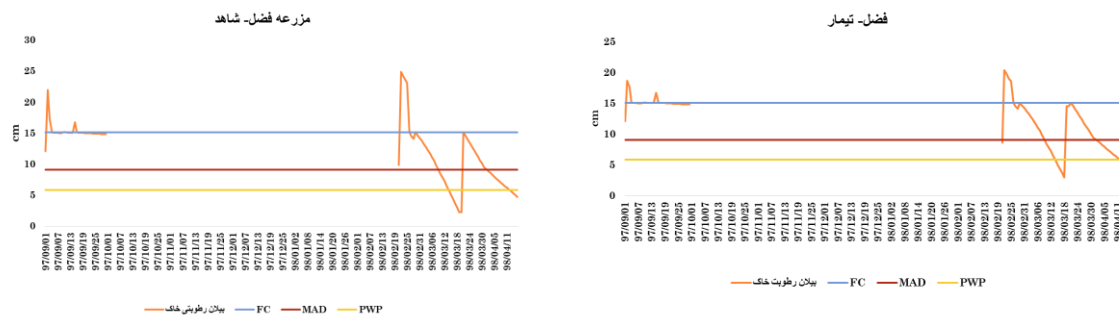


شکل ۲۰۳- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در مزرعه تیمار و شاهد آقای سیروس فضل و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

با استفاده از منحنی پیش‌روی و پس‌روی فرصت زمان نفوذ را به دست آورده و سپس در معادله نفوذ که از محاسبه داده‌های دابل رینگ به دست آمده جاگذاری کرده و عمق آب نفوذ یافته محاسبه شد. در اینجا عمق آب نفوذ کرده حدود ۵۹/۴ میلی‌متر محاسبه گردید (شکل ۲۰۴). همچنین در شکل ۲۰۵ برآورد حجم کل آب داده شده از طریق منحنی MAD به همراه رسم منحنی مربوطه مزرعه آقای سیروس فضل ارائه شده است.



شکل ۲۰۴- برآورد میزان عمق آب از طریق منحنی پیش‌روی و پس‌روی و معادله نفوذ برای اولین آبیاری مزرعه آقای سیروس فضل



شکل ۲۰۵- برآورد حجم کل آب داده شده از طریق منحنی MAD به همراه رسم منحنی مربوطه مزرعه آقای سیروس فضل

بر اساس نتایج جدول ۱۴۲، میزان عملکرد در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه آقای سیروس فضل به ترتیب ۸۰۵۰ و ۷۶۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. بر اساس عملکرد و حجم آب آبیاری، مقادیر بهره‌وری در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۲/۷ و ۱/۹ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب افزایش ۴۲/۱ درصدی مقدار بهره‌وری آب تیمار نسبت به شاهد گردیده است (جدول ۱۴۲).

جدول ۱۴۲- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای سیروس فضل

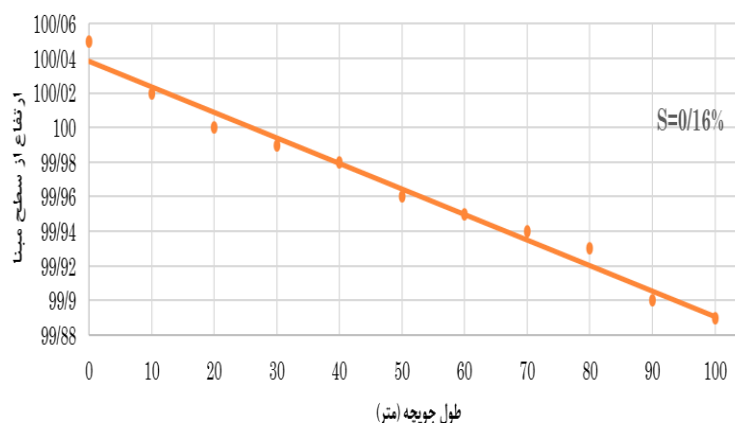
نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۸۰۵۰	۲۹۸۸	۲/۷
شاهد	۷۶۰۰	۳۹۴۹	۱/۹

۵-۱-۲- نتایج مزرعه آقای سجاد روحی

مساحت این مزرعه در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۳۵ و ۰/۳ هکتار بوده و تحت کشت گندم می‌باشد. قسمت شاهد مزرعه به صورت نواری آبیاری شده و در بخش تیمار نیز از تکنیک آبیاری شیاری استفاده شد. تکنیک مورد استفاده در مزرعه تیمار، آماده‌سازی زمین با استفاده از گاوآهن و خاک‌ورز حفاظتی و لولر بود و کاشت با استفاده از یک دستگاه کف‌کار با ۵ کف صورت پذیرفت. در این حالت با توجه به دبی چاه و بافت خاک، عرض نوار بر اساس شبیه‌سازی سیستم آبیاری سطحی با مدل winSRFR تعیین گردید. طول و عرض نوارها در قسمت تیمار به ترتیب ۵۳ و ۱/۲ متر (فاصله جویچه‌ها) در نظر گرفته شد. در قسمت شاهد نیز طول نوار ۳۵ متر و عرض آن ۴/۵ متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۱۴۳ ارائه شده است. پروفیل طولی شیب کف تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۳۵۰ نشان داده شده است. از آنجایی که مزرعه تیمار و شاهد از تقسیم یک مزرعه به دو بخش به دست آمدند، پروفیل طولی شیب کف تیمار و شاهد در این مزرعه یکسان می‌باشد. در مزرعه سجاد روحی در ۲۰ آبان ماه قبل از کشت شیب مزرعه اندازه‌گیری شد تا جهت آبیاری در مزرعه بر اساس شیب آن باشد که درصد شیب مزرعه ۰/۱۶ درصد می‌باشد (شکل ۲۰۶).

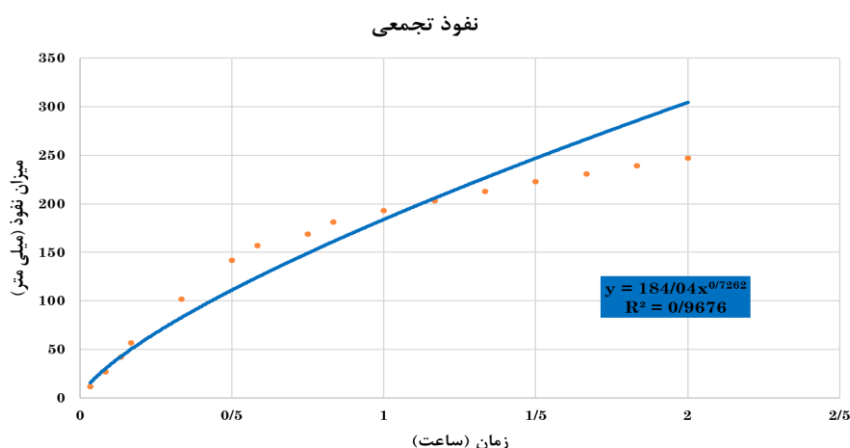
جدول ۱۴۳- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار (با سه تکرار) و شاهد در مزرعه آقای سجاد روحی

مزرعه	روش آبیاری	طول×عرض (m×m)	شیب طولی	شرایط انتها
تیمار	شیاری	۵۳×۱/۲	۰/۰۰۱۶	بسته
شاهد	نواری	۳۵×۴/۵	۰/۰۰۱۶	بسته

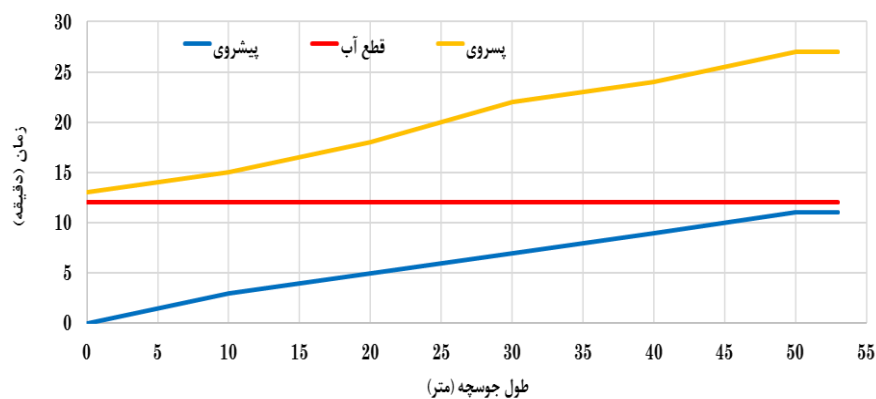


شکل ۲۰۶- پروفیل شیب زمین مزرعه آقای سجاد روحی

به منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در ۲۰ آبان ماه در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به صورت منحنی در ۲۰۷ آورده شده است. در مزرعه آقای روحی در ۳۰ آبان ماه همزمان با آبیاری اول مزرعه، پیش روی و پس روی آب اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل ۳۵۲ آورده شده است. آبیاری اول با منبع آب چاه و با متوسط دبی ۷/۰۴ لیتر در ثانیه توسط فلوم WSC اندازه‌گیری شد. مدت زمان پیش‌روی آب در تیمار ۱۲ دقیقه حاصل شد. لازم به ذکر است که در این مزرعه شرکت با توجه به شرح خدمات خود منحنی نفوذ تجمعی و پیش‌روی و پس‌روی آب را در مزرعه تیمار اندازه‌گیری کرده است.



شکل ۲۰۷- منحنی و معادله نفوذ مزرعه آقای سجاد روحی



شکل ۲۰۸- منحنی پیش روی و پسروی در آبیاری اول مزرعه آقای سجاد روحی

آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۷/۰۹/۰۲ صورت گرفت و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه آقای سجاد روحی در جدول ۱۴۴ ارائه گردیده است. در مزرعه آقای سجاد روحی در کل دوره رشد محصول ۴ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۱۴۴، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۷۰ و ۱۱۵/۴ میلی‌متر بوده و نشان می‌دهد، آماده‌سازی بهینه زمین و تسطیح آن و کاشت با کف‌کار به همراه تغییر روش آبیاری موجب کاهش قابل‌توجه ۳۹/۳ درصد عمق آب کاربردی گردیده است. مطابق جدول ۱۴۴، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۰۹ و ۱۳۵ میلی‌متر بوده و اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب کاهش ۱۹/۳ درصد عمق آبیاری شده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۲۶/۹ درصد عمق آب کاربردی شده است (جدول ۱۴۴).

جدول ۱۴۴- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه آقای سجاد روحی در تیمار و شاهد در آبیاری اول تا سوم

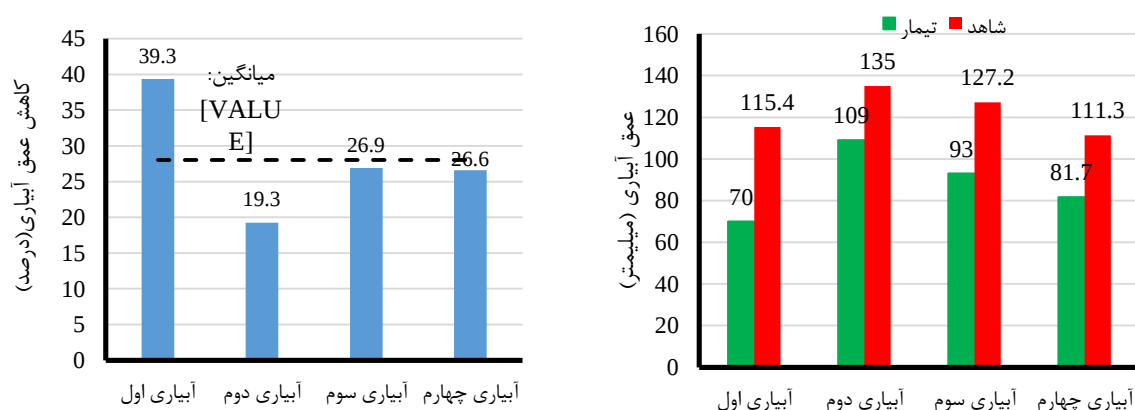
نوبت آبیاری	مزرعه روحی	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	متوسط درصد رطوبت وزنی ناحیه ریشه قبل آبیاری (θ_i)	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۷/۰۴	۴۲	**	۷۰	۳۰*	۴۲/۹
	شاهد	۷/۰۴	۱۲	**	۱۱۵/۴	۳۰*	۲۶
آبیاری دوم	تیمار	۱۳/۲	۱۰	۱۲/۱۹	۱۰۹	۵۲/۳	۴۷/۹
	شاهد	۱۳/۲	۲۶	۱۳/۳۶	۱۳۵	۴۱/۸	۳۱
آبیاری سوم	تیمار	۱۳/۲	۸	۱۱/۴۴	۹۳	۵۹/۰۴	۶۳/۵
	شاهد	۱۳/۲	۲۵	۱۲/۰۲	۱۲۷/۲	۵۳/۸۲	۴۲/۳

* در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

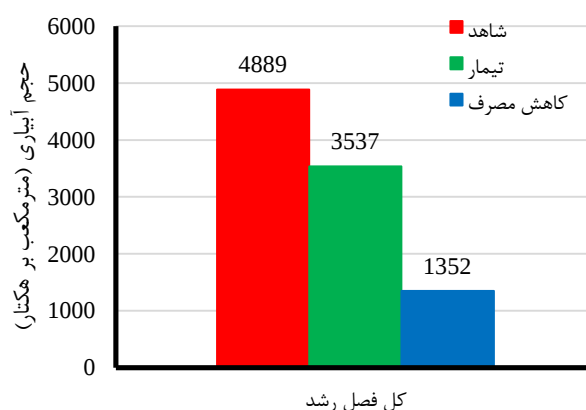
** متوسط درصد رطوبت وزنی ناحیه ریشه قبل آبیاری باید در بین دو آبیاری اندازه‌گیری شود و این روش صحیح‌تر است؛ بنابراین در آبیاری اول این

پارامتر اندازه‌گیری نشده است.

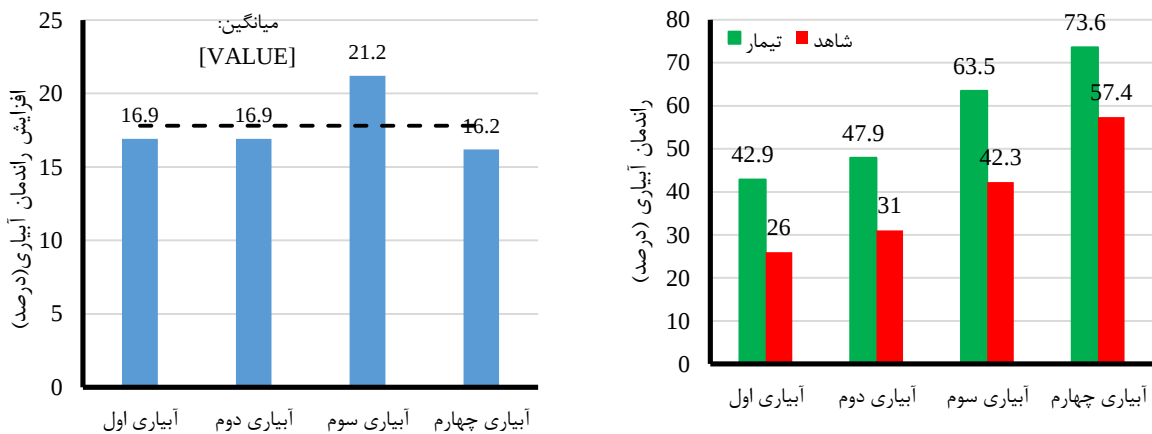
مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۲۰۹ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آبیاری تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی چهار آبیاری این مزرعه، حدود ۲۸ درصد محاسبه شد. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای سجاد روحی به ترتیب ۳۵۳۷ و ۴۸۸۹ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف آب در حدود ۲۸ درصدی (حدود ۱۳۵۲ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۲۱۰). در شکل ۲۱۱ راندمان کاربرد آبیاری ارائه گردیده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۷/۸ درصد به دست آمد.



شکل ۲۰۹- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش مصرف آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای سجاد روحی طی آبیاری‌های مختلف

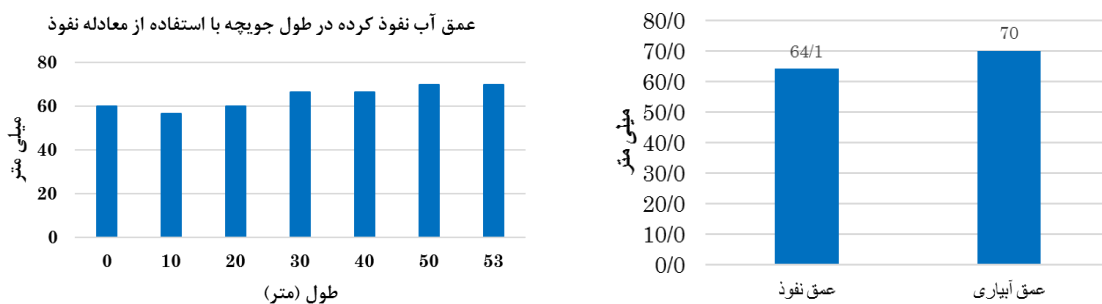


شکل ۲۱۰- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه آقای سجاد روحی

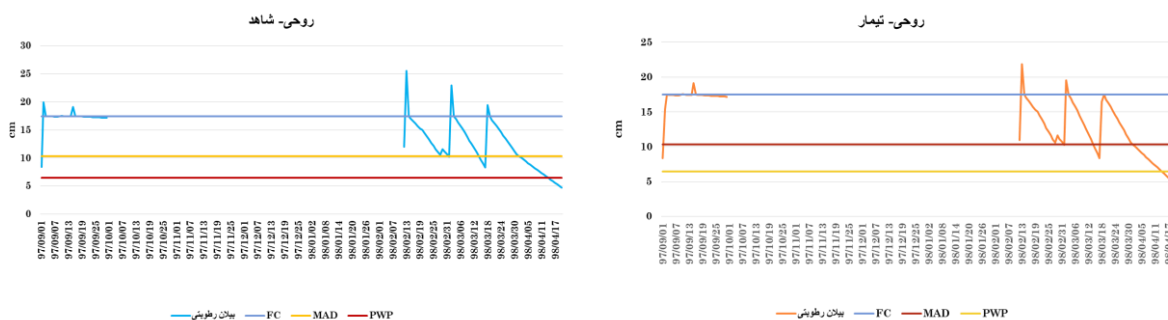


شکل ۲۱۱- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در تیمار و شاهد مزرعه آقای سجاد روحی و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

با استفاده از منحنی پیش‌روی و پس‌روی فرصت زمان نفوذ را به دست آورده و سپس در معادله نفوذ که از محاسبه داده‌های دابل رینگ به دست آمده جاگذاری کرده و عمق آب نفوذ یافته محاسبه شد. در اینجا عمق آب نفوذ کرده حدود ۶۴/۱ میلی‌متر محاسبه گردید (شکل ۲۱۲). در شکل ۲۱۳ منحنی بیلان رطوبت در مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است.



شکل ۲۱۲- برآورد میزان عمق آب از طریق منحنی پیش‌روی و پس‌روی و معادله نفوذ برای اولین آبیاری مزرعه آقای سجاد روحی



شکل ۲۱۳- برآورد حجم کل آب داده‌شده از طریق منحنی MAD به همراه رسم منحنی مربوطه مزرعه آقای سجاد روحی

بر اساس نتایج جدول ۱۴۵، میزان عملکرد در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه آقای سجاد روحی به ترتیب ۸۰۵۰ و ۷۶۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. بر اساس عملکرد و حجم آب آبیاری، مقادیر بهره‌وری در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۲/۳ و ۱/۶ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب افزایش ۴۳/۸ درصد مقدار بهره‌وری آب تیمار نسبت به شاهد گردیده است (جدول ۱۴۵).

جدول ۱۴۵- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای سجاد روحی

نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۸۰۵۰	۳۵۳۷	۲/۳
شاهد	۷۶۰۰	۴۸۸۹	۱/۶

۵-۱- نتایج اندازه‌گیری‌های مزارع پایش اصلی در کشت بهاره

۵-۲-۱- نتایج مزرعه آقای شجاعی

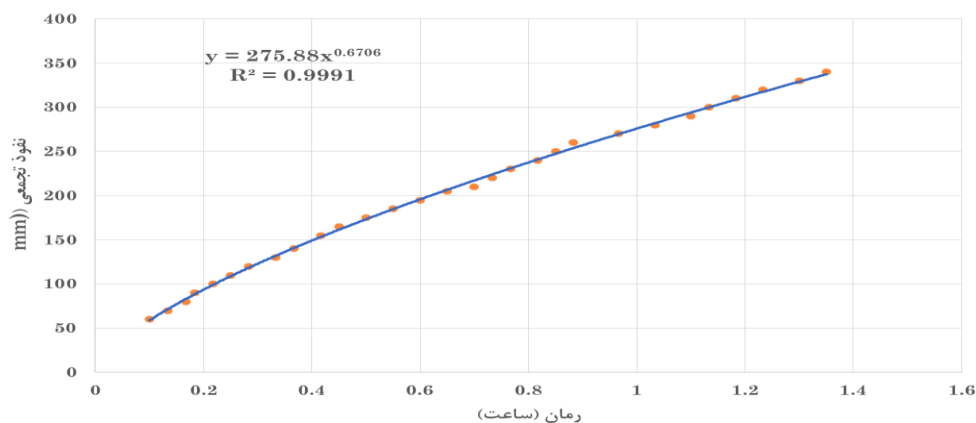
مساحت این مزرعه در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۱۳ و ۰/۰۵ هکتار بوده و تحت کشت گوجه‌فرنگی می‌باشد هر دو بخش تیمار و شاهد با استفاده از نوار تیپ آبیاری شدند. در مزرعه تیمار کشت نشائی با آرایش کشت زیگزاگی و در فاصله ۴۰ سانتی‌متر در یک ردیف و فاصله ۹۰ سانتی‌متر در بین ردیف‌ها انجام شد. در حالی که در مزرعه شاهد کشت سنتی (بذری) با آرایش کاشت ردیفی و در فاصله ۴۰ سانتی‌متر در یک ردیف و فاصله ۹۰ سانتی‌متر در بین ردیف‌ها انجام شد. تکنیک مورد استفاده در مزرعه تیمار، کشت به صورت نشائی دو ردیفه زیگزاگی بود. طول و عرض نوارها در قسمت تیمار به ترتیب ۵۵ و ۱/۴ متر در نظر گرفته شد. در قسمت شاهد نیز طول نوار ۵۵ متر و عرض آن ۰/۹ متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۱۴۶ ارائه شده است.

جدول ۱۴۶- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه آقای شجاعی

مزرعه	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی	شرایط انتها
تیمار	نوار تیپ	۱/۴ × ۵۵	*	بسته
شاهد	نوار تیپ	۰/۹ × ۵۵	*	بسته

* اندازه‌گیری شیب مزرعه در شرح خدمات شرکت مسئول قید نشده بود.

به منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در ۱۳۹۸/۰۲/۱۲ در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به صورت منحنی در ۲۱۵ آورده شده است. در جدول ۱۴۷ حجم آب بکار رفته برای تولید نشا در خزانه آورده شده است. همچنین لازم به ذکر است در مزرعه تیمار به این علت که بارندگی بعد انتقال نشاها ۹۸/۰۳/۰۲ نداشتیم، در تولید محصول مزرعه تیمار بارش مؤثر نقش نداشته است. در حالی که در مزرعه شاهد ۲۷/۶ میلی‌متر بارش مؤثر در تولید محصول علاوه بر حجم آبیاری نقش داشته است.



شکل ۲۱۵- گراف نفوذپذیری خاک مزرعه آقای شجاعی

جدول ۱۴۷- حجم آب آبیاری در خزانه مزرعه آقای شجاعی

تعداد آبیاری	تاریخ	لیتر (۱۷۷ سینی)	لیتر (۵۲۰ سینی) یک هکتار	مترمکعب (۵۲۰ سینی) یک هکتار	تعداد آبیاری	تاریخ	لیتر (۱۷۷ سینی)	لیتر (۵۲۰ سینی) یک هکتار	مترمکعب (۵۲۰ سینی) یک هکتار
۱	۹۸/۰۱/۰۸	۵۰	۱۵۰	۰/۱۵	۲۸	۹۸/۰۲/۰۷	۲۰۰	۶۰۰	۰/۱۶
۲	۹۸/۰۱/۰۹	۵۰	۱۵۰	۰/۱۵	۲۹	۹۸/۰۲/۰۸	۲۰۰	۶۰۰	۰/۱۶
۳	۹۸/۰۱/۱۰	۵۰	۱۵۰	۰/۱۵	۳۰	۹۸/۰۲/۰۹	۲۰۰	۶۰۰	۰/۱۶
۴	۹۸/۰۱/۱۱	۵۰	۱۵۰	۰/۱۵	۳۱	۹۸/۰۲/۱۰	۲۰۰	۶۰۰	۰/۱۶
۵	۹۸/۰۱/۱۳	۸۰	۲۴۰	۰/۲۴	۳۲	۹۸/۰۲/۱۱	۲۰۰	۶۰۰	۰/۱۶
۶	۹۸/۰۱/۱۵	۱۱۰	۳۳۰	۰/۳۳	۳۳	۹۸/۰۲/۱۲	۲۰۰	۶۰۰	۰/۱۶
۷	۹۸/۰۱/۱۶	۷۰	۲۱۰	۰/۲۱	۳۴	۹۸/۰۲/۱۳	۲۰۰	۶۰۰	۰/۱۶
۸	۹۸/۰۱/۱۷	۷۰	۲۱۰	۰/۲۱	۳۵	۹۸/۰۲/۱۴	۲۰۰	۶۰۰	۰/۱۶
۹	۹۸/۰۱/۱۹	۱۵۰	۴۵۰	۰/۴۵	۳۶	۹۸/۰۲/۱۵	۲۰۰	۶۰۰	۰/۱۶
۱۰	۹۸/۰۱/۲۰	۱۲۰	۳۶۰	۰/۳۶	۳۷	۹۸/۰۲/۱۶	۲۰۰	۶۰۰	۰/۱۶
۱۱	۹۸/۰۱/۲۱	۱۵۰	۴۵۰	۰/۴۵	۳۸	۹۸/۰۲/۱۷	۲۰۰	۶۰۰	۰/۱۶
۱۲	۹۸/۰۱/۲۲	۱۵۰	۴۵۰	۰/۴۵	۳۹	۹۸/۰۲/۱۸	۲۰۰	۶۰۰	۰/۱۶
۱۳	۹۸/۰۱/۲۳	۸۰	۲۴۰	۰/۲۴	۴۰	۹۸/۰۲/۱۹	۲۰۰	۶۰۰	۰/۱۶
۱۴	۹۸/۰۱/۲۴	۸۰	۲۴۰	۰/۲۴	۴۱	۹۸/۰۲/۲۰	۲۰۰	۶۰۰	۰/۱۶
۱۵	۹۸/۰۱/۲۵	۹۰	۲۷۰	۰/۲۷	۴۲	۹۸/۰۲/۲۱	۲۲۰	۶۶۰	۰/۱۶۶
۱۶	۹۸/۰۱/۲۶	۱۲۰	۳۶۰	۰/۳۶	۴۳	۹۸/۰۲/۲۲	۲۲۰	۶۶۰	۰/۱۶۶
۱۷	۹۸/۰۱/۲۷	۱۲۰	۳۶۰	۰/۳۶	۴۴	۹۸/۰۲/۲۳	۲۲۰	۶۶۰	۰/۱۶۶
۱۸	۹۸/۰۱/۲۸	۱۲۰	۳۶۰	۰/۳۶	۴۵	۹۸/۰۲/۲۴	۲۲۰	۶۶۰	۰/۱۶۶
۱۹	۹۸/۰۱/۲۹	۱۲۰	۳۶۰	۰/۳۶	۴۶	۹۸/۰۲/۲۵	۲۲۰	۶۶۰	۰/۱۶۶
۲۰	۹۸/۰۱/۳۰	۱۲۰	۳۶۰	۰/۳۶	۴۷	۹۸/۰۲/۲۶	۲۲۰	۶۶۰	۰/۱۶۶
۲۱	۹۸/۰۱/۳۱	۱۵۰	۴۵۰	۰/۴۵	۴۸	۹۸/۰۲/۲۷	۲۵۰	۷۵۰	۰/۱۷۵
۲۲	۹۸/۰۲/۰۱	۱۵۰	۴۵۰	۰/۴۵	۴۹	۹۸/۰۲/۲۸	۲۵۰	۷۵۰	۰/۱۷۵
۲۳	۹۸/۰۲/۰۲	۱۵۰	۴۵۰	۰/۴۵	۵۰	۹۸/۰۲/۲۹	۲۵۰	۷۵۰	۰/۱۷۵
۲۴	۹۸/۰۲/۰۳	۲۰۰	۶۰۰	۰/۱۶	۵۱	۹۸/۰۲/۳۰	۳۵۰	۱۰۵۰	۱/۰۵
۲۵	۹۸/۰۲/۰۴	۲۰۰	۶۰۰	۰/۱۶	۵۲	۹۸/۰۲/۳۱	۳۵۰	۱۰۵۰	۱/۰۵

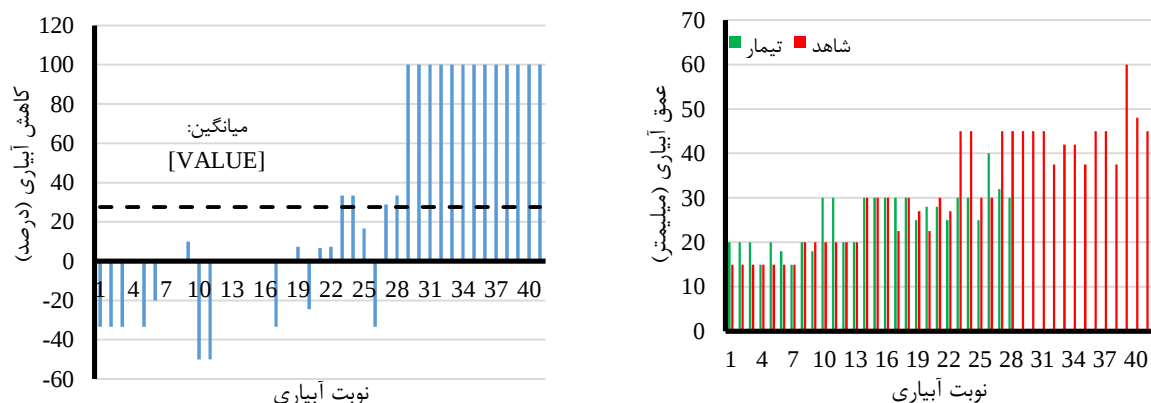
۲۶	۹۸/۰۲/۰۵	۲۰۰	۶۰۰	۰/۶	۵۳	۹۸/۰۳/۰۱	۳۵۰	۱۰۵۰	۱/۰۵
۲۷	۹۸/۰۲/۰۶	۲۰۰	۶۰۰	۰/۶	۵۴	۹۸/۰۳/۰۲	۳۵۰	۱۰۵۰	۱/۰۵
				۹/۶					۱۸/۸۱
جمع						۲۸/۴۱			

آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۰۳/۱۲ صورت گرفت و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه آقای شجاعی در جدول ۱۴۸ ارائه گردیده است. در مزرعه آقای شجاعی در کل دوره رشد محصول تیمار و شاهد به ترتیب ۲۸ و ۴۱ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۱۴۸، متوسط عمق آبیاری اول، دوم و سوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۲۰ و ۱۵ میلی‌متر بود. اگرچه در این نوبت‌ها عمق آبیاری تیمار از شاهد بیشتر است، اما در مجموع آب مصرفی مزرعه تیمار به‌طور قابل‌توجهی (۵۷۹۵ مترمکعب بر هکتار) کمتر از مزرعه شاهد است.

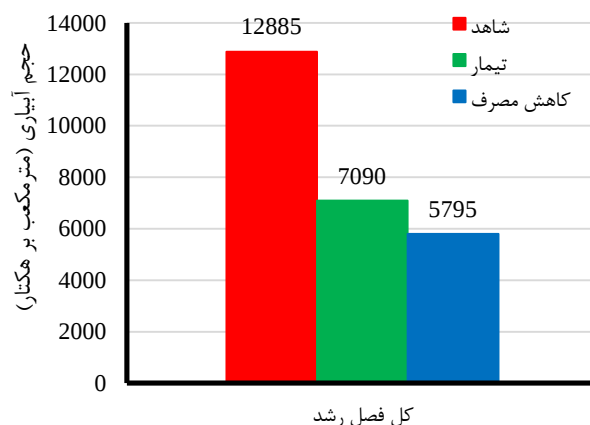
جدول ۱۴۸- مقادیر متوسط عمق آبیاری، جریان متوسط خروجی از هر قطره‌چکان لیتر در ساعت، مدت زمان آبیاری به ساعت، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه در تیمارها و شاهد در تعدادی از آبیاری‌ها مزرعه آقای شجاعی

نوبت آبیاری	مزرعه شجاعی	هر قطره‌چکان لیتر بر ساعت	مدت آبیاری tco دقیقه	عمق آبیاری Ig میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری In میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۱/۸	۱۸۰	۲۰	۲۴/۶	۴۱
	شاهد	۱/۸	۹۰	۱۵	۳۰*	۱۰۰
آبیاری دوم	تیمار	۱/۸	۱۸۰	۲۰	۲۴/۶	۴۱
	شاهد	۱/۸	۹۰	۱۵	۲۴/۶	۵۴/۶۶
آبیاری سوم	تیمار	۱/۸	۱۸۰	۲۰	۲۴/۶	۴۱
	شاهد	۱/۸	۹۰	۱۵	۲۴/۶	۵۴/۶۶

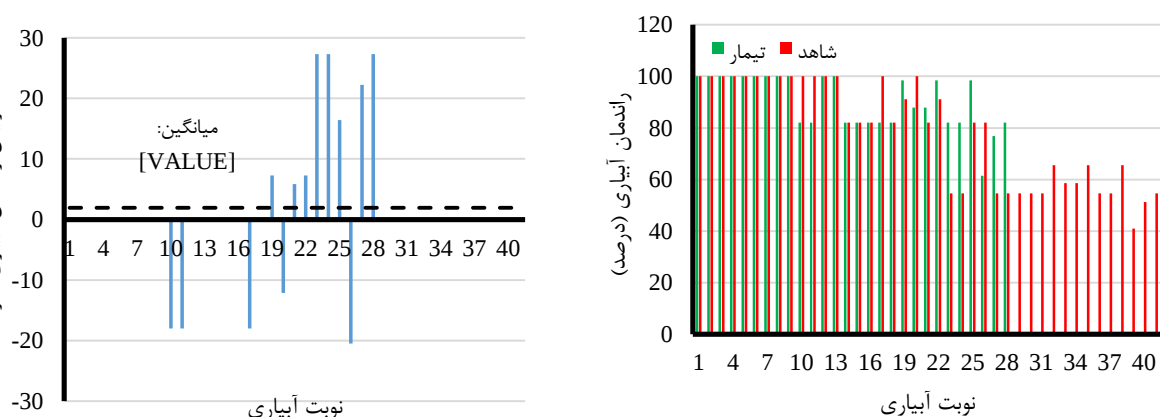
مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۲۱۶ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آبیاری تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی ۴۱ آبیاری، حدود ۲۷/۶ درصد محاسبه شد. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای شجاعی به ترتیب ۷۰۹۰ و ۱۲۸۸۵ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف آب در حدود ۲۷/۶ درصدی (حدود ۵۷۹۵ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۲۱۷). در شکل ۲۱۸ راندمان کاربرد آبیاری ارائه گردیده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱/۹ درصد به دست آمد.



شکل ۲۱۶- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش مصرف آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای شجاعی طی آبیاری‌های مختلف



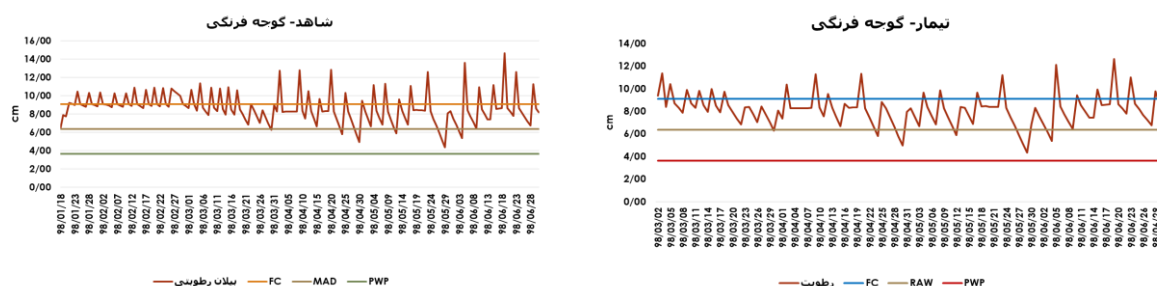
شکل ۲۱۷- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه آقای شجاعی



شکل ۲۱۸- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در تیمار و شاهد مزرعه آقای شجاعی و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

در شکل ۲۱۹ بیلان رطوبتی مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. در جدول ۱۴۹ حجم آب آبیاری با احتساب و بدون احتساب آب کاربردی در خزانه ارائه شده است. بر اساس نتایج جدول ۱۵۰، میزان عملکرد در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه آقای شجاعی به ترتیب ۷۰۰۰ و ۴۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. بر اساس عملکرد و حجم

آب آبیاری، مقادیر بهره‌وری در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۹/۸ و ۴/۵ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به این ترتیب اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب افزایش ۱۰۰ درصد مقدار بهره‌وری آب تیمار نسبت به شاهد گردیده است (جدول ۱۵۰).



شکل ۲۱۹- برآورد حجم کل آب داده شده از طریق منحنی MAD به همراه رسم منحنی مربوطه مزرعه آقای شجاعی

جدول ۱۴۹- مقایسه آب آبیاری مزرعه تیمار و شاهد مزرعه آقای شجاعی

اطلاعات آب آبیاری مزرعه بدون احتساب آب آبیاری در خزانه	اطلاعات آب آبیاری مزرعه با احتساب آب آبیاری در خزانه
حجم آب آبیاری برحسب مترمکعب در هکتار - تیمار ۷۰۹۰	حجم آب آبیاری برحسب مترمکعب در هکتار - تیمار ۷۱۱۸/۴۱
حجم آب آبیاری برحسب مترمکعب در هکتار شاهد* ۱۰۶۳۵	حجم آب آبیاری برحسب مترمکعب در هکتار شاهد ۱۲۸۸۵
اختلاف (مترمکعب در هکتار) ۳۵۴۵	اختلاف (مترمکعب در هکتار) ۵۷۶۶/۵۹
درصد کاهش آب آبیاری* (۳۱/۰۶/۹۸) - ۳۳/۳	درصد کاهش آب آبیاری در کل دوره رشد ۴۴/۸

* در این قسمت برای اینکه آب آبیاری تیمار از تاریخ ۹۸/۰۳/۰۲ تا ۹۸/۰۶/۳۱ در نظر گرفته شده است جهت مقایسه آب آبیاری شاهد نیز در این دوره در نظر گرفته شده است.

جدول ۱۵۰- مقایسه عملکرد، بهره‌وری آب، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب آبیاری مزرعه آقای شجاعی

نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۷۰۰۰	۷۱۱۸/۴۱	۹/۸
شاهد	۴۵۰۰	۱۲۸۸۵	۴/۵

۵-۳- نتایج مزارع شبکه پایش شرکت‌ها در کشت پاییزه

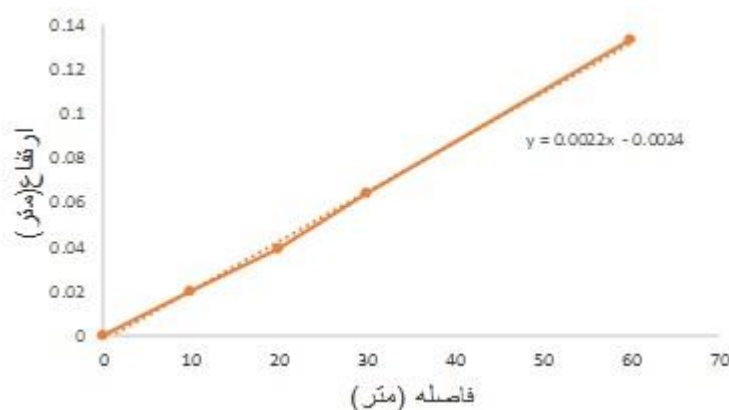
۵-۳-۱- نتایج مزرعه خانم مریم آسیایی

مساحت این مزرعه در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۷ و ۰/۸ هکتار بوده و تحت کشت گندم می‌باشد. در مزرعه تیمار روش آبیاری فاروئر ولی در مزرعه شاهد به حالت کرتی غرقابی آبیاری انجام شد. تکنیک مورد استفاده

در مزرعه تیمار، آماده‌سازی زمین با استفاده از خاک‌ورز حفاظتی و لولر بود و کاشت با استفاده از دستگاه کف کار مخصوص اراضی شور صورت پذیرفت. طول و عرض نوارها در قسمت تیمار به ترتیب ۶۰ و ۰/۵ متر (فاصله جویچه-ها) در نظر گرفته شد. در قسمت شاهد نیز طول ۱۳۰ متر و عرض آن ۴ متر در نظر گرفته شد. مشخصات شاهد و تیمار به‌صورت جدول ۱۵۱ ارائه شده است. همچنین نمونه خاک قبل از آبیاری و بعد از آبیاری در سه نقطه از مزرعه برداشت گردید. جهت تعیین میزان آب مورد استفاده در مزرعه از فلوم WSC استفاده گردید. پروفیل طولی شیب کف تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۲۲۰ نشان داده شده است. شرکت مسئول کار پایش این مزرعه شیب مزرعه را مطابق شرح خدمات فقط در مزرعه تیمار اندازه‌گیری کرده است. شیب طولی زمین ۰/۲ درصد می‌باشد (شکل ۲۲۰).

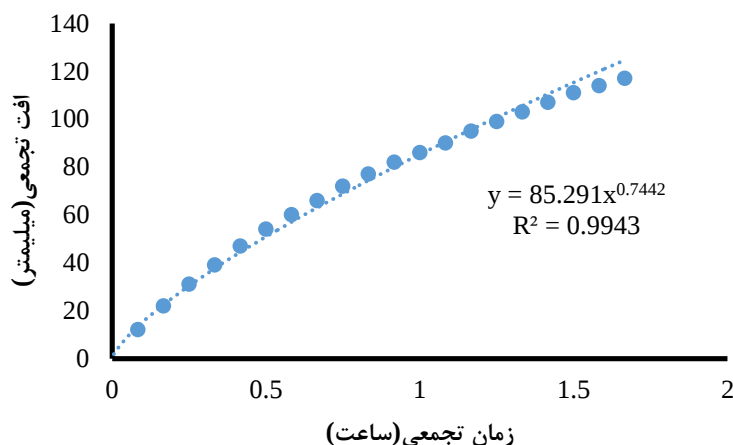
جدول ۱۵۱- مشخصات مزارع مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه خانم آسیابی

مزرعه آسیابی	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (درصد)	شرایط انتها
تیمار	فاروئر	۰/۵ × ۶۰	۰/۲	بسته
شاهد	کرتی- غرقابی	۴ × ۱۳۰	۰/۲	بسته

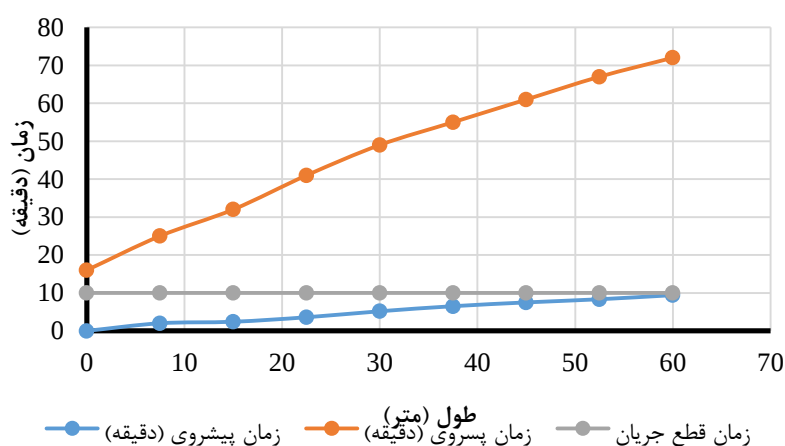


شکل ۲۲۰- پروفیل شیب مزرعه خانم مریم آسیابی

به‌منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در مورخ ۹۷/۷/۱۷ در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به‌صورت منحنی در ۲۲۱ آورده شده است. در مزرعه خانم مریم آسیابی در مورخ ۹۷/۷/۱۷ هم‌زمان با آبیاری اول مزرعه، پیش روی و پس‌روی آب اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل ۲۲۲ آورده شده است. آبیاری اول از دو منبع آب چاه و میزان دبی به‌وسیله فلوم تیپ پنج ۳۵ لیتر در ثانیه اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری پیش‌روی آب در داخل فاروویی به‌طول ۶۰ متر اندازه‌گیری گردید. مدت‌زمان پیش‌روی آب در تیمار ۱۰ دقیقه حاصل شد. لازم به ذکر است که در این مزرعه شرکت با توجه به شرح خدمات خود منحنی نفوذ تجمعی و پیش‌روی و پس‌روی آب را در مزرعه تیمار اندازه‌گیری کرده است.



شکل ۲۲۱- نمودار نفوذ مزرعه خانم مریم آسیایی



شکل ۲۲۲- منحنی پیشروی و پسروی آبیاری اول مزرعه خانم مریم آسیایی (تیمار)

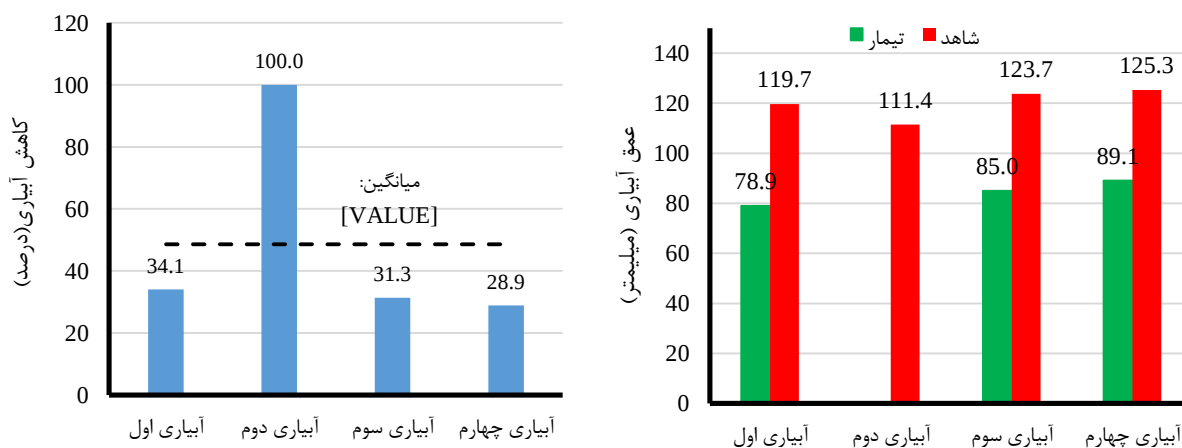
آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۷/۰۷/۲۲ صورت گرفت و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه خانم مریم آسیایی در جدول ۱۵۲ ارائه گردیده است. در مزرعه خانم مریم آسیایی در کل دوره رشد محصول ۴ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۱۵۲، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۷۸/۹ و ۱۱۹/۷ میلی‌متر بوده و نشان می‌دهد، آماده‌سازی بهینه زمین و تسطیح آن و کاشت با کف‌کار مخصوص اراضی شور به همراه تغییر روش آبیاری موجب کاهش قابل‌توجه ۳۴/۱ درصد عمق آب کاربردی گردیده است. آبیاری دوم از دو منبع آب چاه و میزان دبی به‌وسیله فلوم تیپ پنج ۴۰/۶۶ لیتر در ثانیه اندازه‌گیری شد. به دلیل بارندگی باران در مزرعه تیمار آبیاری صورت نگرفته ولی مزرعه شاهد آبیاری انجام داده است. مطابق جدول ۱۵۲، متوسط عمق آبیاری دوم در مزرعه شاهد ۱۱۱/۴۱ میلی‌متر بوده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۳۱/۳ درصد عمق آب کاربردی شده است (جدول ۱۵۲).

