گزارش فاز پنجم طرح:

پایش و بررسی اثربخشی تکنیک‌های به زراعی و به نژادی برای کاهش برداشت از منابع آب در سایت‌های 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 در شهرستان‌های بناب و ملکان واقع در آذربایجان شرقی و در جهت کاهش مصرف آب کشاورزی طی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ انجام گردید. برای این منظور تکنیک‌های به‌زراعی و مدیریتی مختلف نظیر کشاورزی حفاظتی، سامانه‌های نوین آبیاری، اصلاح سیستم‌های آبیاری سطحی، آبیاری بر اساس نیاز واقعی گیاه (real time)، ارقام زراعی مناسب، تاریخ بهینه کاشت، کم-آبیاری، 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 مصرف 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 ازنظر 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 خاک ورز سه‌کاره، لولر و کاشت با دستگاه کف کار 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، چغندرقند: 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 موردراندازه‌گیری قرار گرفت. در مزارع پاییزه سه تکنیک تغییر روش آبیاری از نواری به جویچه‌ای (در چهار مزرعه)، آرایش کشت جویچه‌ای با رایزید (در دو مزرعه) و مدیریت زمان آبیاری بارانی (در

شش مزرعه) استفاده شد. مطابق نتایج، تکنیک کشت با رایزبد با افزایش ۶۹/۱ درصدی بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر[1]، افزایش ۱۴/۵ درصدی راندمان کاربرد و کاهش ۳۳/۲ درصدی آب مصرفی بهترین نتایج را در پی داشت. پس‌ازآن 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، واریته، 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 صرفه‌جویی در مصرف آب 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 مصرفی شده و بهترین نتایج را در بین مزارع بهاره در پی داشت. تکنیک استفاده از آبیاری تیپ (با دو تیمار نصب سنسور رطوبتی و داده‌های هواشناسی) در مزرعه گوجه‌فرنگی نیز موجب افزایش ۱۱۳ درصدی بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر و کاهش ۶۳/۵ درصدی آب مصرفی گردید. 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 مصرفی، 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 مصرف آب، 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 مصرف آب 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 مصرفی، 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 ۶۰×۴۰ سانتی‌متر در سه مزرعه چغندرقند و برنامه‌ریزی زمان واقعی آبیاری (در آبیاری بارانی و تیپ) به‌ترتیب موجب کاهش ۲۴/۲ و ۲۳/۷ درصدی آب مصرفی 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 به زراعی و مدیریت آبیاری مذکور در مزارع پایلوت تحت پوشش طرح

[1] در محاسبه بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر کیلوگرم عملکرد محصول نسبت به مترمکعب آب مصرف شده برای آبیاری و بارش مؤثر بیان می شود.