جدول ۱۵۲- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه خانم مریم آسیایی در مزارع تیمار و شاهد در آبیاری اول تا سوم

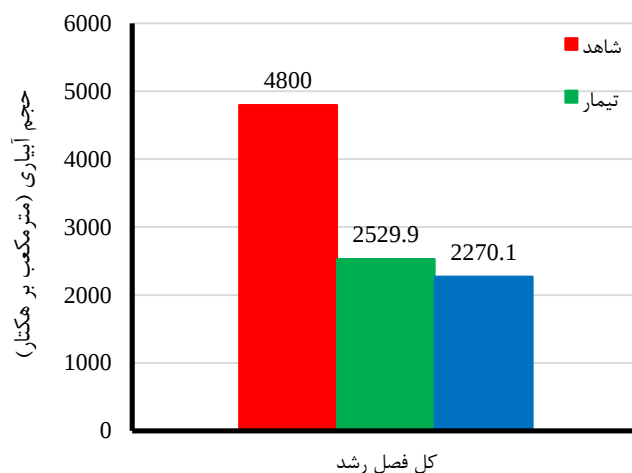
نوبت آبیاری	مزرعه مریم آسیایی	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	متوسط درصد رطوبت وزنی ناحیه ریشه قبل آبیاری (Θ_i)	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۳۴/۹۵	۲۷۰	-	۷۸/۹۴	۳۰*	۳۸
	شاهد	۳۴/۹۵	۴۵۰	-	۱۱۹/۷۰	۳۰*	۲۵/۱
آبیاری دوم	تیمار	۴۰/۶۶	۳۶۰	۱۰/۰۳	۱۱۱/۴۱	۵۰	۴۴/۸۷
	شاهد	۳۳/۸۶	۳۰۰	۱۶/۸۵	۸۴/۹۷	۴۵/۹۶	۵۴/۰۹
آبیاری سوم	تیمار	۳۳/۸۶	۴۸۰	۱۴/۴۱	۱۲۳/۶۹	۶۴/۷۳	۵۲/۳۳
	شاهد	۳۳/۸۶	۴۸۰	۱۴/۴۱	۱۲۳/۶۹	۶۴/۷۳	۵۲/۳۳

* در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص مورد نیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۵۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

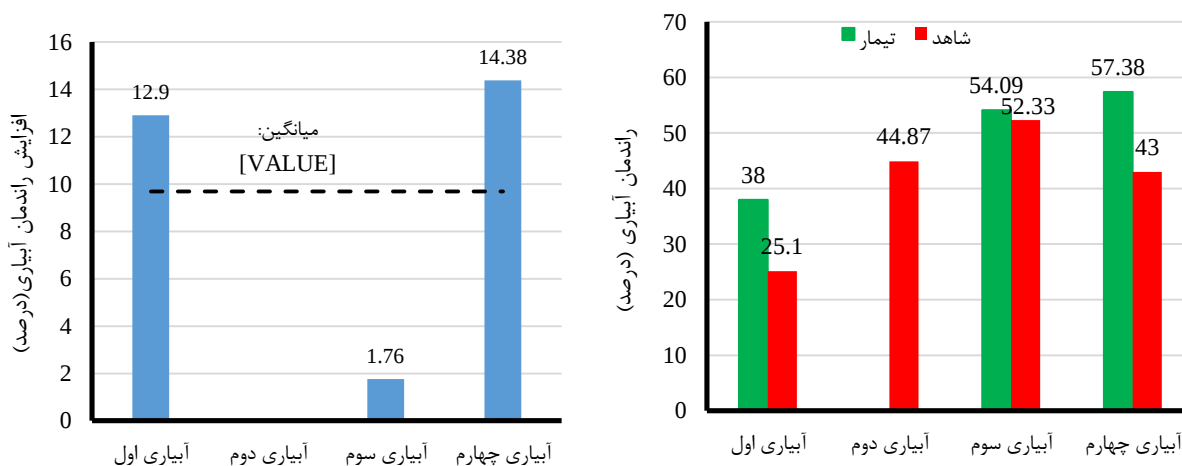
مزرعه تیمار طی فصل رشد محصول در سه نوبت آبیاری و مزرعه شاهد نیز چهار نوبت مورد آبیاری قرار گرفت. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۲۲۳ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آبیاری تیمار نسبت به شاهد طی چهار آبیاری این مزرعه، حدود ۴۸/۶ درصد محاسبه شد. مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی چهار آبیاری پایش شده، در شکل ۲۲۵ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۹/۷ درصد به دست آمد.



شکل ۲۲۳- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش مصرف آب تیمار و شاهد در مزرعه خانم مریم آسیایی طی آبیاری‌های مختلف

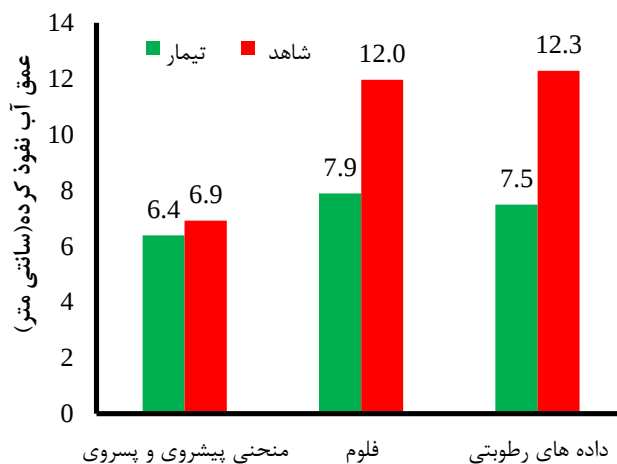


شکل ۲۲۴- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه خانم مریم آسیایی



شکل ۲۲۵- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در تیمار و شاهد مزرعه خانم مریم آسیایی و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

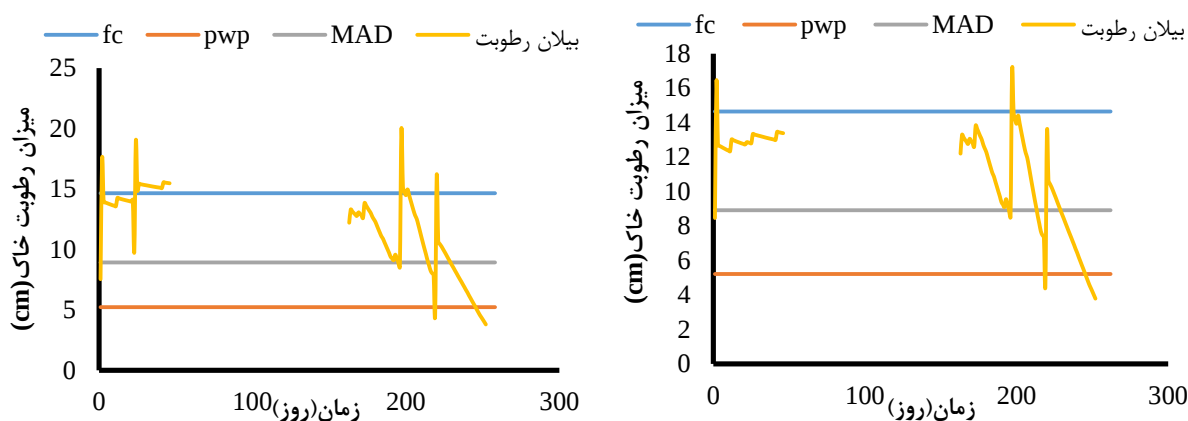
با استفاده از منحنی پیش‌روی و پس‌روی فرصت زمان نفوذ را به دست آورده و سپس در معادله نفوذ که از محاسبه داده‌های دابل رینگ به‌دست‌آمده جاگذاری کرده و عمق آب نفوذ یافته محاسبه شد. در اینجا عمق آب نفوذ کرده در آبیاری اول تیمار و شاهد به ترتیب ۶/۴ و ۶/۹ سانتی‌متر محاسبه گردید (شکل ۲۲۶). در شکل ۲۲۷ منحنی بیلان رطوبت در مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است.



شکل ۲۲۶- میزان عمق آب برآورده شده از روش‌های مختلف در آبیاری اول مزرعه خانم مریم آسیایی

شاهد

تیمار



شکل ۲۲۷- گراف بیان آب مزرعه خانم مریم آسیایی

میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب در جدول ۱۵۳ ارائه شده است. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه خانم آسیایی به ترتیب ۲۵۲۹/۹ و ۴۸۰۰ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری ۴۷/۳ درصد است. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۳۷۰۰ و ۳۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد.

جدول ۱۵۳- مقادیر عملکرد محصول، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه خانم مریم آسیایی

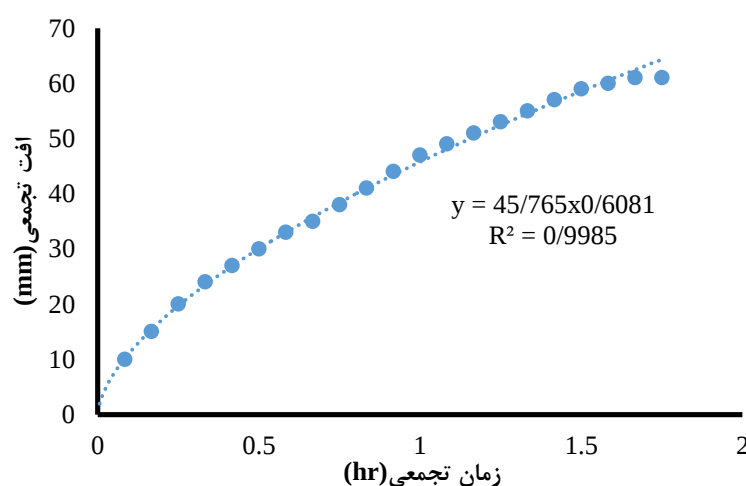
نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۳۷۰۰	۲۵۲۹/۹	۱/۵
شاهد	۳۰۰۰	۴۸۰۰	۰/۶۳

مساحت این مزرعه در بخش تیمار و شاهد به ترتیب $1/3$ و $0/4$ هکتار بوده و تحت کشت گندم می‌باشد. قسمت شاهد مزرعه به صورت غرقابی آبیاری شده و در بخش تیمار نیز از تکنیک آبیاری شیاری استفاده شد. تکنیک مورد استفاده در مزرعه تیمار، آماده‌سازی زمین با استفاده از خاک‌ورز حفاظتی و لولر بود و کاشت با استفاده از دستگاه کف کار مخصوص اراضی شور صورت پذیرفت. طول و عرض نوارها در قسمت تیمار به ترتیب 55 و $0/5$ متر (فاصله جویچه‌ها) در نظر گرفته شد. در قسمت شاهد نیز طول 58 متر و عرض آن 5 متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۱۵۴ ارائه شده است.

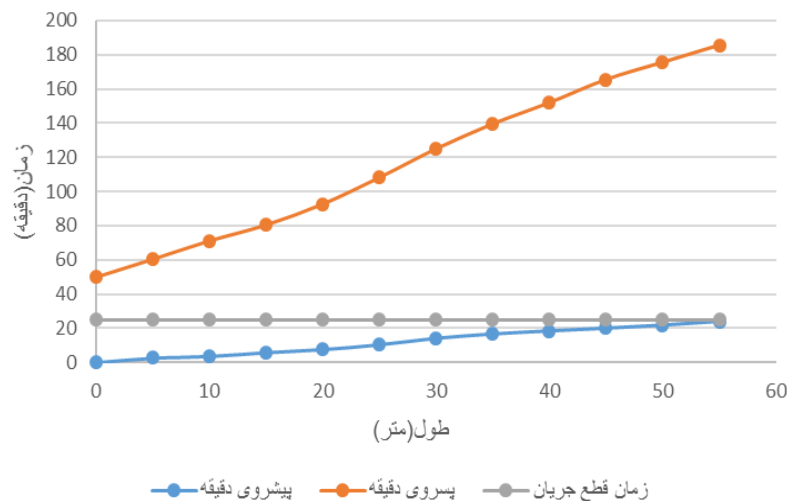
جدول ۱۵۴- مشخصات مزارع مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه آقای قوچعلی راشدی

مزرعه راشدی	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (درصد)	شرایط انتها
تیمار	شیاری	$0/5 \times 55$	$0/2$	بسته
شاهد	کرتی- غرقابی	5×58	$0/2$	بسته

به منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در مورخ $97/8/5$ در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به صورت منحنی در 228 آورده شده است. در مزرعه آقای قوچعلی راشدی در مورخ $97/8/10$ هم‌زمان با آبیاری اول مزرعه، پیش روی و پس‌روی آب اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل 229 آورده شده است. اندازه‌گیری پیش‌روی آب در داخل فارویی به طول 55 متر اندازه‌گیری گردید. لازم به ذکر است که در این مزرعه شرکت با توجه به شرح خدمات خود منحنی نفوذ تجمعی و پیش‌روی و پس‌روی آب را در مزرعه تیمار اندازه‌گیری کرده است.



شکل ۲۲۸- نمودار نفوذ مزرعه آقای قوچعلی راشدی



شکل ۲۲۹- منحنی پیشروی و پسروی آبیاری اول مزرعه آقای قوچعلی راشدی (تیمار)

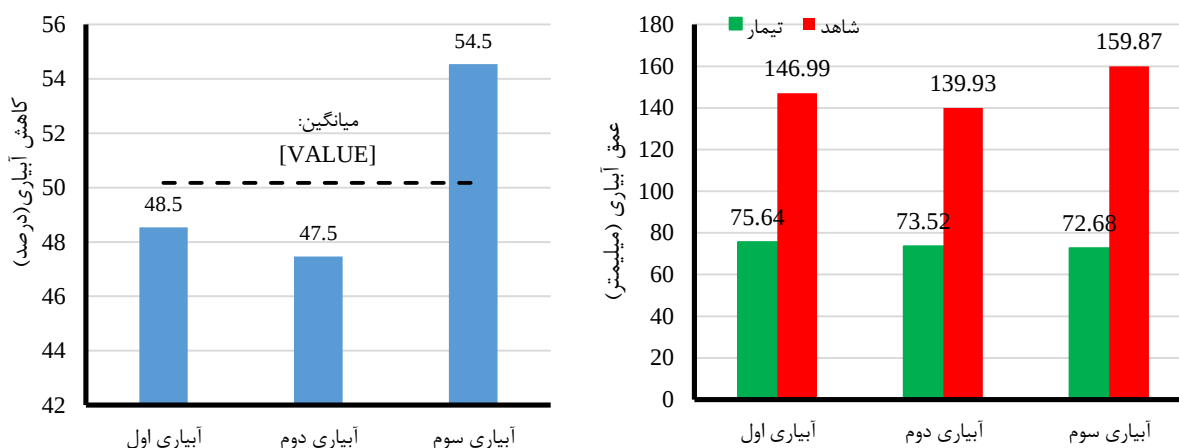
آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۷/۸/۱۰ صورت گرفت و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه آقای قوچعلی راشدی در جدول ۱۵۵ ارائه گردیده است. در مزرعه آقای قوچعلی راشدی در کل دوره رشد محصول ۳ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۱۵۵، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۷۵/۶۴ و ۱۴۶/۹۹ میلی‌متر بوده و نشان می‌دهد، آماده‌سازی بهینه زمین و تسطیح آن و کاشت با کف‌کار مخصوص اراضی شور به همراه تغییر روش آبیاری موجب کاهش قابل توجه ۴۸/۵ درصد عمق آب کاربردی گردیده است. مطابق جدول ۱۵۵، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۴۰/۰۹ و ۵۳/۶۸ میلی‌متر بوده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۵۴/۵ درصد عمق آب کاربردی شده است (جدول ۱۵۵).

جدول ۱۵۵- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه آقای قوچعلی راشدی در مزارع تیمار و شاهد در آبیاری اول تا سوم

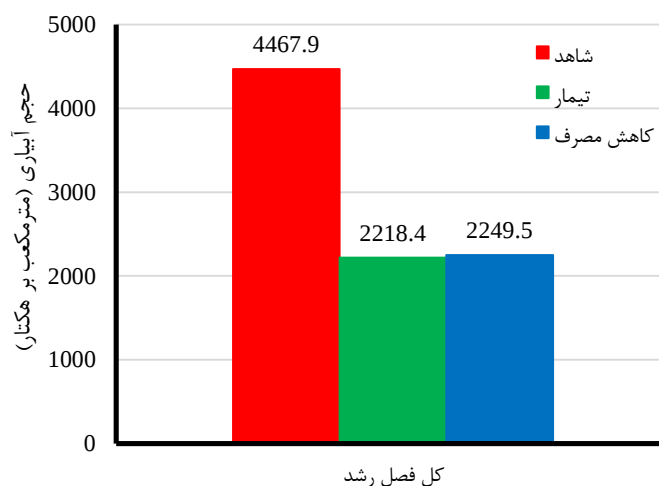
نوبت آبیاری	مزرعه قوچعلی راشدی	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	متوسط درصد رطوبت وزنی ناحیه ریشه قبل آبیاری (θ_i)	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۱۴/۹۲	۱۱۴۰	-	۷۵/۶۴	۳۰*	۳۹/۶۵
	شاهد	۱۶/۶۹	۶۰۰	-	۱۴۶/۹۹	۳۰*	۲۰/۴۱
آبیاری دوم	تیمار	۱۶/۶۹	۹۹۰	۲۰/۸۲	۷۳/۵۲	۴۰/۰۹	۵۴/۵
	شاهد	۱۳/۲۴	۷۲۰	۱۸/۹۲	۱۳۹/۹۳	۵۳/۶۸	۳۸/۳۶
آبیاری سوم	تیمار	۲۲/۶۹	۷۲۰	۱۷/۶۷	۷۲/۶۸	۳۶/۱۳	۴۹/۷۱
	شاهد	۲۲/۶۹	۴۸۰	۱۵/۴۹	۱۵۹/۸۷	۶۴/۰۸	۴۰/۰۸

*در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

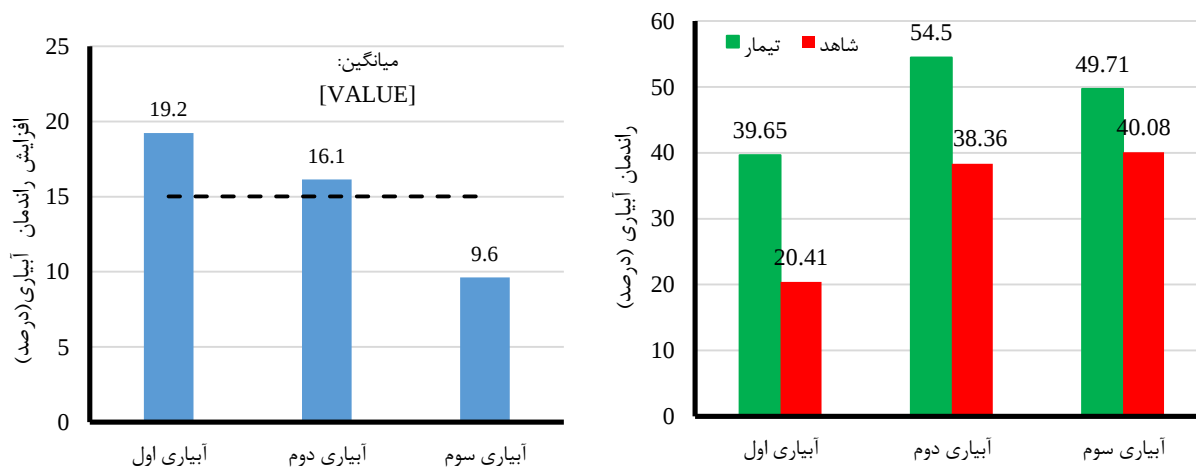
مزرعه تیمار و شاهد طی فصل رشد محصول در سه نوبت مورد آبیاری قرار گرفتند. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۲۳۰ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آبیاری تیمار نسبت به شاهد طی چهار آبیاری این مزرعه، حدود ۴۸/۶ درصد محاسبه شد. مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی چهار آبیاری پایش شده، در شکل ۲۳۲ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۹/۷ درصد به دست آمد.



شکل ۲۳۰- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش مصرف آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای قوچعلی راشدی طی آبیاری‌های مختلف

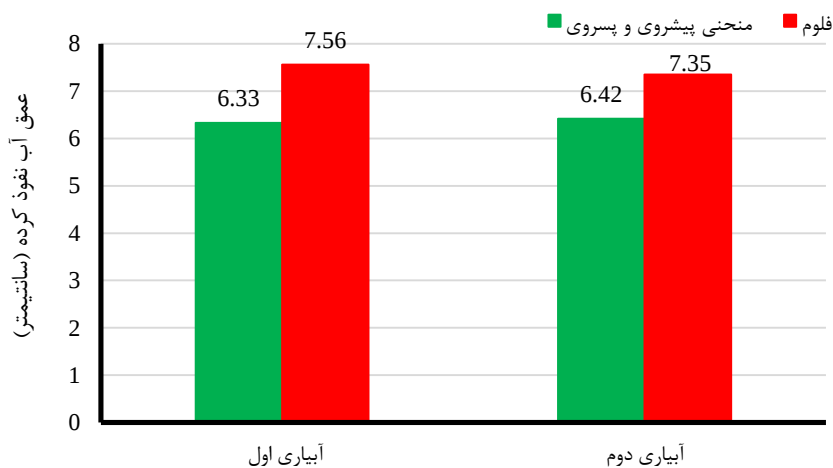


شکل ۲۳۱- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه آقای قوچعلی راشدی



شکل ۲۳۲- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در تیمار و شاهد مزرعه آقای قوچعلی راشدی و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

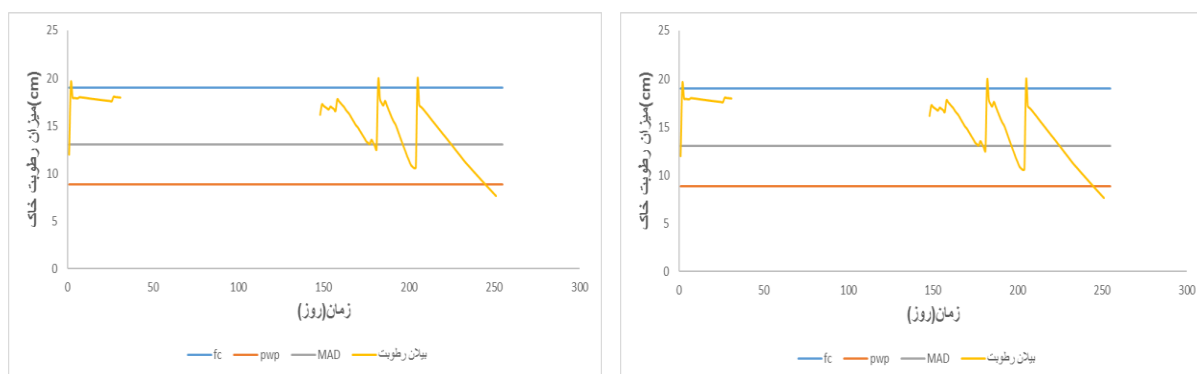
با استفاده از منحنی پیش‌روی و پس‌روی فرصت زمان نفوذ را به دست آورده و سپس در معادله نفوذ که از محاسبه داده‌های دابل رینگ به دست آمده جاگذاری کرده و عمق آب نفوذ یافته محاسبه شد. در اینجا عمق آب نفوذ کرده در آبیاری اول تیمار به روش منحنی پیش‌روی و پس‌روی $6/33$ سانتی‌متر محاسبه گردید (شکل ۲۳۳). در شکل ۲۳۴ منحنی بیلان رطوبت در مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است.



شکل ۲۳۳- میزان آب برآورده شده از منحنی پیش‌روی و پس‌روی و فلوم مزرعه آقای قوچعلی راشدی (تیمار)

شاهد

تیمار



شکل ۲۳۴- گراف بیلان آب مزرعه آقای قوچعلی راشدی

در جدول ۱۵۶ میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه آقای راشدی به ترتیب ۲۲۱۸/۴ و ۴۴۶۷/۹ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری ۵۰/۳۴ درصد است. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۳۰۰۰ و ۲۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد.

جدول ۱۵۶- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای قوچعلی راشدی

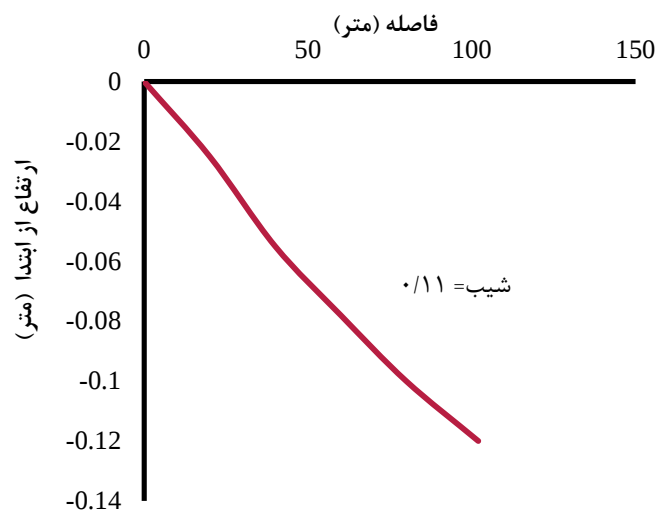
نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	میزان آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۳۰۰۰	۲۲۱۸/۴	۱/۳۵
شاهد	۲۲۰۰	۴۴۶۷/۹	۰/۴۹

۵-۳-۳- نتایج مزرعه آقای مصطفی اصغرزاده

مساحت این مزرعه در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۴ و ۰/۳ هکتار بوده و تحت کشت گندم می‌باشد. قسمت شاهد مزرعه به‌صورت غرقابی (کرتی) آبیاری شده و در بخش تیمار نیز از تکنیک آبیاری شیاری استفاده شد. تکنیک مورد استفاده در مزرعه تیمار، آماده‌سازی زمین با استفاده از خاک ورز سه‌کاره و لولر بود و کاشت با استفاده از یک دستگاه کف کار صورت پذیرفت. کشت سال قبل در این مزرعه آیش بوده است. طول و عرض نوارها در قسمت تیمار به ترتیب ۳۲ و ۴ متر (فاصله جویچه‌ها) در نظر گرفته شد. در قسمت شاهد نیز طول ۲۵ متر و عرض آن ۳ متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به‌صورت جدول ۱۵۷ ارائه شده است. پروفیل شیب مزرعه تیمار در جهت نوار آبیاری در شکل ۲۳۵ ارائه شده است. متوسط شیب مزرعه در جهت نوار آبیاری برابر با ۰/۱۱ درصد محاسبه گردید.

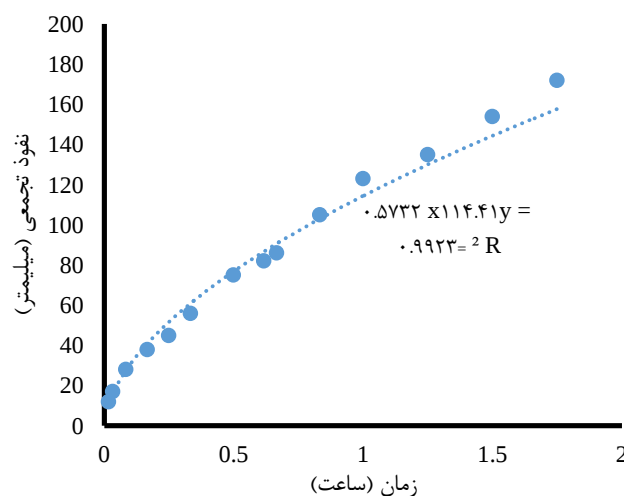
جدول ۱۵۷- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار (با سه تکرار) و شاهد در مزرعه آقای اصغرزاده

مزرعه	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (%)	شرایط انتها
تیمار	شیاری (فاروئری)	۴×۳۲	۰/۱۱	بسته
شاهد	کرتی	۳×۲۵	۰/۵	بسته

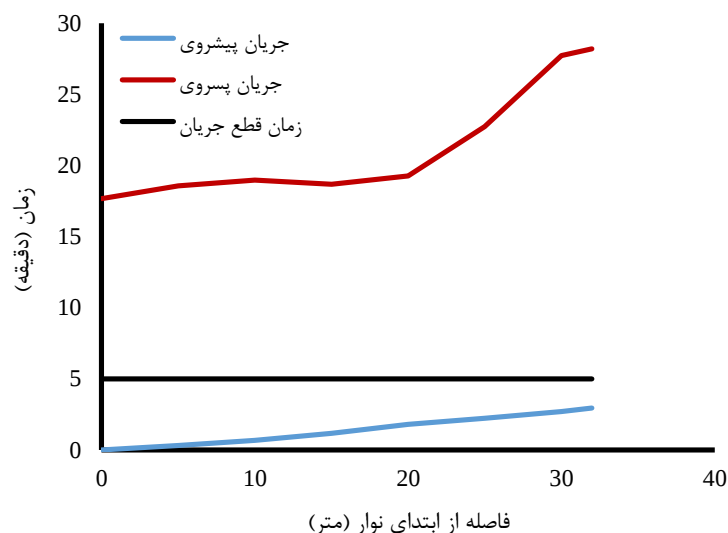


شکل ۲۳۵- پروفیل شیب زمین مزرعه آقای مصطفی اصغرزاده

به منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در مورخ ۹۷/۷/۲۳ در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به صورت منحنی در ۲۳۶ آورده شده است. در مزرعه آقای مصطفی اصغرزاده در مورخ ۹۷/۷/۲۵ هم‌زمان با آبیاری اول مزرعه، پیش روی و پس‌روی آب اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل ۲۳۷ آورده شده است. آبیاری اول با منبع آب چاه و با متوسط دبی ۲۷/۵ لیتر در ثانیه توسط فلوم اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که در این مزرعه شرکت با توجه به شرح خدمات خود منحنی نفوذ تجمعی و پیش‌روی و پس‌روی آب را در مزرعه تیمار اندازه‌گیری کرده است.



شکل ۲۳۶- منحنی و معادله نفوذپذیری مزرعه آقای مصطفی اصغرزاده



شکل ۲۳۷- منحنی پیش‌روی و پس‌روی آب آبیاری اول مزرعه آقای مصطفی اصغرزاده

آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۷/۷/۲۵ صورت گرفت و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه آقای مصطفی اصغرزاده در جدول ۱۵۸ ارائه گردیده است. در مزرعه آقای مصطفی اصغرزاده در کل دوره رشد محصول ۳ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۱۵۸، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۶۸ و ۹۷/۴ میلی‌متر بوده و نشان می‌دهد، آماده‌سازی بهینه زمین و کاشت کف‌کار فاروئردار به همراه تغییر روش آبیاری موجب کاهش قابل‌توجه ۳۰/۲ درصد عمق آب کاربردی گردیده است. آبیاری دوم با منبع آب چاه و با متوسط دبی ۲۶ لیتر در ثانیه در مزرعه تیمار و ۲۴ لیتر بر ثانیه در مزرعه شاهد توسط فلوم اندازه‌گیری شد. مطابق جدول ۱۵۸، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۹۷/۴ و ۱۱۵/۳ میلی‌متر بوده است. آبیاری سوم با منبع آب چاه و با متوسط دبی ۲۶ لیتر در ثانیه در مزرعه تیمار و ۲۵ لیتر بر ثانیه در مزرعه شاهد توسط فلوم اندازه‌گیری شد. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۲۴/۶ درصد عمق آب کاربردی شده است (جدول ۱۵۸).

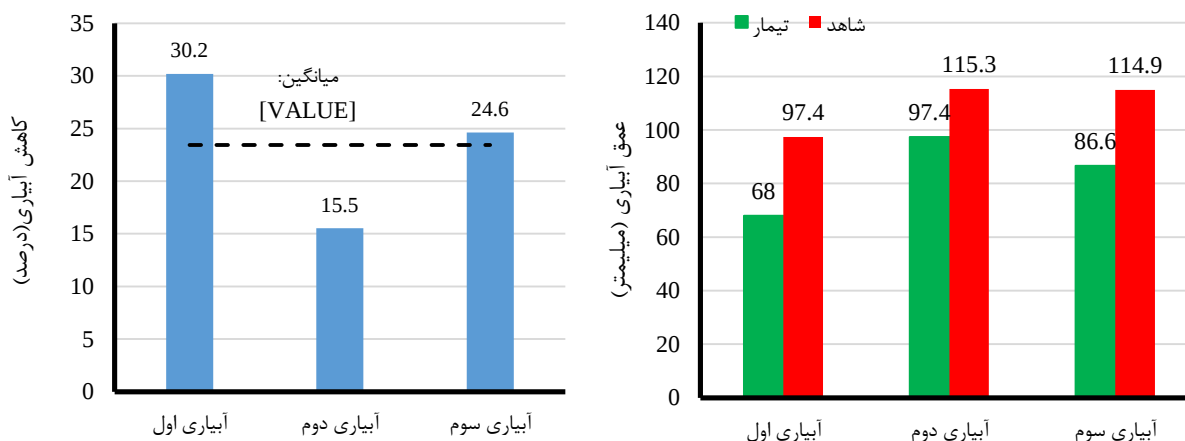
جدول ۱۵۸- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه آقای مصطفی اصغرزاده در تیمار و شاهد در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه مصطفی اصغرزاده	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۲۷/۲۵	۱۸۰	۶۸	۳۰*	۴۴/۱
	شاهد	۲۷/۲۵	۲۱۰	۹۷/۴	۳۰*	۳۰/۸
آبیاری دوم	تیمار	۲۶	۲۷۰	۹۷/۴	۴۵	۴۶/۲
	شاهد	۲۳/۸۷	۲۸۵	۱۱۵/۳	۴۶	۳۹/۹

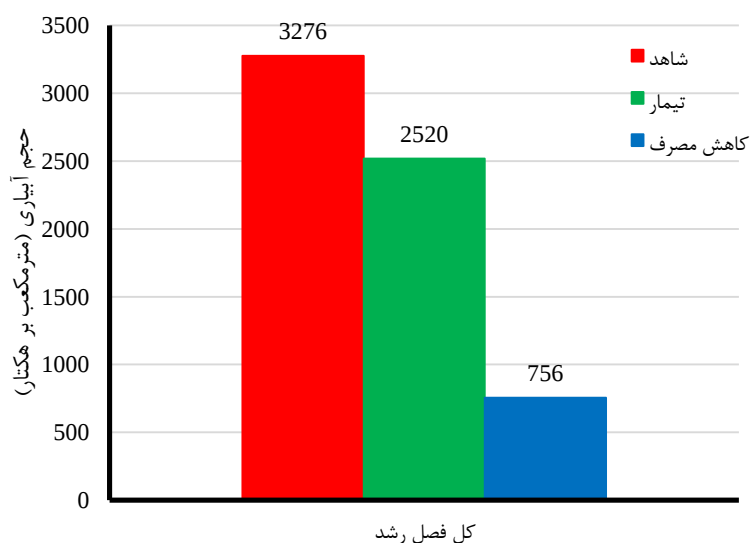
۵۵/۴	۴۸	۸۶/۶	۲۴۰	۲۶	تیمار	آبیاری سوم
۴۴/۴	۵۱	۱۱۴/۹	۲۷۰	۲۴/۹	شاهد	

* در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص مورد نیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

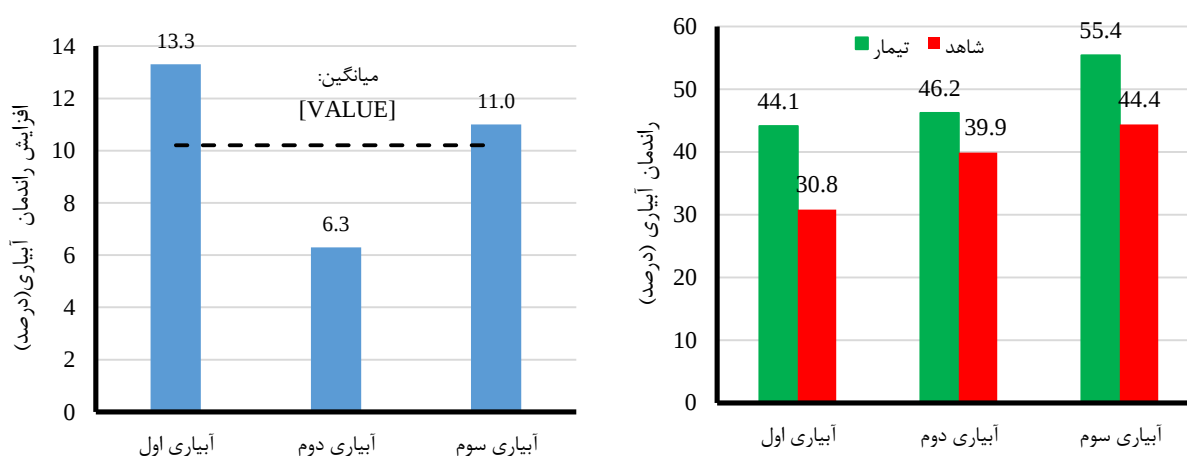
مزرعه تیمار و شاهد طی فصل رشد محصول در سه نوبت مورد آبیاری قرار گرفتند. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۲۳۸ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آبیاری تیمار نسبت به شاهد طی چهار آبیاری این مزرعه، حدود ۲۳/۴ درصد محاسبه شد. مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی چهار آبیاری پایش شده، در شکل ۲۴۰ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۰/۲ درصد به دست آمد.



شکل ۲۳۸- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش مصرف آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای مصطفی اصغرزاده طی آبیاری‌های مختلف

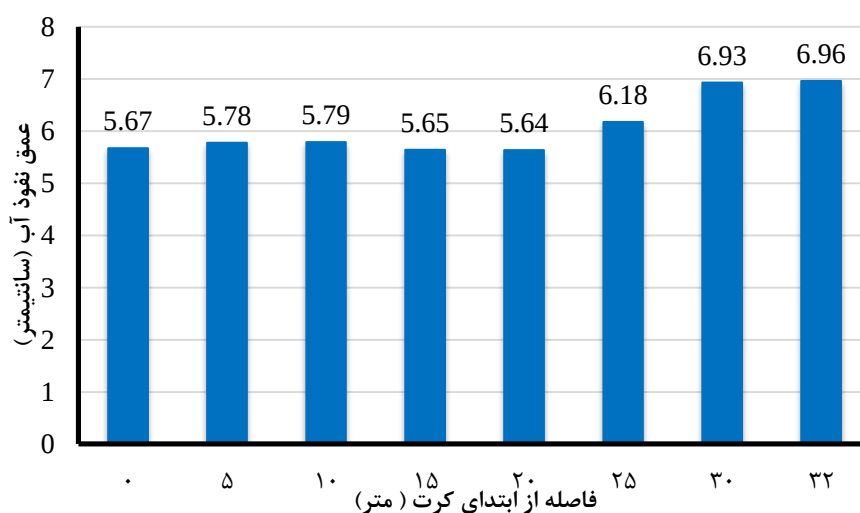


شکل ۲۳۹- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه آقای مصطفی اصغرزاده

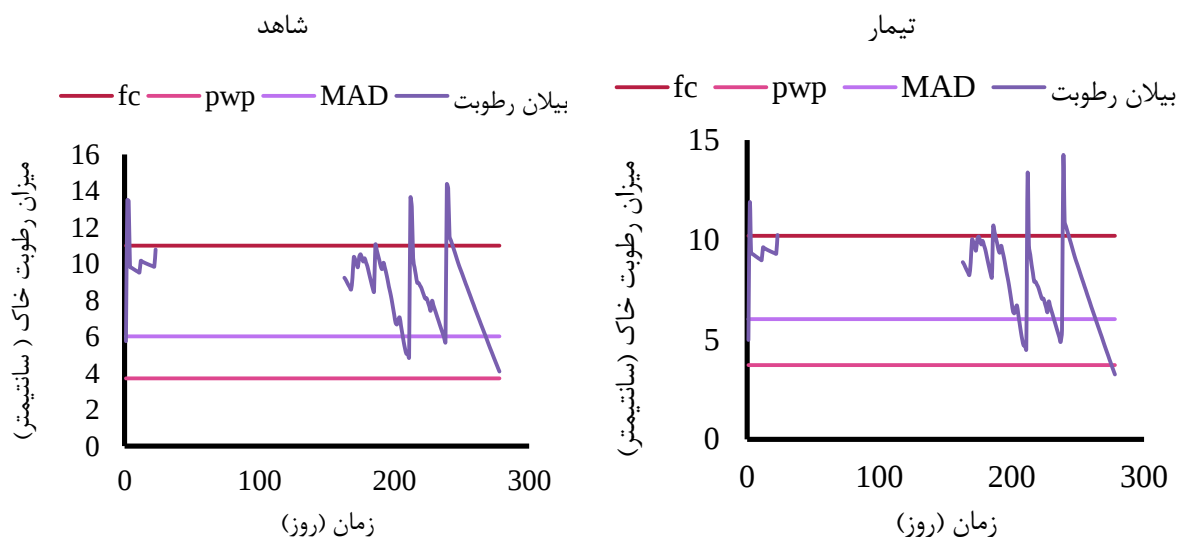


شکل ۲۴۰- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در تیمار و شاهد مزرعه آقای مصطفی اصغرزاده و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

در شکل ۲۴۱ میزان آب آبیاری برآوردشده از طریق منحنی پیش‌روی و پس‌روی و معادله نفوذ به ترتیب در آبیاری اول نشان داده شده است. مطابق شکل ۲۴۱ متوسط عمق نفوذ کرده آب در آبیاری اول معادل ۶/۰۸ سانتی‌متر می‌باشد. در شکل ۲۴۲ نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه نشان داده شده است. در جدول ۱۵۹ میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه آقای مصطفی اصغرزاده به ترتیب ۲۵۲۰ و ۳۲۷۶ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری ۲۳/۴ درصد است. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۶۰۰۰ و ۵۹۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد.



شکل ۲۴۱- میزان آب برآوردشده از طریق منحنی پیش‌روی و پس‌روی و معادله نفوذ برای اولین آبیاری مزرعه آقای مصطفی اصغرزاده



شکل ۲۴۲- نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه مزرعه آقای مصطفی اصغرزاده

جدول ۱۵۹- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای مصطفی اصغرزاده

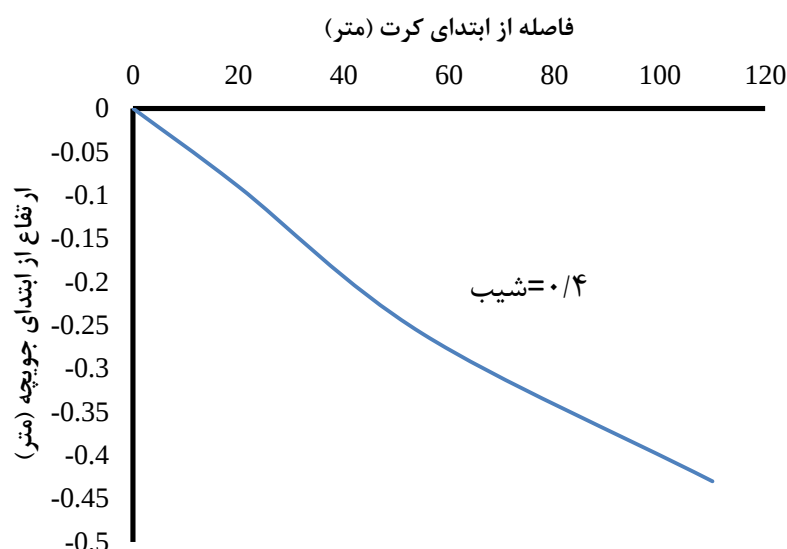
نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۶۰۰	۲۵۲۰	۲/۴
شاهد	۵۹۰۰	۳۲۷۶	۱/۸

۵-۳-۴- نتایج مزرعه آقای محرم زینال نژاد

مساحت این مزرعه در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۵۶ و ۰/۴۸ هکتار بوده و تحت کشت گندم می‌باشد. قسمت شاهد مزرعه به صورت غرقابی (کرتی) آبیاری شده و در بخش تیمار نیز از تکنیک آبیاری شیاری استفاده شد. تکنیک مورد استفاده در مزرعه تیمار، آماده‌سازی زمین با استفاده از خاک ورز سه‌کاره و لولر بود و کاشت با استفاده از یک دستگاه کف کار صورت پذیرفت. کشت سال قبل در این مزرعه سیر بوده است. طول و عرض نوارها در قسمت تیمار به ترتیب ۴۷ و ۵ متر (فاصله جویچه‌ها) در نظر گرفته شد. در قسمت شاهد نیز طول ۵۰ متر و عرض آن ۴ متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۱۶۰ ارائه شده است. پروفیل شیب مزرعه تیمار در جهت نوار آبیاری در شکل ۲۴۳ ارائه شده است. متوسط شیب مزرعه در جهت نوار آبیاری برابر با ۰/۴ درصد محاسبه گردید.

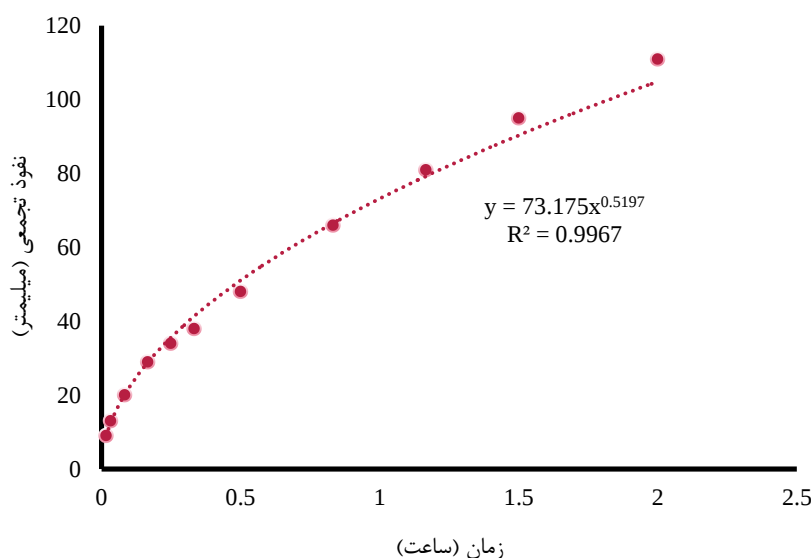
جدول ۱۶۰- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار (با سه تکرار) و شاهد در مزرعه آقای زینال نژاد

مزرعه	روش آبیاری	طول × عرض (m × m)	شیب طولی (درصد)	شرایط انتها
تیمار	شیاری (فاروثری)	۵ × ۴۷	۰/۴	بسته
شاهد	کرتی	۴ × ۵۰	۰/۵	بسته

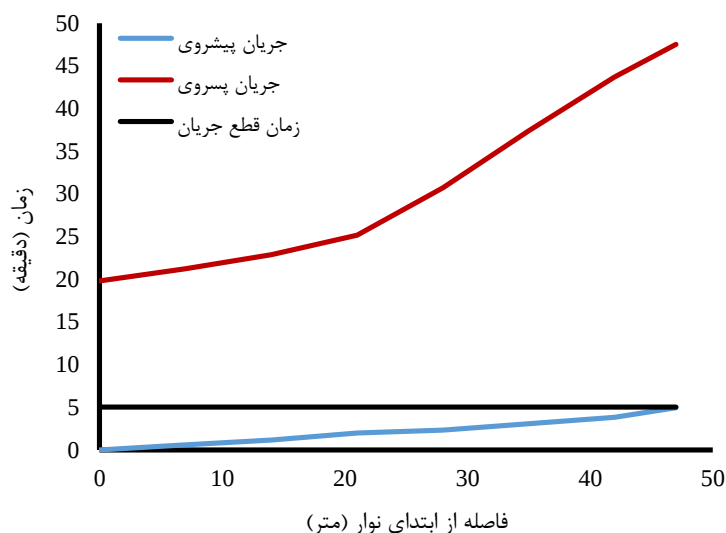


شکل ۲۴۳- پروفیل شیب زمین مزرعه آقای محرم زینال‌نژاد

به‌منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در مورخ ۹۷/۷/۲۳ در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به‌صورت منحنی در ۲۴۴ آورده شده است. در مزرعه آقای محرم زینال‌نژاد در مورخ ۹۷/۷/۲۵ هم‌زمان با آبیاری اول مزرعه، پیش‌روی و پس‌روی آب اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل ۲۴۵ آورده شده است. آبیاری اول با منبع آب چاه و با متوسط دبی ۳۱ لیتر در ثانیه توسط فلوم اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که در این مزرعه شرکت با توجه به شرح خدمات خود منحنی نفوذ تجمعی و پیش‌روی و پس‌روی آب را در مزرعه تیمار اندازه‌گیری کرده است.



شکل ۲۴۴- منحنی و معادله نفوذ مزرعه آقای محرم زینال‌نژاد



شکل ۲۴۵- منحنی پیشروی و پسروی آب آبیاری اول مزرعه آقای محرم زینال‌نژاد

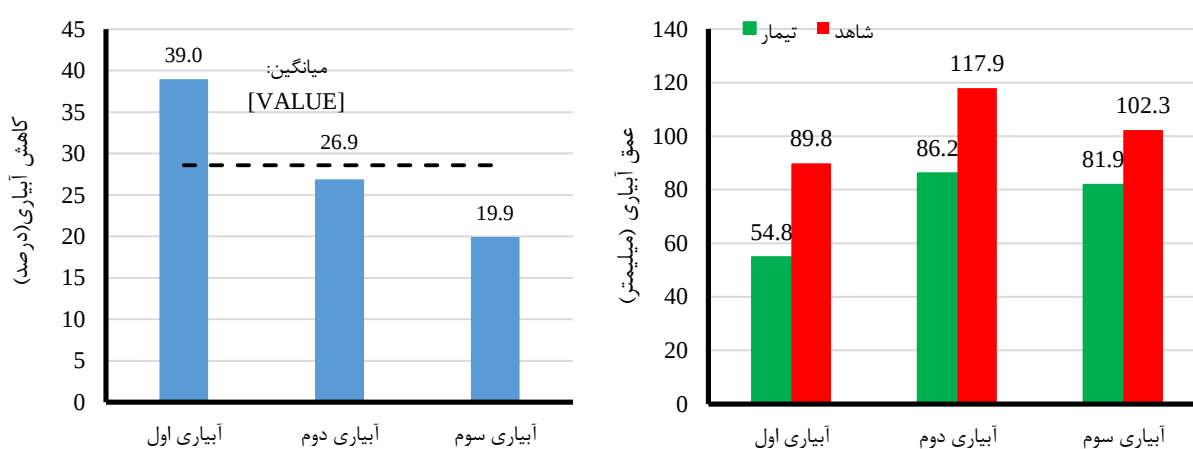
آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۷/۷/۲۵ صورت گرفت و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم آقای محرم زینال‌نژاد در جدول ۱۶۱ ارائه گردیده است. در مزرعه آقای محرم زینال‌نژاد در کل دوره رشد محصول ۳ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۱۶۱، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۵۴/۸ و ۸۹/۸ میلی‌متر بوده و نشان می‌دهد، آماده‌سازی بهینه زمین و کاشت کف‌کار فاروئردار به همراه تغییر روش آبیاری موجب کاهش قابل‌توجه ۳۹ درصد عمق آب کاربردی گردیده است. آبیاری دوم با منبع سیلاب و با متوسط دبی ۲۱ لیتر در ثانیه در مزرعه تیمار و ۲۶ لیتر بر ثانیه در مزرعه شاهد توسط فلوم اندازه‌گیری شد. مطابق جدول ۱۶۱، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۸۶/۲ و ۱۱۷/۹ میلی‌متر بوده است. آبیاری سوم با منبع سیلاب و با متوسط دبی ۲۵ لیتر در ثانیه در مزارع تیمار و شاهد توسط فلوم اندازه‌گیری شد. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۱۹/۹ درصد عمق آب کاربردی شده است (جدول ۱۶۱).

جدول ۱۶۱- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه آقای محرم زینال‌نژاد در تیمار و شاهد در آبیاری اول تا سوم

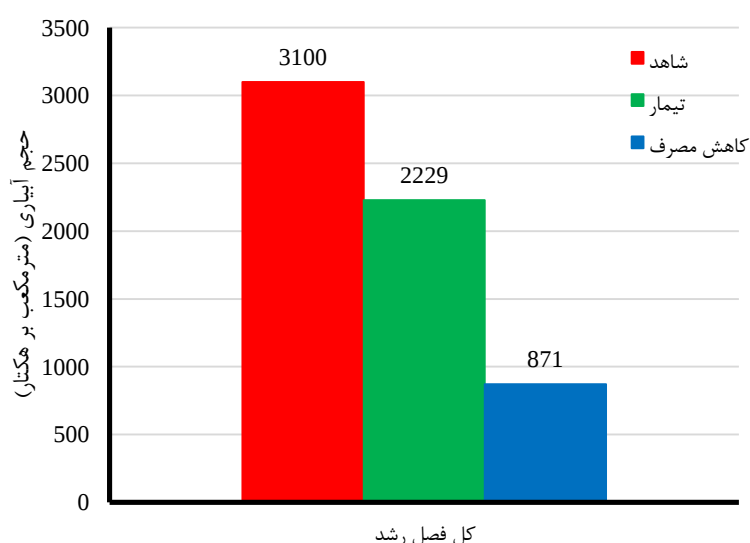
نوبت آبیاری	مزرعه محرم زینال‌نژاد	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۳۰/۹۶	۱۶۵	۵۴/۸	۳۰*	۵۴/۷
	شاهد	۲۳/۷۸	۳۰۰	۸۹/۸	۳۰*	۳۳/۴
آبیاری دوم	تیمار	۲۱	۳۹۰	۸۶/۲	۴۶/۴	۵۳/۸
	شاهد	۲۶	۳۶۰	۱۱۷/۹	۳۴	۲۸/۸
آبیاری سوم	تیمار	۲۵	۳۰۵	۸۱/۹	۴۵	۵۴/۹

شاهد	۲۵	۳۲۵	۱۰۲/۳	۴۸	۴۶/۹
*در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص مورد نیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.					

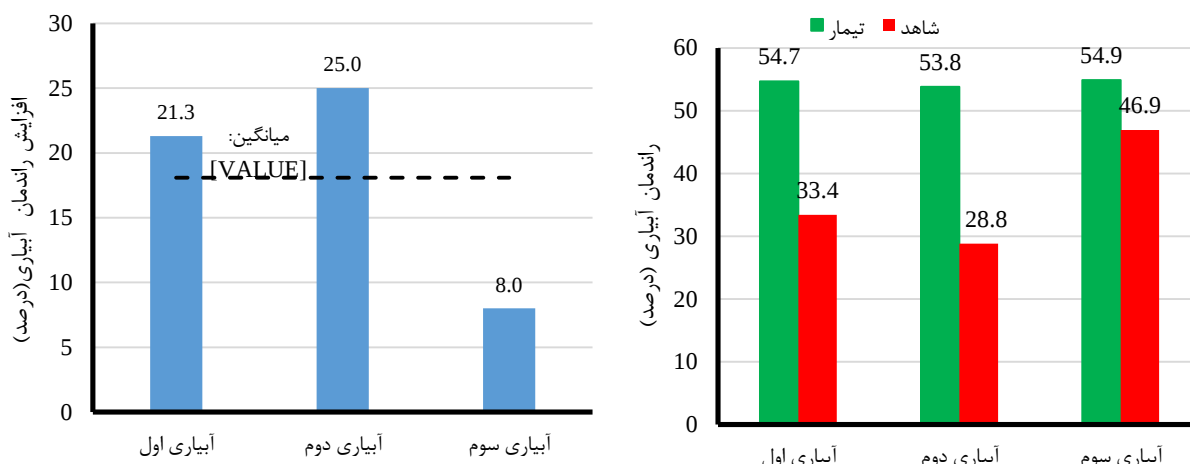
مزرعه تیمار و شاهد طی فصل رشد محصول در سه نوبت مورد آبیاری قرار گرفتند. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۲۴۶ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آبیاری تیمار نسبت به شاهد طی سه آبیاری این مزرعه، حدود ۲۸/۶ درصد محاسبه شد. مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی سه آبیاری پایش شده، در شکل ۲۴۸ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۸/۱ درصد به دست آمد.



شکل ۲۴۶- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش مصرف آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای محرم زینال‌نژاد طی آبیاری‌های مختلف

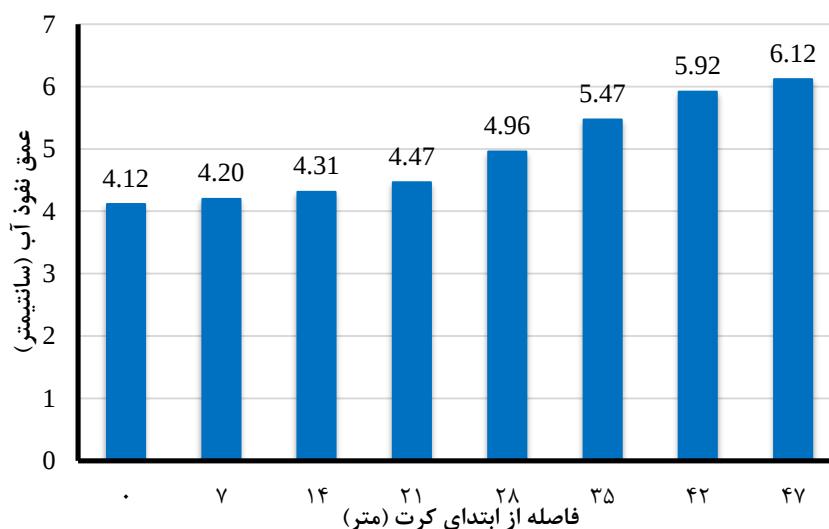


شکل ۲۴۷- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه آقای محرم زینال‌نژاد

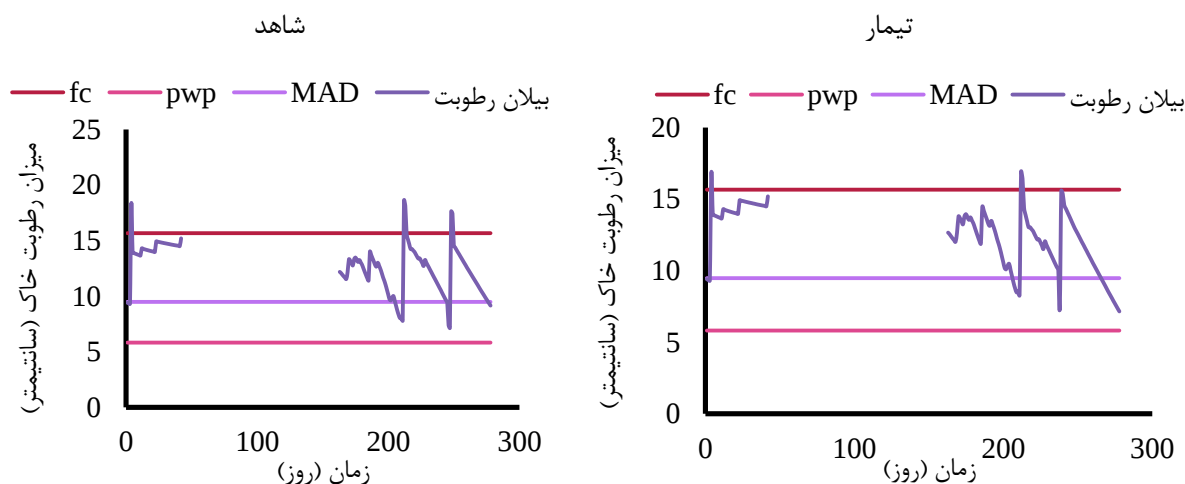


شکل ۲۴۸- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در تیمار و شاهد مزرعه آقای محرم زینال‌نژاد و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

در شکل ۲۴۹ میزان آب آبیاری برآوردشده از طریق منحنی پیش‌روی و پس‌روی و معادله نفوذ در آبیاری اول نشان داده شده است. مطابق شکل ۲۴۹ متوسط عمق نفوذ کرده آب در آبیاری اول معادل ۴/۹۵ سانتی‌متر می‌باشد. در شکل ۲۵۰ نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه نشان داده شده است. در جدول ۱۶۲ میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه آقای محرم زینال‌نژاد به ترتیب ۲۲۲۹ و ۳۱۰۰ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری ۲۸/۶ درصد است. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۷۶۰۰ و ۶۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد.



شکل ۲۴۹- میزان آب برآوردشده از طریق منحنی پیش‌روی و پس‌روی و معادله نفوذ برای اولین آبیاری مزرعه آقای محرم زینال‌نژاد



شکل ۲۵۲- نمودار بیان رطوبت در ناحیه ریشه مزرعه آقای محرم زینال‌نژاد

جدول ۱۶۲- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای محرم زینال‌نژاد

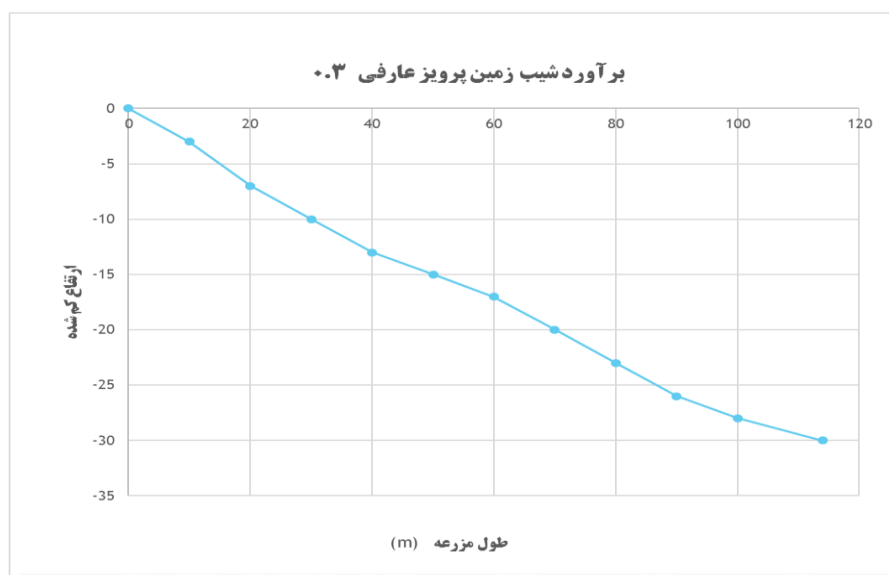
نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۷۶۰۰	۲۲۲۹	۳/۴
شاهد	۶۵۰۰	۳۱۰۰	۲/۱

۵-۳-۵- نتایج مزرعه آقای پرویز عارفی

مساحت این مزرعه در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۷ و ۰/۶۶ هکتار بوده و تحت کشت گندم می‌باشد. قسمت شاهد مزرعه به صورت غرقابی (کرتی) آبیاری شده و در بخش تیمار نیز از تکنیک آبیاری شیاری استفاده شد. تکنیک مورد استفاده در مزرعه تیمار علاوه بر تغییر روش آبیاری، تسطیح با استفاده از لولر لیزری و کشت بذر با استفاده از دستگاه بذرکار فاروئردار می‌باشد. سال قبل مزرعه تیمار به صورت آیش و کشت قبلی مزرعه شاهد گندم بود. طول و عرض نوارها در قسمت تیمار به ترتیب ۱۱۴ و ۰/۶ متر (فاصله جویچه‌ها) در نظر گرفته شد. در قسمت شاهد نیز طول ۲۵۸ متر و عرض آن ۳/۵ متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۱۶۳ ارائه شده است. پروفیل شیب مزرعه تیمار در جهت نوار آبیاری در شکل ۲۵۳ ارائه شده است. متوسط شیب مزرعه در جهت نوار آبیاری برابر با ۰/۳ درصد محاسبه گردید. به دلیل اینکه مزرعه تیمار و شاهد از یک مزرعه انتخاب شده شیب مزرعه تیمار و شاهد یکسان است.

جدول ۱۶۳- مشخصات مزارع مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه آقای عارفی

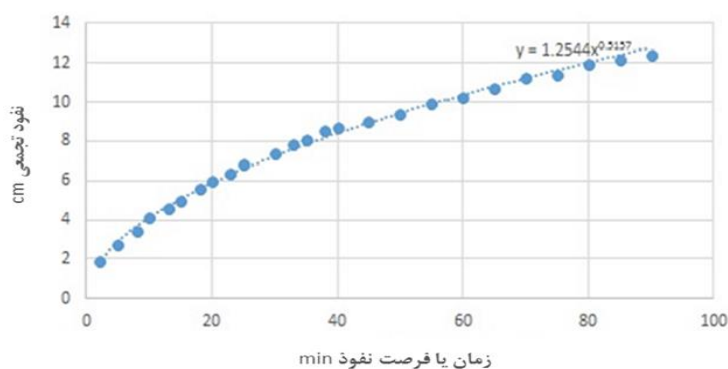
مزرعه آسیابی	روش آبیاری	طول×عرض (m×m)	شیب طولی (درصد)	شرایط انتها
تیمار	فاروئر	۰/۶×۱۱۴	۰/۳	بسته
شاهد	کرتی- غرقابی	۳/۵×۲۵۸	۰/۳	بسته



شکل ۲۵۳- پروفیل شیب زمین مزرعه پرویز عارفی

به منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در مورخ ۹۷/۸/۱۲ در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به صورت منحنی در ۲۵۴ آورده شده است. در مزرعه آقای پرویز عارفی در مورخ ۹۷/۸/۲۸ هم‌زمان با آبیاری اول مزرعه، پیش روی و پس‌روی آب اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل ۲۵۵ آورده شده است. آبیاری اول از دو منبع آب چاه و میزان دبی به وسیله فلوم تیپ پنج ۳۲/۸ لیتر در ثانیه اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است، به دلیل اینکه مزرعه تیمار و شاهد از یک مزرعه انتخاب شده نفوذ تجمعی یک مورد می‌باشد.

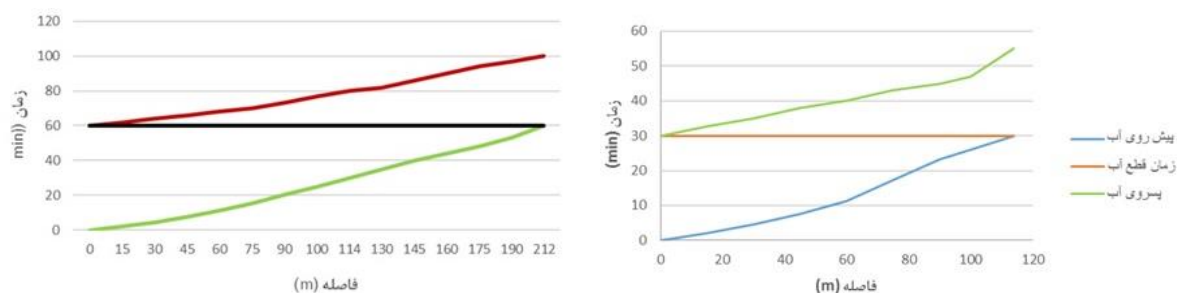
منحنی نفوذ آقای پرویز عارفی



شکل ۲۵۴- نمودار نفوذ مزرعه پرویز عارفی

شاهد

تیمار



شکل ۲۵۵- منحنی پیش‌روی و پس‌روی آبیاری اول در مزرعه پرویز عارفی

آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۷/۸/۲۸ صورت گرفت و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم آقای پرویز عارفی در جدول ۱۶۴ ارائه گردیده است. در مزرعه آقای پرویز عارفی در کل دوره رشد محصول ۳ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۱۶۴، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۸۳/۲ و ۱۱۱/۱۳ میلی‌متر بوده و نشان می‌دهد، آماده‌سازی بهینه زمین و تسطیح آن به همراه تغییر روش آبیاری موجب کاهش قابل توجه ۲۵/۱ درصد عمق آب کاربردی گردیده است. مطابق جدول ۱۶۴، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۰۷/۸۴ و ۱۵۲/۵ میلی‌متر بوده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۲۵/۷ درصد عمق آب کاربردی شده است (جدول ۱۶۴).

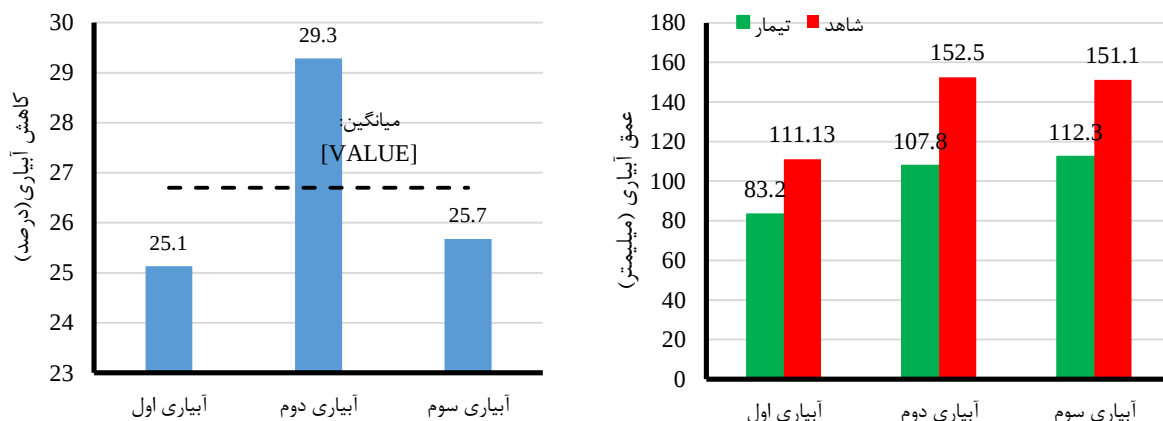
جدول ۱۶۴- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه آقای عارفی در مزارع تیمار و شاهد در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	پرویز عارفی	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	متوسط درصد رطوبت وزنی ناحیه ریشه قبل آبیاری (Θ_i)	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۲۷/۲۵	۳۶۰	۱۴/۷	۸۳/۲	۳۰*	۳۶/۱
	شاهد	۲۷/۲۵	۴۵۰	۱۵/۷	۱۱۱/۱۳	۳۰*	۲۷
آبیاری دوم	تیمار	۳۴/۹۵	۳۶۰	۲۱/۲	۱۰۷/۸۴	۴۱/۵	۳۸/۵
	شاهد	۳۴/۹۵	۴۸۰	۲۳/۴	۱۵۲/۵	۴۶/۷	۳۰/۶
آبیاری سوم	تیمار	۳۳/۵۹	۳۹۰	۲۰	۱۱۲/۳	۴۵/۴	۴۰/۴
	شاهد	۳۳/۵۹	۴۵۰	۲۴/۶	۱۵۱/۱	۵۱/۹	۳۴/۳

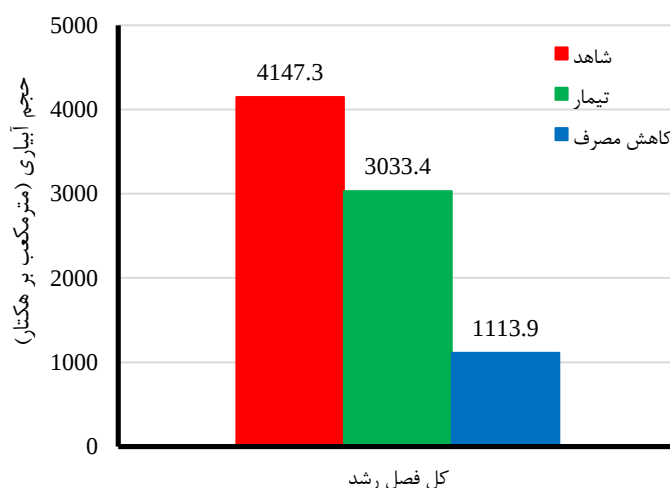
*در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

مزرعه تیمار و شاهد طی فصل رشد محصول در سه نوبت مورد آبیاری قرار گرفتند. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۲۵۶ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آبیاری تیمار نسبت به شاهد طی سه آبیاری این مزرعه، حدود ۲۶/۷ درصد محاسبه شد. مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی سه آبیاری پایش شده، در شکل ۲۵۸

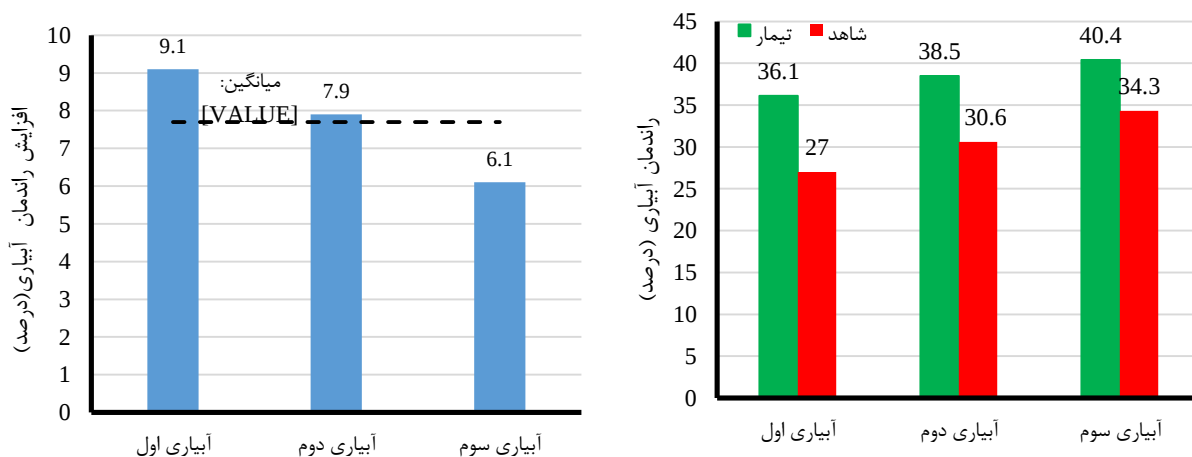
ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۷/۷ درصد به دست آمد.



شکل ۲۵۶- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش مصرف آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای پرویز عارفی طی آبیاری‌های مختلف

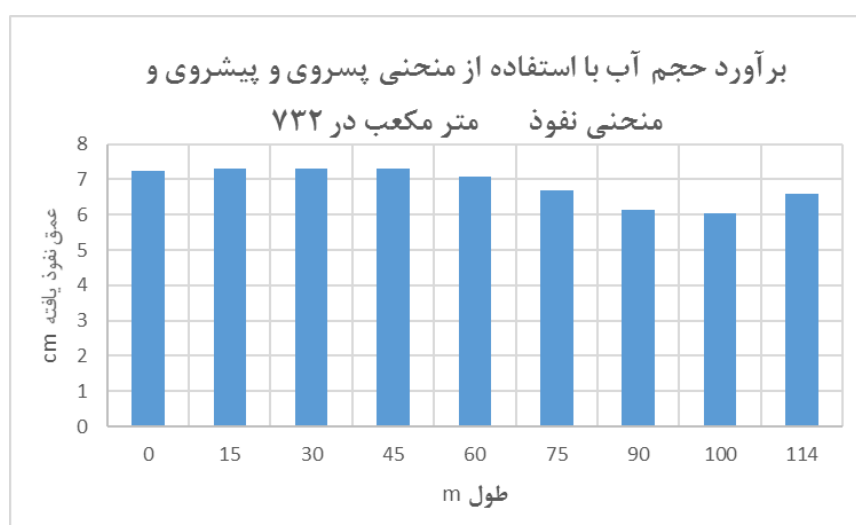


شکل ۲۵۷- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه آقای پرویز عارفی

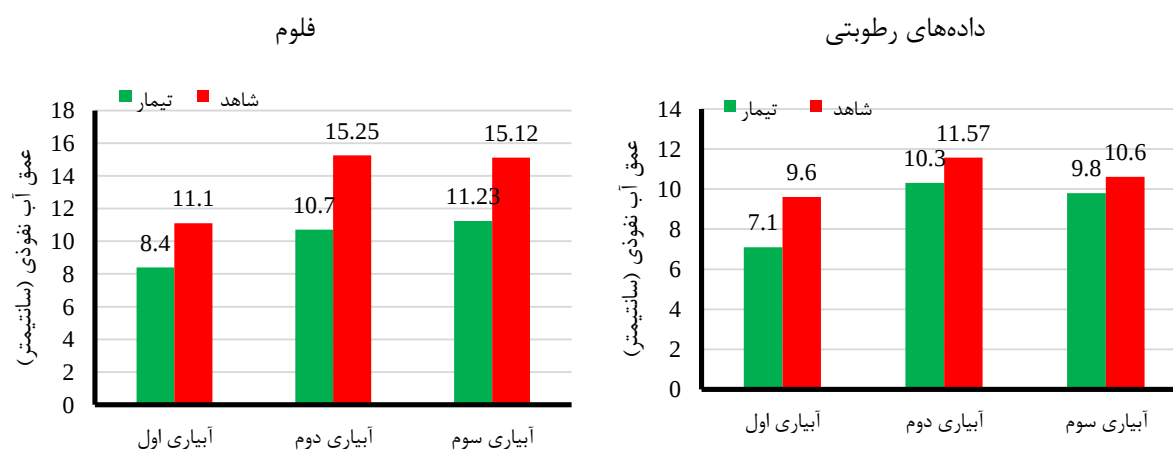


شکل ۲۵۸- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در تیمار و شاهد مزرعه آقای پرویز عارفی و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

در شکل ۲۵۹ میزان آب آبیاری برآورده شده از طریق منحنی پیش‌روی و پس‌روی و معادله نفوذ نشان داده شده است. همچنین میزان عمق آب نفوذی برآورده شده از روی داده‌های رطوبتی و فلوم در مزرعه تیمار و شاهد پرویز عارفی در شکل ۲۶۰ ارائه شده است. در شکل ۲۶۱ نمودار بیان رطوبت در ناحیه ریشه نشان داده شده است. در جدول ۱۶۵ میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه آقای پرویز عارفی به ترتیب $30.33/4$ و $41.47/3$ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری $29/3$ درصد است. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب 11000 و 8000 کیلوگرم بر هکتار به دست آمد.

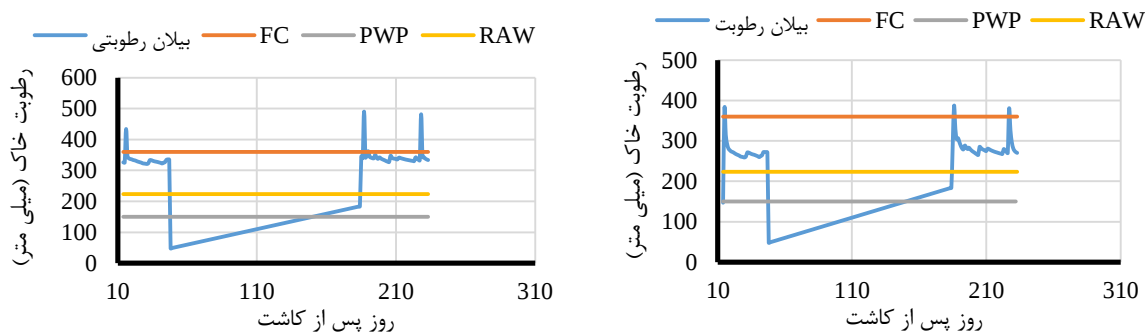


شکل ۲۵۹- میزان آب نفوذی برآورده شده از منحنی پیش‌روی و پس‌روی مزرعه پرویز عارفی



شکل ۲۶۰- میزان عمق آب نفوذی برآورده شده از روی داده‌های رطوبتی و فلوم در مزرعه تیمار و شاهد پرویز عارفی

شاهد تیمار



شکل ۲۶۱- منحنی بیلان رطوبتی مزرعه پرویز عارفی

جدول ۱۶۵- عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب در مزرعه تیمار و شاهد پرویز عارفی

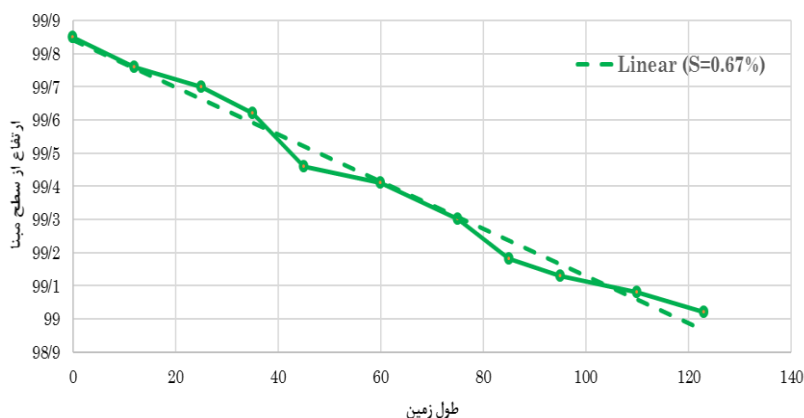
نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۱۱۰۰۰	۳۰۳۳/۴	۳/۶
شاهد	۸۰۰۰	۴۱۴۷/۳	۱/۹

۵-۳-۶- نتایج مزرعه آقای احمد ولی‌زاده

مساحت این مزرعه در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۴۵ و ۰/۵۵ هکتار بوده و تحت کشت گندم می‌باشد. قسمت شاهد مزرعه به‌صورت نواری آبیاری شده و در بخش تیمار نیز از تکنیک آبیاری شیاری استفاده شد. تکنیک‌های آماده‌سازی زمین با استفاده از گاوآهن و خاک‌ورز حفاظتی و لولر بود و کاشت با استفاده از یک دستگاه کف‌کار با ۵ کف در مزرعه تیمار صورت پذیرفت. در این حالت با توجه به عرض ردیف‌کار و تجربه کشاورز، عرض نوار برابر ۳ متر تعیین گردید (البته بر اساس شبیه‌سازی سیستم آبیاری سطحی با مدل WinSRFR نیز حدوداً همین مقدار عرض بهینه کفایت می‌نمود). طول و عرض نوارها در قسمت تیمار به ترتیب ۱۲۳ و ۳ متر (فاصله جویچه‌ها) در نظر گرفته شد. در قسمت شاهد نیز طول ۱۳۰ متر و عرض آن ۴/۵ متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به‌صورت جدول ۱۶۶ ارائه شده است. پروفیل شیب مزرعه در شکل ۲۶۲ ارائه شده است. متوسط شیب مزرعه در جهت نوار آبیاری برابر با ۰/۶۷ درصد محاسبه گردید. به دلیل اینکه مزرعه تیمار و شاهد از یک مزرعه انتخاب شده شیب مزرعه تیمار و شاهد یکسان است.

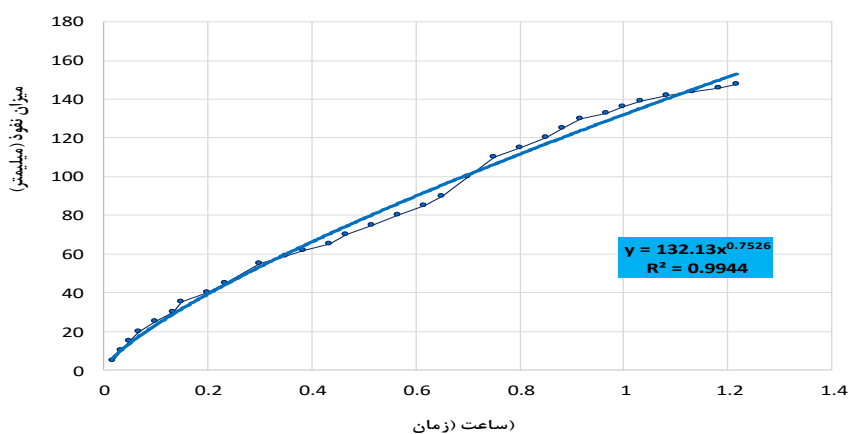
جدول ۱۶۶- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار (با سه تکرار) و شاهد در مزرعه آقای ولی‌زاده

مزرعه ولی‌زاده	روش آبیاری	طول × عرض (m × m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	شیاری	۳ × ۱۲۳	۰/۶۷	بسته
شاهد	نواری	۴/۵ × ۱۳۰	۰/۶۷	بسته

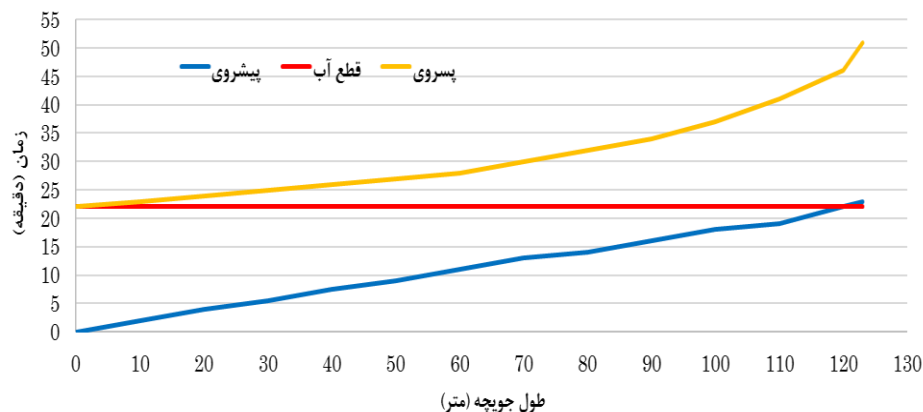


شکل ۲۶۲ - منحنی شیب مزرعه آقای ولی‌زاده

به‌منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در مورخ ۹۷/۷/۳۰ در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به‌صورت منحنی در ۲۶۳ آورده شده است. در مزرعه آقای ولی‌زاده در مورخ ۹۷/۸/۰۳ هم‌زمان با آبیاری اول مزرعه، پیش روی و پس‌روی آب اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل ۲۶۴ آورده شده است. آبیاری اول با منبع آب چاه و با متوسط دبی ۱۸/۶ لیتر در ثانیه توسط فلوم WSC تیپ ۵ اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است، به دلیل اینکه مزرعه تیمار و شاهد از یک مزرعه انتخاب شده نفوذ تجمعی یک مورد می‌باشد. همچنین منحنی پیش‌روی و پس‌روی مطابق شرح خدمات شرکت مسئول در مزرعه تیمار ارائه شده است.



شکل ۲۶۳ - منحنی نفوذپذیری خاک مزرعه آقای ولی‌زاده



شکل ۲۶۴- گراف پیشروی و پسروی آب در آبیاری اول مزرعه آقای ولی‌زاده

آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۷/۸/۰۳ صورت گرفت و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم آقای ولی‌زاده در جدول ۱۶۷ ارائه گردیده است. در مزرعه آقای ولی‌زاده در کل دوره رشد محصول ۴ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۱۶۷، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۵۱ و ۸۱ میلی‌متر بوده و نشان می‌دهد، آماده‌سازی بهینه زمین و تسطیح آن به همراه تغییر روش آبیاری موجب کاهش قابل توجه ۳۷ درصد عمق آب کاربردی گردیده است. مطابق جدول ۱۶۷، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۲۳/۹ و ۱۴۹/۶ میلی‌متر بوده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۲۹/۵ درصد عمق آب کاربردی شده است (جدول ۱۶۷).

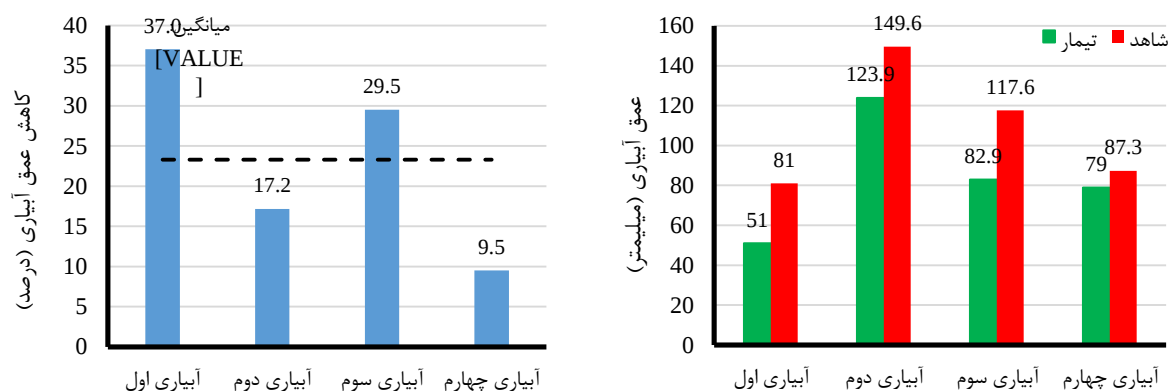
جدول ۱۶۷- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه آقای ولی‌زاده در تیمارها و شاهد در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه ولی‌زاده	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	متوسط درصد رطوبت وزنی ناحیه ریشه قبل آبیاری (Θ_i)	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۱۸/۶	۲۲	***	۵۱	۳۰*	۴۲/۹
	شاهد	۲۹/۷	۲۵	***	۸۱	۳۰*	۳۷
آبیاری دوم	تیمار	۲۲/۷	۴۷	۲۱/۱۲	۱۲۳/۹	۱۰۸/۸	۸۷/۸
	شاهد	۲۲/۷	۶۰	۲۲/۸	۱۴۹/۶	۹۰/۶	۶۰/۵
آبیاری سوم	تیمار	۲۳/۸	۳۰	۲۰/۷۶	۸۲/۹	۷۴/۱	۸۹/۴
	شاهد	۲۳/۸	۴۵	۱۹/۱۴	۱۱۷/۶	۹۸/۸	۸۴

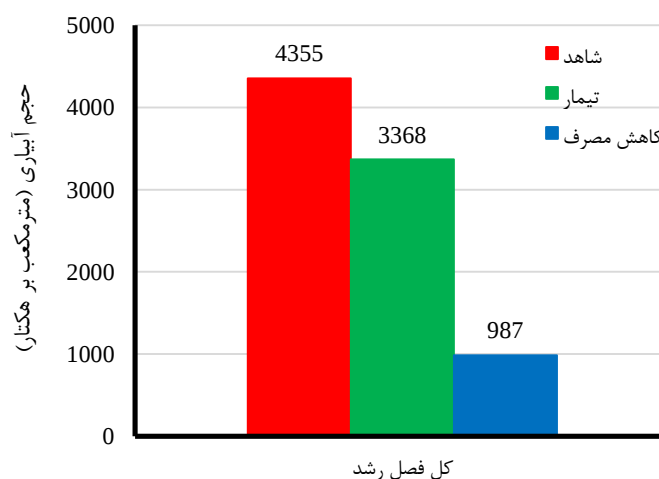
* در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

** متوسط درصد رطوبت وزنی ناحیه ریشه قبل آبیاری باید در بین دو آبیاری اندازه‌گیری شود و این روش صحیح‌تر است؛ بنابراین در آبیاری اول این پارامتر اندازه‌گیری نشده است.

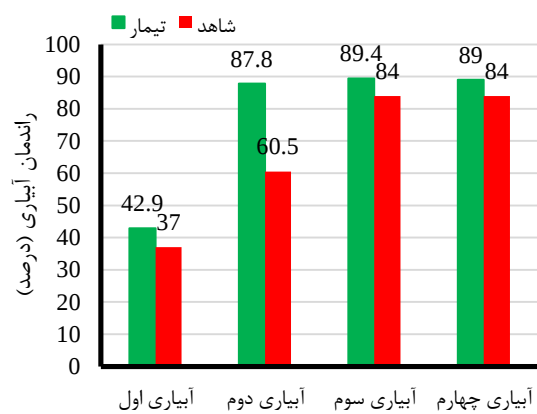
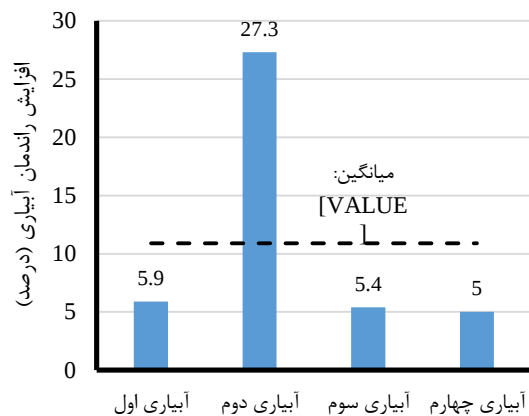
این مزرعه طی فصل رشد محصول در چهار نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۲۶۵ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی چهار آبیاری این مزرعه، حدود ۲۳/۳ درصد محاسبه شد (شکل ۱۷۷). مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی چهار آبیاری پایش شده، در شکل ۲۶۷ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۰/۹ درصد به دست آمد.



شکل ۲۶۵- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای ولی‌زاده طی آبیاری‌های مختلف

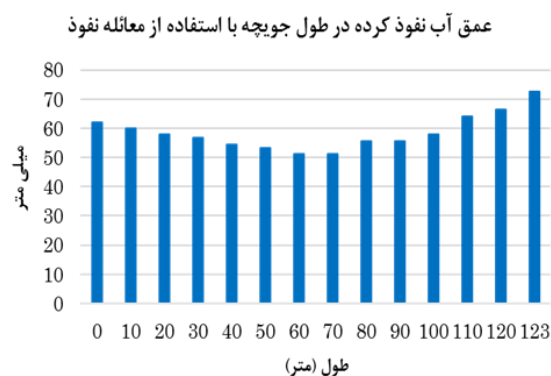
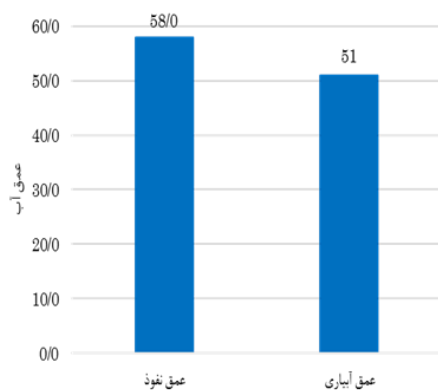


شکل ۲۶۶- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه آقای ولی‌زاده

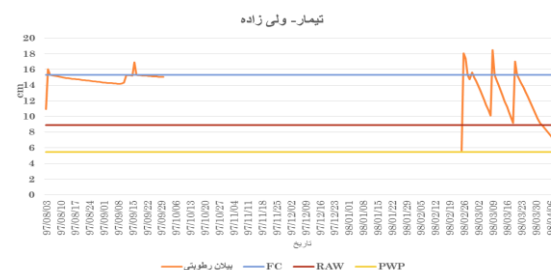
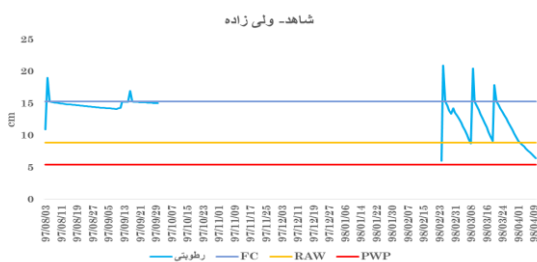


شکل ۲۶۷- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در مزرعه تیمار و شاهد آقای ولی‌زاده طی و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

در شکل ۲۶۸ میزان آب آبیاری برآوردشده از طریق منحنی پیش‌روی و پس‌روی و معادله نفوذ در آبیاری اول نشان داده شده است. در شکل ۲۶۹ نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه نشان داده شده است. در جدول ۱۶۸ میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه آقای محرم ولی‌زاده به ترتیب ۳۳۶۸ و ۴۳۵۵ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری ۲۳/۳ درصد است. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۷۹۰۰ و ۶۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد.



شکل ۲۶۸- نمودار ستونی عمق آب نفوذ یافته در فرصت نفوذ مزرعه آقای ولی‌زاده



شکل ۲۶۹- منحنی بیلان رطوبتی از طریق منحنی MAD به همراه رسم منحنی مربوطه مزرعه تیمار و شاهد آقای ولی‌زاده

جدول ۱۶۸- مقادیر عملکرد، آب آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد آقای ولی‌زاده

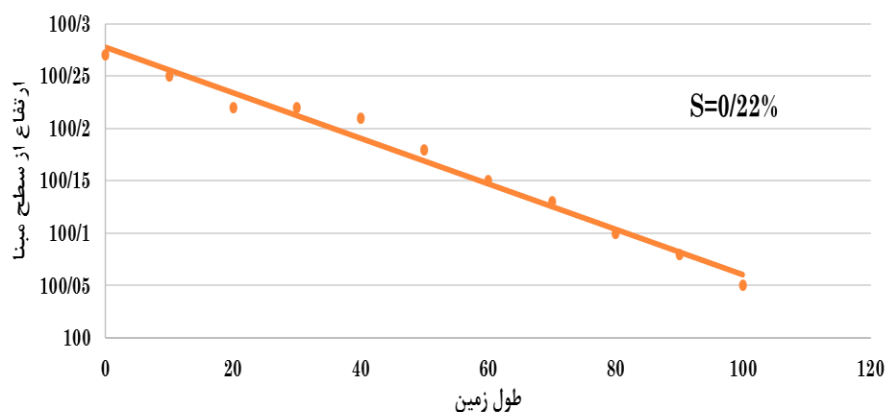
نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۷۹۰۰	۳۳۶۸	۲/۳
شاهد	۶۵۰۰	۴۳۵۵	۱/۵

۵-۳-۷- نتایج مزرعه آقای توحید زینال‌زاده

مساحت این مزرعه در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۳ و ۰/۲۵ هکتار بوده و تحت کشت گندم می‌باشد. قسمت شاهد مزرعه به صورت نواری آبیاری شده و در بخش تیمار نیز از تکنیک آبیاری شیاری استفاده شد. تکنیک مورد استفاده در مزرعه تیمار، آماده‌سازی زمین با استفاده از گاوآهن و لولر بود و کاشت با استفاده از یک دستگاه کف کار با ۵ کف صورت پذیرفت. در این حالت با توجه به دبی چاه و بافت خاک، عرض نوار در مزرعه تیمار برابر ۳/۶ متر (فاصله جویچه‌ها) تعیین گردید (البته بر اساس شبیه‌سازی سیستم آبیاری سطحی با مدل winSRFR نیز حدوداً همین مقدار عرض بهینه کفایت می‌نمود) و طول نوار هم برابر ۵۵ متر بود. در قسمت شاهد نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۵۵ و ۴ متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۱۶۹ ارائه شده است. پروفیل شیب مزرعه در شکل ۲۷۰ ارائه شده است. متوسط شیب مزرعه در جهت نوار آبیاری برابر با ۰/۲۲ درصد محاسبه گردید. به دلیل اینکه مزرعه تیمار و شاهد از یک مزرعه انتخاب شده شیب مزرعه تیمار و شاهد یکسان است.

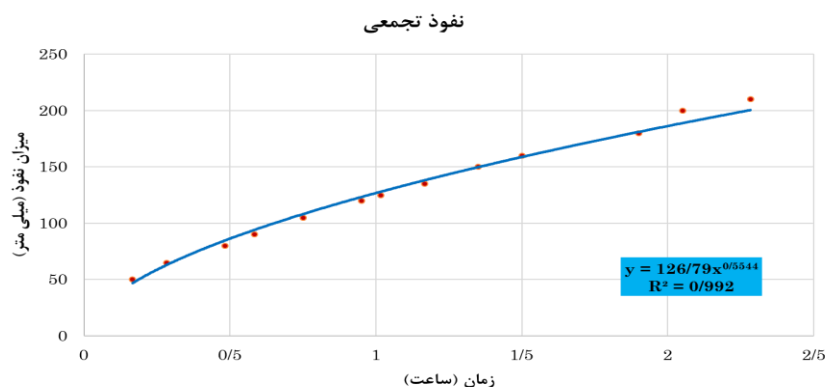
جدول ۱۶۹- تکنیک‌های اعمال شده در مزرعه آقای زینال‌زاده

مزرعه زینال‌زاده	روش آبیاری	طول × عرض (m × m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	شیاری	۵۵ × ۳/۶	۰/۰۰۲۲	بسته
شاهد	نواری	۵۵ × ۴	۰/۰۰۲۲	بسته

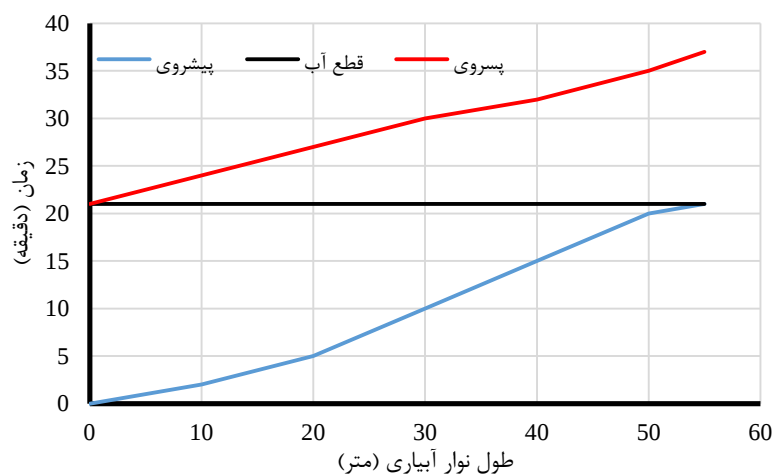


شکل ۲۷۰- منحنی شیب مزرعه آقای زینال‌زاده

به‌منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در مورخ ۹۷/۰۸/۲۱ در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به‌صورت منحنی در ۲۷۰ آورده شده است. در مزرعه آقای زینال‌زاده در مورخ ۹۷/۰۹/۰۱ هم‌زمان با آبیاری اول مزرعه، پیش روی و پس‌روی آب اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل ۲۷۱ آورده شده است. آبیاری اول با منبع آب چاه و با متوسط دبی ۱۱/۷ لیتر در ثانیه توسط فلوم WSC اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است، به دلیل اینکه مزرعه تیمار و شاهد از یک مزرعه انتخاب شده نفوذ تجمعی یک مورد می‌باشد. همچنین منحنی پیش‌روی و پس‌روی مطابق شرح خدمات شرکت مسئول در مزرعه تیمار ارائه شده است.