می‌باشد. از سوی دیگر تکنیک کشت با رایزبد 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 مصرف آب در تیمار و شاهد در مزرعه گندم خانم آسیابی به ترتیب ۳۴۶۰,۹۶ و ۵۷۳۱,۶۳ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف ۳۹,۶۱ درصد است. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۳۷۰۰ و ۳۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. محاسبات بهره‌وری آب از عملکرد تیمار و شاهد بر اساس گواهی باسکول انجام شده است. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۱/۰۶ و ۰/۵۲ محاسبه شد. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در مزرعه گندم آقای راشدی به ترتیب ۳۱۴۹,۵۶ و ۵۳۹۸,۹۵ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف ۴۱,۶۶ درصد است. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۳۰۰۰ و ۲۲۰۰ 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 ۰/۹۲ و ۰/۴۰ محاسبه شد. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در باغ آلو آقای نصیری به ترتیب ۵۶۱۸,۳ و ۷۵۰۴,۷ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف ۲۵,۱۳ درصد است. میزان عملکرد در این باغ در تیمار و شاهد به ترتیب ۴۰۰۰ و ۳۵۰۰ 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 ۰/۷۱ و ۰/۴۶ محاسبه شد. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در مزرعه گوجه‌فرنگی آقای سلیمی به ترتیب ۶۰۴۵,۳۸ و ۶۸۸۵,۰۸ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف ۱۲,۱۹ درصد است. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۹۲۰۰۰ و ۷۰۰۰۰ 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 ۱۵/۲۱ و ۱۰/۱۶ محاسبه شد. در مزرعه گندم آقای مصطفی اصغرزاده میزان عملکرد محصول ۶ تن بر هکتار در مزرعه تیمار بوده و میزان بهره‌وری آب ۱,۶ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. در مزرعه شاهد میزان عملکرد ۵,۹ تن بر هکتار و میزان بهره‌وری آب ۱,۳ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد میزان مصرف آب در تیمار و شاهد به ترتیب ۳۷۵۰ و ۴۵۳۸/۵ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. در مزرعه گندم آقای محرم زینال‌نژاد میزان عملکرد محصول ۷,۶ تن بر هکتار در مزرعه تیمار بوده و میزان بهره‌وری آب ۲,۲ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. در مزرعه شاهد میزان عملکرد ۶,۵ تن بر هکتار و میزان بهره‌وری آب ۱,۵ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد به ترتیب ۳۴۵۴/۵ و ۴۳۳۳/۳ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. در باغ گوجه‌سبز آقای فرجی میزان عملکرد محصول ۵ تن بر هکتار در مزرعه تیمار بوده و میزان بهره‌وری آب ۰,۹ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. در مزرعه شاهد میزان عملکرد ۵ تن بر هکتار و میزان بهره‌وری آب ۰,۴ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد به ترتیب ۵۵۵۵/۶ و ۱۲۵۰۰مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. در باغ گوجه‌سبز آقای حاج حسین پور میزان عملکرد محصول ۱۷ تن بر هکتار در مزرعه تیمار بوده و میزان بهره‌وری آب ۲,۵ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. در مزرعه شاهد میزان عملکرد ۱۶ تن بر هکتار و میزان بهره‌وری آب ۱,۶ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد به ترتیب ۶۸۰۰ و ۱۰۰۰۰مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید.

میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در مزرعه گندم آقای پرویز عارفی به ترتیب ۳۰۴۲/۳ و ۴۱۵۱/۵۸ 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 ۲/۴۵ و ۱/۴۳ محاسبه شد. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در باغ بادام آقای سهراب جمشیدی به ترتیب ۳۲۲۷/۹۷ و ۴۴۲۱/۲۷ 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 ۰/۰۷۲ و ۰/۰۱۸ محاسبه شد. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در باغ گردو آقای محمد شهابی به ترتیب ۳۰۵۷/۳۷ و ۴۹۳۷/۰۸ 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 ۰/۳ و ۰/۱۵ محاسبه شد. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در مزرعه سیب‌زمینی آقای غلامرضا سالمی به ترتیب ۳۸۰۶/۸۶ و ۵۰۳۶/۸۹ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۵۱۱۰۰ و ۳۷۰۰۰کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۰/۸۱ و ۶/۲۱ محاسبه شد. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در مزرعه سیب‌زمینی آقای داریوش میرابی به ترتیب ۳۷۰۶/۸۲ و ۵۰۹۴/۶۱ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۴۹۴۵۰ و ۴۲۵۰۰کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۰/۶۹ و ۷/۰۶ محاسبه شد. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در مزرعه گندم آقای ولی زاده به ترتیب ۳۳۶۷ و ۴۳۵۶ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف ۲۳ درصدی (حدود ۹۸۸ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۷/۹ و ۶/۵ تن بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۲/۳ و ۱/۵ محاسبه شد. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در مزرعه گندم آقای توحید زینال زاده به ترتیب ۳۹۶۶ و ۵۰۷۵ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۸/۵ و ۷ تن بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۲/۱ و ۱/۴ محاسبه شد.

میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در باغ سیب آقای اسماعیل غلامی به ترتیب ۶۱۰۵ و ۹۷۵۴ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۲۶/۹ و ۲۷ تن بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۴/۴ و ۲/۸ محاسبه شد. میزان مصرف آب 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 ۴۸ و ۳۴ تن بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۱۱/۵ و ۵/۱ محاسبه شد. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در مزرعه گندم آقای یونس حنیفی۱به ترتیب ۱۹۶۵و ۲۶۰۸ 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. محاسبات بهره‌وری آب از عملکرد تیمار و شاهد بر اساس گواهی باسکول انجام پذیرفته است. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۱/۷ و ۱/۳ محاسبه شد. به‌این‌ترتیب اعمال تیمار و مدیریت آبیاری آن حدود ۰,۴ کیلوگرم بر مترمکعب (معادل ۱۸ درصد) باعث افزایش بهره‌وری آب در این مزرعه شد. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در مزرعه گندم آقای یوسف حنیفی۲ به ترتیب ۱۷۷۴ و ۲۵۶۷ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف ۳۰ درصدی (حدود ۷۹۳ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است. 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 محاسبه شد. به‌این‌ترتیب اعمال تیمار و مدیریت آبیاری آن حدود ۰/۷۷ کیلوگرم بر مترمکعب (معادل ۲۵ درصد) باعث افزایش بهره‌وری آب در این مزرعه شد. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در مزرعه گوجه‌فرنگی آقای منافی به ترتیب ۷۹۶۴ و ۱۱۳۰۵ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف ۲۹,۵ درصدی (حدود ۳۳۴۰ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۶۸۰۰۰ و ۵۲۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. محاسبات بهره‌وری آب از عملکرد تیمار و شاهد بر اساس کیل‌گیری انجام پذیرفته است. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۸/۵ و ۴/۵ محاسبه شد. به‌این‌ترتیب اعمال تیمار و مدیریت آبیاری آن حدود ۴ کیلوگرم بر مترمکعب (معادل ۴۷ درصد) باعث افزایش بهره‌وری آب در این مزرعه شد. میزان مصرف آب 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 ۸۸۵۰ و ۷۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۲ و ۱/۴ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. میزان مصرف آب 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 ۱/۶ و ۱/۲ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. میزان مصرف آب در تیمار کشت نشایی و دو ردیفه و شاهد کشت بذری و تک ردیفه در مزرعه گوجه‌فرنگی آقای شجاعی به ترتیب ۷۱۱۸/۴۱ و ۱۲۸۸۵مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۵۶۰۰۰ و ۴۸۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. بهره‌وری در تیمار و شاهد به ترتیب ۷/۹ و ۳/۷ 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 مصرف آب