شکل ۲۷۰- گراف نفوذپذیری خاک مزرعه آقای زینال‌زاده



شکل ۲۷۱- گراف پیش‌روی و پس‌روی آب در آبیاری اول مزرعه آقای زینال‌زاده

آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۷/۰۹/۰۱ صورت گرفت و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم آقای زینال‌زاده در جدول ۱۷۰ ارائه گردیده است. در مزرعه آقای زینال‌زاده در کل دوره رشد محصول ۴ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۱۷۰، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۶۸/۴ و ۱۲۷/۴ میلی‌متر بوده و نشان می‌دهد، آماده‌سازی بهینه زمین و تسطیح آن و کاشت با کف‌کار به همراه تغییر روش آبیاری موجب کاهش قابل‌توجه ۴۶/۳ درصد عمق آب کاربردی گردیده است. مطابق جدول

۱۷۰، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۳۸/۳ و ۱۵۰/۶ میلی‌متر بوده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۱۹/۶ درصد عمق آب کاربردی شده است (جدول ۱۶۳).

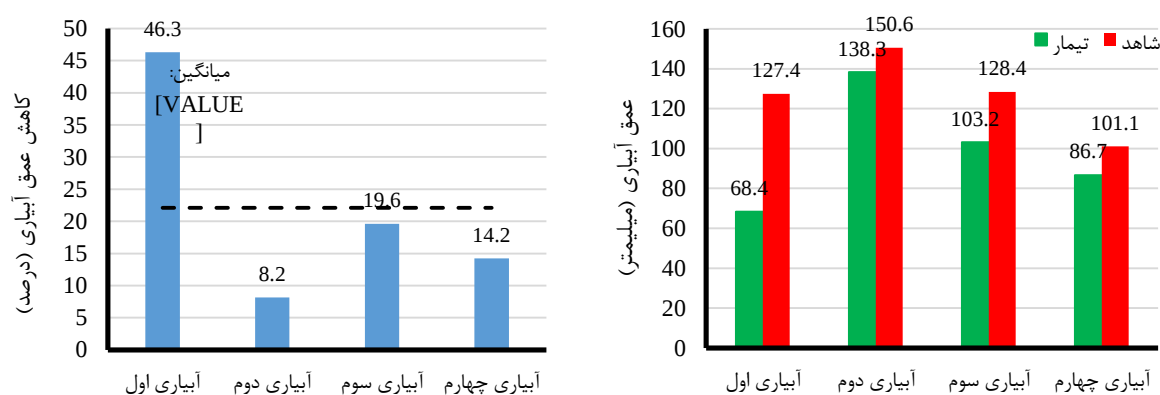
جدول ۱۷۰- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه آقای زینال‌زاده در تیمارها و شاهد در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه زینال‌زاده	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	متوسط درصد رطوبت وزنی ناحیه ریشه قبل آبیاری (Θ_i)	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۱۱/۷	۲۴۵	**	۶۸/۴	۳۰*	۴۳/۹
	شاهد	۱۱/۷	۴۵۰	**	۱۲۷/۴	۳۰*	۲۳/۵
آبیاری دوم	تیمار	۸/۹	۲۴۰	۱۳/۳۶	۱۳۸/۳	۸۴/۶	۶۱/۲
	شاهد	۸/۹	۶۶۰	۱۲/۰۹	۱۵۰/۶	۷۹/۵	۵۲/۸
آبیاری سوم	تیمار	۱۳/۲	۳۹۰	۱۵/۸	۱۰۳/۲	۷۷/۶	۷۵/۲
	شاهد	۱۳/۲	۴۰۵	۱۴/۹	۱۲۸/۴	۸۳/۵	۶۵

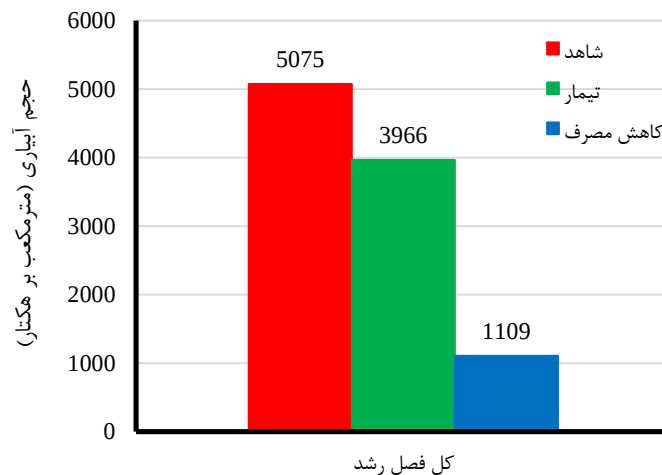
* در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص مورد نیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

** متوسط درصد رطوبت وزنی ناحیه ریشه قبل آبیاری باید در بین دو آبیاری اندازه‌گیری شود و این روش صحیح‌تر است؛ بنابراین در آبیاری اول این پارامتر اندازه‌گیری نشده است.

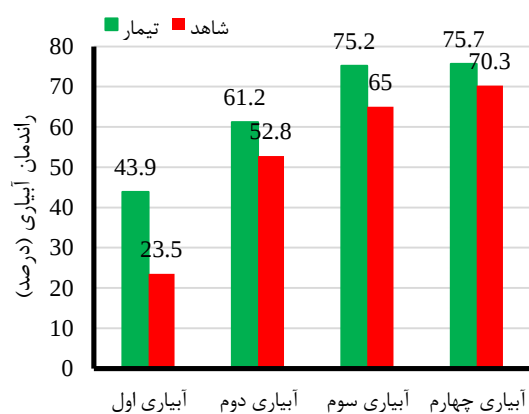
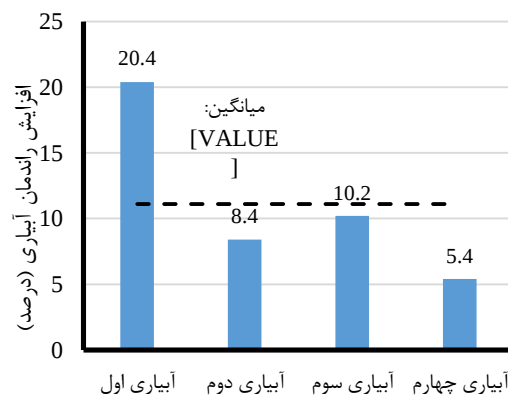
این مزرعه طی فصل رشد محصول در چهار نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۲۷۲ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی چهار آبیاری این مزرعه، حدود ۲۲/۱ درصد محاسبه شد (شکل ۲۷۳). مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی چهار آبیاری پایش شده، در شکل ۲۷۴ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۱/۱ درصد به دست آمد.



شکل ۲۷۲- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای زینال‌زاده طی آبیاری‌های مختلف

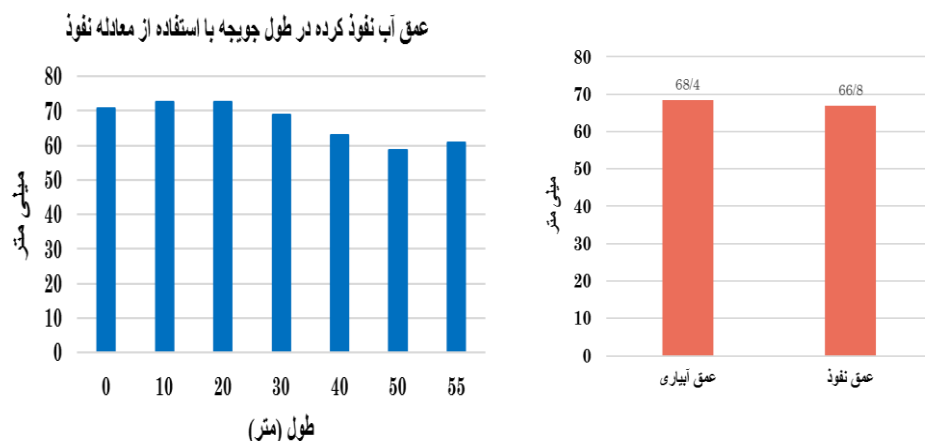


شکل ۲۷۳- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه آقای زینالزاده

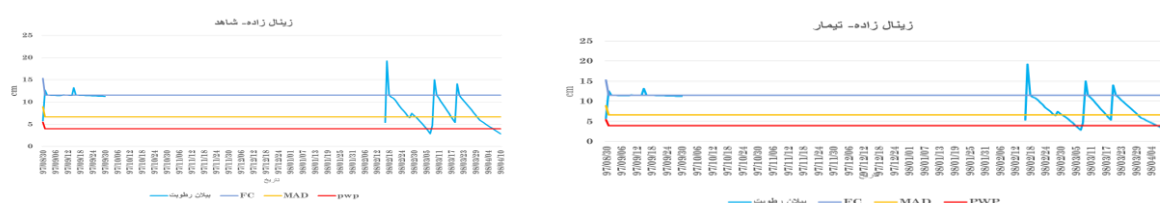


شکل ۲۷۴- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در مزرعه تیمار و شاهد آقای زینالزاده طی و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

در شکل ۲۷۵ میزان آب آبیاری برآوردشده از طریق منحنی پیش‌روی و پس‌روی و معادله نفوذ در آبیاری اول نشان داده شده است. در اینجا عمق آب نفوذ کرده حدود ۶۶/۸ میلی‌متر محاسبه گردید (شکل ۲۷۵). در شکل ۲۷۶ نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه نشان داده شده است. در جدول ۱۷۱ میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه آقای زینالزاده به ترتیب ۳۹۶۶ و ۵۰۷۵ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری ۲۲/۱ درصد است. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۸۵۰۰ و ۷۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد.



شکل ۲۷۵- نمودار ستونی عمق آب نفوذ یافته در فرصت نفوذ مزرعه آقای زینالزاده



شکل ۲۷۶- منحنی بیلان رطوبتی از طریق منحنی MAD به همراه رسم منحنی مربوطه مزرعه آقای زینالزاده

جدول ۱۷۱- مقادیر عملکرد، آب آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد آقای زینالزاده

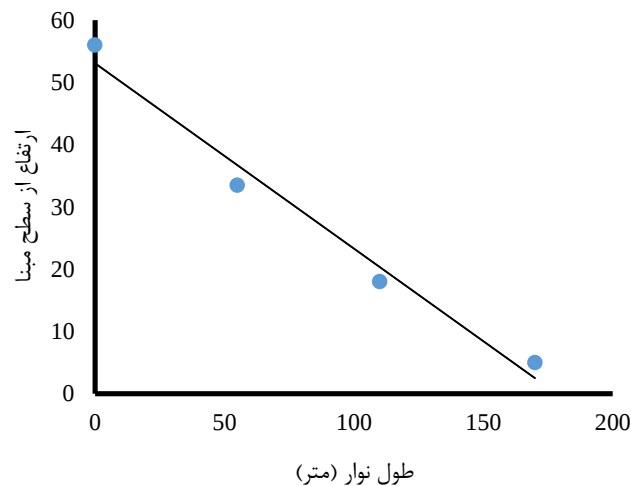
نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۸۵۰۰	۳۹۶۶	۲/۱
شاهد	۷۰۰۰	۵۰۷۵	۱/۴

۵-۳-۸- نتایج مزرعه آقای یونس حنیفی ۱

مساحت این مزرعه در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۴۲ و ۰/۱۶ هکتار بوده و تحت کشت گندم می‌باشد. قسمت شاهد مزرعه به صورت نواری آبیاری شده و در بخش تیمار نیز از تکنیک آبیاری شیاری استفاده شد. مزرعه تیمار و شاهد با تقسیم یک مزرعه به دو بخش در نظر گرفته شد. کشت سال قبل مزرعه یونجه بوده است. تکنیک مورد استفاده در مزرعه تیمار، آماده‌سازی زمین با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و لولر بود و کاشت با استفاده از یک دستگاه خطی کار با ۵ فارو صورت پذیرفت. در این حالت با توجه به عرض ردیف‌کار و تجربه کشاورز، عرض نوار در مزرعه تیمار برابر ۱۲ متر تعیین گردد و طول نوار هم برابر ۱۷۰ متر بود. در قسمت شاهد نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۱۴۰ و ۱۴ متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۱۷۲ ارائه شده است. پروفیل شیب مزرعه در شکل ۲۷۷ ارائه شده است. متوسط شیب مزرعه در جهت نوار آبیاری برابر با ۰/۰۳ درصد محاسبه گردید. به دلیل اینکه مزرعه تیمار و شاهد از یک مزرعه انتخاب شده شیب مزرعه تیمار و شاهد یکسان است.

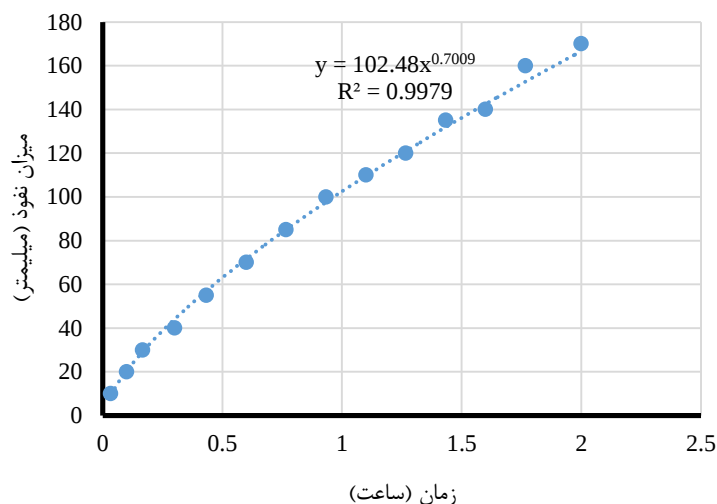
جدول ۱۷۲- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار (با سه تکرار) و شاهد در مزرعه آقای یونس حنیفی ۱

مزرعه یونس حنیفی	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	شیاری (فاروئری)	۱۲×۱۷۰	۰/۰۰۰۳	بسته
شاهد	نواری	۱۴×۱۴۰	۰/۰۰۰۳	بسته

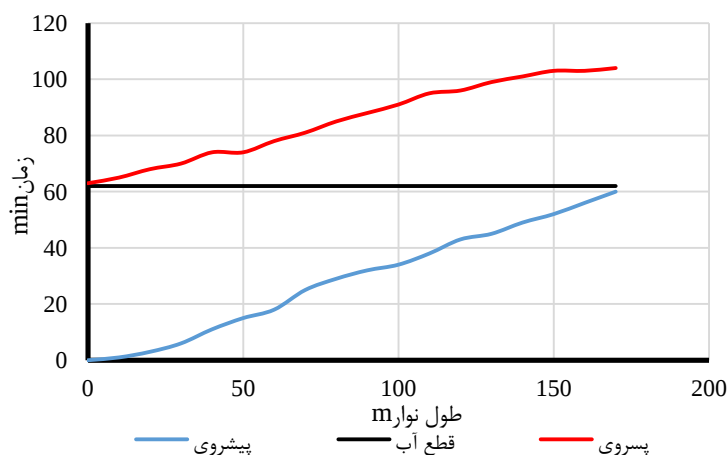


شکل ۲۷۷- پروفیل شیب زمین و منحنی آن مزرعه آقای یونس حنیفی ۱

به‌منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در مورخ در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به‌صورت منحنی در ۲۷۸ آورده شده است. در مزرعه یونس حنیفی ۱ در مورخ ۹۷/۰۸/۱۵ هم‌زمان با آبیاری اول مزرعه، پیش روی و پس‌روی آب اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل ۲۷۹ آورده شده است. آبیاری اول با منبع آب سد و با متوسط دبی ۳۰ لیتر در ثانیه توسط فلوم WSC تیپ ۵ اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است، به دلیل اینکه مزرعه تیمار و شاهد از یک مزرعه انتخاب شده نفوذ تجمعی یک مورد می‌باشد. همچنین منحنی پیش‌روی و پس‌روی مطابق شرح خدمات شرکت مسئول در مزرعه تیمار ارائه شده است.



شکل ۲۷۸- مشخصات نفوذپذیری خاک مزرعه آقای یونس حنیفی ۱



شکل ۲۷۹- نمودار پیشروی و پسروی مزرعه تیمار آقای یونس حنیفی ۱ در آبیاری اول

آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۷/۰۸/۱۵ صورت گرفت و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا دوم آقای یونس حنیفی ۱ در جدول ۱۷۳ ارائه گردیده است. در مزرعه آقای یونس حنیفی ۱ در کل دوره رشد محصول ۲ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۱۷۳، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۹۰ و ۱۲۵ میلی‌متر بوده و نشان می‌دهد، آماده‌سازی بهینه زمین و تسطیح آن و کاشت با خطی کار به همراه تغییر روش آبیاری موجب کاهش قابل توجه ۲۸ درصد عمق آب آبیاری گردیده است. مطابق جدول ۱۷۳، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۰۶ و ۱۵۴ میلی‌متر بوده است که در آبیاری دوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۳۱/۲ درصد عمق آب آبیاری شده است (جدول ۱۷۳).

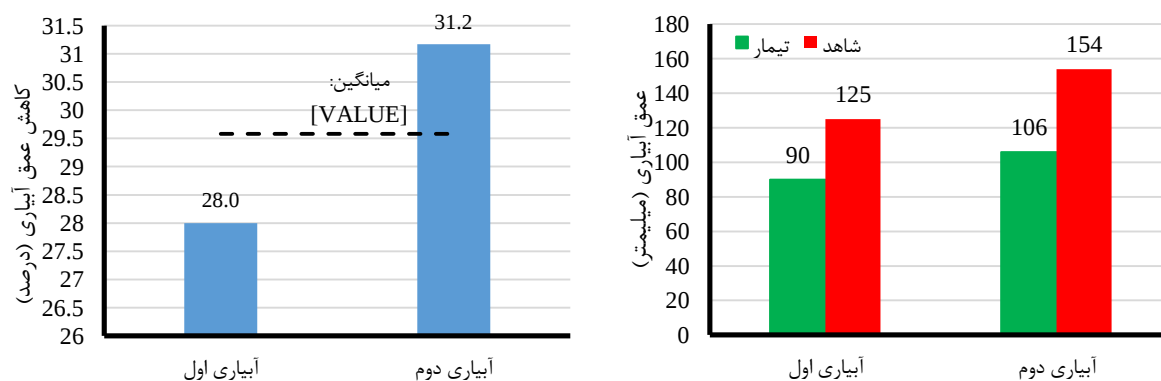
جدول ۱۷۳- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه آقای یونس حنیفی ۱ در تیمارها و شاهد در آبیاری اول تا دوم

نوبت آبیاری	مزرعه یونس- حنیفی ۱	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	متوسط درصد رطوبت وزنی ناحیه ریشه قبل آبیاری (Θ_i)	عمق آبیاری I_g میلی متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۳۰	۶۰	**	۹۰	۳۰*	۳۳/۳
	شاهد	۳۰	۱۲۰	**	۱۲۵	۳۰*	۲۴
آبیاری دوم	تیمار	۲۲/۶	۳۳۰	۲۰/۵	۱۰۶	۸۱	۷۶/۴
	شاهد	۱۸/۵	۱۸۰	۱۳/۴	۱۵۴	۴۸/۶	۳۱/۶

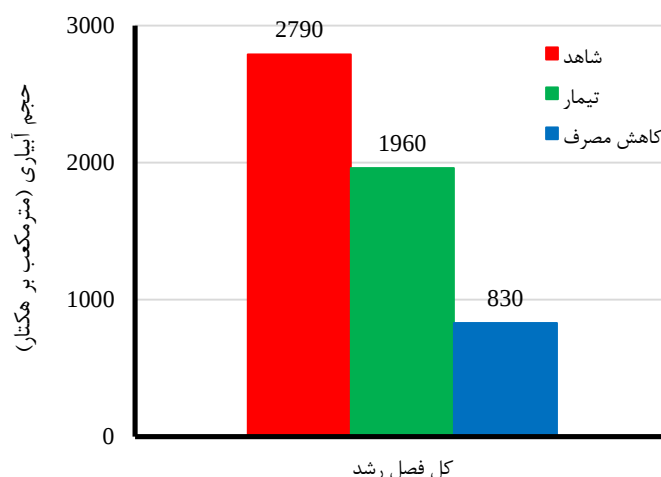
* در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص مورد نیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

** متوسط درصد رطوبت وزنی ناحیه ریشه قبل آبیاری باید در بین دو آبیاری اندازه‌گیری شود و این روش صحیح‌تر است؛ بنابراین در آبیاری اول این پارامتر اندازه‌گیری نشده است.

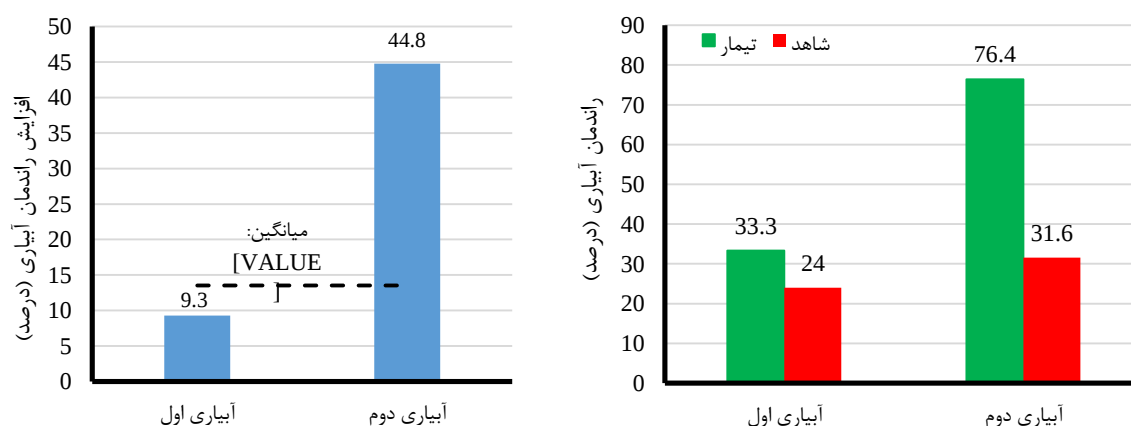
این مزرعه طی فصل رشد محصول در دو نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۲۸۰ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی دو آبیاری این مزرعه، حدود ۲۹/۶ درصد محاسبه شد (شکل ۲۸۱). مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی دو آبیاری پایش شده، در شکل ۲۸۲ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۳/۵ درصد به دست آمد.



شکل ۲۸۰- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای یونس حنیفی ۱ طی آبیاری‌های مختلف

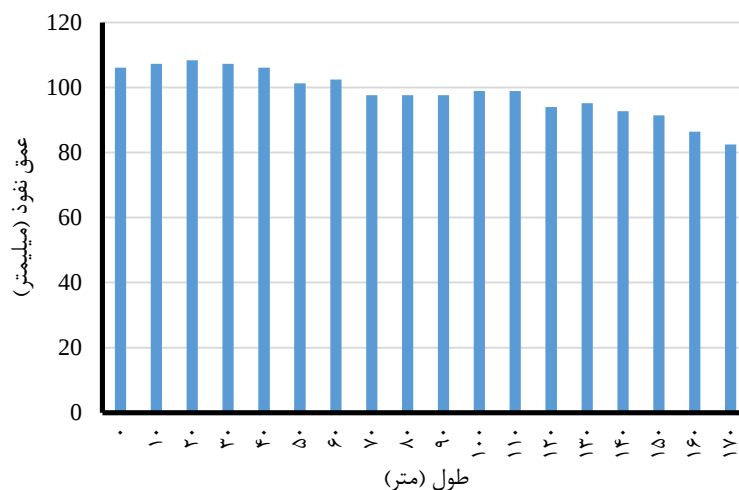


شکل ۲۸۱- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه آقای یونس حنیفی ۱

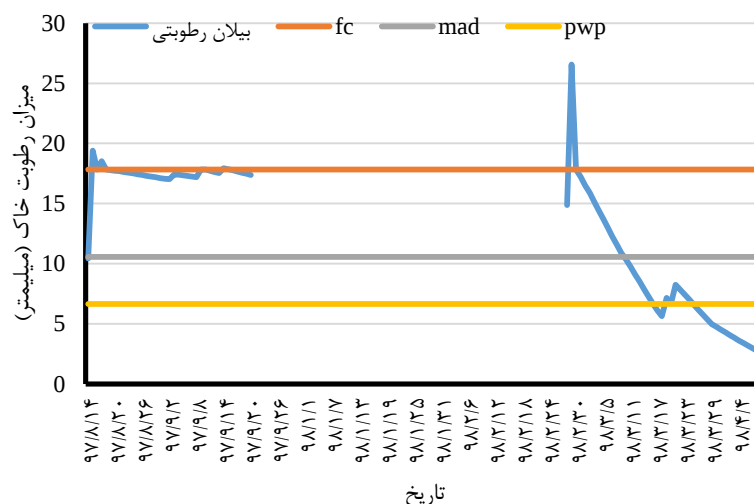


شکل ۲۸۲- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در مزرعه تیمار و شاهد آقای یونس حنیفی ۱ طی و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

در شکل ۲۸۳ میزان آب آبیاری برآوردشده از طریق منحنی پیش‌روی و پس‌روی و معادله نفوذ در آبیاری اول نشان داده شده است. در شکل ۲۸۴ نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه نشان داده شده است. در جدول ۱۷۴ میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه آقای یونس حنیفی ۱ به ترتیب ۱۹۶۰ و ۲۷۹۰ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری ۲۹/۶ درصد است. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۶۲۰۰ و ۵۶۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد.



شکل ۲۸۳- برآورد میزان آب‌داده شده از طریق پیش روی و پس‌روی و معادله نفوذ (تیمار) در آبیاری اول مزرعه آقای یونس حنیفی ۱



شکل ۲۸۴- برآورد حجم کل آب‌داده‌شده از طریق منحنی MAD به همراه رسم منحنی مربوطه مزرعه آقای یونس حنیفی ۱

جدول ۱۷۴- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای یونس حنیفی ۱

نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۶۲۰۰	۱۹۶۰	۳/۲
شاهد	۵۶۰۰	۲۷۹۰	۲

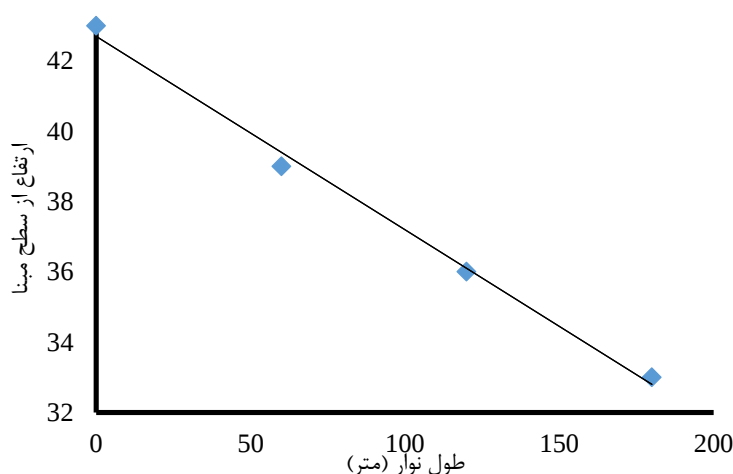
۵-۳-۹- نتایج مزرعه آقای یوسف حنیفی ۲

مساحت این مزرعه در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۳۹ و ۰/۵۸ هکتار بوده و تحت کشت گندم می‌باشد. قسمت شاهد مزرعه به‌صورت نواری آبیاری شده و در بخش تیمار نیز از تکنیک آبیاری شیاری استفاده شد. مزرعه تیمار و شاهد با تقسیم یک مزرعه به دو بخش در نظر گرفته شد. کشت سال قبل مزرعه یونجه بوده است. تکنیک

مورد استفاده در مزرعه تیمار، آماده‌سازی زمین با استفاده از گاواهن برگردان دار و لولر بود و کاشت با استفاده از یک دستگاه خطی کار با ۵ فارو صورت پذیرفت. در این حالت با توجه به عرض ردیف‌کار و تجربه کشاورز، عرض نوار برابر ۱۲ متر تعیین گردد و طول نوار هم همان طول مزرعه برابر ۱۸۰ متر بود. در قسمت شاهد نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۱۸۰ و ۹ متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۱۷۵ ارائه شده است. پروفیل شیب مزرعه در شکل ۲۸۵ ارائه شده است. متوسط شیب مزرعه در جهت نوار آبیاری برابر با ۰/۰۱ درصد محاسبه گردید. به دلیل اینکه مزرعه تیمار و شاهد از یک مزرعه انتخاب شده شیب مزرعه تیمار و شاهد یکسان است.

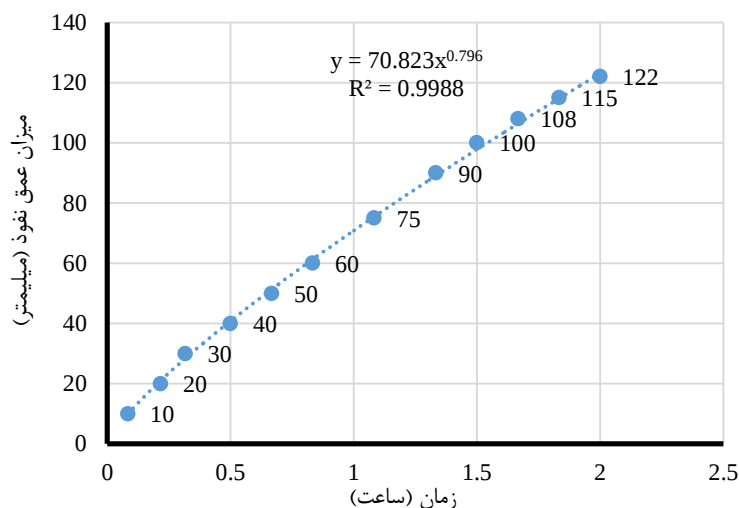
جدول ۱۷۵- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار (با سه تکرار) و شاهد در مزرعه آقای یوسف حنیفی ۲

مزرعه یوسف حنیفی	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	شیاری (فاروئری)	۱۸۰ × ۱۲	۰/۰۰۰۱	بسته
شاهد	نواری	۱۸۰ × ۹	۰/۰۰۰۱	بسته

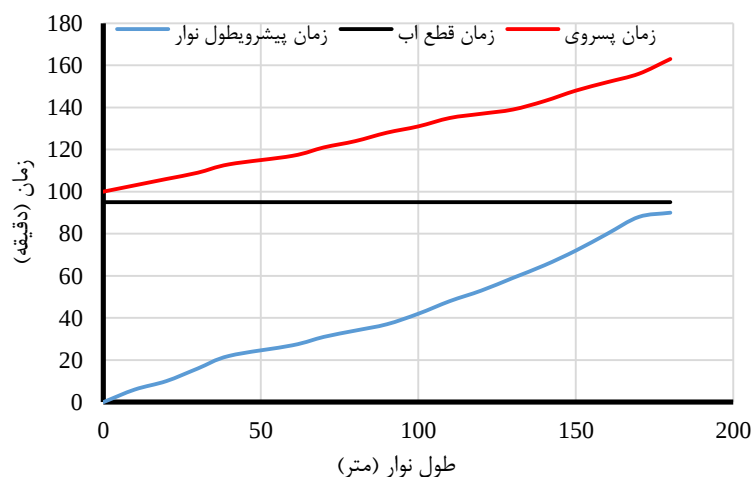


شکل ۲۸۵- نمودار شیب زمین مزرعه آقای یوسف حنیفی ۲

به منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به صورت منحنی در ۲۸۶ آورده شده است. در مزرعه یوسف حنیفی ۲ در مورخ ۹۷/۰۸/۱۵ هم‌زمان با آبیاری اول مزرعه، پیش روی و پس‌روی آب اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل ۲۸۷ آورده شده است. آبیاری اول با منبع آب سد و با متوسط دبی ۲۸ لیتر در ثانیه توسط فلوم WSC تیپ ۵ اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است، به دلیل اینکه مزرعه تیمار و شاهد از یک مزرعه انتخاب شده نفوذ تجمعی یک مورد می‌باشد. همچنین منحنی پیش‌روی و پس‌روی مطابق شرح خدمات شرکت مسئول در مزرعه تیمار ارائه شده است.



شکل ۲۸۶- مشخصات نفوذپذیری مزرعه آقای یوسف حنیفی ۲



شکل ۲۸۷- نمودار پیش‌روی و پس‌روی مزرعه تیمار آقای یوسف حنیفی ۲ در آبیاری اول

آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۷/۰۸/۱۵ صورت گرفت و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا دوم آقای یوسف حنیفی ۲ در جدول ۱۷۶ ارائه گردیده است. در مزرعه آقای یوسف حنیفی ۲ در کل دوره رشد محصول ۲ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۱۷۶، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۸۵ و ۱۲۶ میلی‌متر بوده و نشان می‌دهد، آماده‌سازی بهینه زمین و تسطیح آن و کاشت با خطی کار به همراه تغییر روش آبیاری موجب کاهش قابل توجه ۳۲/۵ درصد عمق آب آبیاری گردیده است. مطابق جدول ۱۷۶، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۹۲ و ۱۳۰ میلی‌متر بوده است که در آبیاری دوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۲۹/۲ درصد عمق آب آبیاری شده است (جدول ۱۷۶).

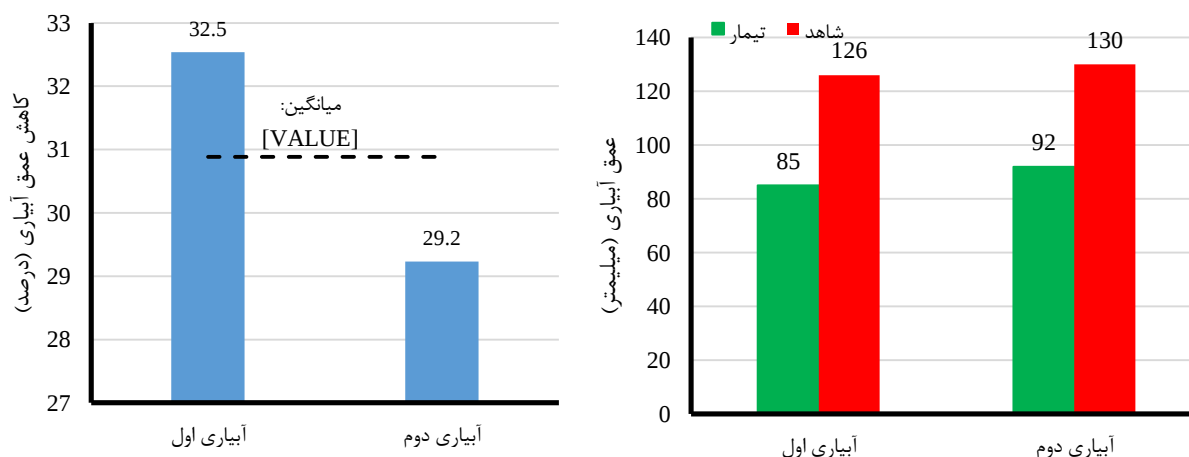
جدول ۱۷۶- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه آقای یوسف حنیفی ۲ در تیمارها و شاهد در آبیاری اول و دوم

نوبت آبیاری	مزرعه یونس- حنیفی ۲	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	متوسط درصد رطوبت وزنی ناحیه ریشه قبل آبیاری (Θ_i)	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۲۸	۹۰	**	۸۵	۳۰*	۱۰۰
	شاهد	۲۸	۱۸۵	**	۱۲۶	۳۰*	۴۱/۷
آبیاری دوم	تیمار	۱۶/۶	۳۶۰	۱۵	۹۲	۲۲/۳۴	۸۲/۷
	شاهد	۱۸/۵	۶۸۰	۱۴	۱۳۰	۳۶	۵۰

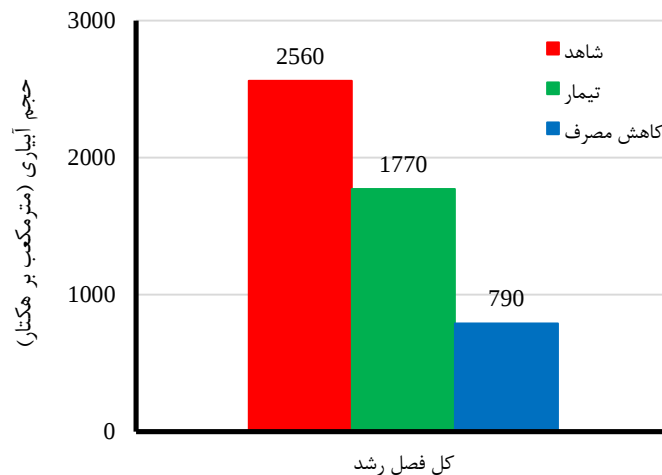
* در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص مورد نیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

** متوسط درصد رطوبت وزنی ناحیه ریشه قبل آبیاری باید در بین دو آبیاری اندازه‌گیری شود و این روش صحیح‌تر است؛ بنابراین در آبیاری اول این پارامتر اندازه‌گیری نشده است.

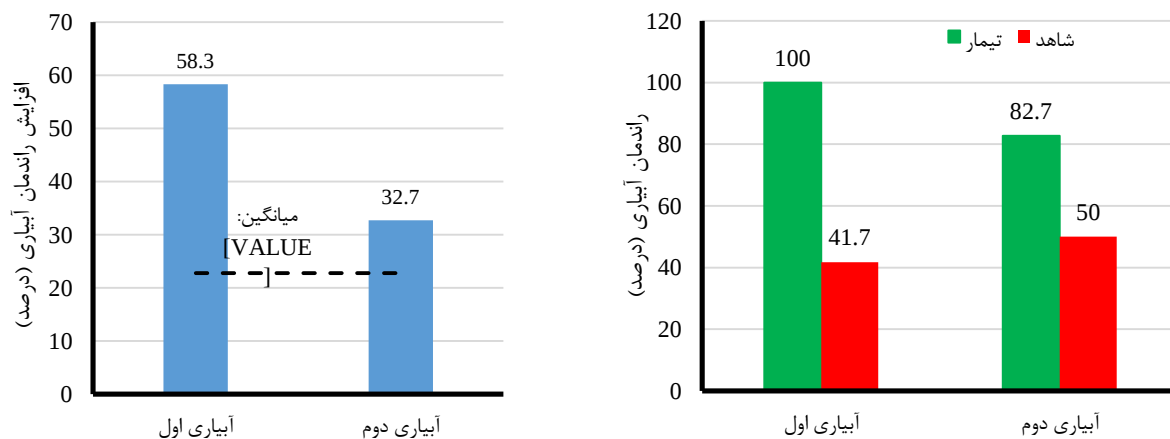
این مزرعه طی فصل رشد محصول در دو نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۲۸۸ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی دو آبیاری این مزرعه، حدود ۳۰/۹ درصد محاسبه شد (شکل ۲۸۹). مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی دو آبیاری پایش شده، در شکل ۲۹۰ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۲۲/۸ درصد به دست آمد.



شکل ۲۸۸- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای یوسف حنیفی ۲ طی آبیاری‌های مختلف

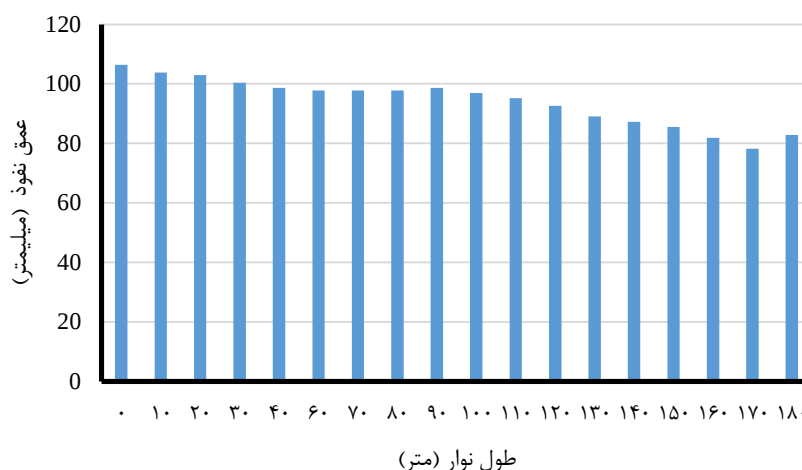


شکل ۲۸۹- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه آقای یوسف حنیفی ۲



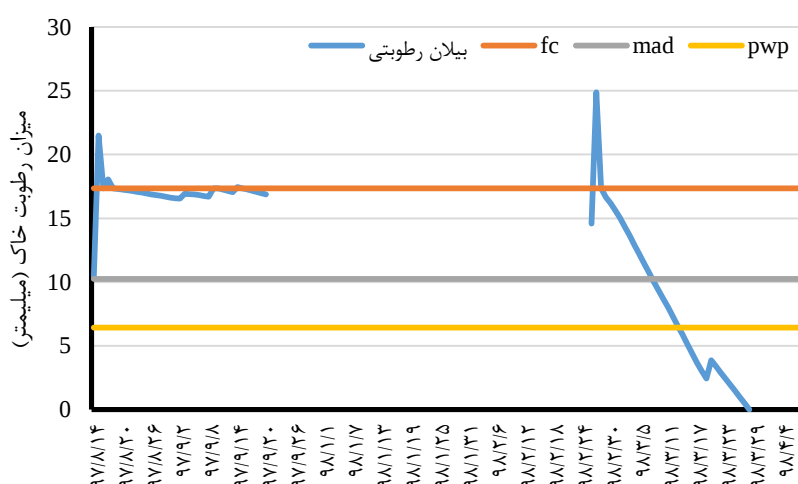
شکل ۲۹۰- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در مزرعه تیمار و شاهد آقای یوسف حنیفی ۲ طی و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

در شکل ۲۹۱ میزان آب آبیاری برآورد شده از طریق منحنی پیش‌روی و پس‌روی و معادله نفوذ در آبیاری اول نشان داده شده است. در شکل ۲۹۲ نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه نشان داده شده است. در جدول ۱۷۸ میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه آقای یوسف حنیفی ۲ به ترتیب ۱۷۷۰ و ۲۵۶۰ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری ۳۰/۹ درصد است. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۴۳۰۰ و ۳۸۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد.



شکل ۲۹۱- برآورد میزان آب‌داده شده از طریق پیش روی و پس‌روی و معادله نفوذ (تیمار) در آبیاری اول مزرعه آقای

یوسف حنیفی ۲



شکل ۲۹۲- برآورد حجم کل آب‌داده‌شده از طریق منحنی MAD به همراه رسم منحنی مربوطه مزرعه آقای یوسف حنیفی

۲

جدول ۱۷۸-مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای یوسف حنیفی ۲

نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۴۳۰۰	۱۷۷۰	۲/۴
شاهد	۳۸۰۰	۲۵۶۰	۱/۵

۴-۵- نتایج مزارع شبکه پایش شرکت‌ها در کشت بهاره

۴-۵-۱- نتایج باغ آقای محمد نصیری

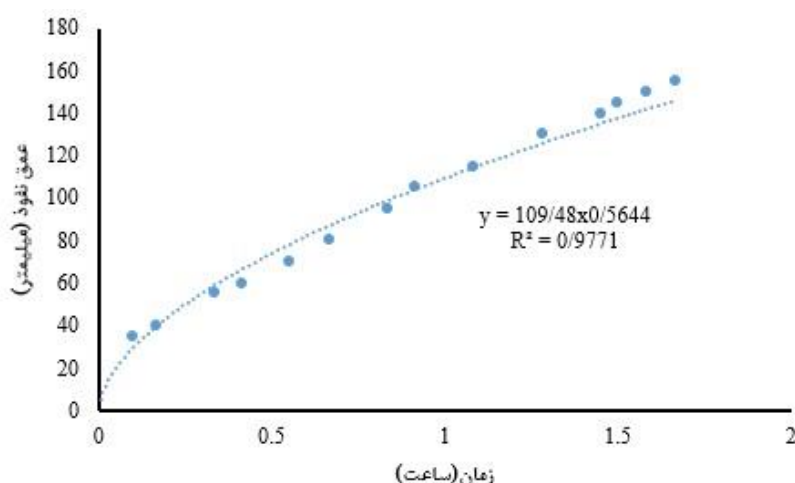
مساحت این باغ در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۰۶۹ و ۰/۱۳ هکتار بوده و تحت کشت آلو می‌باشد. قسمت آبیاری شیاری در دو طرف درختان در قسمت تیمار و آبیاری کرتی غرقابی در قسمت شاهد انجام شده است. تکنیک‌های مورد استفاده در باغ تیمار کولتیواتور جهت مبارزه با علف‌های هرز و آبیاری شیاری دو طرفه درختان بود. مزرعه تیمار و شاهد با تقسیم یک مزرعه به دو بخش در نظر گرفته شد. آرایش کشت در باغ تقریباً ۵/۳ در ۵ می‌باشد که تراکم ۵۷۱ درخت در هکتار می‌باشد. در قسمت تیمار نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۳۵ و ۱ متر در نظر گرفته شد. در قسمت شاهد نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۳۵ و ۳/۵ متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۱۷۹ ارائه شده است.

جدول ۱۷۹- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در باغ آقای نصیری

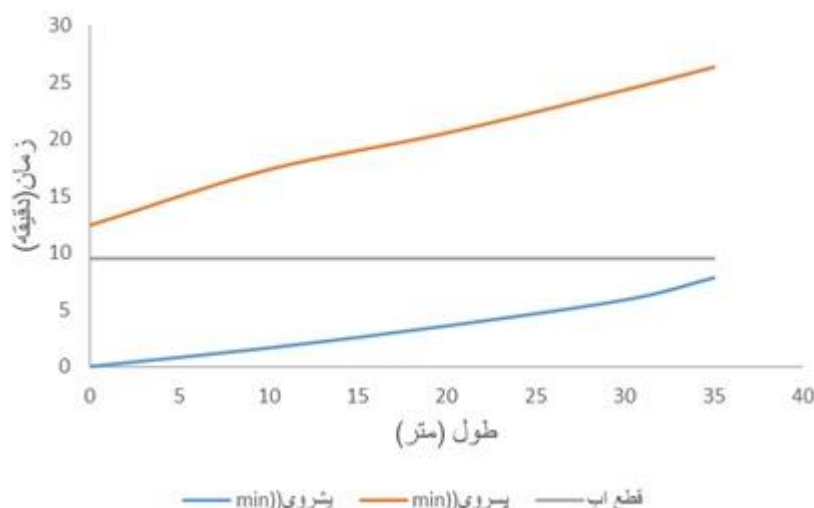
مزرعه یوسف حنیفی	روش آبیاری	طول×عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	شیاری	۳۵×۱	*	بسته
شاهد	کرتی (غرقابی)	۳۵×۳/۵	*	بسته

* در شرح خدمات شرکت مسئول قید شده است که اندازه‌گیری شیب باغ نیاز نیست.

به منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در مورخ ۹۸/۰۲/۱۷ در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به صورت منحنی در شکل ۲۹۳ آورده شده است. در باغ آقای نصیری در مورخ ۹۸/۰۳/۰۱ هم‌زمان با آبیاری اول مزرعه، پیش روی و پس روی آب اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل ۲۹۴ آورده شده است. آبیاری اول با متوسط دبی ۲۴/۹۱ لیتر در ثانیه انجام شد. لازم به ذکر است، به دلیل اینکه مزرعه تیمار و شاهد از یک مزرعه انتخاب شده نفوذ تجمعی یک مورد می‌باشد. همچنین منحنی پیش روی و پس روی مطابق شرح خدمات شرکت مسئول در مزرعه تیمار ارائه شده است.



شکل ۲۹۳- نمودار نفوذ باغ آقای محمد نصیری



شکل ۲۹۴- منحنی پیشروی و پسروی آبیاری اول باغ تیمار آقای محمد نصیری

آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۱ صورت گرفت و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم باغ آقای محمد نصیری در جدول ۱۸۰ ارائه گردیده است. در باغ آقای محمد نصیری در کل دوره رشد محصول ۷ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۱۸۰، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۶۲/۸ و ۸۴/۴ میلی‌متر بوده و نشان می‌دهد، کولتیواتور به همراه تغییر روش آبیاری موجب کاهش قابل توجه ۲۵/۵ درصد عمق آب آبیاری گردیده است. مطابق جدول ۱۸۰، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۵۶ و ۸۳/۱ میلی‌متر بوده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۲۸ درصد عمق آب آبیاری شده است (جدول ۱۸۰).

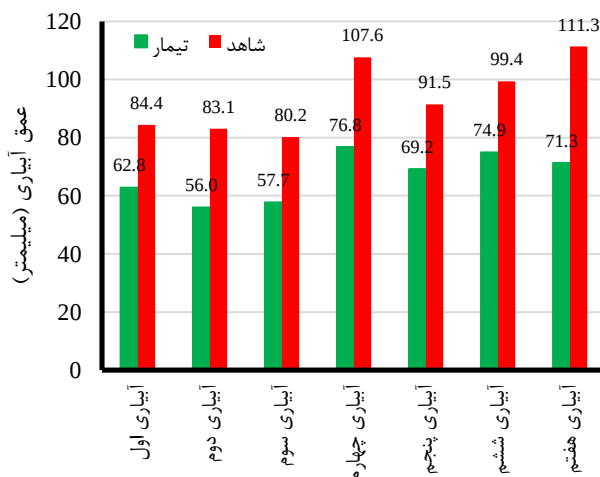
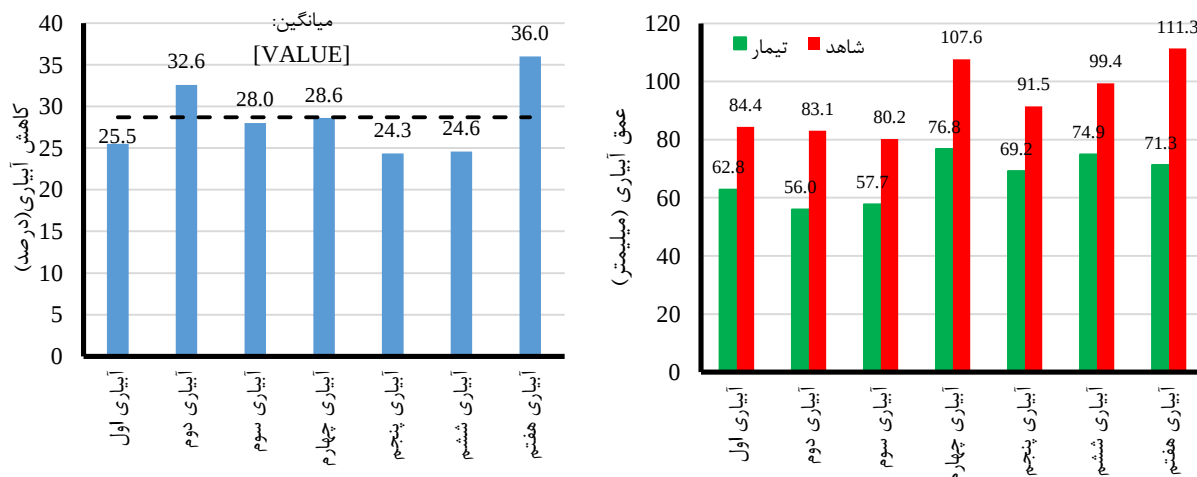
جدول ۱۸۰- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان باغ آقای محمد نصیری در

تیمارها و شاهد در آبیاری اول و سوم

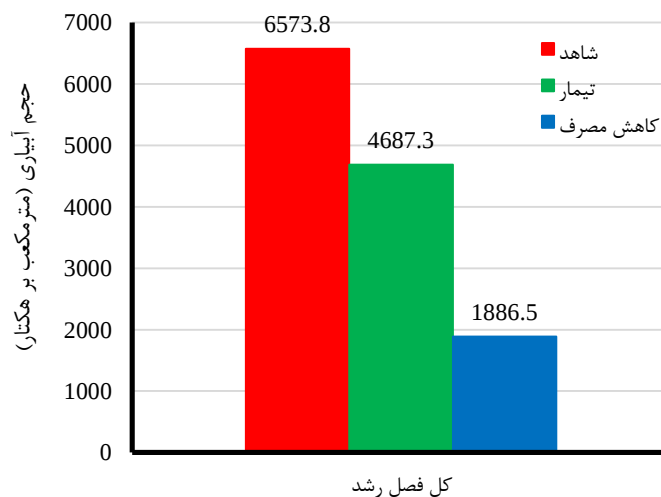
راندمان کاربرد AE درصد	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مزرعه محمد نصیری	نوبت آبیاری
۴۷/۷	۲۹/۹۷	۶۲/۸	۲۷	۲۴/۹۱	تیمار	آبیاری اول
۳۵/۶	۳۰/۰۴	۸۴/۴	۸۰	۲۴/۹۱	شاهد	
۶۱	۳۴/۱۵	۵۶	۲۲	۲۷/۲۵	تیمار	آبیاری دوم
۴۷/۶	۳۹/۵۸	۸۳/۱	۷۲	۲۷/۲۵	شاهد	
۶۵/۷	۳۷/۸۸	۵۷/۷	۳۰	۲۰/۵۸	تیمار	آبیاری سوم
۵۹/۲	۴۷/۴۳	۸۰/۲	۹۲	۲۰/۵۸	شاهد	

این مزرعه طی فصل رشد محصول در ۷ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۲۹۵ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آب

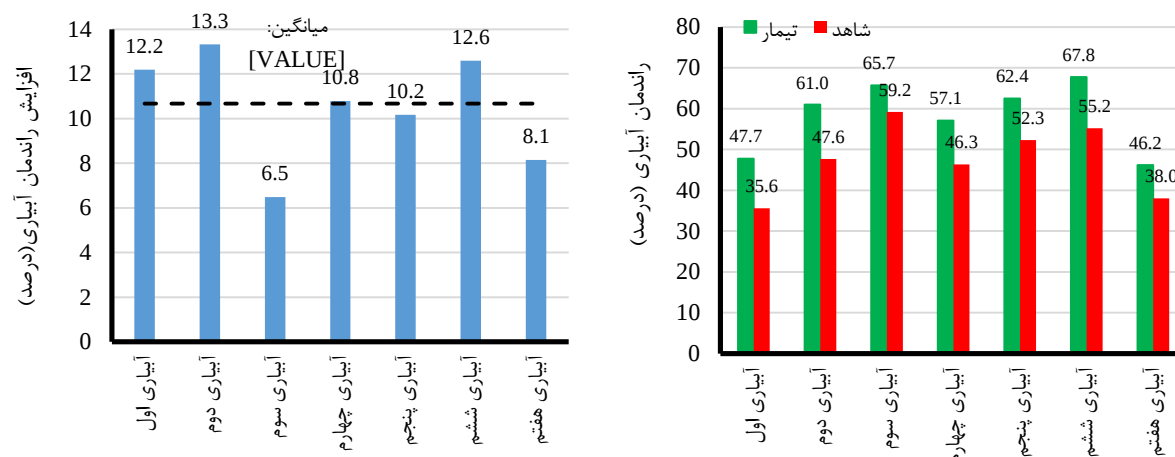
آبیاری تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی دو آبیاری این مزرعه، حدود ۲۸/۷ درصد محاسبه شد (شکل ۲۹۶). مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی دو آبیاری پایش شده، در شکل ۲۹۷ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۰/۷ درصد به دست آمد.



شکل ۲۹۵- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در باغ آقای محمد نصیری طی آبیاری‌های مختلف

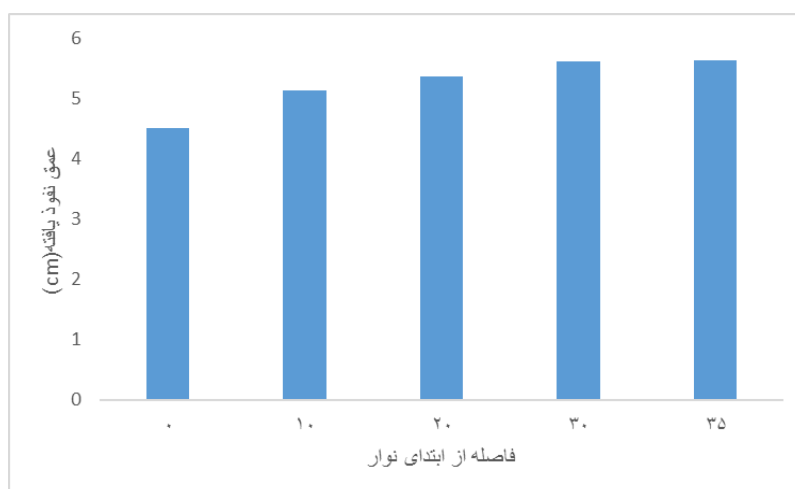


شکل ۲۹۶- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در باغ آقای محمد نصیری

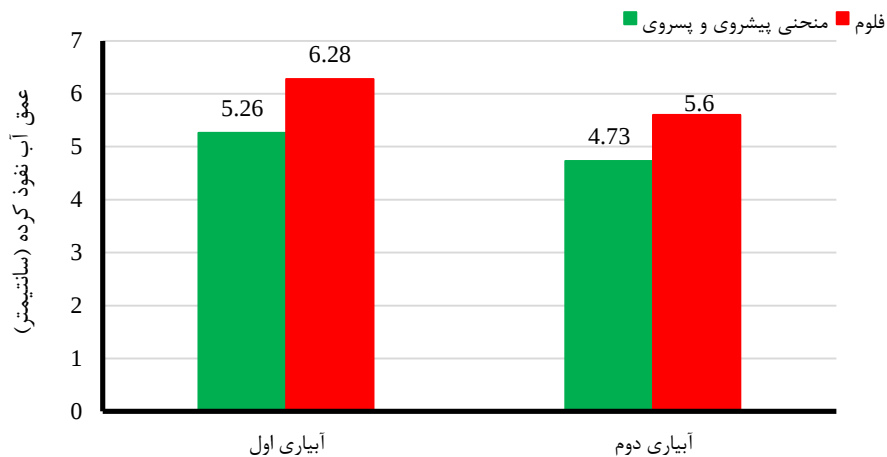


شکل ۲۹۷- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در باغ تیمار و شاهد آقای محمد نصیری طی و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

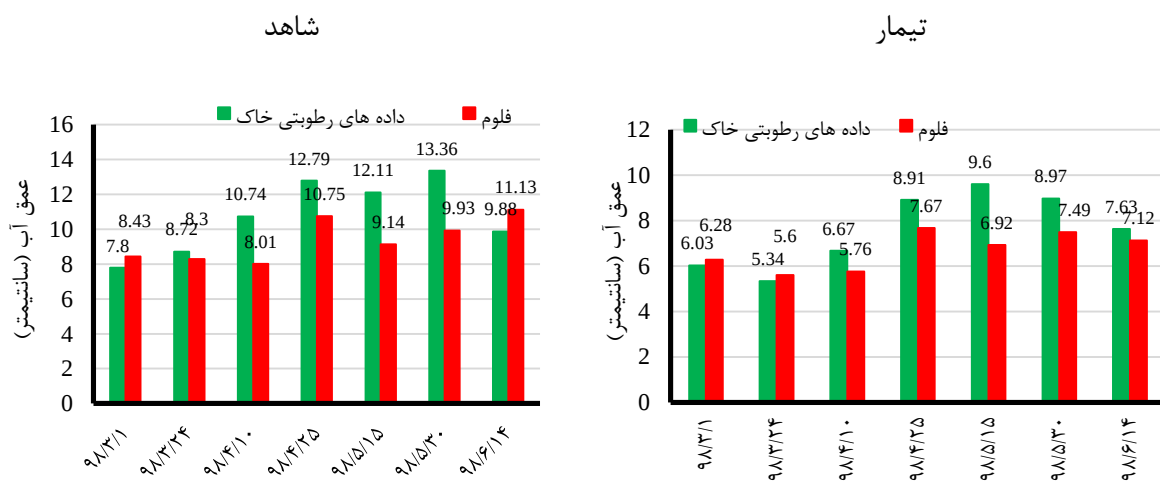
در شکل ۲۹۸ میزان آب آبیاری برآوردشده از طریق منحنی پیش‌روی و پس‌روی و معادله نفوذ در آبیاری اول نشان داده شده است. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد از روی داده‌های رطوبتی و فلووم مطابق شکل ۳۰۰ می‌باشد. در شکل ۳۰۱ نمودار بیان رطوبت در ناحیه ریشه نشان داده شده است. در جدول ۱۸۱ میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در باغ آقای نصیری به ترتیب $4687/3$ و $6573/8$ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری $28/7$ درصد است. میزان عملکرد در این باغ در تیمار و شاهد به ترتیب 4000 و 3500 کیلوگرم بر هکتار به دست آمد (جدول ۱۸۱).



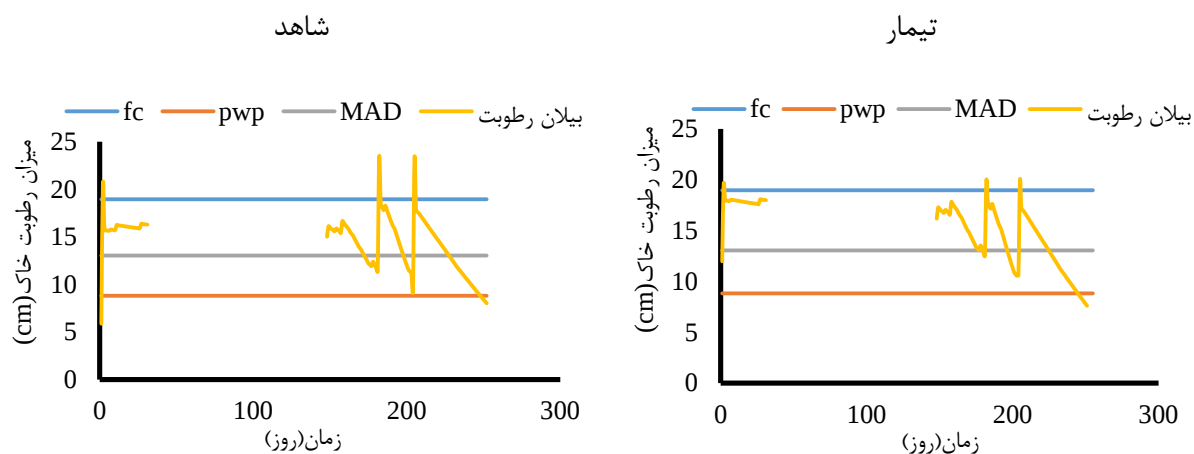
شکل ۲۹۸- میزان آب نفوذ یافته از طریق منحنی پیش‌روی و پس‌روی آبیاری اول باغ آقای محمد نصیری



شکل ۲۹۹- میزان آب برآورده شده از منحني پیشروی و پسروی و فلوم باغ آقای محمد نصیری



شکل ۳۰۰- برآورد میزان آب آبیاری از روی داده‌های رطوبتی در مزرعه تیمار آقای محمد نصیری



شکل ۳۰۱- بیلان رطوبتی مزرعه آقای محمد نصیری

جدول ۱۸۱- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای محمد نصیری

نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۴۰۰۰	۴۶۸۷/۳	۰/۸۵
شاهد	۳۵۰۰	۶۵۷۳/۸	۰/۵۳

۵-۴-۲- نتایج مزرعه آقای علی سلیمی

مساحت این باغ در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۱ و ۰/۱ هکتار بوده و تحت کشت گوجه‌فرنگی می‌باشد. آبیاری در قسمت تیمار و شاهد جویچه‌ای انجام شده است. کشت سال قبل این مزرعه پیاز بود. تکنیک‌های مورد استفاده در مزرعه تیمار شخم حفاظتی (برگرداندن بقایای گیاهی به خاک، عدم ایجاد کلوخه، عدم تخریب ساختمان خاک، کاهش زمان آماده‌سازی زمین، کاهش هزینه) و ایجاد پشته برای کشت نشا بود. مزرعه تیمار و شاهد با تقسیم یک مزرعه به دو بخش در نظر گرفته شد. عرض پشته تک ردیفه ۸۰ سانتی‌متر و دو ردیفه ۱۲۰ سانتی‌متر، طول پشته‌ها ۶ متر، عرض جوی‌ها ۵۰ الی ۷۰ سانتی‌متر است. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۱۸۲ ارائه شده است.

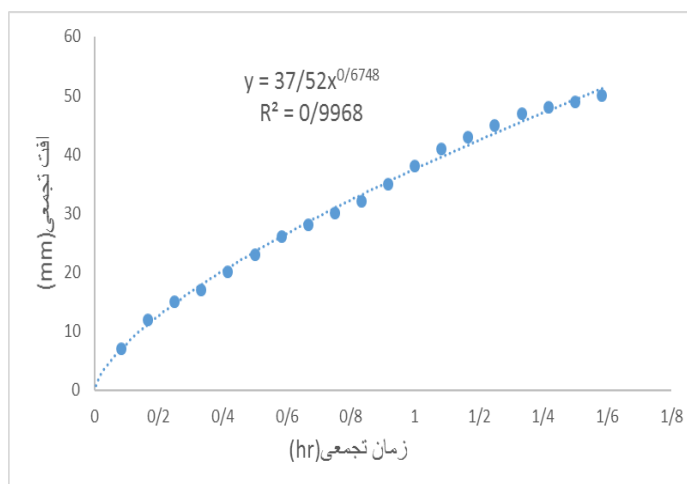
جدول ۱۸۲- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه آقای علی سلیمی

مزرعه یوسف حنیفی	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	جویچه‌ای	$6 \times (0.7 - 0.5)^*$	**	بسته
شاهد	جویچه‌ای	$6 \times (0.7 - 0.5)^*$	**	بسته

* عرض نوار بین ۰/۵ تا ۰/۷ متر متغیر است.

** اندازه‌گیری شیب مزرعه در شرح خدمات شرکت مسئول نمی‌باشد.

به منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در مورخ ۹۸/۰۲/۱۸ در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به صورت منحنی در ۳۰۲ آورده شده است. لازم به ذکر است، به دلیل اینکه مزرعه تیمار و شاهد از یک مزرعه انتخاب شده نفوذ تجمعی یک مورد می‌باشد.



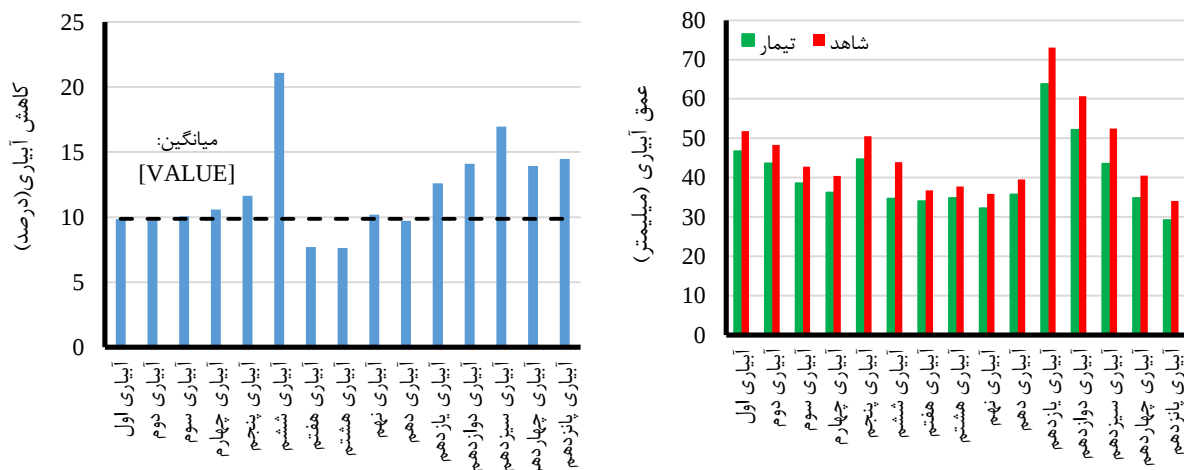
شکل ۳۰۲- نمودار نفوذ مزرعه آقای علی سلیمی

آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۷ صورت گرفت و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص مورد نیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه آقای علی سلیمی در جدول ۱۸۳ ارائه گردیده است. در مزرعه آقای علی سلیمی در کل دوره رشد محصول ۱۵ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۱۸۳، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۴۶/۷ و ۵۱/۸ میلی‌متر بوده و نشان می‌دهد، کولتیواتور به همراه تغییر روش آبیاری موجب کاهش قابل توجه ۹/۸ درصد عمق آب آبیاری گردیده است. مطابق جدول ۱۸۳، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۳۸/۵ و ۴۲/۸ میلی‌متر بوده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۱۰/۱ درصد عمق آب آبیاری شده است (جدول ۱۸۳).

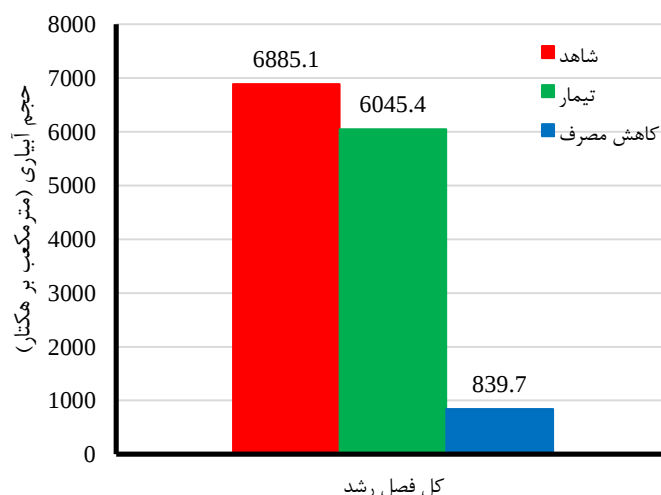
جدول ۱۸۳- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه آقای علی سلیمی در تیمارها و شاهد در آبیاری اول و سوم

راندمان کاربرد AE درصد	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مزرعه سلیمی	نوبت آبیاری
۶۴/۲	۲۹/۹۸	۴۶/۷	۴۰	۲۴/۹۱	تیمار	آبیاری اول
۵۷/۹	۲۹/۹۹	۵۱/۸	۴۲	۲۴/۹۱	شاهد	
۶۵/۵	۲۸/۶	۴۳/۶	۴۱	۲۲/۶۹	تیمار	آبیاری دوم
۳۴/۴	۲۱	۴۸/۳	۴۳	۲۲/۶۹	شاهد	
۹۰/۹	۳۵	۳۸/۵	۳۸	۲۱/۶۲	تیمار	آبیاری سوم
۷۲/۴	۳۱	۴۲/۸	۴۰	۲۱/۶۲	شاهد	

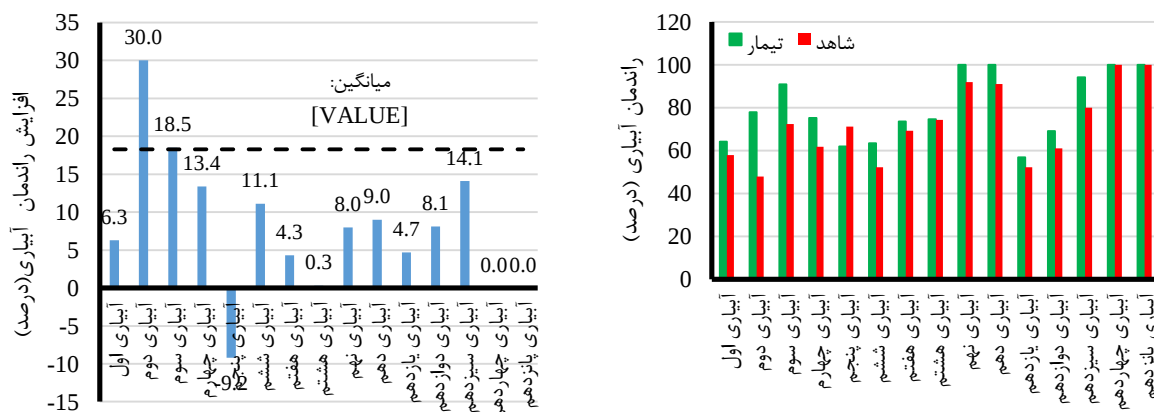
این مزرعه طی فصل رشد محصول در ۱۵ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۳۰۳ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی دو آبیاری این مزرعه، حدود ۹/۹ درصد محاسبه شد (شکل ۳۰۴). مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی دو آبیاری پایش شده، در شکل ۳۰۵ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۸/۳ درصد به دست آمد.



شکل ۳-۳- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای علی سلیمی طی آبیاری‌های مختلف



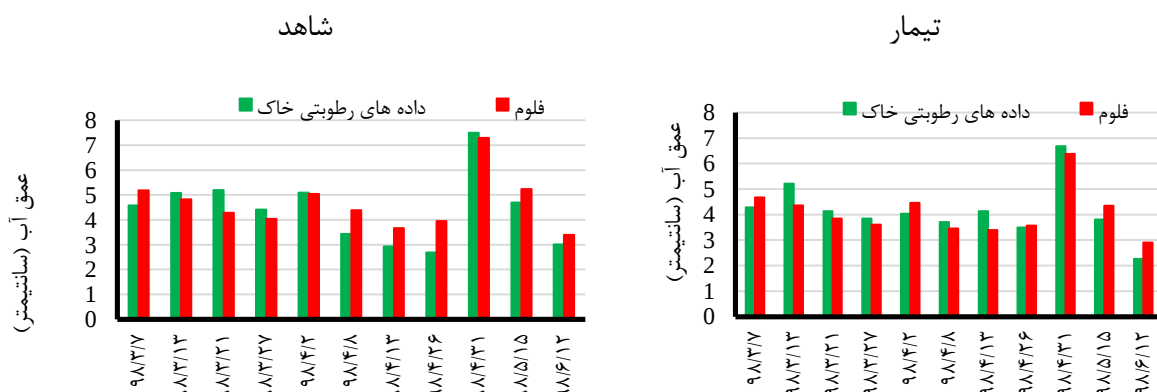
شکل ۳-۴- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه آقای علی سلیمی



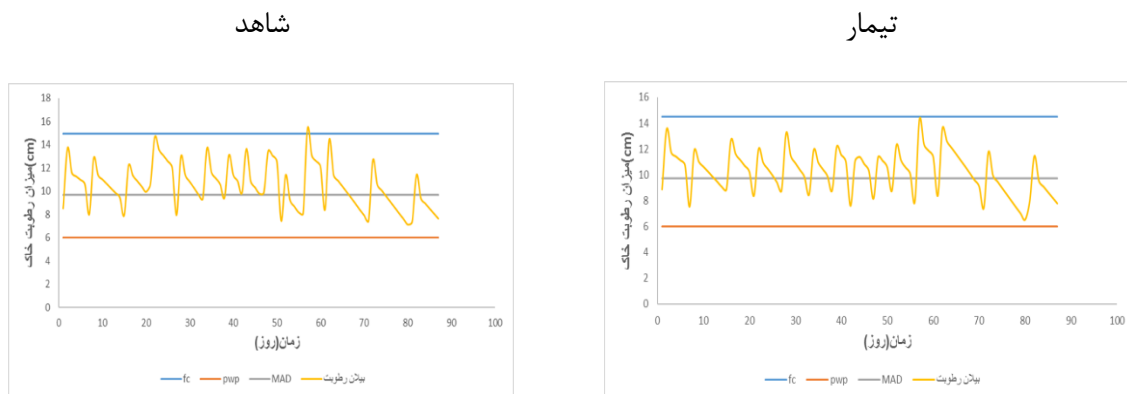
شکل ۳-۵- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در مزرعه تیمار و شاهد آقای علی سلیمی طی و درصد

افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

در شکل ۳۰۶ میزان آب آبیاری برآوردشده از طریق داده‌های رطوبتی و فلوم در مزرعه آقای علی سلیمی نشان داده شده است. در شکل ۳۰۷ نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه نشان داده شده است. در جدول ۱۸۴ میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در باغ آقای نصیری به ترتیب ۶۰۴۵/۴ و ۶۸۸۵/۱ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری ۹/۹ درصد است. میزان عملکرد در این باغ در تیمار و شاهد به ترتیب ۹۲۰۰۰ و ۷۰۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد (جدول ۱۵۲).



شکل ۳۰۶- برآورد میزان آب آبیاری از روی داده‌های رطوبتی در مزرعه تیمار آقای علی سلیمی



شکل ۳۰۷- بیلان رطوبتی مزرعه آقای علی سلیمی

جدول ۱۸۴- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای علی سلیمی

نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۹۲۰۰۰	۶۰۴۵/۴	۱۵/۲
شاهد	۷۰۰۰۰	۶۸۸۵/۱	۱۰/۲

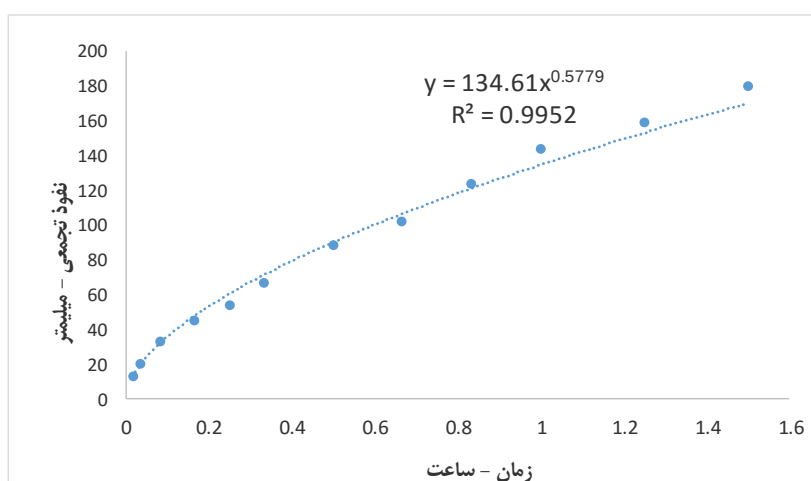
مساحت این باغ در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۰۶ و ۰/۳ هکتار بوده و تحت کشت گوجه‌سبز می‌باشد. آبیاری شیاری در قسمت تیمار و آبیاری کرتی غرقابی در قسمت شاهد انجام شده است. تکنیک‌های مورد استفاده در باغ تیمار کولتیواتور جهت مبارزه با علف‌های هرز و آبیاری شیاری بود. مزرعه تیمار و شاهد با تقسیم یک مزرعه به دو بخش در نظر گرفته شد. در قسمت تیمار نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۴۸ و ۰/۸ متر در نظر گرفته شد. در قسمت شاهد نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۴۸ و ۳/۵ متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۱۸۵ ارائه شده است.

جدول ۱۸۵- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در باغ آقای علی کربلای فرجی

مزرعه یوسف حنیفی	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	شیاری	۴۸ × ۰/۸	*	بسته
شاهد	کرتی (غرقابی)	۴۸ × ۳/۵	*	بسته

* در شرح خدمات شرکت مسئول قید شده است که اندازه‌گیری شیب باغ نیاز نیست.

به منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در مورخ ۹۸/۰۳/۰۲ در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به صورت منحنی در ۳۰۸ آورده شده است. لازم به ذکر است، به دلیل اینکه مزرعه تیمار و شاهد از یک مزرعه انتخاب شده نفوذ تجمعی یک مورد می‌باشد.



شکل ۳۰۸- منحنی و معادله نفوذ باغ آقای فرجی

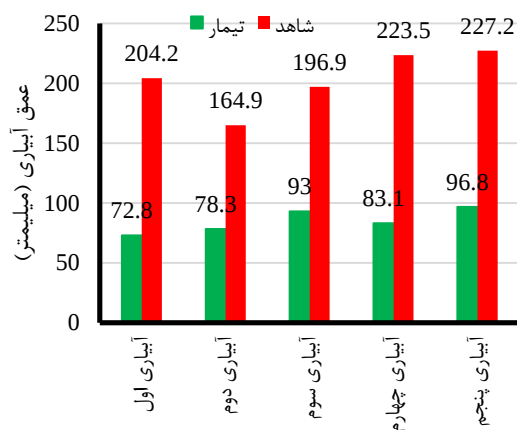
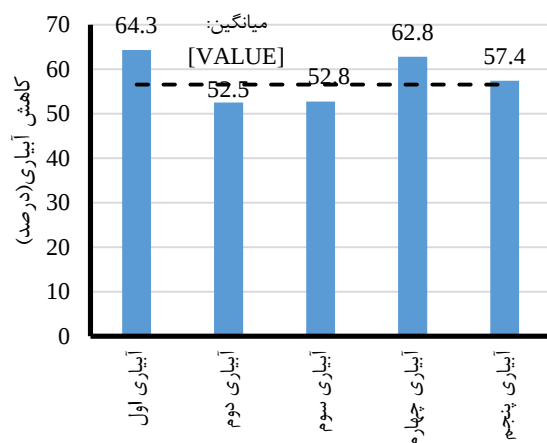
آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۲۲ صورت گرفت و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص مورد نیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم باغ آقای فرجی در جدول ۱۸۶ ارائه گردیده است. در باغ آقای فرجی در کل دوره رشد محصول ۵ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۱۸۶، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۷۲/۸ و ۲۰۴/۲ میلی‌متر بوده و نشان می‌دهد، کولتیواتور به همراه تغییر روش آبیاری موجب کاهش قابل توجه ۶۴/۳ درصد عمق آب آبیاری گردیده است. مطابق جدول ۱۸۶، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به

ترتیب ۷۸/۳ و ۱۶۴/۹ میلی‌متر بوده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۵۲/۸ درصد عمق آب آبیاری شده است (جدول ۱۸۶).

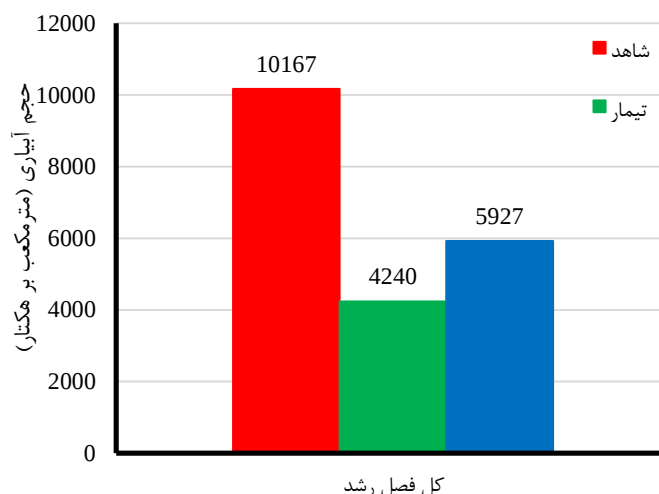
جدول ۱۸۶- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان باغ آقای فرجی در تیمار و شاهد در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	باغ فرجی	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۲۲/۶	۳۳	۷۲/۸	۷۷/۶	۱۰۰
	شاهد	۲۲/۶	۱۵۰	۲۰۴/۲	۷۲	۳۵/۳
آبیاری دوم	تیمار	۲۰/۵	۳۴	۷۸/۳	۶۱	۷۷/۹
	شاهد	۲۰/۵	۱۳۴	۱۶۴/۹	۷۹	۴۷/۹
آبیاری سوم	تیمار	۲۷/۲	۳۵	۹۳	۸۱/۳	۸۷/۴
	شاهد	۲۷/۲	۱۲۰	۱۹۶/۶	۱۰۶/۲	۵۳/۹

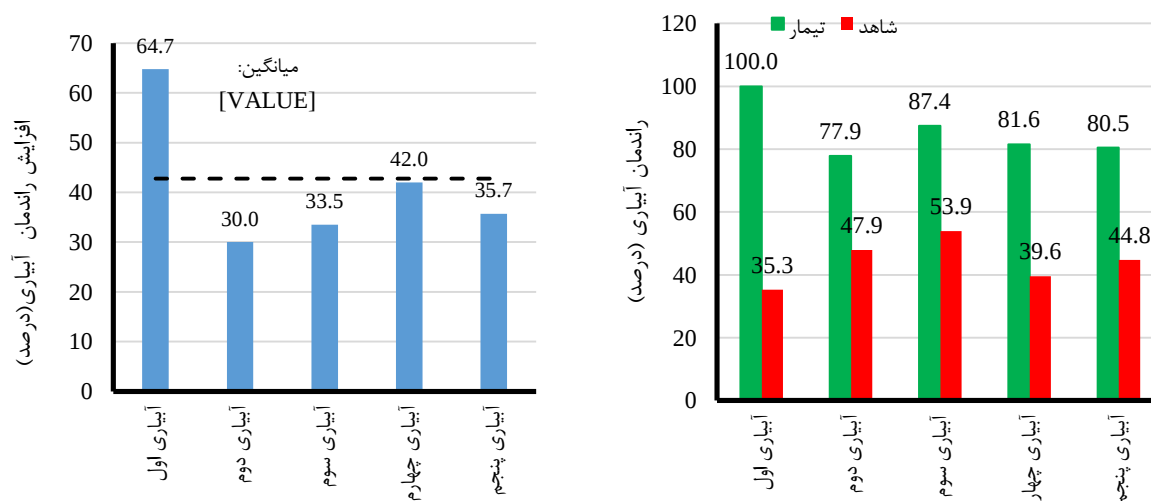
این مزرعه طی فصل رشد محصول در ۵ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۳۰۹ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی دو آبیاری این مزرعه، حدود ۵۶/۵ درصد محاسبه شد (شکل ۳۱۰). مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی دو آبیاری پایش شده، در شکل ۳۱۱ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۴۲/۷ درصد به دست آمد.



شکل ۳۰۹- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در باغ آقای فرجی طی آبیاری‌های مختلف

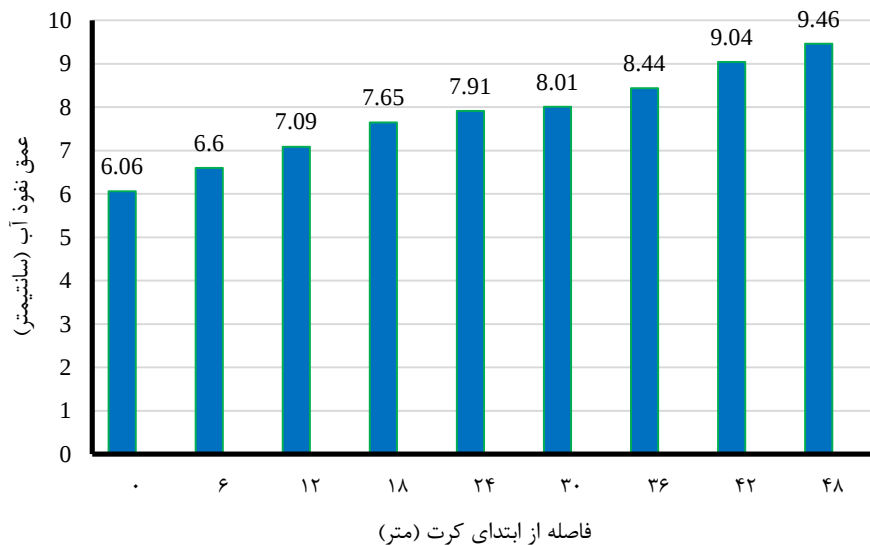


شکل ۳۱۰- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در باغ آقای فرجی

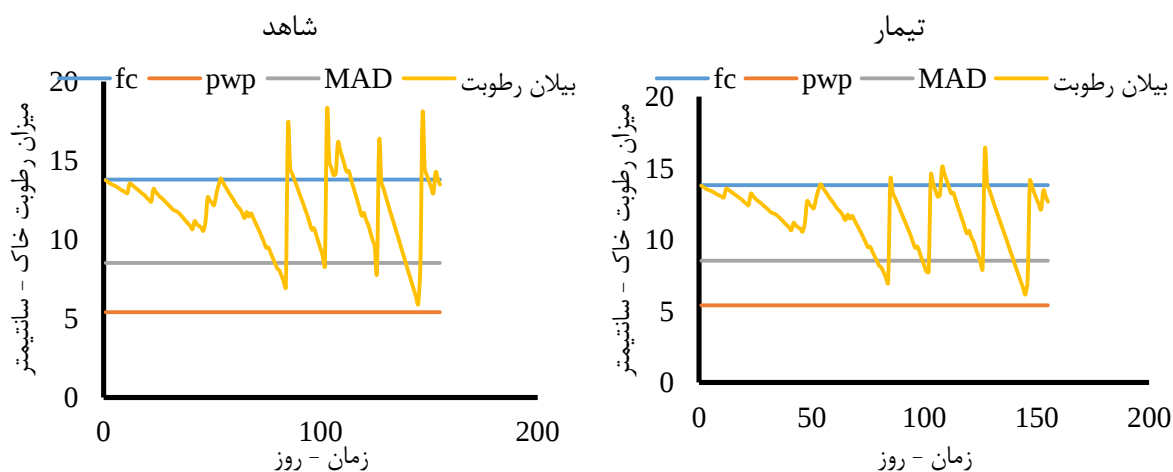


شکل ۳۱۱- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در باغ تیمار و شاهد آقای فرجی طی و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

در شکل ۳۱۲ میزان آب برآورد شده از طریق منحنی پیش روی و پس‌روی و معادله نفوذ برای اولین آبیاری باغ آقای فرجی نشان داده شده است. با توجه به شکل ۳۱۲ متوسط عمق آب نفوذ یافته معادل ۷/۸ سانتی‌متر می‌باشد. در شکل ۳۱۳ نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه نشان داده شده است. در جدول ۱۸۷ میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در باغ آقای فرجی به ترتیب ۴۲۴۰ و ۱۰۱۶۷ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری ۵۶/۵ درصد است. میزان عملکرد در این باغ در تیمار و شاهد به ترتیب ۵۰۰۰ و ۵۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد (جدول ۱۸۷).



شکل ۳۱۲- میزان آب برآورد شده از طریق منحنی پیش روی و پس روی و معادله نفوذ برای اولین آبیاری باغ آقای فرجی



شکل ۳۱۳- نمودار بیان رطوبت در ناحیه ریشه باغ آقای فرجی

جدول ۱۸۷- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد باغ آقای فرجی

نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۵۰۰	۴۲۴۰	۱/۲
شاهد	۵۰۰	۱۰۱۶۷	۰/۵

۵-۴-۴- نتایج باغ آقای قربان حاج حسین پور

مساحت این باغ در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۶۲ و ۰/۱۳ هکتار بوده و تحت کشت گوجه‌سبز می‌باشد. آبیاری شیاری در قسمت تیمار و آبیاری کرتی غرقابی در قسمت شاهد انجام شده است. تکنیک‌های مورد استفاده در باغ تیمار کولتیواتور جهت مبارزه با علف‌های هرز و آبیاری شیار بود. مزرعه تیمار و شاهد با تقسیم یک مزرعه به دو بخش در نظر گرفته شد. در قسمت تیمار نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۵۴ و ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. در

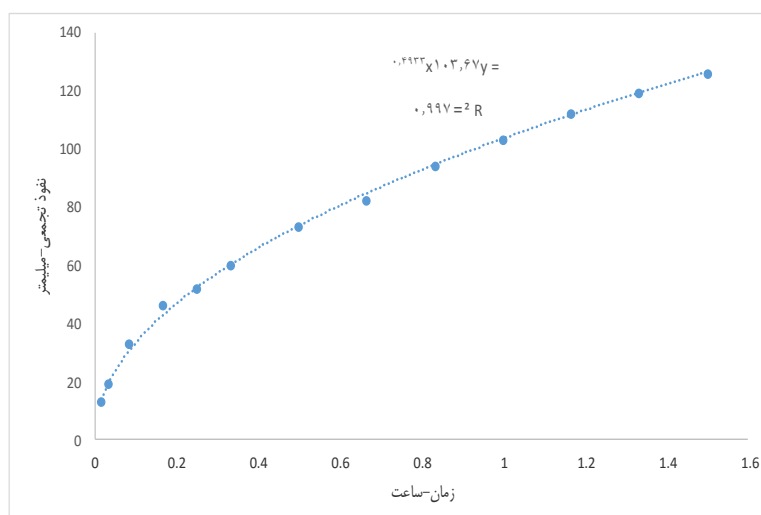
قسمت شاهد نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۵۴ و ۳ متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۱۸۸ ارائه شده است.

جدول ۱۸۸- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در باغ آقای حاج حسین‌پور

مزرعه یوسف حنیفی	روش آبیاری	طول× عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	شیاری	۵۴×۱/۵	*	بسته
شاهد	کرتی (غرقابی)	۵۴×۳	*	بسته

* در شرح خدمات شرکت مسئول قید شده است که اندازه‌گیری شیب باغ نیاز نیست.

به منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در مورخ ۹۸/۲/۲۸ در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به صورت منحنی در ۳۱۴ آورده شده است. لازم به ذکر است، به دلیل اینکه مزرعه تیمار و شاهد از یک مزرعه انتخاب شده نفوذ تجمعی یک مورد می‌باشد.



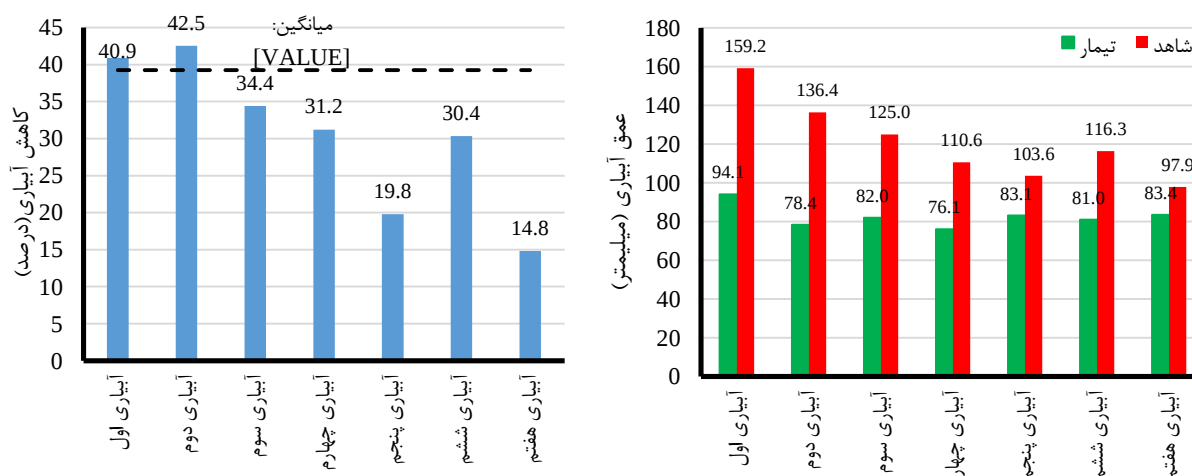
شکل ۳۱۴- منحنی و معادله نفوذ باغ آقای حاج حسین‌پور

آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۰۲/۲۰ صورت گرفت و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص مورد نیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم باغ آقای حاج حسین‌پور در جدول ۱۸۹ ارائه گردیده است. در باغ آقای حاج حسین‌پور در کل دوره رشد محصول ۷ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۱۸۹، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۹۴/۱ و ۱۵۹/۲ میلی‌متر بوده و نشان می‌دهد، کولتیواتور به همراه تغییر روش آبیاری موجب کاهش قابل توجه ۴۰/۹ درصد عمق آب آبیاری گردیده است. مطابق جدول ۱۸۹، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۷۸/۴ و ۱۳۶/۴ میلی‌متر بوده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۳۴/۴ درصد عمق آب آبیاری شده است (جدول ۱۸۹).

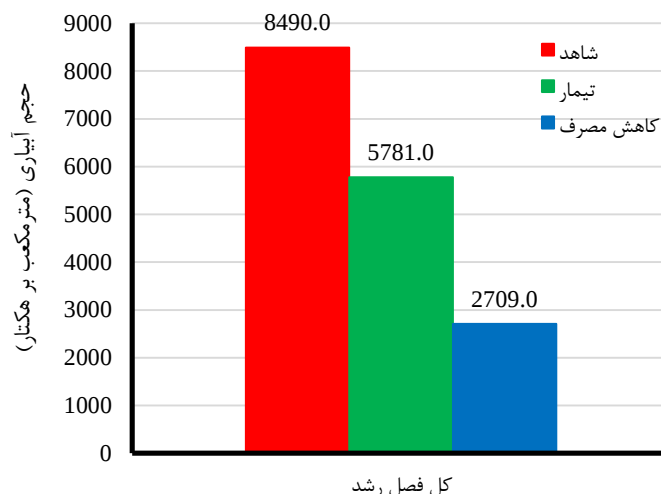
جدول ۱۸۹- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان باغ آقای حاج حسین‌پور در تیمار و شاهد در آبیاری اول تا هفتم

نوبت آبیاری	مزرعه حاج حسین‌پور	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۳۰/۹۶	۳۰	۹۴/۱	۷۲	۷۶/۵
	شاهد	۳۰/۹۶	۱۰۵	۱۵۹/۲	۷۰/۳	۴۴/۲
آبیاری دوم	تیمار	۳۰/۹۶	۲۵	۷۸/۴	۵۶/۷	۷۲/۳
	شاهد	۳۰/۹۶	۹۰	۱۳۶/۴	۷۱/۱	۵۲/۱
آبیاری سوم	تیمار	۲۷/۲	۳۰	۸۲	۸۳/۷	۱۰۰
	شاهد	۲۷/۲	۹۵	۱۲۵	۱۰۴/۳	۸۳/۴

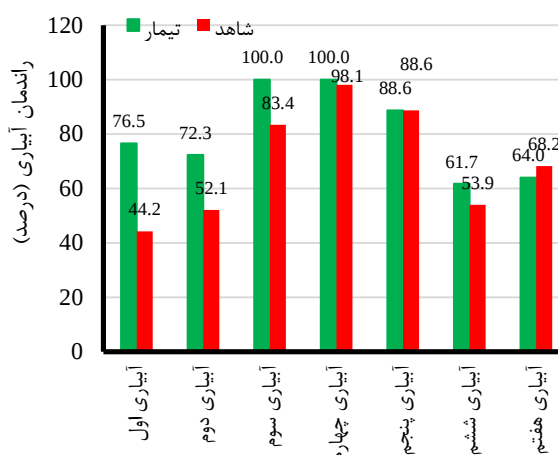
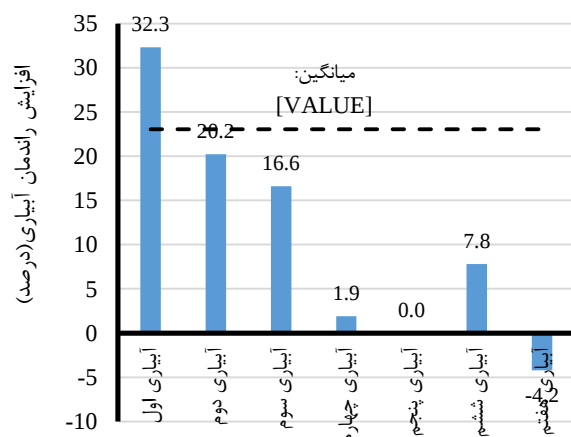
این مزرعه طی فصل رشد محصول در ۷ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۳۱۵ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی دو آبیاری این مزرعه، حدود ۳۹/۳ درصد محاسبه شد (شکل ۳۱۶). مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی دو آبیاری پایش شده، در شکل ۳۱۷ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۲۳ درصد به دست آمد.



شکل ۳۱۵- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در باغ آقای حاج حسین‌پور طی آبیاری‌های مختلف

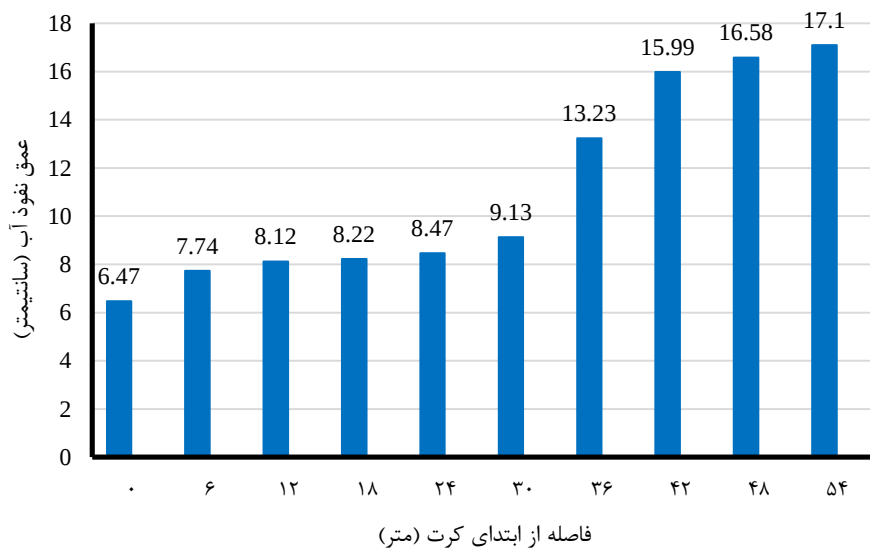


شکل ۳۱۶- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در باغ آقای حاج حسین‌پور

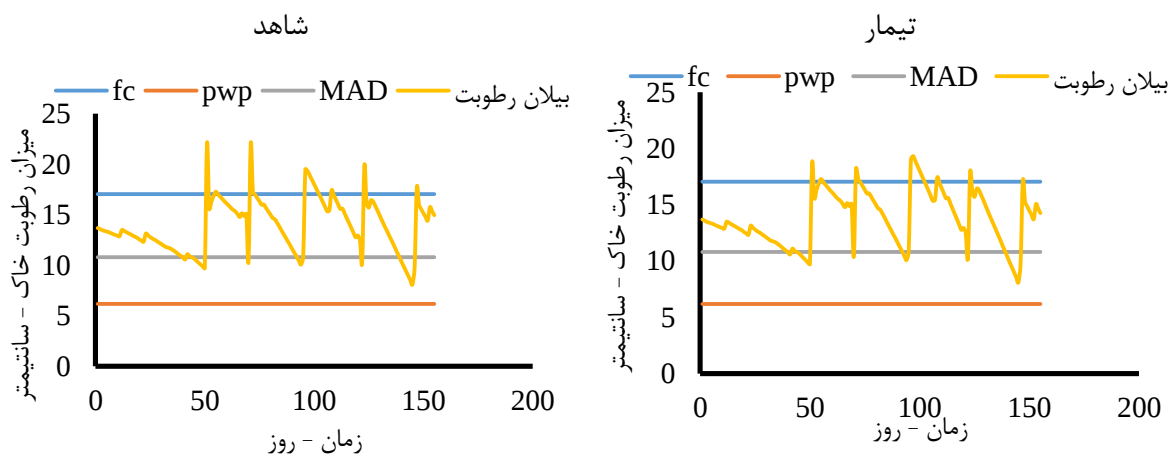


شکل ۳۱۷- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در باغ تیمار و شاهد آقای حاج حسین‌پور طی و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

در شکل ۳۱۸ میزان آب برآورد شده از طریق منحنی پیش روی و پس‌روی و معادله نفوذ برای اولین آبیاری باغ آقای حاج حسین‌پور نشان داده شده است. با توجه به شکل ۳۱۸ متوسط عمق آب نفوذ یافته معادل ۱۱ سانتی‌متر می‌باشد. در شکل ۳۱۹ نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه نشان داده شده است. در جدول ۱۹۰ میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در باغ آقای حاج حسین‌پور به ترتیب ۵۷۸۱ و ۸۴۹۰ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری ۳۹/۳ درصد است. میزان عملکرد در این باغ در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۷۰۰۰ و ۱۶۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد (جدول ۱۹۰).



شکل ۳۱۸- میزان آب برآوردشده از طریق منحنی پیش روی و پس‌روی و معادله نفوذ برای اولین آبیاری باغ آقای حاج حسین‌پور



شکل ۳۱۹- نمودار بیان رطوبت در ناحیه ریشه باغ آقای حاج حسین‌پور

جدول ۱۹۰- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد باغ آقای حاج حسین‌پور

نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۱۷۰۰۰	۵۷۸۱	۲/۹
شاهد	۱۶۰۰۰	۸۴۹۰	۱/۹

۵-۴-۵- نتایج باغ آقای سهراب جمشیدی

مساحت این باغ در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۱۵ و ۰/۱۱ هکتار بوده و تحت کشت بادام می‌باشد. آبیاری شیاری در قسمت تیمار و آبیاری کرتی غرقابی در قسمت شاهد انجام شده است. تکنیک‌های مورد استفاده در باغ تیمار کولتیواتور و آبیاری شیاری بود. مزرعه تیمار و شاهد با تقسیم یک مزرعه به دو بخش در نظر گرفته شد. در قسمت تیمار نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۳۸ و ۰/۷ متر در نظر گرفته شد. در قسمت شاهد نیز طول و عرض

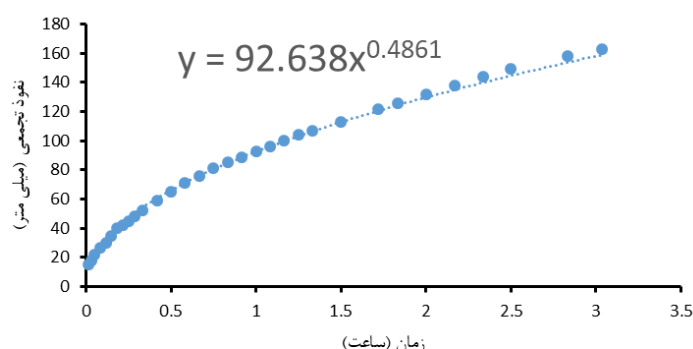
نوار به ترتیب ۳۸ و ۲ متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۱۹۱ ارائه شده است.

جدول ۱۹۱- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در باغ آقای سهراب جمشیدی

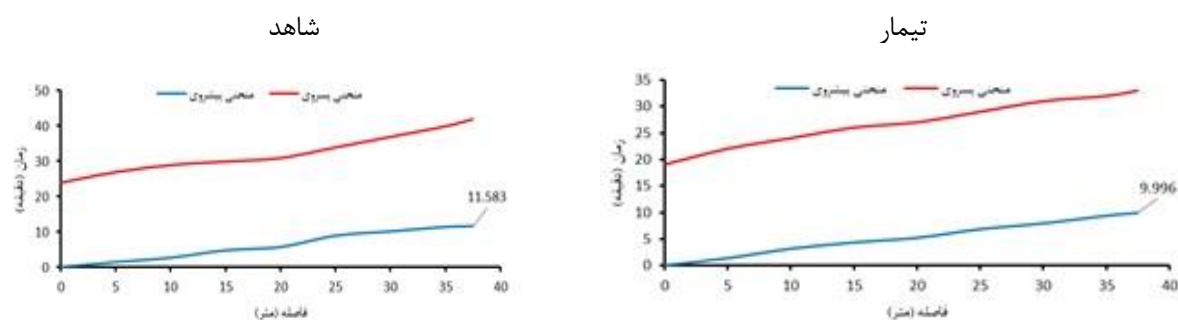
مزرعه یوسف حنیفی	روش آبیاری	طول×عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	شیاری	۳۸×۰/۷	*	بسته
شاهد	کرتی (غرقابی)	۳۸×۲	*	بسته

* در شرح خدمات شرکت مسئول قید شده است که اندازه گیری شیب باغ نیاز نیست.

به منظور اندازه گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در مورخ ۹۸/۲/۲۸ در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به صورت منحنی در ۳۲۰ آورده شده است. لازم به ذکر است، به دلیل اینکه مزرعه تیمار و شاهد از یک مزرعه انتخاب شده نفوذ تجمعی یک مورد می باشد. شکل ۳۲۱ منحنی پیش روی و پس روی آبیاری اول در تیمار و شاهد را نشان می دهند.



شکل ۳۲۰- نمودار نفوذ باغ سهراب جمشیدی



شکل ۳۲۱- منحنی پیش روی و پس روی آبیاری اول باغ سهراب جمشیدی

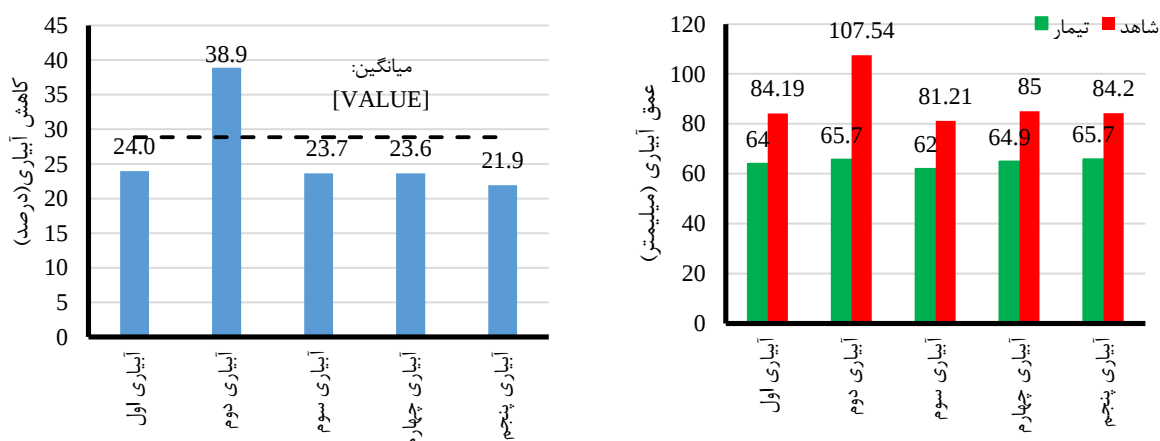
آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۱۳ صورت گرفت و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص مورد نیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم باغ آقای سهراب جمشیدی در جدول ۱۹۲ ارائه گردیده است. در باغ آقای سهراب جمشیدی در کل دوره رشد محصول ۵ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۱۹۲، متوسط عمق آبیاری

اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۶۴ و ۸۴/۱۹ میلی‌متر بوده و نشان می‌دهد، کولتیواتور به همراه تغییر روش آبیاری موجب کاهش قابل توجه ۲۴ درصد عمق آب آبیاری گردیده است. مطابق جدول ۱۹۲، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۶۵/۷ و ۱۰۷/۵۴ میلی‌متر بوده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۲۳/۷ درصد عمق آب آبیاری شده است (جدول ۱۹۲).

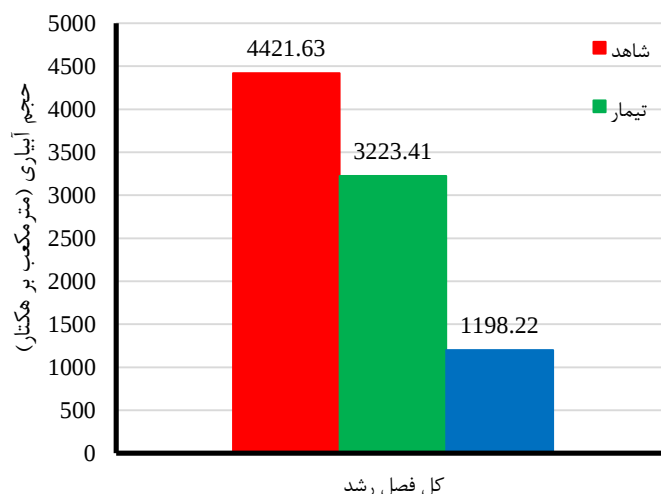
جدول ۱۹۲- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان باغ آقای سهراب جمشیدی در مزارع تیمار و شاهد در آبیاری اول تا پنجم

نوبت آبیاری	سهراب جمشیدی	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	متوسط درصد رطوبت وزنی ناحیه ریشه قبل آبیاری (Θ_i)	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۱۳/۲۴	۱۲۰	۱۹/۶	۶۴	۵۴/۶	۸۵/۳
	شاهد	۱۷/۶۸	۹۰	۲۲/۱	۸۴/۱۹	۷۵/۴	۸۹/۶
آبیاری دوم	تیمار	۱۳/۵۵	۱۲۰	۲۱	۶۵/۷	۵۵/۹	۸۵/۱
	شاهد	۱۷/۶۸	۱۵۰	۲۳/۳	۱۰۷/۵۴	۷۵/۴	۷۰/۱
آبیاری سوم	تیمار	۱۲/۷۹	۱۲۰	۲۰	۶۲	۷۲/۸	۱۰۰
	شاهد	۱۷/۶۸	۱۲۰	۲۰/۶	۸۱/۲۱	۷۱/۵	۸۸

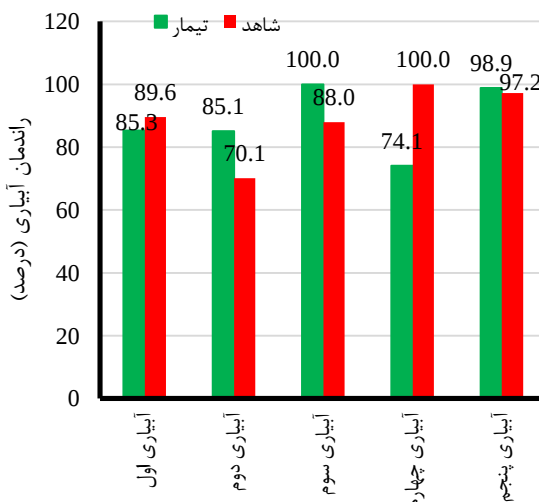
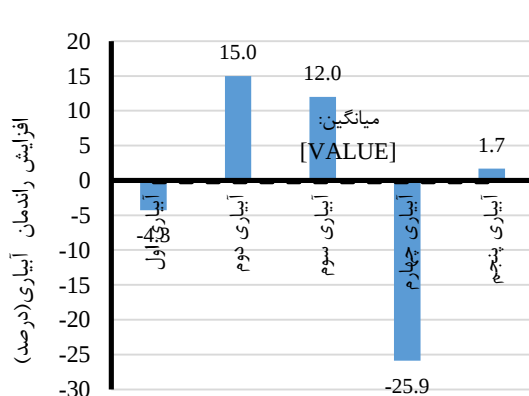
این مزرعه طی فصل رشد محصول در ۵ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۳۲۲ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی دو آبیاری این مزرعه، حدود ۲۸/۸ درصد محاسبه شد (شکل ۳۲۳). مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی دو آبیاری پایش شده، در شکل ۳۲۴ ارائه شده است.



شکل ۳۲۲- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در باغ آقای سهراب جمشیدی طی آبیاری‌های مختلف

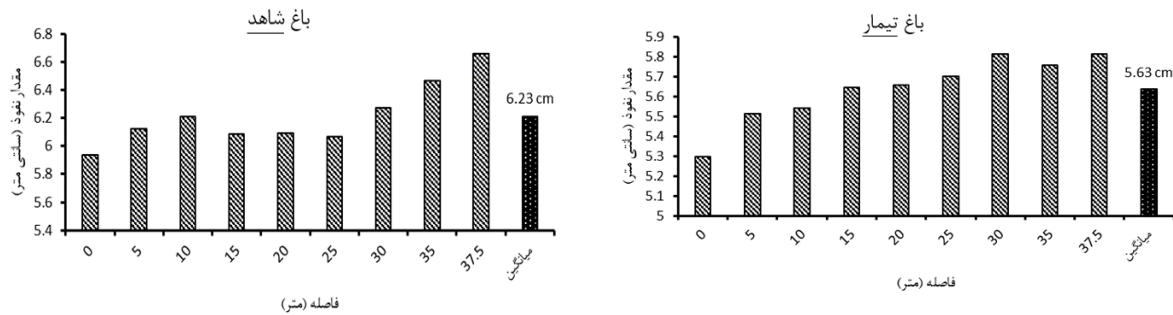


شکل ۳۲۳- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در باغ آقای سهراب جمشیدی

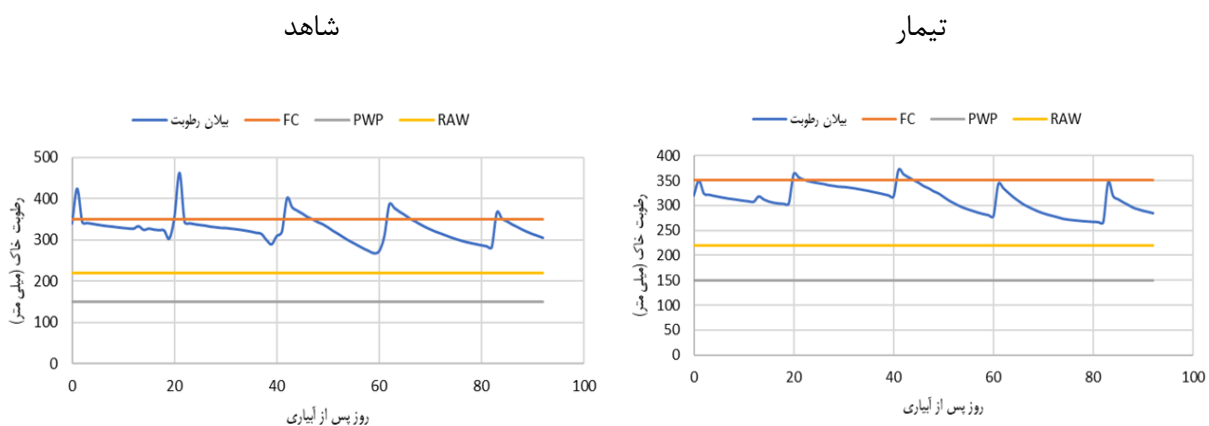


شکل ۳۲۴- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در باغ تیمار و شاهد آقای سهراب جمشیدی طی و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

در شکل ۳۲۵ میزان آب برآوردشده از طریق منحنی پیش روی و پس‌روی و معادله نفوذ برای اولین آبیاری باغ آقای سهراب جمشیدی نشان داده شده است. در شکل ۳۲۶ نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه نشان داده شده است. در جدول ۱۹۳ میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در باغ آقای سهراب جمشیدی به ترتیب ۳۲۲۳/۴۱ و ۴۴۲۱/۶۳ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری ۲۸/۸ درصد است. میزان عملکرد در این باغ در تیمار و شاهد به ترتیب ۳۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد (جدول ۱۹۳). لازم به ذکر است اگرچه عملکرد تیمار نسبت به شاهد بیشتر است، اما عملکرد باغ نسبت به سال گذشته به علت سرمازدگی بسیار کاهش یافته است.



شکل ۳۲۵- میزان آب برآورده شده از منحنی پیش‌روی و پس‌روی باغ تیمار سهراب جمشیدی



شکل ۳۲۶- منحنی بیلان رطوبتی باغ سهراب جمشیدی

جدول ۱۹۳- عملکرد، بارش مؤثر، آب آبیاری و بهره‌وری آب در باغ تیمار و شاهد آقای سهراب جمشیدی

نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۳۰۰	۳۲۲۳/۴۱	۰/۰۹۳
شاهد	۱۰۰	۴۴۲۱/۶۳	۰/۰۲۳

* به علت سرمازدگی عملکرد نسبت به سال گذشته به شدت کاهش یافت.

۵-۴-۶- نتایج باغ آقای محمد شهابی

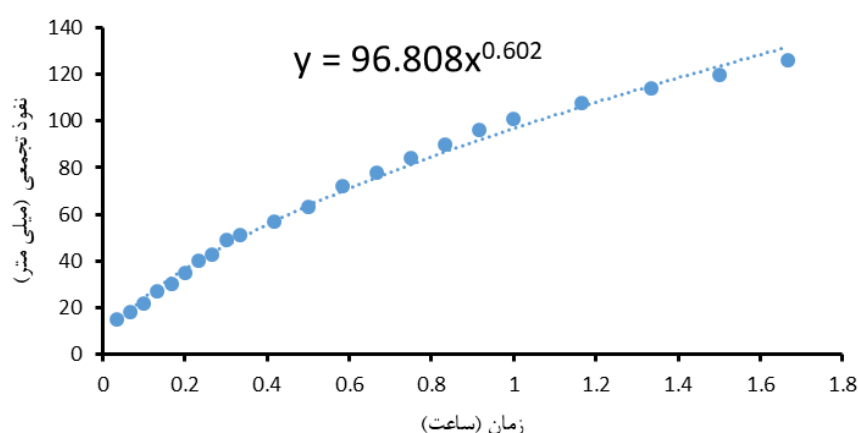
مساحت این باغ در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۳۱ و ۰/۲۷ هکتار بوده و تحت کشت گردو می‌باشد. آبیاری شیاری در قسمت تیمار و آبیاری کرتی غرقابی در قسمت شاهد انجام شده است. تکنیک‌های مورد استفاده در باغ تیمار کولتیواتور و آبیاری شیاری بود. مزرعه تیمار و شاهد با تقسیم یک مزرعه به دو بخش در نظر گرفته شد. در قسمت تیمار نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۹۸ و ۰/۸ متر در نظر گرفته شد. در قسمت شاهد نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۷۵ و ۴ متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۱۹۴ ارائه شده است.

جدول ۱۹۴- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در باغ آقای محمد شهابی

مزرعه یوسف حنیفی	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	شیاری	۹۸×۰/۸	*	بسته
شاهد	کرتی (غرقابی)	۷۵×۴	*	بسته

* در شرح خدمات شرکت مسئول قید شده است که اندازه‌گیری شیب باغ نیاز نیست.

به‌منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در مورخ ۹۸/۲/۲۸ در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به‌صورت منحنی در ۳۲۷ آورده شده است. لازم به ذکر است، به دلیل اینکه مزرعه تیمار و شاهد از یک مزرعه انتخاب شده نفوذ تجمعی یک مورد می‌باشد.



شکل ۳۲۷- نمودار نفوذ باغ محمد شهابی

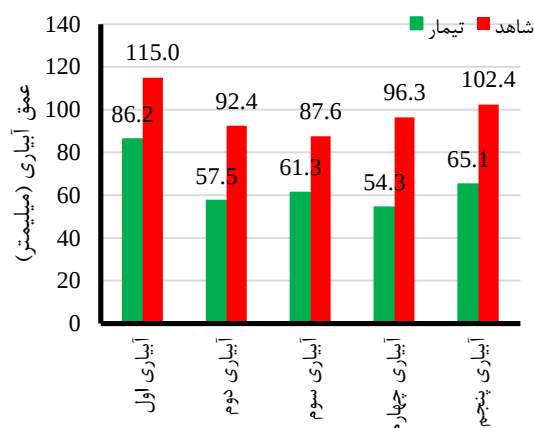
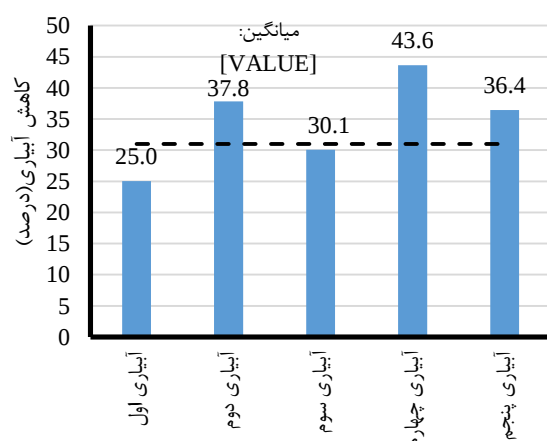
آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۰۳/۰۷ صورت گرفت و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم باغ آقای محمد شهابی در جدول ۱۹۵ ارائه گردیده است. در باغ آقای محمد شهابی در کل دوره رشد محصول ۵ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۱۹۵، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۸۶/۲ و ۱۱۴/۹۸ میلی‌متر بوده و نشان می‌دهد، کولتیواتور به همراه تغییر روش آبیاری موجب کاهش قابل توجه ۲۵ درصد عمق آب آبیاری گردیده است. مطابق جدول ۱۹۵، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۵۷/۴۶ و ۹۲/۴۲ میلی‌متر بوده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۳۰/۱ درصد عمق آب آبیاری شده است (جدول ۱۹۵).

جدول ۱۹۵- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه آقای محمد شهابی در مزارع تیمار و شاهد در آبیاری اول تا چهارم باغ محمد شهابی

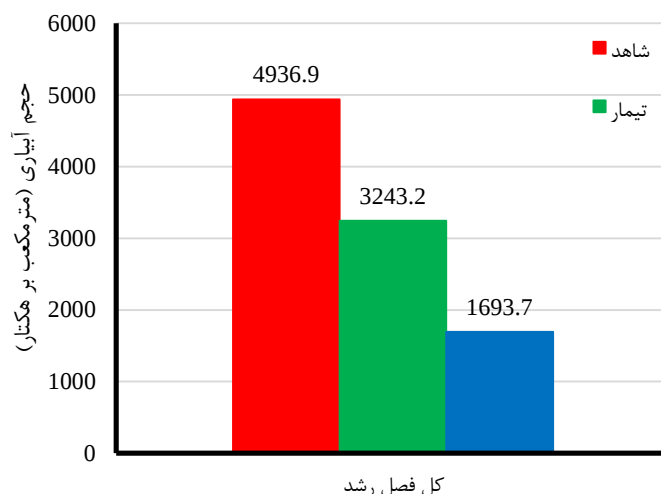
نوبت آبیاری	محمد شهابی	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	متوسط درصد رطوبت وزنی ناحیه ریشه قبل آبیاری (Θ_i)	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
-------------	------------	---	---------------------------------	---	---------------------------------	--	---------------------------------

۹۵/۸	۸۲/۶	۸۶/۲	۱۶/۲	۹۰	۱۶	تیمار	آبیاری اول
۷۵/۲	۸۶/۵	۱۱۴/۹۸	۱۴	۵۵۹/۸	۱۶	شاهد	
۱۰۰	۷۴/۹	۵۷/۴۶	۲۰/۲	۶۰	۱۶	تیمار	آبیاری دوم
۸۵/۳	۷۸/۸	۹۲/۴۲	۲۱	۴۵۰	۱۶	شاهد	
۱۰۰	۶۳/۳	۶۱/۲۵	۲۰/۱	۹۰	۱۱/۳۴	تیمار	آبیاری سوم
۹۴/۴	۸۲/۷	۸۷/۵۷	۲۰/۳	۶۰۰	۱۱/۳۴	شاهد	

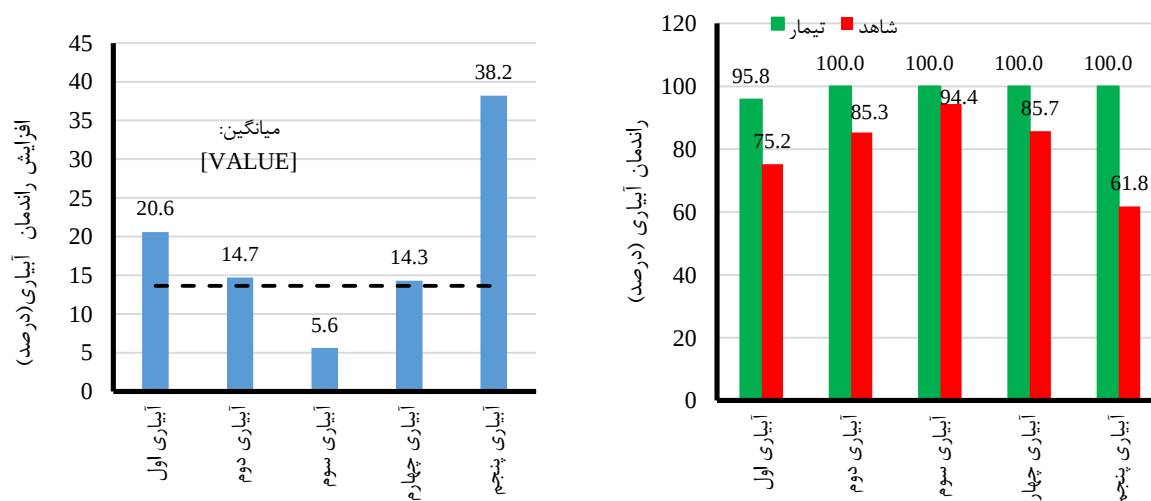
این مزرعه طی فصل رشد محصول در ۵ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۳۲۸ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی دو آبیاری این مزرعه، حدود ۳۱ درصد محاسبه شد (شکل ۳۲۹). مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی دو آبیاری پایش شده، در شکل ۳۳۰ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۳/۶ درصد به دست آمد.



شکل ۳۲۸- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش آبیاری تیمار و شاهد در باغ آقای محمد شهابی طی آبیاری‌های مختلف



شکل ۳۲۹- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در باغ آقای محمد شهابی

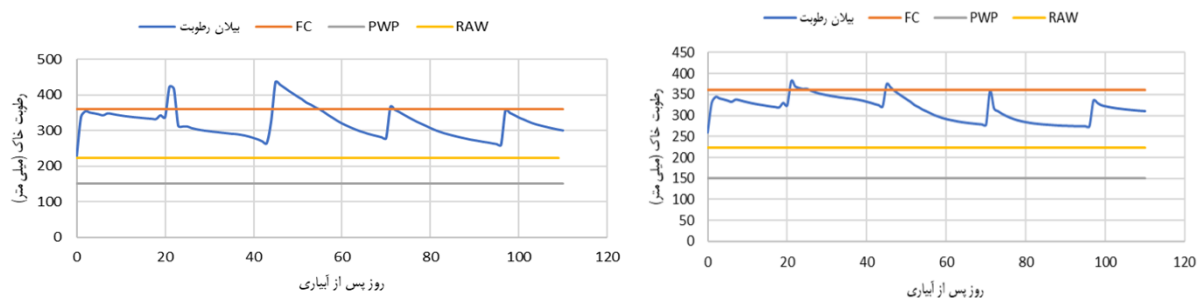


شکل ۳۳۰- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در باغ تیمار و شاهد آقای محمد شهابی طی و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

در شکل ۳۳۱ نمودار بیان رطوبت در ناحیه ریشه نشان داده شده است. در جدول ۱۹۶ میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در باغ آقای محمد شهابی به ترتیب ۳۲۴۳/۲ و ۴۹۳۶/۹ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری ۳۱ درصد است. میزان عملکرد در این باغ در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۲۰۰ و ۹۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد (جدول ۱۹۶). لازم به ذکر است اگرچه عملکرد تیمار نسبت به شاهد بیشتر است، اما عملکرد باغ نسبت به سال گذشته به علت سرمازدگی بسیار کاهش یافته است.

شاهد

تیمار



شکل ۳۳۱- منحنی بیلان رطوبتی باغ محمد شهابی

جدول ۱۹۶- عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب در باغ تیمار و شاهد آقای محمد شهابی

نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۱۲۰۰	۳۲۴۳/۲	۰/۳۷
شاهد	۹۰۰	۴۹۳۶/۹	۰/۱۸

* به علت سرمازدگی عملکرد نسبت به سال گذشته به شدت کاهش یافت.

۵-۴-۷- نتایج مزرعه آقای غلامرضا سالمی

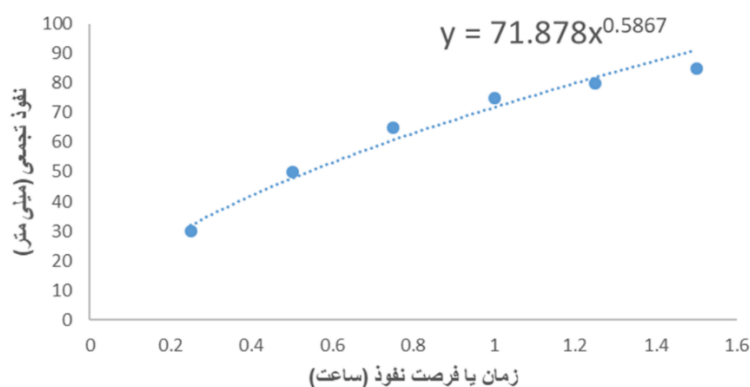
مساحت این باغ در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۹ و ۰/۲ هکتار بوده و تحت کشت سیب‌زمینی می‌باشد. آبیاری جوی و پشته در قسمت تیمار و آبیاری کرتی غرقابی در قسمت شاهد انجام شده است. تکنیک‌های مورد استفاده در مزرعه تیمار کاشت با دستگاه غده کار و آماده‌سازی مزرعه با استفاده از دستگاه خاک ورز حفاظتی به همراه تغییر روش آبیاری به جوی و پشته بود. در قسمت تیمار نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۱۰۶ و ۰/۷۵ متر در نظر گرفته شد. در قسمت شاهد نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۶ و ۰/۸ متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۱۹۷ ارائه شده است.

جدول ۱۹۷- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه آقای غلامرضا سالمی

مزرعه یوسف حنیفی	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	جوی و پشته	۱۰۶ × ۰/۷۵	*	بسته
شاهد	کرتی (غرقابی)	۶ × ۰/۸	*	بسته

* در شرح خدمات شرکت مسئول اندازه‌گیری شیب قید نشده بود.

به منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در مورخ ۹۷/۱۲/۲۰ در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به صورت منحنی در ۳۳۲ آورده شده است. لازم به ذکر است، اندازه‌گیری نفوذ تجمعی مزرعه تیمار در شرح خدمات شرکت مسئول قید شده است.



شکل ۳۳۲- نمودار نفوذ مزرعه غلامرضا سالمی

آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۰۲/۳۰ صورت گرفت و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه غلامرضا سالمی در جدول ۱۹۸ ارائه گردیده است. در مزرعه آقای غلام-رضا سالمی در کل دوره رشد محصول ۷ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۱۹۸، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۵۳/۹۹ و ۶۷/۴۹ میلی‌متر بوده و نشان می‌دهد، کاشت با دستگاه غده کار و آماده‌سازی مزرعه با استفاده از دستگاه خاک ورز حفاظتی به همراه تغییر روش آبیاری موجب کاهش قابل‌توجه ۲۰ درصد عمق آب آبیاری گردیده است. مطابق جدول ۱۹۸، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۵۱/۸۰ و ۷۸/۴۳ میلی‌متر بوده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۲۰ درصد عمق آب آبیاری شده است (جدول ۱۹۸).

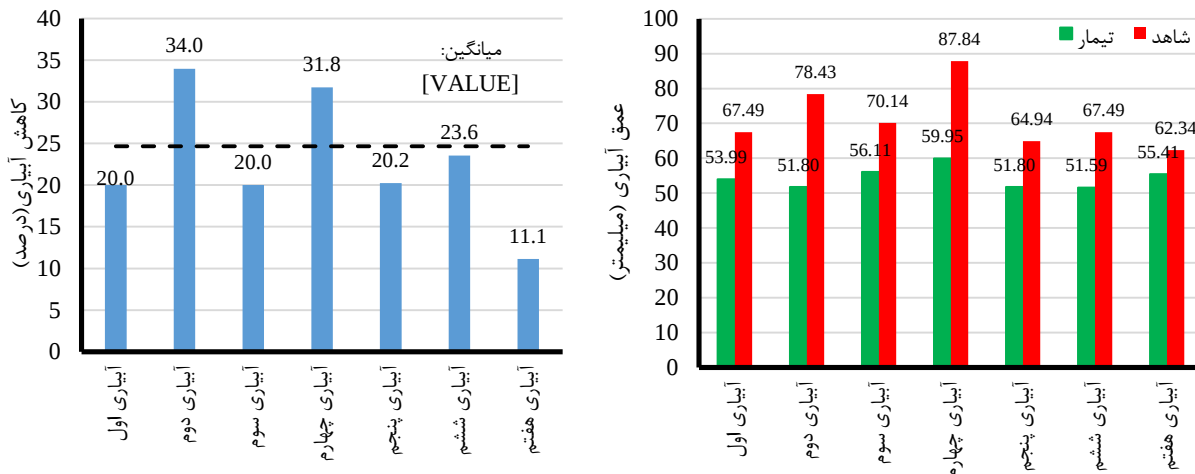
جدول ۱۹۸- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان در مزارع تیمار و شاهد در آبیاری اول تا سوم غلامرضا سالمی

نوبت آبیاری	غلامرضا سالمی	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	متوسط درصد رطوبت وزنی ناحیه ریشه قبل آبیاری (Θ_i)	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۳۰	۲۷۰	۱۷/۳	۵۳/۹۹	۳۰*	۵۵/۶
	شاهد	۳۰	۷۵	۱۳/۴	۶۷/۴۹	۳۰*	۴۴/۵
آبیاری دوم	تیمار	۳۲/۳۷	۲۴۰	۱۵/۹	۵۱/۸۰	۲۶/۷	۵۱/۵
	شاهد	۳۴/۸۵	۷۵	۱۶/۱	۷۸/۴۳	۲۵/۸	۳۲/۹
آبیاری سوم	تیمار	۳۱/۱۷	۲۷۰	۱۶/۸	۵۶/۱۱	۲۹/۱	۵۱/۹
	شاهد	۳۱/۱۷	۷۵	۱۸/۸	۷۰/۱۴	۱۷/۴	۲۴/۸

* در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

این مزرعه طی فصل رشد محصول در ۷ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۳۳۳ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آب

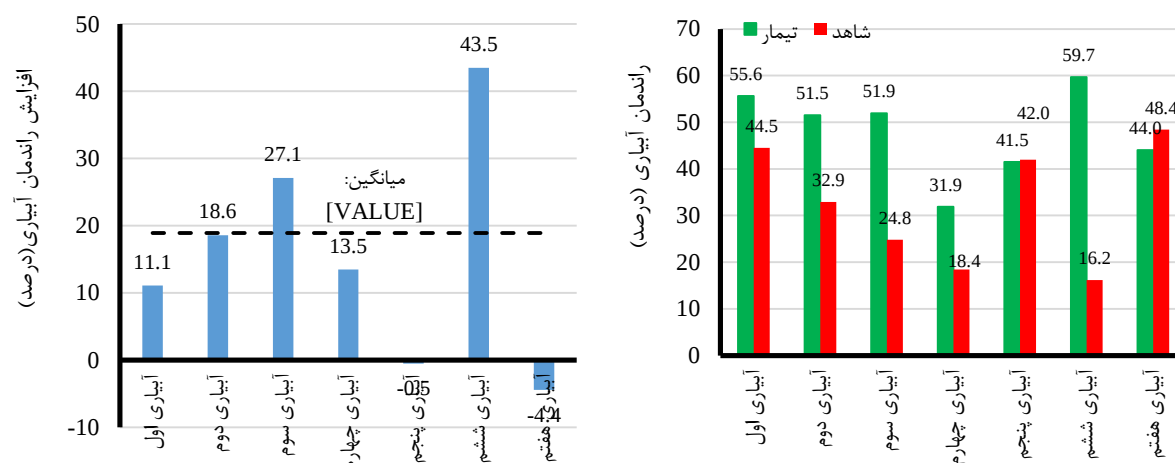
آبیاری تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی دو آبیاری این مزرعه، حدود ۲۴/۷ درصد محاسبه شد (شکل ۳۳۴). مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی دو آبیاری پایش شده، در شکل ۳۳۵ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۸/۹ درصد به دست آمد.



شکل ۳۳۳- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای غلامرضا سالمی طی آبیاری‌های مختلف

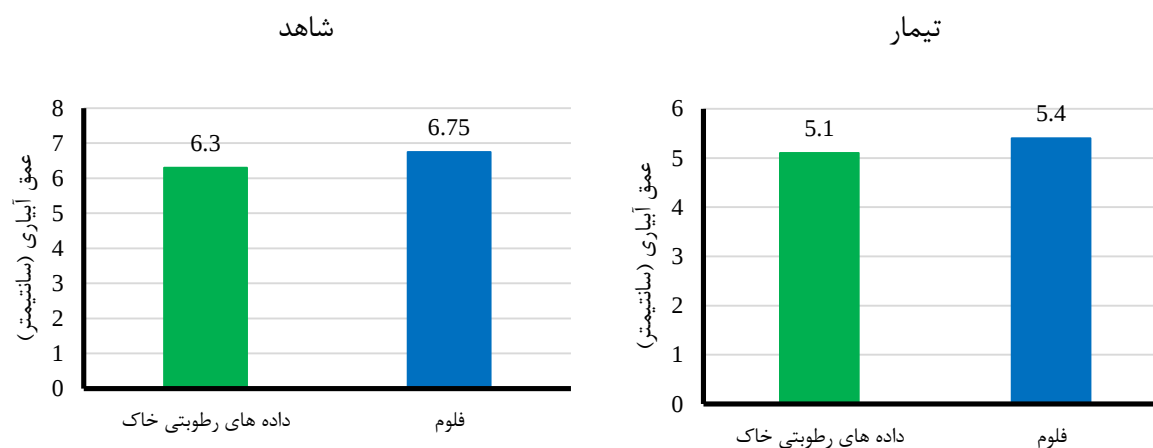


شکل ۳۳۴- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه آقای غلامرضا سالمی



شکل ۳۳۵- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در مزرعه تیمار و شاهد آقای غلامرضا سالمی طی و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

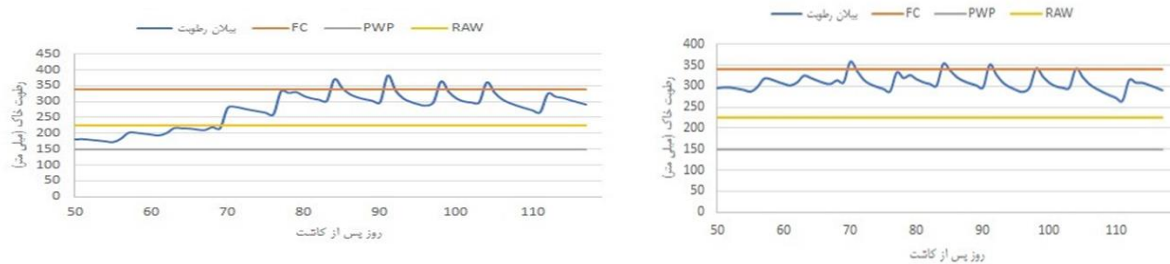
در شکل ۳۳۶ میزان آب برآورده شده از طریق داده‌های رطوبتی و فلوم برای اولین آبیاری مزرعه آقای غلامرضا سالمی نشان داده شده است. در شکل ۳۳۷ نمودار بیان رطوبت در ناحیه ریشه نشان داده شده است. در جدول ۱۹۹ میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه آقای غلامرضا سالمی به ترتیب ۳۸۰۷ و ۴۹۸۷ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری ۲۴/۷ درصد است. میزان عملکرد در این باغ در تیمار و شاهد به ترتیب ۵۱۱۰ و ۳۷۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد (جدول ۱۹۹).



شکل ۳۳۶- میزان عمق آب برآورده شده از روی داده‌های رطوبتی مزرعه غلامرضا سالمی در آبیاری اول

شاهد

تیمار



شکل ۳۳۷- منحنی بیلان رطوبتی مزرعه سیب‌زمینی غلام‌رضا سالمی

جدول ۱۹۹- عملکرد، حجم آبیاری و بهره‌وری آب در مزرعه تیمار و شاهد غلام‌رضا سالمی

نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۵۱۱۰۰	۳۸۰۷	۱۳/۴۲
شاهد	۳۷۰۰۰	۴۹۸۷	۷/۴۲

۵-۴-۸- نتایج مزرعه آقای داریوش میرابی

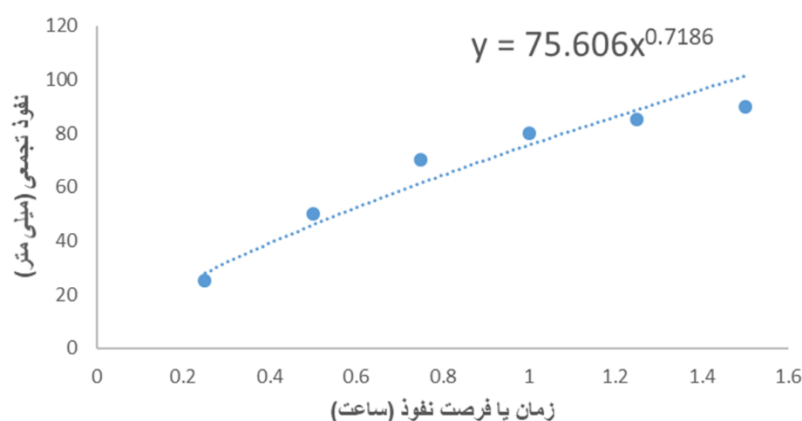
مساحت این باغ در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۱/۱ و ۰/۲ هکتار بوده و تحت کشت سیب‌زمینی می‌باشد. آبیاری جوی و پشته در قسمت تیمار و آبیاری کرتی غرقابی در قسمت شاهد انجام شده است. تکنیک‌های مورد استفاده در مزرعه تیمار کاشت با دستگاه غده کار و آماده‌سازی مزرعه با استفاده از دستگاه خاک ورز حفاظتی به همراه تغییر روش آبیاری به جوی و پشته بود. در قسمت تیمار نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۲۲۸ و ۰/۷۵ متر در نظر گرفته شد. در قسمت شاهد نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۶ و ۰/۸ متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۲۰۰ ارائه شده است.

جدول ۲۰۰- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه آقای داریوش میرابی

مزرعه یوسف حنیفی	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	جوی و پشته	۲۲۸ × ۰/۷۵	*	بسته
شاهد	کرتی (غرقابی)	۶ × ۰/۸	*	بسته

* در شرح خدمات شرکت مسئول اندازه‌گیری شیب قید نشده بود.

به منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در مورخ ۹۷/۱۲/۲۰ در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به صورت منحنی در ۳۳۸ آورده شده است. لازم به ذکر است، اندازه‌گیری نفوذ تجمعی مزرعه تیمار در شرح خدمات شرکت مسئول قید شده است.



شکل ۳۳۸- نمودار نفوذ مزرعه داریوش میرابی

آبیاری اول در بخش تیمار در تاریخ ۹۸/۰۲/۳۰ و در بخش شاهد در تاریخ ۹۸/۰۳/۰۶ صورت گرفت. کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه داریوش میرابی در جدول ۲۰۱ ارائه گردیده است. در مزرعه آقای داریوش میرابی در کل دوره رشد محصول ۶ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۲۰۱، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۵۶/۱۱ و ۸۴/۱۷ میلی‌متر بوده و نشان می‌دهد، کاشت با دستگاه غده کار و آماده‌سازی مزرعه با استفاده از دستگاه خاک ورز حفاظتی به همراه تغییر روش آبیاری موجب کاهش قابل توجه ۳۳/۳ درصد عمق آب آبیاری گردیده است. مطابق جدول ۲۰۱، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۶۳/۴۷ و ۷۴/۸۱ میلی‌متر بوده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۲۷/۳ درصد عمق آب آبیاری شده است (جدول ۲۰۱).

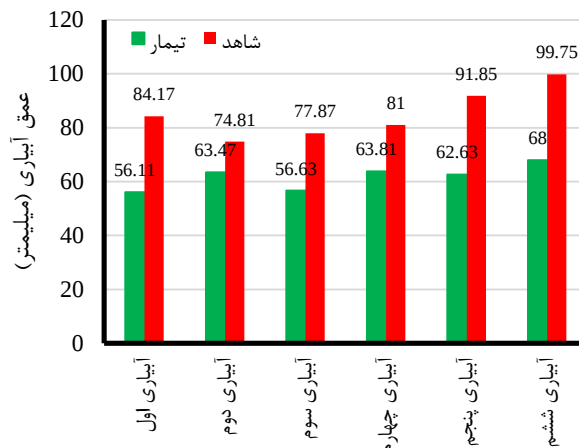
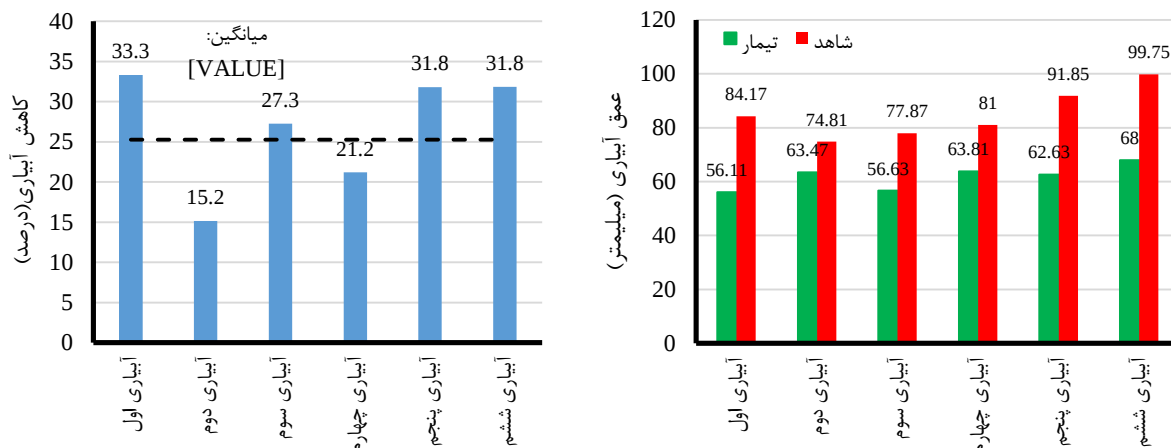
جدول ۲۰۱- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان در مزارع تیمار و شاهد در آبیاری اول تا سوم داریوش میرابی

نوبت آبیاری	داریوش میرابی	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	متوسط درصد رطوبت وزنی ناحیه ریشه قبل آبیاری (Θ_i)	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۳۱/۱۷	۳۳۰	۱۶/۴	۵۶/۱۱	۳۰*	۵۳/۵
	شاهد	۳۱/۲	۹۰	۱۶/۸	۸۴/۱۷	۳۰*	۳۵/۶
آبیاری دوم	تیمار	۲۷/۷۱	۴۲۰	۲۱/۱	۶۳/۴۷	۱۵/۳	۲۴/۱
	شاهد	۲۷/۷۱	۹۰	۲۱	۷۴/۸۱	۱۵/۷	۲۱
آبیاری سوم	تیمار	۲۸/۸۴	۳۶۰	۱۵/۴	۵۶/۶۳	۳۸/۶	۶۸/۱
	شاهد	۲۸/۸۴	۹۰	۱۴	۷۷/۸۷	۴۲/۴	۵۴/۴

* در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

این مزرعه طی فصل رشد محصول در ۶ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۳۳۹ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آب

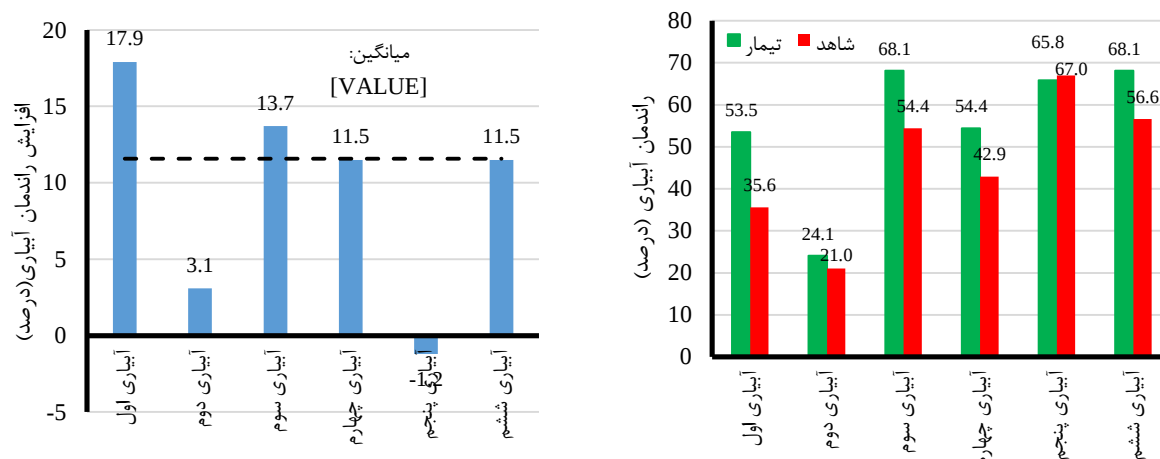
آبیاری تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی دو آبیاری این مزرعه، حدود ۲۵/۳ درصد محاسبه شد (شکل ۳۴۰). مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی دو آبیاری پایش شده، در شکل ۳۴۱ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۱/۶ درصد به دست آمد.



شکل ۳۳۹- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای داریوش میرابی طی آبیاری‌های مختلف

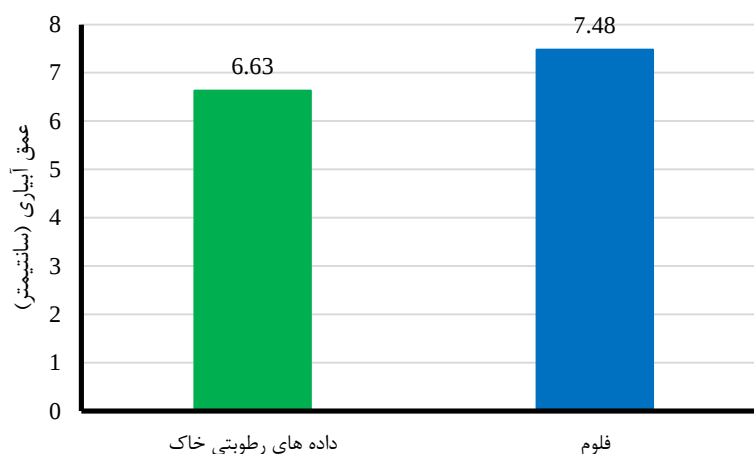


شکل ۳۴۰- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه آقای داریوش میرابی



شکل ۳۴۱- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در مزرعه تیمار و شاهد آقای داریوش میرابی طی و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

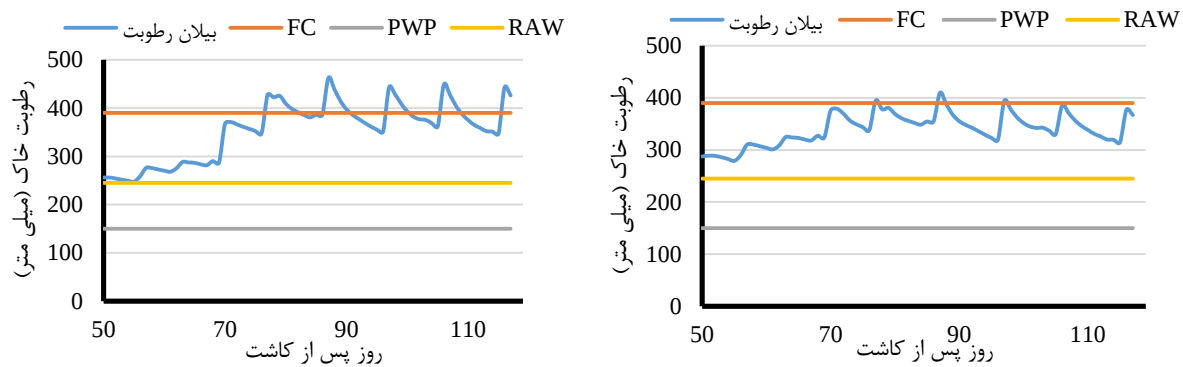
در شکل ۳۴۲ میزان آب برآوردشده از طریق داده‌های رطوبتی و فلوم برای اولین آبیاری مزرعه آقای داریوش میرابی نشان داده شده است. در شکل ۳۴۳ نمودار بیان رطوبت در ناحیه ریشه نشان داده شده است. در جدول ۲۰۲ میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه آقای داریوش میرابی به ترتیب ۳۷۰۶/۵ و ۵۰۹۴/۵ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری ۲۵/۳ درصد است. میزان عملکرد در این باغ در تیمار و شاهد به ترتیب ۴۹۴۵۰ و ۴۲۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد (جدول ۲۰۲).



شکل ۳۴۲- میزان عمق آب برآوردشده از روی داده‌های رطوبتی مزرعه تیمار داریوش میرابی در آبیاری اول

شاهد

تیمار



شکل ۳-۴۳- منحنی بیلان رطوبتی مزرعه داریوش میرابی

جدول ۲۰۲- عملکرد، بارش مؤثر، آب آبیاری و بهره‌وری آب در مزرعه تیمار و شاهد داریوش میرابی

نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۴۹۴۵۰	۳۷۰۶/۵	۱۳/۳۴
شاهد	۴۲۵۰۰	۵۰۹۴/۵	۸/۳۴

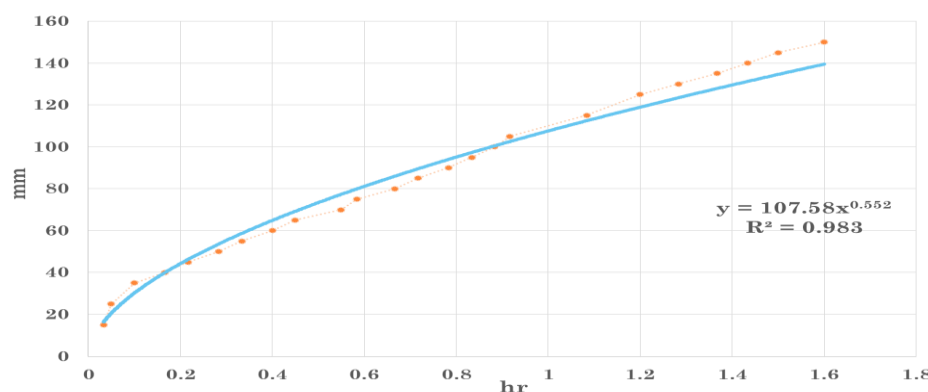
۵-۴-۹- نتایج باغ آقای اسماعیل غلامی

مساحت این باغ در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۱۳/۰ و ۲/۰ هکتار بوده و تحت کشت سیب می‌باشد. آبیاری شیاری در قسمت تیمار و آبیاری نواری در قسمت شاهد انجام شده است. تکنیک‌های مورد استفاده در مزرعه تیمار کولتیواتور به همراه تغییر روش آبیاری به شیاری بود. در قسمت تیمار نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۱۰۸ و ۱/۱ متر در نظر گرفته شد. در قسمت شاهد نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۱۰۸ و ۶ متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۲۰۳ ارائه شده است.

جدول ۲۰۳- تکنیک‌های اعمال شده در باغ آقای اسماعیل غلامی

باغ غلامی	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	شیاری	۱/۱ × ۱۰۸	۰/۰۰۵	بسته
شاهد	نواری	۶ × ۱۰۸	۰/۰۰۵	بسته

به منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در مورخ ۹۸/۰۲/۲۲ در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به صورت منحنی در ۳۴۴ آورده شده است. لازم به ذکر است، اندازه‌گیری نفوذ تجمعی مزرعه تیمار در شرح خدمات شرکت مسئول قید شده است.



شکل ۳۴۴-گراف نفوذپذیری خاک باغ اسماعیل غلامی

آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد در تاریخ ۱۳۹۸/۰۲/۲۲ صورت گرفت و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه اسماعیل غلامی در جدول ۲۰۴ ارائه گردیده است. در مزرعه آقای اسماعیل غلامی در کل دوره رشد محصول ۷ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۲۰۴، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۷۰/۴ و ۱۰۴/۶ میلی‌متر بوده و نشان می‌دهد، کولتیواتور به همراه تغییر روش آبیاری موجب کاهش قابل توجه ۳۲/۷ درصد عمق آب آبیاری گردیده است. مطابق جدول ۲۰۴، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۷۰ و ۱۲۰ میلی‌متر بوده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۴۲/۷ درصد عمق آب آبیاری شده است (جدول ۲۰۴).

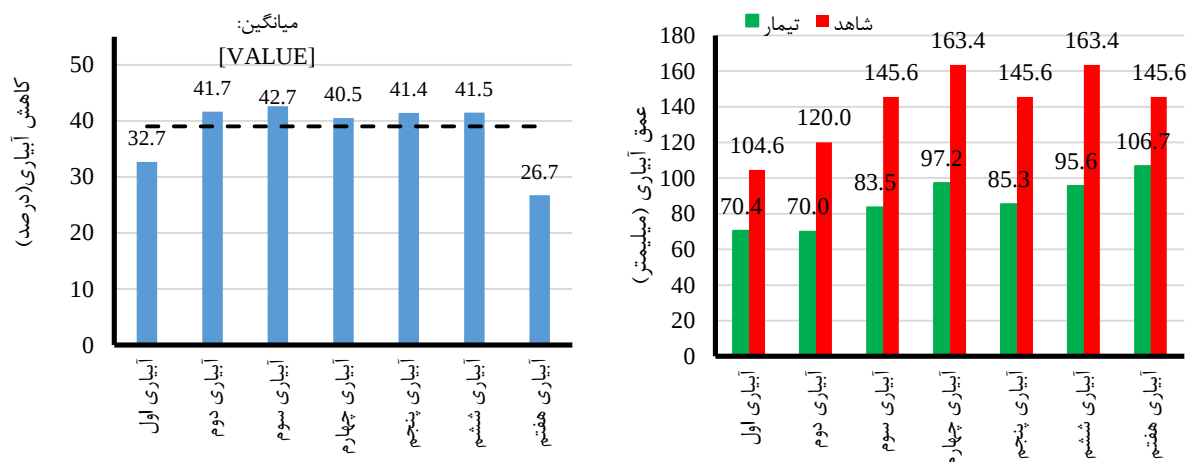
جدول ۲۰۴- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری (کمبود رطوبت ناحیه ریشه) و راندمان

کاربرد آب در مزارع تیمارها و شاهد در آبیاری اول تا سوم باغ آقای اسماعیل غلامی

راندمان کاربرد AE درصد	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	متوسط درصد رطوبت وزنی ناحیه ریشه قبل آبیاری (Θ_i)	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مزرعه غلامی	نوبت آبیاری
۶۷	۴۷/۲	۷۰/۴	۱۳/۴۸	۳۳	۲۲/۷	تیمار	آبیاری اول
۴۴/۳	۴۶/۴	۱۰۴/۶	۱۳/۵۰	۵۰	۲۲/۷	شاهد	
۸۸/۷	۶۲/۱	۷۰	۱۴/۹۱	۴۰	۱۸/۶	تیمار	آبیاری دوم
۴۴/۲	۵۳/۱	۱۲۰	۱۶/۰۳	۷۰	۱۸/۶	شاهد	
۷۷/۱	۶۴/۴۴	۸۳/۵	۱۲/۲	۳۵	۲۴/۹	تیمار	آبیاری سوم
۴۷/۳	۶۹	۱۴۵/۶	۱۱/۶	۶۵	۲۴/۹	شاهد	

این مزرعه طی فصل رشد محصول در ۷ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۳۴۵ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی دو آبیاری این مزرعه، حدود ۳۹ درصد محاسبه شد (شکل ۳۴۶). مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی دو آبیاری پایش شده، در شکل

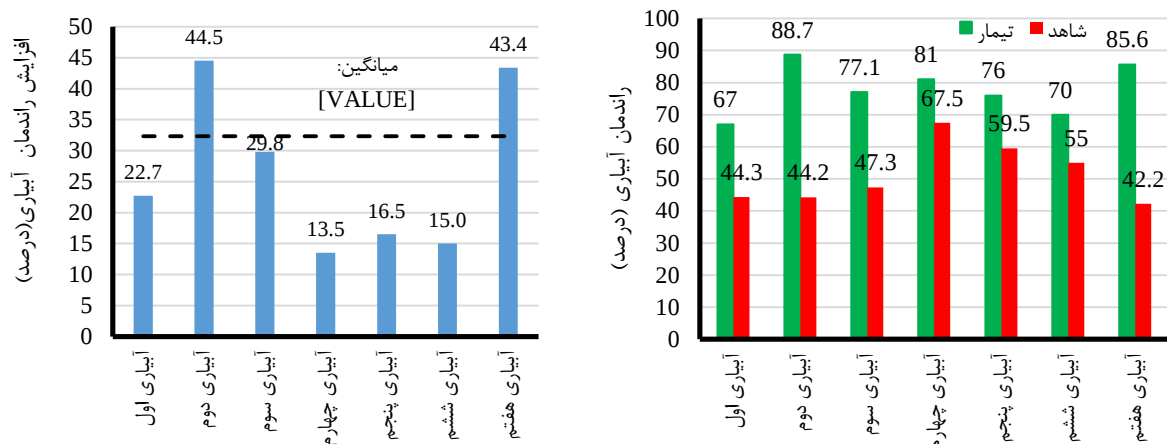
۳۴۷ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۳۲/۳ درصد به دست آمد.



شکل ۳۴۵- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای اسماعیل غلامی طی آبیاری‌های مختلف

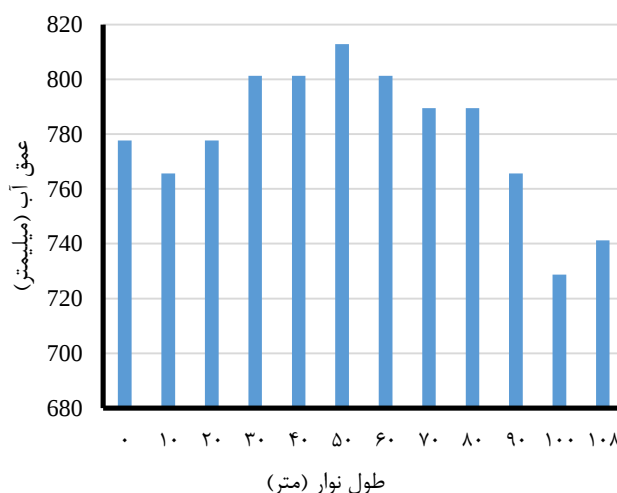


شکل ۳۴۶- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه آقای اسماعیل غلامی

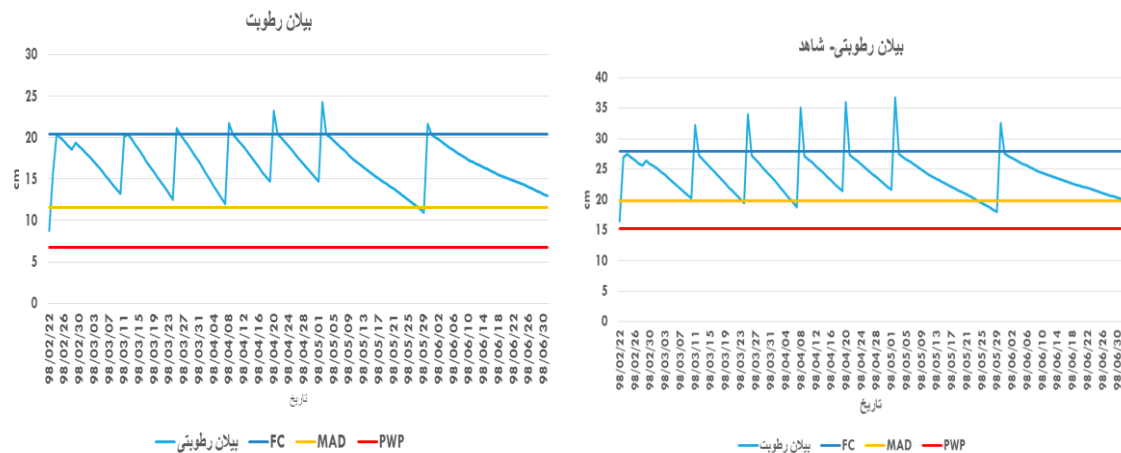


شکل ۳۴۷- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در مزرعه تیمار و شاهد آقای اسماعیل غلامی طی و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

در شکل ۳۴۸ میزان آب برآوردشده از طریق پس‌روی و پیش‌روی برای مزرعه آقای اسماعیل غلامی نشان داده شده است. در شکل ۳۴۹ نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه نشان داده شده است. در جدول ۲۰۵ میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه آقای اسماعیل غلامی به ترتیب ۶۰۸۷ و ۹۸۸۲ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری ۳۹ درصد است. میزان عملکرد در این باغ در تیمار و شاهد به ترتیب ۲۶۹۰۰ و ۲۷۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد (جدول ۲۰۵).



شکل ۳۴۸- عمق برآوردشده از طریق پس‌روی و پیش‌روی باغ آقای اسماعیل غلامی



شکل ۳۴۹- منحنی بیان رطوبتی از طریق منحنی MAD به همراه رسم منحنی مربوطه باغ آقای اسماعیل غلامی

جدول ۲۰۵- مقادیر عملکرد، حجم آبیاری و بهره‌وری آب باغ آقای اسماعیل غلامی

نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۲۶۹۰۰	۶۰۸۷	۴/۴
شاهد	۲۷۰۰۰	۹۸۸۲	۲/۷

۵-۴-۱۰- نتایج مزرعه آقای شهبازی

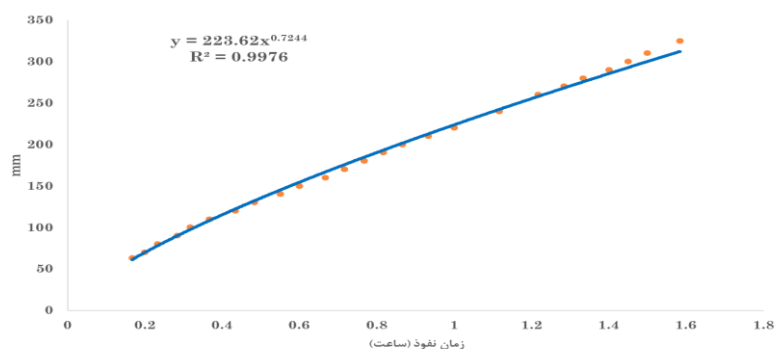
مساحت این باغ در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۳۴ و ۰/۴۲ هکتار بوده و تحت کشت سیب‌زمینی می‌باشد. آبیاری در هر دو مزرعه تیمار و شاهد با نوار تیپ صورت گرفت. تکنیک‌های مورد استفاده در مزرعه تیمار کشت به صورت مکانیزه غده کار دو ردیفه زیگزاگی بود. کشت سال قبل در مزرعه تیمار گندم و در مزرعه شاهد هویج بوده است. در قسمت تیمار نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۱۰/۸ و ۰/۸ متر در نظر گرفته شد. در قسمت شاهد نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۱۰/۸ و ۰/۶ متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۲۰۶ ارائه شده است.

جدول ۲۰۶- تکنیک‌های اعمال شده در مزرعه آقای شهبازی

باغ غلامی	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	نوار تیپ	۰/۸ × ۴۸	*	بسته
شاهد	نوار تیپ	۰/۶ × ۴۸	*	بسته

* اندازه‌گیری شیب مزرعه در شرح خدمات شرکت مسئول قید نشده است.

به منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در مورخ ۹۷/۱۲/۲۱ در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به صورت منحنی در ۳۵۰ آورده شده است. لازم به ذکر است، اندازه‌گیری نفوذ تجمعی مزرعه تیمار در شرح خدمات شرکت مسئول قید شده است.



شکل ۳۵۰- گراف نفوذپذیری خاک در مزرعه آقای شهبازی

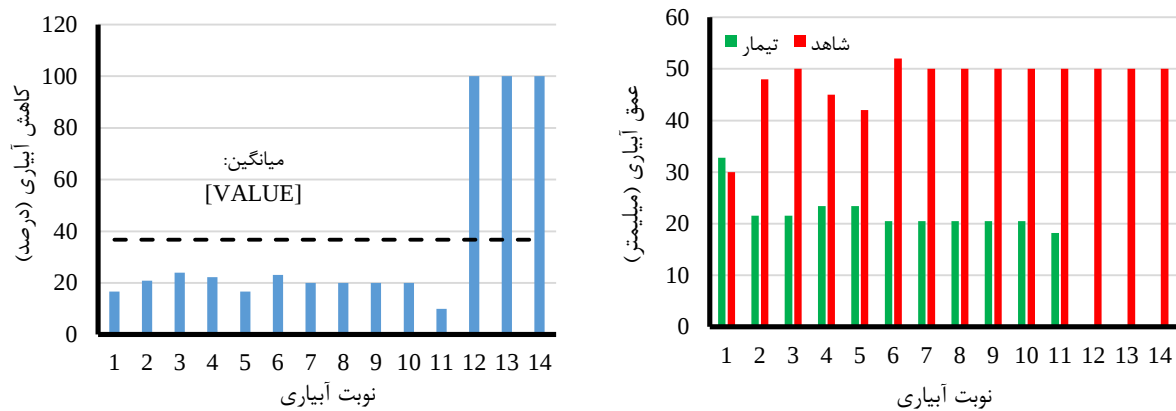
آبیاری اول در مزرعه شاهد در تاریخ ۱۳۹۸/۰۲/۲۴ و در مزرعه تیمار در مورخ ۹۸/۰۲/۲۸ انجام شد و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه آقای شهبازی در جدول ۲۰۷ ارائه گردیده است. در مزرعه آقای شهبازی در کل دوره رشد محصول تیمار و شاهد به ترتیب ۱۱ و ۱۴ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۲۰۷، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۲۵ و ۳۰ میلی‌متر بوده و نشان می‌دهد، اعمال تیمار موجب کاهش قابل توجه ۱۶/۷ درصد عمق آب آبیاری گردیده است. مطابق جدول ۲۰۷، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۳۸ و ۴۸ میلی‌متر بوده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۲۴ درصد عمق آب آبیاری شده است (جدول ۲۰۷).

جدول ۲۰۷- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری (کمبود رطوبت ناحیه ریشه) و راندمان کاربرد آب در مزارع تیمارها و شاهد در آبیاری اول تا سوم مزرعه آقای شهبازی

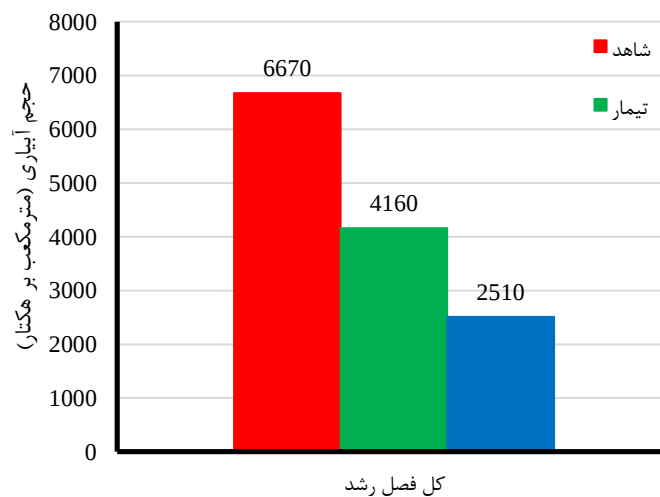
نوبت آبیاری	مزرعه غلامی	دبی متوسط هر قطره‌چکان inflow لیتر بر ساعت	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۲/۱۷	۱۱۰	۲۵	۳۰*	۱۰۰
	شاهد	۲/۱۷	۲۱۰	۳۰	۳۰*	۱۰۰
آبیاری دوم	تیمار	۲/۱۷	۱۸۰	۳۸	۲۴/۶	۶۴/۷
	شاهد	۲/۱۷	۳۴۵	۴۸	۲۴/۶	۵۱/۳
آبیاری سوم	تیمار	۲/۱۷	۱۸۰	۳۸	۲۴/۶	۶۴/۷
	شاهد	۲/۱۷	۳۶۰	۵۰	۲۴/۶	۴۹/۲

این مزرعه در کل دوره رشد محصول تیمار و شاهد به ترتیب ۱۱ و ۱۴ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۳۵۱ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی دو آبیاری این مزرعه، حدود ۳۶/۷ درصد محاسبه شد (شکل ۳۵۲). مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی دو

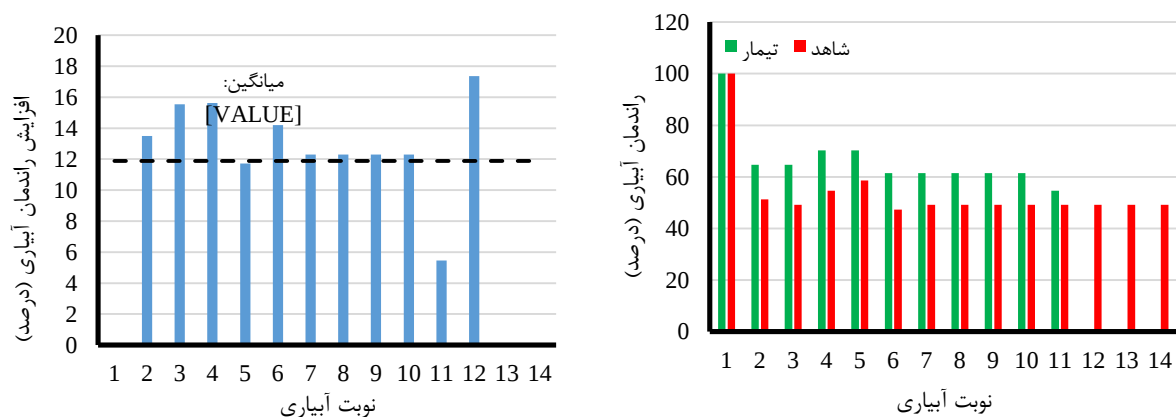
آبیاری پایش شده، در شکل ۳۵۳ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۱/۹ درصد به دست آمد.



شکل ۳۵۱- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای شهبازی طی آبیاری‌های مختلف



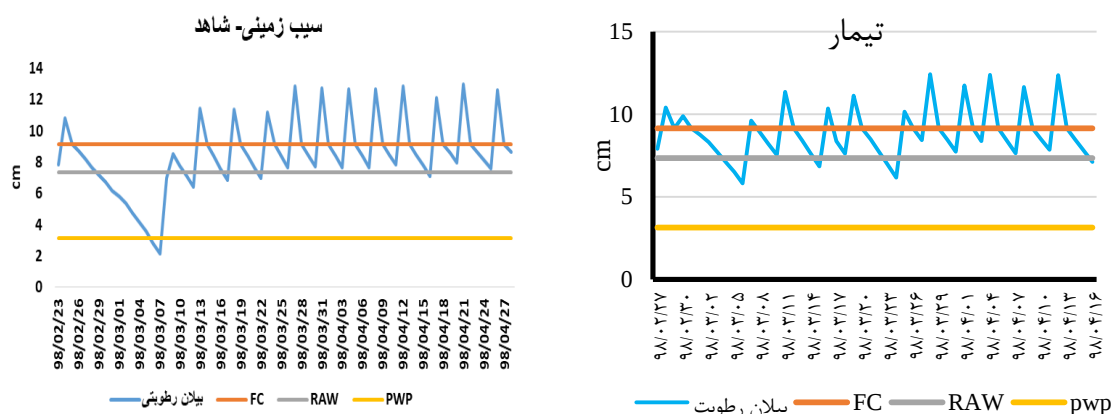
شکل ۳۵۲- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه آقای شهبازی



شکل ۳۵۳- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در مزرعه تیمار و شاهد آقای شهبازی طی و درصد

افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

در شکل ۳۵۴ نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه نشان داده شده است. در جدول ۲۰۸ میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه آقای اسماعیل غلامی به ترتیب ۴۱۶۰ و ۶۶۷۰ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری ۳۶/۷ درصد است. میزان عملکرد در این باغ در تیمار و شاهد به ترتیب ۴۸۰۰۰ و ۳۴۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد (جدول ۲۰۸).



شکل ۳۵۴- منحنی بیلان رطوبتی از طریق منحنی MAD به همراه رسم منحنی مربوطه مزرعه آقای شهبازی

جدول ۲۰۸- مقادیر عملکرد، حجم آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه آقای شهبازی

نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۴۸۰۰۰	۴۱۶۰	۱۱/۵
شاهد	۳۴۰۰۰	۶۶۷۰	۵/۱

۵-۴-۱۱- نتایج مزرعه آقای منافی

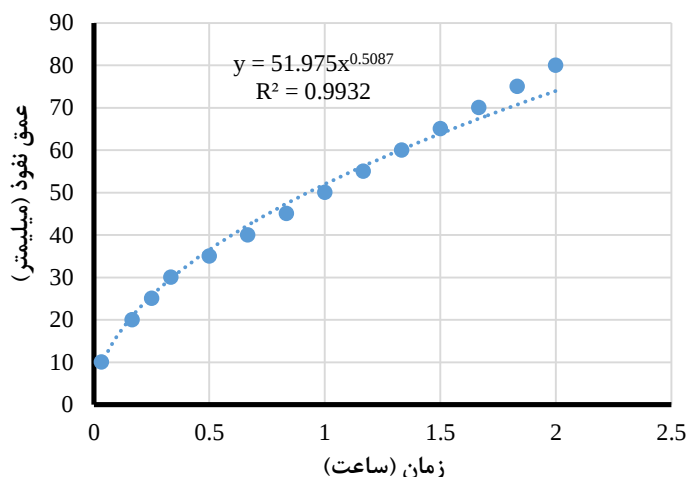
مساحت این باغ در بخش تیمار و شاهد به ترتیب ۰/۰۶۹ و ۰/۵ هکتار بوده و تحت کشت گوجه‌فرنگی می‌باشد. آبیاری تیپ در قسمت تیمار و آبیاری غرقابی در قسمت شاهد انجام شده است. تکنیک‌های مورد استفاده در مزرعه تیمار خاک‌دهی پای بوته‌ها و سله شکنی به همراه تغییر روش آبیاری بود. در قسمت تیمار نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۳۰ و ۱/۲ متر در نظر گرفته شد. در قسمت شاهد نیز طول و عرض نوار به ترتیب ۱۰ و ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری بر اساس رطوبت بهینه و برداشت نمونه رطوبتی قبل آبیاری تعیین گردید. مشخصات شاهد و تیمار به صورت جدول ۲۰۹ ارائه شده است.

جدول ۲۰۹- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار (با سه تکرار) و شاهد در مزرعه آقای منافی

مزرعه منافی	روش آبیاری	طول × عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	نوار تیپ	۱/۲ × ۳۰	*	بسته

شاهد	غرقابی	۰/۵×۱۰	*	بسته
* در شرح خدمات شرکت مسئول اندازه‌گیری شیب قید نشده بود.				

به‌منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در مزرعه دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به‌صورت منحنی در ۳۵۵ آورده شده است. لازم به ذکر است، اندازه‌گیری نفوذ تجمعی مزرعه تیمار در شرح خدمات شرکت مسئول قید شده است.



شکل ۳۵۵- منحنی نفوذ مزرعه آقای منافی

آبیاری اول در هر دو بخش تیمار و شاهد به ترتیب در تاریخ ۱۳۹۸/۰۳/۹ و ۱۳۹۸/۰۱/۲۶ صورت گرفت و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه آقای منافی در جدول ۲۱۰ ارائه گردیده است. در مزرعه آقای منافی در کل دوره رشد محصول تیمار و شاهد به ترتیب ۲۴ و ۱۸ آبیاری انجام شده است. مطابق جدول ۲۱۰، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۸/۳ و ۸۶/۴ میلی‌متر بوده و نشان می‌دهد، اعمال تیمار موجب کاهش قابل‌توجه ۶۸/۱ درصد عمق آب آبیاری گردیده است. مطابق جدول ۲۱۰، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۸/۳ و ۵۰/۴ میلی‌متر بوده است. در آبیاری سوم، اعمال تیمار موجب کاهش آبیاری موجب کاهش ۵۳/۷ درصد عمق آب آبیاری شده است (جدول ۲۱۰).

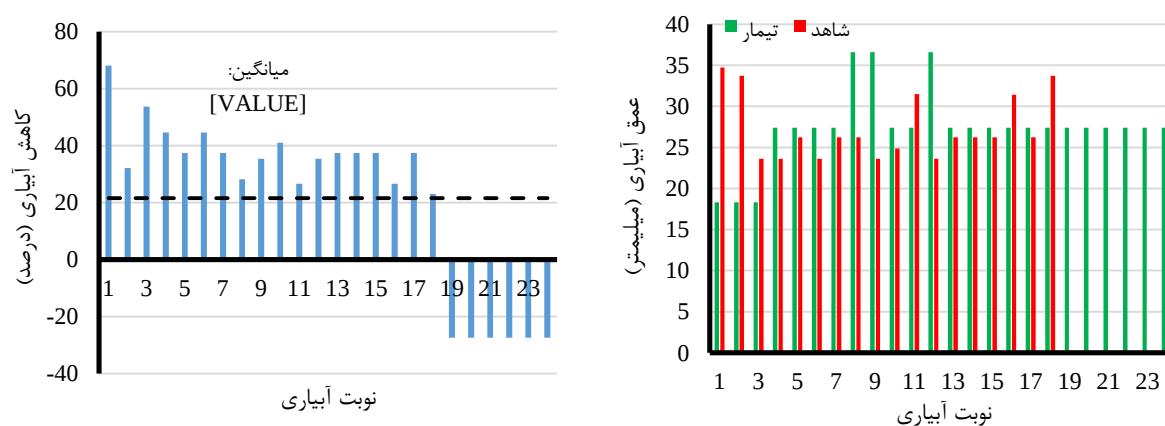
جدول ۲۱۰- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه آقای منافی در تیمارها و شاهد در آبیاری اول و دوم

نوبت آبیاری	مزرعه‌منافی	دبی متوسط ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t_{co} دقیقه	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
آبیاری اول	تیمار	۱۶	۱۲۰	۱۸/۳	۳۰*	۱۰۰
	شاهد	۱۰	۶۰۰	۸۶/۴	۳۰*	۳۴/۷
آبیاری دوم	تیمار	۱۶	۱۲۰	۱۸/۳	۱۷	۹۲/۹
	شاهد	۱۰	۶۰۰	۵۰/۴	۱۷	۵۹/۲

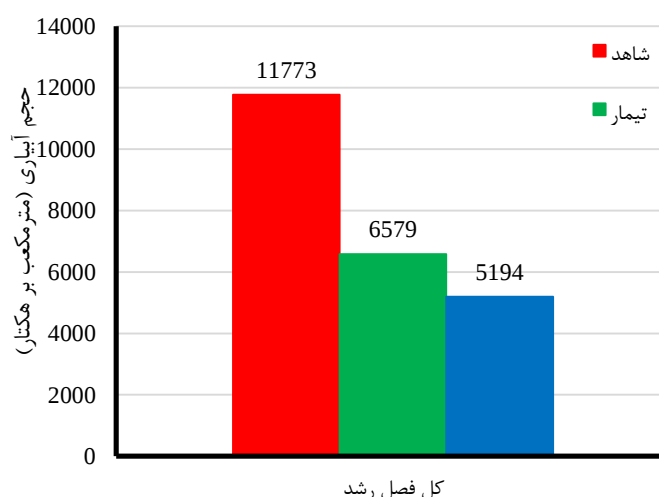
آبیاری سوم	تیمار	۱۶	۱۲۰	۱۸/۳	۱۷	۹۲/۹
شاهد		۱۰	۷۲۰	۷۲	۱۷	۶۹/۳

* در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص مورد نیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهاد شده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته شده است.

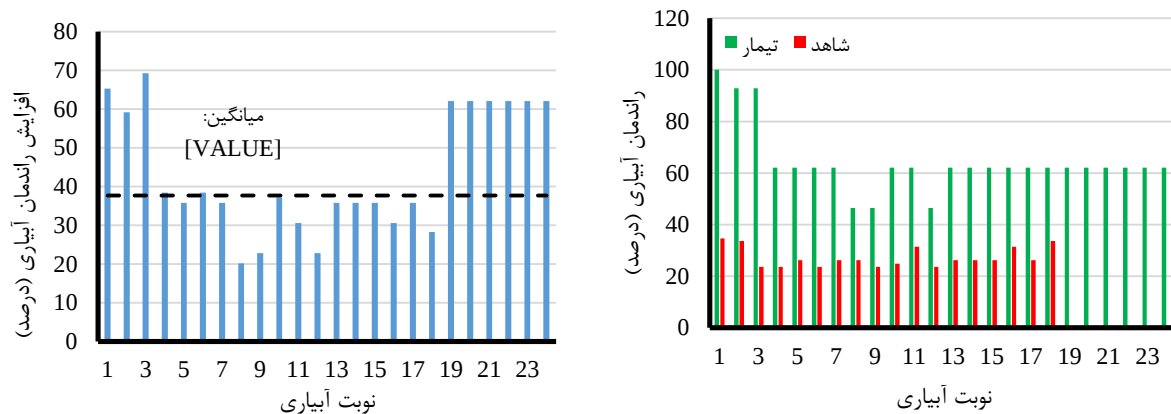
این مزرعه طی فصل رشد محصول تیمار و شاهد به ترتیب در ۲۴ و ۱۸ نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۳۵۶ می‌باشد. بر این اساس متوسط کاهش آب آبیاری تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی دو آبیاری این مزرعه، حدود ۲۱/۶ درصد محاسبه شد (شکل ۳۵۷). مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی دو آبیاری پایش شده، در شکل ۳۵۸ ارائه شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۳۷/۷ درصد به دست آمد.



شکل ۳۵۶- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای منافی طی آبیاری‌های مختلف

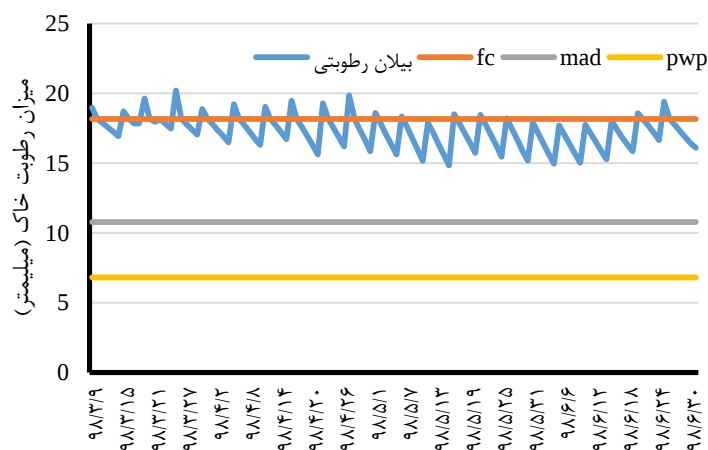


شکل ۳۵۷- مقایسه فصلی حجم آب آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه آقای منافی



شکل ۳۵۸- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در مزرعه تیمار و شاهد آقای منافی طی و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

در شکل ۳۵۹ نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه نشان داده شده است. لازم به ذکر است در شرح خدمات شرکت مسئول فقط اندازه‌گیری بیلان رطوبتی مزرعه تیمار قید شده بود. در جدول ۲۱۱ میزان عملکرد، حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. میزان آب آبیاری در تیمار و شاهد در مزرعه آقای منافی به ترتیب ۶۵۷۹ و ۱۱۷۷۳ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش آب آبیاری ۶/۲۱ درصد است. میزان عملکرد در این باغ در تیمار و شاهد به ترتیب ۶۸۰۰ و ۵۲۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد (جدول ۲۱۱).



شکل ۳۵۹- برآورد حجم کل آب‌داده‌شده از طریق منحنی MAD به همراه رسم منحنی مربوطه مزرعه آقای منافی

جدول ۲۱۱- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای منافی

نوع مزرعه	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	میزان آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۶۸۰۰۰	۶۵۷۹	۱۰/۳
شاهد	۵۲۰۰۰	۱۱۷۷۳	۴/۴

فصل ششم

جمع‌بندی

۶-۱- آذربایجان غربی

مقادیر نیاز خالص آبیاری (با احتساب بارش مؤثر) برای محصولات تحت کشت شهرستان‌های ارومیه، میاندوآب، مهاباد و نقده در محدوده‌های مطالعاتی طرح حاضر و میانگین مقادیر عملکرد در سطح استان آذربایجان غربی بر اساس سند ملی آب اصلاح‌شده و حجم آب آبیاری و عملکردهای استحصالی در پروژه حاضر و درصد اختلاف بین آن‌ها در جداول ۲۱۲ و ۲۱۳ ارائه گردیده است. لازم به ذکر است مقادیر نیاز خالص آبیاری مندرج در سند ملی بدون در نظر گرفتن سیستم آبیاری و راندمان آبیاری و صرفاً به جنبه مقایسه ارائه شده است. مطابق جدول ۲۱۲، حجم آب آبیاری تمامی محصولات تحت کشت محدوده‌های مطالعاتی کمتر مقادیر لازم درج‌شده در سند ملی می‌باشد. این کاهش حجم آب آبیاری مطابق جدول ۲۱۳ در بازه ۱/۳ درصد برای سیب تا ۵۰/۸ درصد برای چغندر قند قرار دارد. همچنین متوسط کاهش حجم آب آبیاری محصولات مختلف ۲۵/۷ درصد محاسبه شد. این در حالی است که حجم آب آبیاری مزارع شاهد فقط برای محصولات گندم، آفتابگردان و چغندر قند بین ۱۱/۵ تا ۱۹/۱ درصد کمتر از مقادیر مندرج در سند ملی بوده و برای سایر محصولات حجم آب آبیاری بین ۱۲/۶ درصد برای کدو ۱۱۴/۵ درصد برای سیب بیشتر از مقادیر سند ملی بوده و مقدار متوسط افزایش حجم آب آبیاری در مزارع شاهد نسبت به سند ملی نیز ۳۲/۸ درصد بوده است. با توجه به نتایج حاصل، غالباً در باغات و مزارع شاهد آبیاری بیش از

نیاز آبی محصولات صورت گرفته است. در بخش تیمار، حجم آب مصرفی تمامی محصولات تحت کشت محدوده-های مطالعاتی کمتر از مقادیر لازم درج‌شده در سند ملی می‌باشد. متوسط کاهش حجم آب مصرفی محصولات مختلف در بخش تیمار ۲۵/۷ درصد محاسبه شد. این کاهش نسبت به مقادیر نیاز آبی مندرج در سند ملی (که با داده‌های هواشناسی بلندمدت ۳۰ ساله برآورد شده) محاسبه گردید. این در حالی است که با توجه به بارش‌های فراوان سال زراعی ۹۷-۹۸ مقدار نیاز آبی محصول به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت؛ بنابراین نمی‌توان همه این کاهش مصرف آب را به عنوان کم آبیاری تلقی کرد. از سوی دیگر مطابق تحقیقات قبلی، کم‌آبیاری در حد ۲۰ درصد، تنش آبی در محصولات ایجاد نمی‌کند (۲۵ درصد نیز تقریباً در این حد بوده است).

همچنین مطابق جدول ۲۱۲، عملکرد تمام محصولات تحت کشت در بخش‌های تیمار و شاهد (به‌جز ذرت علوفه‌ای و انگور در بخش شاهد) بیشتر از مقادیر متوسط استانی بوده و بیشترین اختلاف مربوط به سیب تحت کشت مزرعه تیمار و شاهد باغ S₂ (یک مزرعه) با اختلاف عملکرد ۲۵۵/۱ درصد و پس‌از آن گندم تحت کشت مزارع تیمار (۱۲ مزرعه) با اختلاف ۲۰۸/۸ درصد می‌باشد (جدول ۲۱۳). مقدار افزایش عملکرد در مزارع تیمار در بازه ۱۴/۱ درصد برای انگور تا ۲۵۵/۱ درصد برای سیب قرار دارد. البته این مقدار افزایش در باغ سیب به دلیل کشت این محصول فقط در یک باغ، قابل استناد نخواهد بود. مقادیر متوسط افزایش عملکرد مزارع تیمار و شاهد به ترتیب ۱۰۳/۵ و ۸۲/۳ درصد بوده است.

جدول ۲۱۲- مقادیر نیاز خالص آبیاری و عملکرد محصولات تحت کشت محدوده‌های مطالعاتی طرح بر اساس سند ملی آب اصلاح‌شده (بر مبنای داده‌های هواشناسی ۳۰ ساله) و مزارع تحت پایش

محصول	تعداد	آب آبیاری (m ³ /ha)	نیاز خالص آبیاری از سند ملی (m ³ /ha)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	تیمار	شاهد	میانگین استانی
گندم آبی	۱۲	۲۹۰۱	۳۸۶۹	۴۴۸۶	۴۲۶۲	۱۰۰۳۰	۸۶۳۲
آفتابگردان	۲	۳۰۲۳	۴۷۷۴	۶۱۱۶	۵۶۸۱	۳۵۷۱	۳۴۳۸
چغندر قند	۵	۴۴۱۱	۷۲۶۳	۹۲۶۶	۸۶۵۴	۷۴۵۲۴	۷۲۰۲۴
گوجه‌فرنگی	۲	۶۳۲۴	۱۱۸۴۰	۷۲۲۳	۶۶۴۵	۴۷۷۱۲	۵۰۳۶۵
ذرت علوفه‌ای	۴	۵۰۵۷	۸۲۹۲	۶۶۱۰	۶۲۴۲	۶۹۵۰۰	۵۱۲۵۰
انگور	۱	۳۱۸۷	۶۹۴۶	۵۳۰۶	۵۰۶۵	۱۶۰۰۰	۶۶۶۶
سیب	۱	۷۳۵۳	۱۵۹۸۶	۷۶۶۰	۷۲۴۵	۷۱۴۳۰	۷۱۴۳۰
کدو	۲	۴۹۸۲	۵۸۸۲	۵۴۲۳	۵۰۲۵	۱۵۰۰	۱۵۰۰
هسته‌دار*	۳	۵۶۷۷	۱۳۶۵۳	۷۵۴۲	۷۳۲۴	-	-

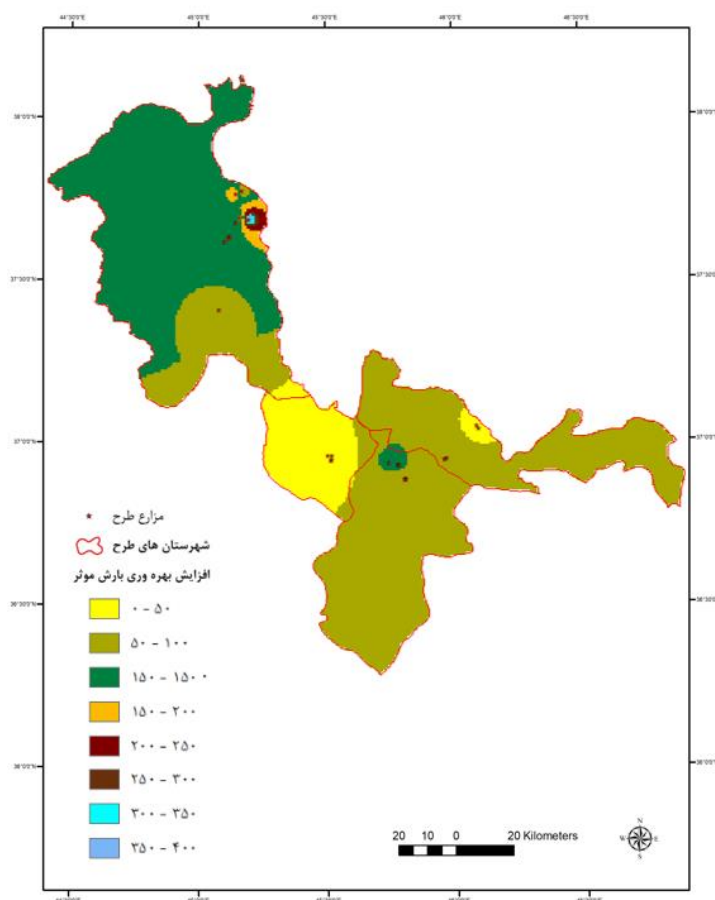
* هلو، شلیل و آلو

- منظور از هسته‌دار، محصولاتی نظیر هلو، شلیل و آلو می‌باشد که عملکرد این محصولات متفاوت می‌باشد برای مثال عملکرد آلو و شلیل با هم متفاوت بوده و نمی‌توان از یک مقدار متوسط استفاده کرد. از سوی دیگر معمولاً این محصولات کشت غالب ۳ باغ مورد بررسی بوده به این جهت مقدار عملکرد این ۳ باغ در جدول خلاصه آورده نشده است.

جدول ۲۱۳- درصد تغییرات عملکرد و آب آبیاری نسبت به متوسط استانی و متوسط نیاز خالص شهرستان‌های طرح

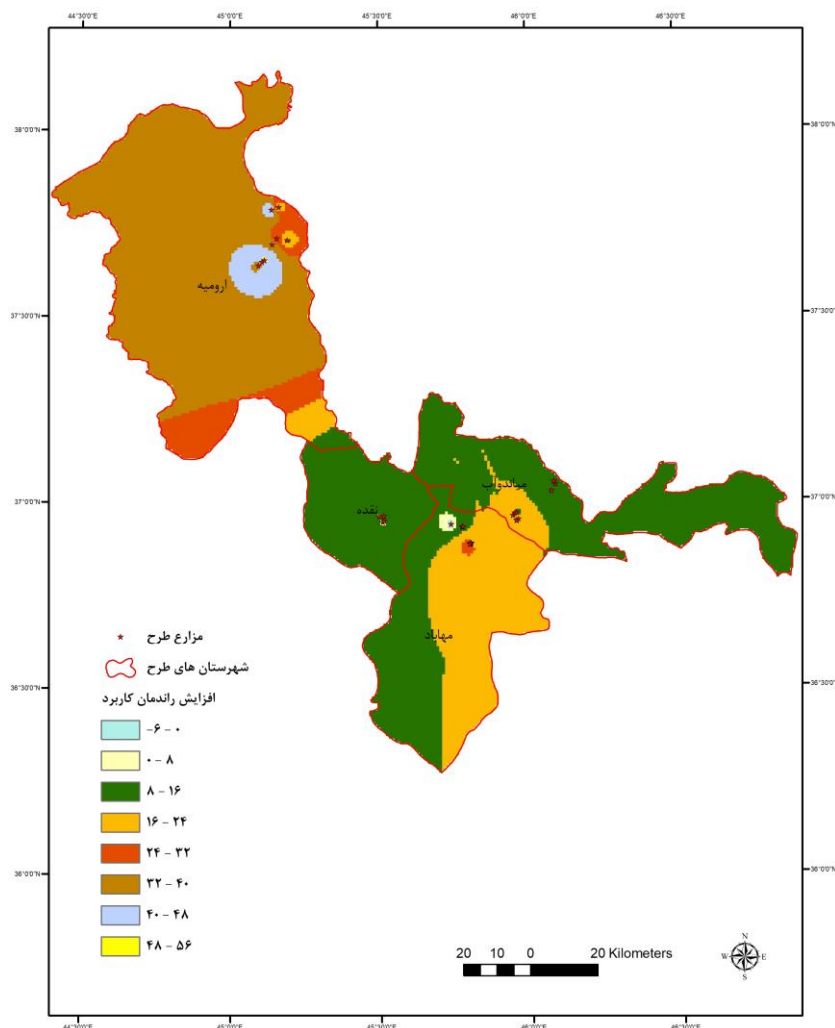
محصول	تعداد مزرعه	تغییرات آب آبیاری		تغییرات عملکرد	
		تیمار	شاهد	تیمار	شاهد
گندم آبی	۱۲	-۳۳/۷	-۱۱/۵	۲۰۸/۸	۱۶۵/۸
آفتابگردان	۲	-۴۸/۷	-۱۹/۱	۱۵۸/۹	۱۴۹/۳
چغندر قند	۵	-۵۰/۸	-۱۸/۹	۲۳/۱	۱۸/۹
گوجه‌فرنگی	۲	-۸/۸	۷۰/۸	۴۰/۴	۴۸/۲
ذرت علوفه‌ای	۴	-۲۱/۳	۲۹/۰	۲۳/۹	-۸/۶
انگور	۱	-۳۸/۵	۳۳/۹	۱۴/۱	-۵۲/۵
سیب	۱	-۱/۳	۱۱۴/۵	۲۵۵/۱	۲۵۵/۱
کدو	۲	-۴/۶	۱۲/۶	-	-
هسته‌دار	۳	-۲۳/۶	۸۳/۷	-	-
متوسط		-۲۵/۷	۳۲/۸	۱۰۳/۵	۸۲/۳

توزیع مکانی مقادیر افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر در مزارع پاییزه و بهار در شکل ۳۶۰ نشان داده شد. مطابق نتایج این شکل، بیشترین مقادیر افزایش بهره‌وری مربوط به شهرستان ارومیه (۱۰۰ الی ۴۰۰ درصد) بوده و پس از آن شهرستان‌های میاندوآب و مهاباد در وضعیت مشابهی قرار داشته و با افزایش ۵۰ تا ۱۵۰ درصدی بهره‌وری آب همراه بوده‌اند. کمترین میزان افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر مربوط به نطقه با مقادیر ۰ تا ۵۰ درصد بوده است.



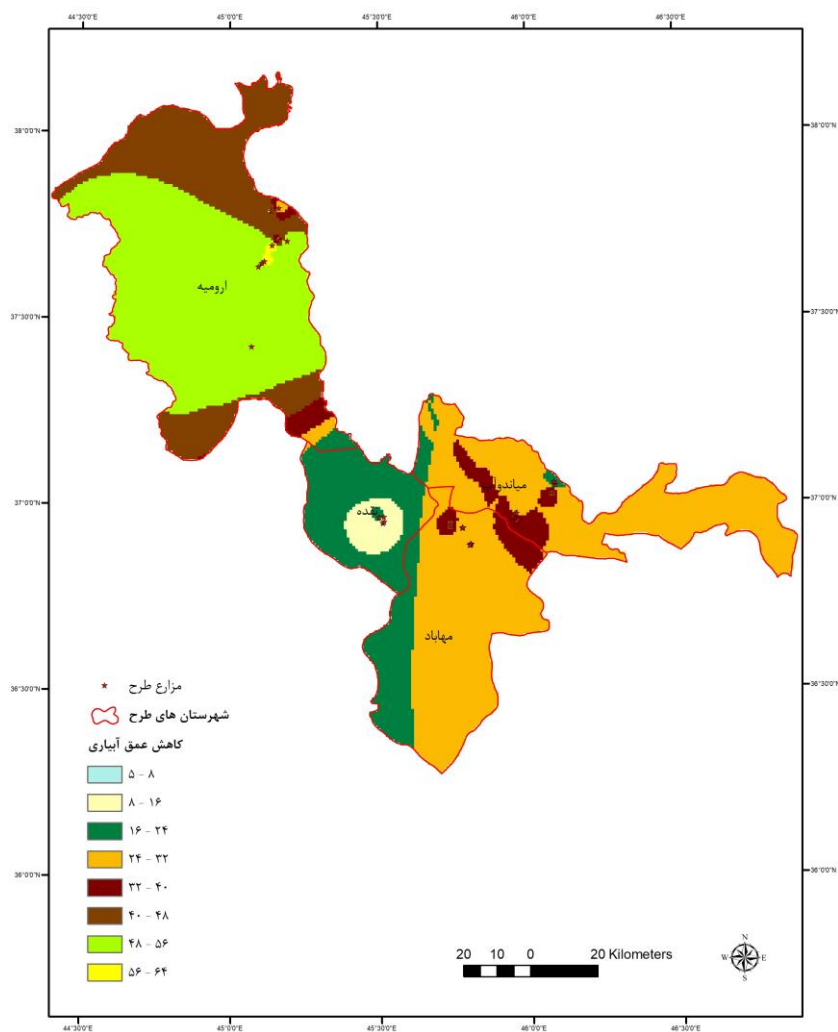
شکل ۳۶۰- توزیع مکانی مقادیر افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر در مزارع پاییزه و بهار شهرستان‌های مورد مطالعه

توزیع مکانی مقادیر افزایش بهره‌وری راندمان کاربرد در مزارع پاییزه و بهاره در شکل ۳۶۱ نشان داده شد. مطابق نتایج این شکل، بیشترین مقادیر افزایش راندمان کاربرد مربوط به شهرستان ارومیه (۱۶ الی ۴۸ درصد) بوده و پس از آن شهرستان‌های میاندوآب و مهاباد در وضعیت مشابهی قرار داشته و با افزایش ۸ تا ۲۴ درصدی همراه بوده‌اند. کمترین میزان افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر نیز در شهرستان نقده (۸ الی ۱۶ درصد) مشاهده می‌گردد.



شکل ۳۶۱- توزیع مکانی مقادیر افزایش راندمان کاربرد در مزارع پاییزه و بهاره شهرستان‌های مورد مطالعه

توزیع مکانی مقادیر کاهش آب آبیاری در مزارع پاییزه و بهاره در شکل ۳۶۲ نشان داده شد. مطابق نتایج این شکل، بیشترین کاهش آب آبیاری در شهرستان ارومیه (۳۲ الی ۶۴ درصد) به دست آمد و تنها در بخش کوچکی از جنوب شهرستان، مقدار کاهش آب آبیاری در بازه ۱۶ الی ۴۰ درصد قرار دارد. پس از آن شهرستان‌های میاندوآب و مهاباد در وضعیت مشابهی قرار داشته و رنج کاهش آب آبیاری این شهرستان‌ها ۱۶ الی ۴۰ درصد بوده است. کمترین میزان کاهش آب آبیاری مربوط به نقده با مقادیر ۸ تا ۲۴ درصد بوده است.



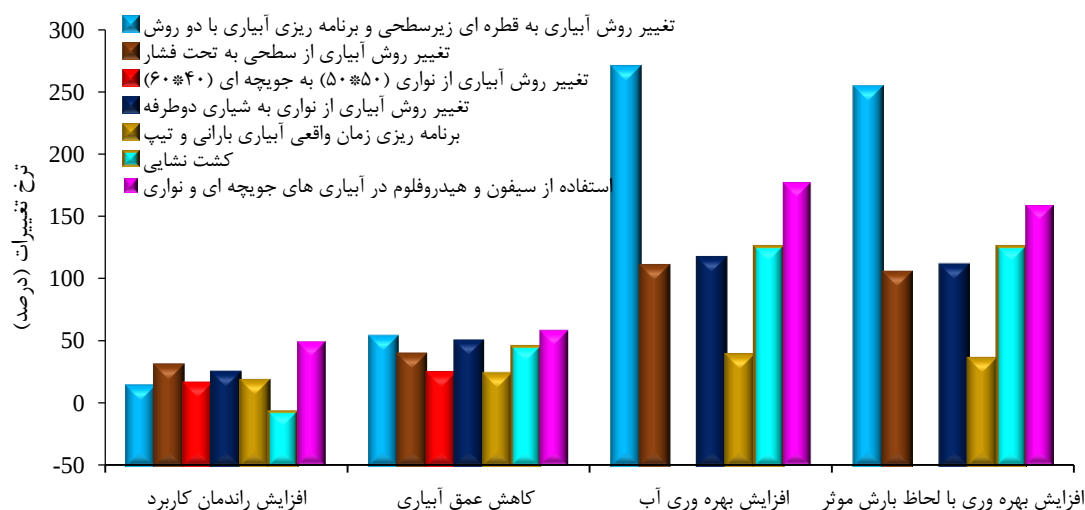
شکل ۳۶۲- توزیع مکانی مقادیر کاهش آب آبیاری در مزارع پاییزه و بهاره شهرستان‌های مورد مطالعه

مقادیر متوسط کاهش آب آبیاری، افزایش راندمان کاربرد و افزایش بهره‌وری آب و بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر در اثر به‌کارگیری تکنیک‌های مختلف مدیریت آبیاری در کشت پاییزه در شکل ۳۶۳ ارائه شده است. مطابق این شکل، بیشترین مقدار افزایش بهره‌وری آب و بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (۷۶/۹ و ۵۶/۱ درصد) و بیشترین کاهش آب آبیاری (۳۳/۲ درصد) در به‌کارگیری تکنیک کشت جویچه‌ای با ریزید به دست آمد. میزان افزایش راندمان کاربرد دو تکنیک کشت جویچه‌ای معمولی و کشت جویچه‌ای با ریزید مشابه و حدود ۱۴/۵ درصد می‌باشد.



شکل ۳۶۳- مقادیر تغییرات پارامترهای آبیاری با به‌کارگیری تکنیک‌های مدیریت آبیاری در کشت پاییزه

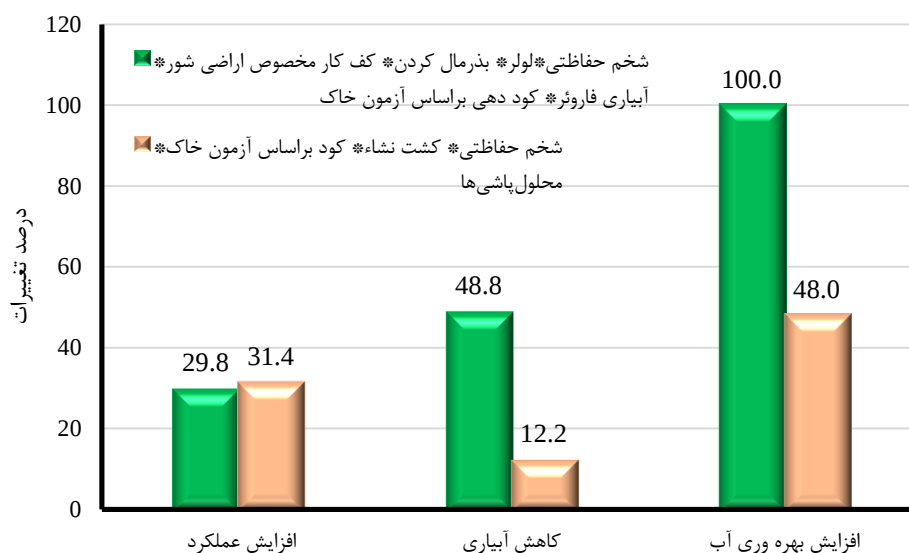
مقادیر متوسط کاهش آب آبیاری، افزایش راندمان کاربرد و افزایش بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر در اثر به‌کارگیری تکنیک‌های مختلف مدیریت آبیاری در کشت بهاره در شکل ۳۶۴ ارائه شده است. مطابق این شکل، بیشترین مقدار افزایش بهره‌وری آب و بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر در به‌کارگیری تکنیک تغییر روش آبیاری به قطره‌ای زیرسطحی و برنامه‌ریزی آبیاری با دو روش (۲۷۰/۳ و ۲۵۴/۲ درصد)، بیشترین افزایش راندمان کاربرد در تکنیک استفاده از سیفون و هیدروفلوم در آبیاری‌های جویچه‌ای و نواری (۵۰ درصد) و بیشترین کاهش آب آبیاری در تکنیک‌های استفاده از سیفون و هیدروفلوم و قطره‌ای زیرسطحی با برنامه‌ریزی آبیاری (به ترتیب ۵۸/۸ و ۵۴/۱ درصد) مشاهده شد.



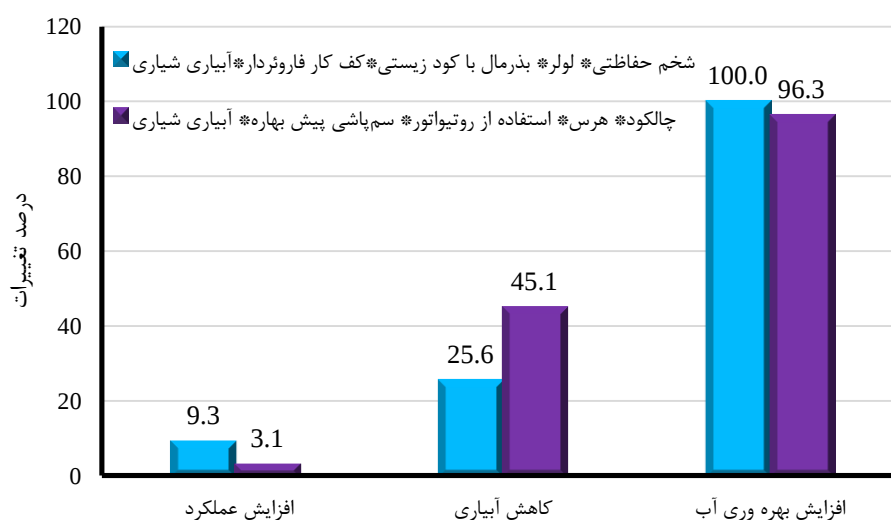
شکل ۳۶۴- مقادیر تغییرات پارامترهای آبیاری با به‌کارگیری تکنیک‌های مدیریت آبیاری در کشت بهاره

۲-۶- آذربایجان شرقی

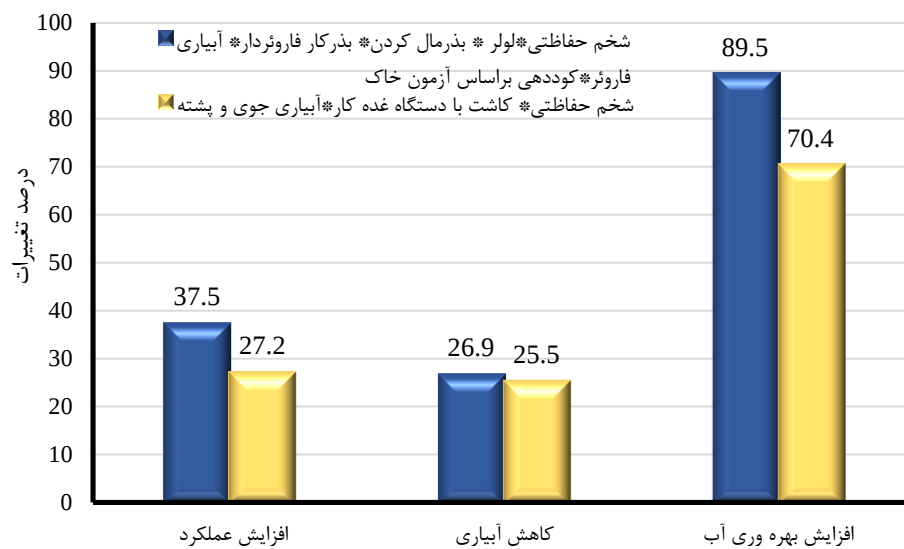
در شکل ۳۶۵ تا ۳۶۹ میزان تغییرات شاخص‌های اندازه‌گیری شده در اثر اعمال تکنیک‌های به‌زراعی در مزارع منتخب شهرستان اسکو، آذرشهر، عجب‌شیر، بناب و ملکان را نشان می‌دهد. بیشترین درصد تغییرات افزایش عملکرد در شهرستان بناب معادل ۵۵/۶ درصد مشاهده شد که از مجموع تکنیک‌های کشت نشائی، مصرف کود دامی و بذور گواهی شده، آبیاری تیپ و کوددهی بر اساس آزمون خاک استفاده شده است. همچنین بیشترین تغییرات کاهش آبیاری نیز در شهرستان بناب و اسکو با میزان ۴۴/۸ درصد مشاهده شد که در آن از مجموع تکنیک‌های کشت نشائی، مصرف کود دامی، آبیاری تیپ، کوددهی بر اساس آزمون خاک و مصرف بذور گواهی شده در بناب و شخم حفاظتی، لولر، بذرمال کردن، کاربرد کف‌کار مخصوص اراضی شور، آبیاری فاروئر و کوددهی بر اساس آزمون خاک استفاده شده است.



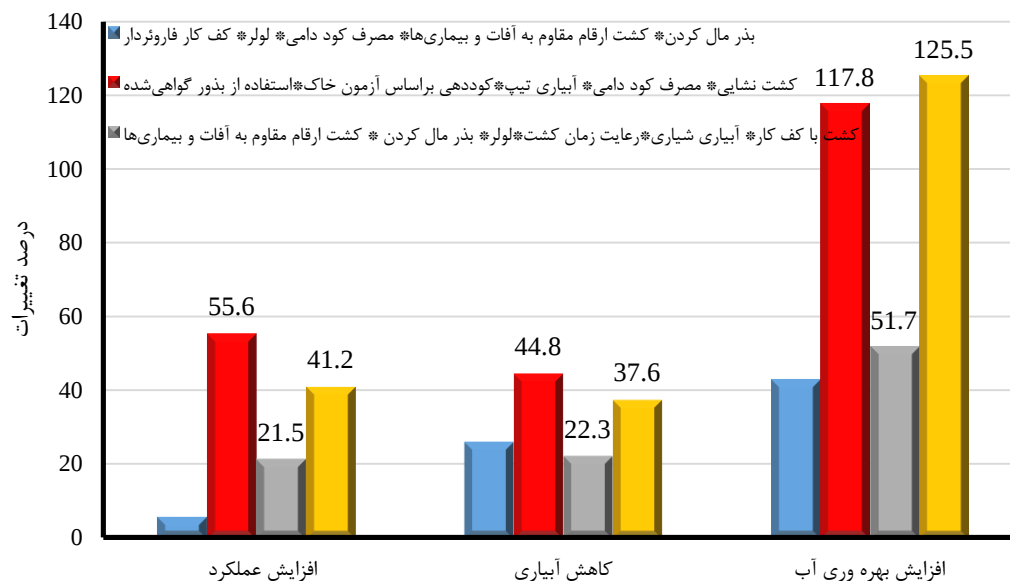
شکل ۳۶۵- مقادیر تغییرات شاخص‌های اندازه‌گیری شده در شهرستان اسکو



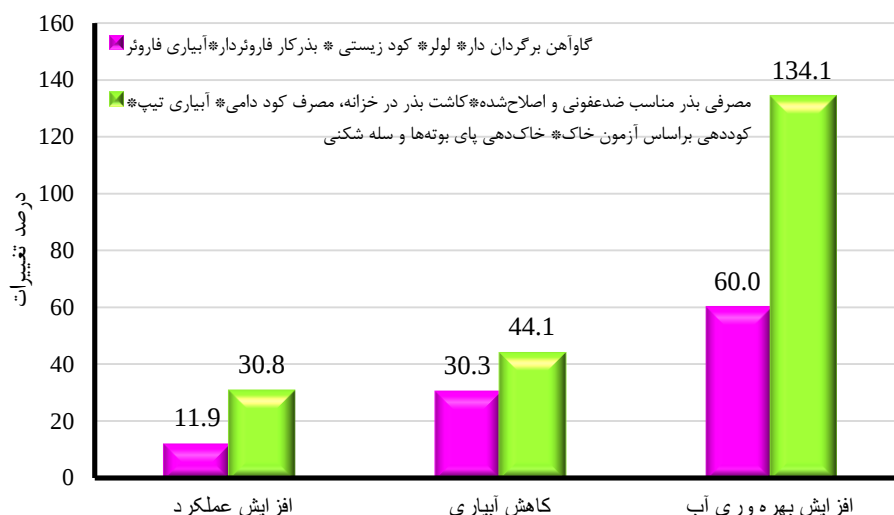
شکل ۳۶۶- مقادیر تغییرات شاخص‌های اندازه‌گیری شده در شهرستان آذرشهر



شکل ۳۶۷- مقادیر تغییرات شاخص‌های اندازه‌گیری شده در شهرستان عجب‌شیر



شکل ۳۶۸- مقادیر تغییرات شاخص‌های اندازه‌گیری شده در شهرستان بناب



شکل ۳۶۹- مقادیر تغییرات شاخص‌های اندازه‌گیری شده در شهرستان ملکان

۳-۶- مسائل، چالش‌ها و مشکلات در آذربایجان غربی

انجام یک پروژه در سطح مزارع یک منطقه، خالی از اشکال و خطا نمی‌باشد. در این طرح سعی گردید ایرادات و اشکالاتی که به صورت جزئی در برخی از مزارع وجود داشت، عنوان گردد. برخی از چالش‌های موجود در مسیر توسعه پروژه‌های کشاورزی پایدار به شرح ذیل است:

- از بزرگ‌ترین چالش‌های آتی، قطع اعتبارات و بودجه این‌گونه طرح‌هاست که ممکن است موجب نیمه‌کاره ماندن برخی طرح‌ها شده و در میان جامعه محلی ایجاد بی‌اعتمادی کند.
- با تغییر فاز، تعهد شرکت‌های مجری نسبت به روستاهای قبلی برداشته می‌شود، اما روستاییان همچنان انتظار دریافت پشتیبانی و مشاوره فنی را دارند. این امر موجب تحمیل هزینه اضافی برای شرکت‌های فنی می‌شود. چون در شرح خدمات فاز جدید، تعریفی برای ادامه پشتیبانی و مشاوره از روستاهای قبل وجود ندارد. البته شرکت‌های فنی و مهندسی کماکان به صورت اخلاقی و داوطلبانه، به ارائه خدمت به روستاهای فاز قبل می‌پردازند.
- به دلیل ماهیت مشارکتی طرح، فرآیند اجرای طرح بسیار زمان‌بر است و نیازمند صبر و حوصله تمام سطوح مدیریتی کار است. لذا در این طرح، اصل مشارکت گسترده کشاورزان و جوامع محلی از اولویت بالایی برخوردار است.
- دشواری جلب مشارکت کشاورزان در برخی از موارد
- پذیرش تغییر شیوه‌های سنتی به شیوه‌های نوین توسط کشاورزان امری دشوار است و فرآیند اجرای برنامه را در صورت عدم توجه، با چالش روبرو خواهد ساخت.

۴-۶- مسائل، چالش‌ها و مشکلات در آذربایجان شرقی

با توجه به تجربیات حاصل از اجرای این پروژه، مواردی به عنوان مسائل و مشکلات به شرح ذیل، عنوان می‌گردد:

- کارشناسان آبیاری شرکت‌های مجری به علت کسب تجربیات ارزنده طی سالیان اجرای طرح تا حد ممکن بایستی که دچار کمترین تغییرات گردند تا روند اجرای پروژه به علت تغییر کارشناس آبیاری دچار اختلال نگردد. متأسفانه این مهم در بعضی از شرکت‌ها رعایت نشده یا امکان‌پذیر نبوده و مشاهده شده که کارشناس باتجربه تعویض و کارشناس باسابقه‌ی کار عملی کمتر جایگزین گردیده است. به نظر می‌رسد در انعقاد قرارداد با شرکت‌ها بایستی به این امر بیشتر توجه و اهتمام گردد.
- توجه بیشتر به جنبه‌های تئوری و آکادمی اندازه‌گیری‌های صحرائی، گاهی موارد جنبه‌های عملی و کاربردی پروژه را تحت تأثیر گذاشته و موجب می‌شود که توجه و تمرکز به سایت‌های مرجع کمتر گردد.
- خرید تجهیزات و فراهم کردن امکانات لازم برای اندازه‌گیری و نمونه‌برداری بر عهده مدیران عامل شرکت‌ها بوده و لازم است در این زمینه نظرات گروه پایش و کارشناس آبیاری شرکت تأمین گردد.
- غیر از بازدیدهای گروه پایش، بهتر است شرکت‌های مجری شرایط حضور اعضای گروه پایش استانی را در برخی از اندازه‌گیرهای صحرائی خصوصاً اندازه‌گیری میزان آب در مزارع تحت پایش را فراهم آورند.
- علی‌رغم تأکیدات مستمر جهت تهیه فرمت یکسان و نهایی و دائمی برای پایش و ارائه گزارش بازهم این امر مورد تأکید قرار می‌گیرد.

۶-۵- درس آموخته‌ها در آذربایجان شرقی

- بر اساس تجربیاتی که در این چندساله اجرای پروژه کسب گردیده است، می‌توان به موارد ذیل تحت عنوان درس آموخته یا دستاورد اشاره نمود:
- به نظر کارشناسان گروه پایش استانی، مؤثرترین عامل صرفه‌جویی در میزان آب آبیاری در مزارع، آماده‌سازی بهینه و به‌موقع مزرعه و کاشت مکانیزه هست. با ترویج این مهم و تأکید بر آن توسط بخش اجرا، می‌توان امیدوار بود که ضمن فاصله گرفتن از کشاورزی سنتی، مقدمه ورود به کشاورزی مدرن فراهم گردد.
 - استفاده از بذرها و غده‌کارها علاوه بر اینکه موجب کاهش آب آبیاری می‌گردد، باعث کاهش میزان بذر بکار رفته، یکنواختی محصول سبز شده و سهولت برداشت مکانیزه نیز می‌شود.
 - در این راستا تجارب اخیر نشان می‌دهد استفاده از بذرها و فاروئردار نسبت به بذرها و بدون فاروئر یا ایجاد فارو بعد از کاشت سنتی، اثرات بیشتری در کاهش آب آبیاری خواهد داشت.
 - روند اجرای پروژه، اعضای گروه پایش را به این نتیجه رهنمون کرد که استفاده از آبیاری شیاری در باغات نسبت به آبیاری نشتی - حلقوی دارای ارجحیت بوده و از نظر وضع ظاهری باغات و امکان انجام عملیات باغی نیز قابل قبول‌تر می‌باشد.

۶-۶- پیشنهادات در آذربایجان غربی

- انتقال تکنولوژی و مهارت‌های حرفه‌ای موردنیاز برای آبیاری و شبکه‌های مدرن به بهره‌برداران
- توسعه و ترویج کشاورزی پایدار و حرکت به سمت کشاورزی ارگانیک

- مدیریت کیفی آب، کاهش فرسایش شیمیایی و فیزیکی خاک، کاهش تبخیر با مدیریت آلاینده‌های شیمیایی صنعتی، پسماندها و ضایعات کشاورزی
 - تهیه دستورالعمل‌های کاربردی بر اساس نتایج و تجربیات حاصل از اجرای پایلوت برای هر اقلیم و منطقه
 - ایجاد الگوهایی از راهبردهای روستایی موفق و پایدار از نظر اقتصادی در جهت افزایش درآمد
 - تدوین برنامه‌های بلندمدت مدیریت منابع آبی برای روستاهای پایلوت، منطقه و حوضه آبریز
 - مشارکت کارشناسان آگاه منطقه از سازمان جهاد کشاورزی، شرکت آب منطقه‌ای، سازمان محیط زیست، اساتید دانشگاه و مؤسسات تحقیقات کشاورزی در موفقیت طرح ضرورت دارد.
 - تقویت روحیه مشارکت و مسئولیت‌پذیری اجتماعی میان کلیه ذی‌نفعان به‌ویژه جوامع محلی جهت احیای دریاچه ارومیه.
 - اقدامات مختلفی از قبیل توسعه کشت‌های گلخانه‌ای، جلوگیری از توسعه کشت‌های پرمصرف و تشویق استفاده از کشت‌های کم‌مصرف، ترویج و آموزش روش‌های مختلف کم‌آبیاری، استفاده از پوشش‌های مالچ، توسعه روش‌های آبیاری میکرو در زراعت‌های ردیفی، توسعه مدیریت تقاضا و اصلاح مدیریت تخصیص، می‌تواند در کاهش آب آبیاری در سطح حوضه مؤثر واقع گردد.
 - با توجه به این‌که عملکرد زراعی تابعی از شرایط اقلیمی و آب‌وهوایی است، ضروری است به‌منظور ارزیابی و اعتبارسنجی اثرات تغییرات آب‌وهوایی، شرایط خاک، بازخورد کشاورزان و ...، تکنیک‌های انجام‌شده در مزارع به‌مدت حداقل دو الی سه سال زراعی ادامه یابند.
- همان‌طور که ملاحظه می‌گردد نیل به دستاوردهای مورد انتظار پروژه، ازجمله: تلفیق توسعه اجتماعی و اقتصادی، همسو نمودن تلاش‌های بخش‌ها و دستگاه‌های مختلف مسئول و نهایتاً مشارکت بخش مردمی کار دشواری است و دستیابی به آن مستلزم معاضدت و همکاری همه‌جانبه تمامی مسئولین دست‌اندرکار، صاحب‌نظران و همه ذی‌نفعان می‌باشد.

۶-۷- پیشنهادات در آذربایجان شرقی

- در راستی اجرای بهینه پروژه می‌توان موارد ذیل را پیشنهاد نمود:
- در اجرای پایش مستقل توسط بخش تحقیقاتی، لازم است تمهیداتی در نظر گرفته شود تا نحوه هزینه کردها با نظر مجریان بخش تحقیقاتی صورت پذیرد.
 - بایستی به جنبه‌های تشویقی و ایجاد انگیزه برای مجریان شرکت‌ها و بخش‌های تحقیقاتی و اعضای گروه پایش نیز توجه کافی گردد. امری که به نظر می‌رسد در چندین سال اجرای پروژه مغفول مانده است.
 - فراهم کردن امکان بازدید از نمونه‌های موفق برای مجریان، محققان و اعضای گروه پایش نیز می‌تواند در راستای افزایش توانایی دست‌اندرکاران پروژه و افزایش افق بینش آن‌ها مؤثر و مفید باشد.

منابع

- اسدی، ا.، اشرفی، ش.، باغانی، ج.، ریاحی، ح.، سهرابی، ت.، طایفه‌رضایی، ح.، عباسی، ف.، کشاورز، ع.، مأم‌پوش، ع.ر؛ و میان‌آبی، ع. ۱۳۷۵. بررسی عملکرد روش‌های آبیاری سطحی تحت مدیریت زارعین. مجموعه مقالات دومین کنگره ملی مسائل آب‌و خاک کشور، تهران، ۴۰-۳۰.
- شرف منصوری، غ و شریفی، م.، ۱۳۹۲. تأثیر آرایش کاشت بر خصوصیات کمی و کیفی چغندر قند در مناطق سردسیر استان فارس، مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. (۴) ۳: ۱۵-۲۵.
- آمار کشاورزی. ۱۳۸۳. معاون امور اقتصادی و اداری محصولات کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی استان.
- بهره‌دار، د. ۱۳۷۳. بررسی علل نارسایی‌ها و مشکلات موجود در بهره‌برداری از شبکه فرعی آبیاری و زهکشی در اراضی کشت و صنعت مغان. مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- بهبزادی نسب، م.، ناظمی، ا.ح؛ و صدرالدینی، س ع ا. ۱۳۸۷. ارزیابی سیستم آبیاری سطحی-جوی و پشته‌ای (مطالعه موردی مزارع کشت و صنعت نیشکر هفت‌تپه). دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، اهواز، ۸-۱۰.
- بهمنش، ج و نورجو، ا.، ۱۳۹۴. تأثیر فشردگی خاک بستر و آرایش کاشت بر بهره‌وری آب در زراعت چغندر قند، مجله چغندر قند. ۳۲ (۱): ۶۲-۵۱.
- ترابی، م و جهاد اکبر، م.ر.، ۱۳۸۳. اثر آبیاری فارو در کاشت تک ردیف و دو ردیف بر بهره‌وری مصرف آب، کمیت و کیفیت عملکرد چغندر قند، نشریه تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۶ (۲۲): ۱۵-۲۶.
- حجازی، م؛ و گرجی، ع.، ۱۳۸۶. ضرورت توسعه روش‌های آبیاری تحت فشار و بررسی روند اجرایی طرح. سمینار علمی طرح ملی آبیاری تحت فشار و توسعه پایدار.
- حیدری، ن؛ و حقایقی‌مقدم، س.ا. ۱۳۸۰. کارایی مصرف آب آبیاری محصولات عمده مناطق مختلف کشور. گزارش ارائه‌شده به معاونت زراعت وزارت کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج.
- حیدری، ن.، اسلامی، ا.، قدمی فیروزآبادی، ع.، کانون، ا.، اسدی، م؛ و خواجه‌عبداللهی، م. ۱۳۸۵. کارایی مصرف آب محصولات زراعی مناطق مختلف کشور (مناطق کرمان، همدان، مغان، گلستان و خوزستان)، همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی ایران، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- خوش خواهش، ی ع. ۱۳۷۶. ارزیابی بازده کاربرد آبیاری مزرعه در برنج‌زارهای تحت شبکه آبیاری گیلان و فومنات. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
- دهقان، پ.، ولی‌زاده، س.، خسروی، ح.، ۱۳۹۴. بررسی عوامل خشک شدن دریاچه ارومیه و راهکارهای احیای آن، دومین همایش ملی آب، انسان و زمین، اصفهان. ص ۱-۷.
- زهتابیان، غ.ر. ۱۳۷۳. علل پایین‌بودن راندمان آبیاری در منطقه‌ی ورامین. مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، وزارت نیرو، ۱-۲۱.
- رضاوودی‌نژاد، ر.، احمدی، ح.، صمدی، ا.، ۱۳۹۴. گزارش مطالعه و بررسی عوامل پایین‌بودن راندمان انتقال و توزیع آب در کانال‌های آبیاری (مطالعه موردی شبکه بمپور)، دانشگاه ارومیه،
- ریاحی فارسانی، ح.، نوری امام‌زاده‌ای، م.ر.، فتاحی نافچی، ر؛ و طباطبائی، س ح. ۱۳۹۳. ارزیابی سیستم آبیاری جویچه‌ای در دشت‌های شهرکرد، بروجن و خانمیرزا. علوم و مهندسی آبیاری، ۳۷ (۲): ۹۵-۱۰۴.

- سپاس‌خواه، ع.ر؛ و کامگار حقیقی، ع.ا. ۱۳۷۳. اثر دور آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان روی محصول و راندمان مصرف آب چغندرقد. دانشگاه اصفهان.
- سهرابی، ت و امیدوار، م. ۱۳۸۱. مشکلات بهره‌برداری سیستم‌های آبیاری بارانی سنتریپوت ساخت داخل در منطقه جوبین خراسان، مجله علوم کشاورزی و عمران روستایی، جلد ۴، شماره ۱، صفحات ۱۸۶-۱۷۵.
- شماعی، غ.ر.، موسوی، ف؛ و مصطفی‌زاده، ب. ۱۳۷۵. ارزیابی راندمان‌های سیستم آبیاری شیاری در اراضی یکپارچه و استان چهارمحال و بختیاری. مجموعه مقالات هشتمین درس گروهی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، وزارت نیرو، ۱۴۹-۱۵۹.
- صباحی، م.، خنجری، س؛ و کیخا، ا.ع. ۱۳۸۹. بررسی کارایی مصرف آب در گلخانه‌های سیستان. مجله اقتصاد کشاورزی. ۴ (۳): ۹۱-۱۰۲.
- طالقانی، ف.، ۱۳۸۰. ارزیابی تأثیر آرایش کاشت بر عملکرد چغندرقد، هفتمین کنفرانس زراعت ایران، شهرپور، کرج.
- طایفه رضایی، ح.، معیری، م؛ و ریاحی، ح. ۱۳۸۲. ارزیابی راندمان آبیاری سطحی توسط کشاورزان ایران گزارش فنی نهایی مرکز تحقیقات فنی مهندسی کشاورزی کرج. شماره گزارش ۱۰۰۲.
- فاطمی، م؛ و شکرالهی، ا. ۱۳۷۲. ارزیابی بازدهی آبیاری در شبکه‌ی آبیاری دز. مجموعه مقالات ششمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، وزارت نیرو، ۷۲-۸۵.
- کانونی، ا. ۱۳۸۶. ارزیابی بازده کاربرد آبیاری جویچه‌ای تحت مدیریت‌های مختلف در منطقه مغان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۸ (۲): ۱۷-۳۲.
- گزارش تحقیقات خاک و آب. ۱۳۷۲. تعیین آب مصرفی پتانسیل گیاه چغندرقد به‌روش لایسیمتری.
- مامن پوش، ع.، عباسی، ف؛ و موسوی س. ف. ۱۳۸۰. ارزیابی بازده کاربرد آب در روش‌های آبیاری سطحی در برخی از مزارع استان اصفهان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۲ (۹): ۴۳ - ۵۸.
- معیری، م.، کاوه، ف. ۱۳۸۷. تحلیل بازده آبیاری سطحی در مزارع غیر یکپارچه شبکه آبیاری دز. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۹ (۳): ۱۳۵-۱۵۲.
- ملوحی، ح.، بهزاد، م؛ و ناصری، ع. ۱۳۸۵. راندمان‌های کاربرد آب در دو حالت جویچه‌های بازسازی‌شده و بدون بازسازی در مزارع نیشکر. همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، ۱۲-۱۴.
- منعم، م.ج.، قاهری، ع.، بادزهر، ع.ع.، غروی، ح.، برهان، ن.، ذوالفقاری، ع.، ثابتی، ع؛ و احسانی، م. ۱۳۷۹. ارزیابی عملکرد شبکه آبیاری قزوین با استفاده از مدل PAIS. دهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۵۵-۱۶۶.
- مهرابی بشرآبادی، ح؛ و پاکروان، م. ۱۳۸۸. محاسبه انواع کارایی و بازده به مقیاس تولیدکنندگان آفتابگردان. شهرستان خوی. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۳ (۲): ۹۵-۱۰۲.
- میرابوالقاسمی، ه. ۱۳۷۳. ارزیابی بازده آبیاری در تعدادی از شبکه‌های سنتی ایران. مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران.
- نورجو، ا.، مهدی خانی، پ.، بقایی کیا، م. ۱۳۸۳. ارزیابی تأثیر الگوی برف و مدیریت آبیاری بر کیفیت و کمیت محصول چغندرقد. ۲۷ سمینار ملی چغندرقد، مشهد.
- نیریزی، س.، سهرابی، ت.، ماهرانی، م؛ و حیدری، ن. ۱۳۷۶. آشنایی با آبیاری کابلی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، وزارت نیرو، ۱-۱۰.

- نیری، س؛ و حلمی، ف. د. ۱۳۸۳. مقایسه کارایی مصرف آب در چند نقطه خراسان. مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
- واکر، و آر؛ و اسکوگریو، گ و ی. ۱۳۷۵. آبیاری سطحی: تئوری و عمل (ترجمه مصطفی زاده، ب و موسوی، ف). انتشارات فرهنگ جامع.
- وظیفه دوست، م.، علیزاده، ا.، کمالی، غ.، فیضی، م.، ۱۳۸۷. افزایش بهره‌وری آب کشاورزی در مزارع تحت آبیاری منطقه برخوار اصفهان. مجله آب‌و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۲ (۲): ۴۸۴-۴۹۵.
- یزدی، زر اندام، محسنی موحد، س؛ و حیدری، م. ۱۳۸۷. تهیه مدلی جهت ارزیابی، طراحی، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی عملکرد آبیاری شیار. دومین سمینار راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی، ۱۲۱-۱۳۶.
- Alazba, A.A. and Fangmeire, D. D. 1995. Hydrograph shape and irrigation efficiency. J. Irrig. And Drain. Div., ASCE 121(6): 452-457
- Ali, M.H. and Talukder, M.S.U. 2008. Increasing water productivity in crop production –A synthesis. Agric. Water Manage. 95: 1201 – 1213 Available.
- Ascough, G.W., Kiker, G.A. 2002. The effect of irrigation uniformity on irrigation water requirements. Water SA, Vol.28, No. 2, April 2.
- Battikhi, A.M. and Abu-Hammad, A.H. 1994. Comparison between the efficiencies of surface and pressurized irrigation systems. Irrig. Drain. Sys. 8(2): 109-121.
- Borrelli, J., Fornstrom K.J., Brosz D.J., and Jackson G.D. 1982. Sediment yield and its control from fann land in the Bitter Creek drainage at Powell, Wyoming.
- Butista, E. and Wallender, W.W. 1993. Optimal management strategies for cut-back furrowirrigation. J. Irrig. And Drain. Eng., ASCE119(6): 1099-1115.
- Camacho, E.C., Perez-Lucena, C., Roldan-Canas, J. and Alcaide, M. 1997. IPE: Model for management and control of furrow irrigation in real time. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 123(4): 264-269.
- Criddle, W.D., Steling, D. and Dell, G.S. 1956. Methods for evaluation of irrigation systems. SCS. Handbook. No. 82.
- Emond, H., Loftis, J.C., Podmore, T.H., Roberts, J. and Leaf, F. 1993. Evaluation of surface irrigation systems near Greeley. Colorado. In: Klein K.C. and Williams D.J. (eds.). Seeking an Integrated Approach to Watershed Management in the Sough Platte Basin. Colorado State University, Fort Collins, Co, 80523, USA.
- rahani, H. and Oweis, T. 2008. Agricultural water productivity in Karkheh river basin. In: Improving On-farm Agricultural Productivity in Karkheh River Basin. A Compendium of Review Papers. CGIAR challenge program on water and food. Research Report No.1.
- Izadi, B. and Wallender, W.W. 1985. Furrow hydraulic characteristics and infiltration. Trans. ASAE 28(6): 1901-1908.
- Izadi, B., Studer, D. and Mc Cann, I. 1991. Maximazing set furrow irrigation application efficiency under full irrigation strategy. Trans. ASAE 34(5): 2006-2014.
- Jensen, M.E. 1980. The role of irrigation in food and fiber production. In Design and operation of farm irrigation systems, ed. M. E. Jensen. Michigan: The American Society of Agricultural Engineers, 15-41.
- Kang, S.Z., Shi, P., Pan, Y.H., Liang, Z.S., Hu, X.T. and Zhang., J. 2000. Soil water distribution ,uniformity and water use efficiency under alternate furrow irrigation in arid areas. Irrig. Sci. 19(4): 181-190.
- Lamm, F. R. 2000. Who wants to be an in-canopy irrigator? Proceedings of Central Plains Irrigation short course and Extension. February 9-10, 2000, Garden City, Kansas, Central Plains Association, Colby, Kansas, and PP: 118-127.
- Merriam, J.L. 1977. Efficient Irrigation, California polytechnic and State Univ., San Luis Obispo, Calif.

- Merriam, J.L., Keller, J., 1978. Farm irrigation system evaluation: A guide for management. Department of Agricultural and Irrigation Engineering, Utah State University, Logan, Utah.
- Ortega Alvarez, J.F., Tarjuelo Martin-Baito, J.M., De Juan Valero, J.A and Pedro Carrion Perez. 2004. Uniformity Distribution and it's economic effect on irrigation management in semi-arid zone. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vol.130, No. 4.
- Patwardhan, A., Nieber, J. and Johns, E. (1990). Effective rainfall estimation methods. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 116(2), 182-193.
- Playán, E. and Mateos, L. 2006. Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity. Colombo, Sri Lanka. 26 pp.
- Smerdon, E.T. and Glass, L.J. 1965. Surface Irrigation water - distribution efficiency related to soil infiltration. *Trans. ASAE*, 8(1): 76 – 78.
- Samadi, A. and Sepaskhah, A.R. 1984. Effect of alternative furrow irrigation on yield and water use efficiency of dry beans. *Iran Agric. Res.* 3: 95-115.
- Speelman, S., D'Haese, M., Buysse, J. and D'haese, L. 2008. A measure for the efficiency of water use and its determinants, study at small-scale irrigation schemes in North-West province. South Africa. *Agric. Syst.* 98(1): 31-39.
- Stone, J.F., Garton, J.E., Webb, B.B., Reeves, H.E and Keflemariam, J. 1976. Irrigation water conservation by using wild- spaced furrow. *Soil Science American*. 43: 407-411.
- Tahrudi, M. N., Khalili, K., Behmanesh, J., & Zeinalzadeh, K. (2016). Hydrological river drought analysis (case study: Lake Urmia basin rivers). *Journal of Water and Soil*, 30(4), 1025-1042.
- Tarjuelo, J. M., Mpintero, J., Honrubina, F.T., Ortiz, J.J and Ortega, J. F. 1999. Analysis of Uniformity of Sprinkler Irrigation in a Semi-arid area. Elsevier Science. *Agricultural Water Management*. No. 40. PP: 315-331.
- Topak, R., Suheri, S. and Acar, B. 2010. Comparison of energy of irrigation regimes in sugar beet production in a semi-arid region. *Energy J.* 35: 5464-5471.
- Vazifedoust, M., van Dam, J.C., Feddes, R.A. and Feizi, M. 2008. Increasing water productivity of irrigated crops under limited water supply at field scale. 89-102.
- Walker, W.R. and Skogerboe, G.V. 1987. Surfaceirrigation. Theory and practice. Prentice-Hall, NJ, USA.
- World Bank. 2006. World Development Indicators,. Available at: www.worldbank.org/.
- Yvan, E.G., Eisenhaver, D.E. and Elmore, R.W. 1993. Alternate-furrow irrigation for soybean production. *Agric. Water Manag.* 24: 133-145.
- Zwart, S.J. and Bastiaansen, W.G.M. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated water, rice, cotton, and maize. *Agric. Water Manag.* 69: 115-13.