فهرست مطالب

فصل اول کلیات ۹

۱-۱- مقدمه ۹

۱-۲- برنامه کشاورزی پایدار در حوضه دریاچه ارومیه ۱۰

۱-۳- اهداف کلیدی ۱۱

فصل دوم بهره‌وری مصرف آب ۱۲

۲-۱- ارزیابی مصرف آب کشاورزی ۱۲

۲-۲- ارزیابی راندمان آبیاری ۱۳

۲-۳- مطالعات صورت گرفته در خصوص شاخص‌های بهره‌وری آب ۱۹

۲-۴- بررسی روش‌های افزایش شاخص‌های بهره‌وری ۲۱

۲-۵- راهکارهای مدیریتی و زراعی به‌منظور افزایش بهره‌وری آب ۲۳

۲-۵-۱- مدیریت خاک‌ورزی ۲۳

۲-۵-۲- مدیریت در شیوه آبیاری ۲۵

۲-۵-۳- تغذیه کودی و واریته گیاهی ۲۵

فصل سوم روشناسی ۲۹

۳-۱- محدوده موردمطالعه ۲۹

۳- ۱ -۱- آذربایجان غربی ۲۹

۳-۱-۱-۱- شهرستان مهاباد ۳۰

۳-۱-۱-۲- شهرستان میاندوآب ۳۱

۳-۱-۱-۳- شهرستان ارومیه ۳۳

۳-۱-۲- آذربایجان شرقی ۳۴

۳-۱-۲-۱- شهرستان اسکو ۳۴

۳-۱-۲-۲- شهرستان آذرشهر ۳۵

۳-۱-۲-۳- شهرستان عجب‌شیر ۳۵

۳-۱-۲-۴- شهرستان بناب ۳۶

۳-۱-۲-۵- شهرستان ملکان ۳۶

۳-۲- انتخاب و جانمایی مزارع پایلوت ۳۶

۱-۲-۳- مشخصات مزارع پایش اصلی برای محصولات پاییزه (کشت گندم) در آذربایجان غربی ۳۷
۲-۲-۳- مشخصات مزارع شبکه پایش شرکت‌های فنی و مهندسی آذربایجان غربی برای محصولات پاییزه ۳۹
۳-۲-۳- مشخصات مزارع شبکه پایش شرکت‌های فنی و مهندسی آذربایجان غربی برای محصولات کشت بهاره ۴۴
۴-۲-۳- سایت‌های انتخابی جهت پایش اصلی در آذربایجان شرقی ۵۲
۵-۲-۳- سایت‌های انتخابی جهت پایش شرکت‌های فنی و مهندسی در آذربایجان شرقی ۵۴
۳-۳- بازدیدهای میدانی در منطقه طرح ۷۱
۴-۳- اندازه‌گیری‌های میدانی ۷۲
۱-۴-۳- اندازه‌گیری آب آبیاری، پیشروی و پسروی در مزارع ۷۲
۲-۴-۳- اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک ۷۴
۳-۴-۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آزمون کودی ۷۵
۴-۴-۳- مساحی و نقشه‌برداری از مزارع ۷۸
۵-۳- محاسبه بازده کاربرد و بهره‌وری آب کشاورزی در مزارع تحت پایش ۷۹
۱-۵-۳- محاسبه بازده کاربرد ۷۹
۲-۵-۳- محاسبه بازده بهره‌وری آب کشاورزی ۸۱
فصل چهارم‌اثربخشی تکنیک‌های به‌زراعی و به‌نژادی در پایلوت‌های آذربایجان غربی ۸۶
۱-۴- نتایج پایش و مدیریت آبیاری در مزارع پایش اصلی، کشت پاییزه (گندم) ۸۶
۲-۴- نتایج مزارع شبکه پایش شرکت‌ها در کشت پاییزه ۹۷
۳-۴- نتایج مزارع شبکه پایش شرکت‌ها در کشت بهاره ۱۴۲
فصل پنجم‌اثربخشی تکنیکهای به‌زراعی و به‌نژادی در پایلوت‌های آذربایجان شرقی ۲۱۲
۱-۵- نتایج اندازه‌گیری‌های مزارع و باغات شرکت‌ها در شهرستان اسکو ۲۱۲
۲-۵- نتایج اندازه‌گیری‌های مزارع و باغات شرکت‌ها در شهرستان آذرشهر ۲۳۷
۳-۵- نتایج اندازه‌گیری‌های مزارع و باغات شرکت‌ها در شهرستان عجبشیر ۲۵۶
۴-۵- نتایج اندازه‌گیری‌های مزارع و باغات شرکت‌ها در شهرستان بناب ۲۸۰
۵-۵- نتایج اندازه‌گیری‌های مزارع شرکتها در شهرستان ملکان ۲۹۹
۶-۵- نتایج اندازه‌گیری‌های مزارع پایش اصلی در شهرستان بناب ۳۱۷
فصل ششم‌جمع‌بندی ۳۳۸
۱-۶- آذربایجان غربی ۳۳۸

۲-۶- آذربایجان شرقی ۳۴۴
۳-۶- مسائل، چالش‌ها و مشکلات در آذربایجان غربی ۳۴۶
۴-۶- مسائل، چالش‌ها و مشکلات در آذربایجان شرقی ۳۴۷
۵-۶- درس آموخته‌ها در آذربایجان شرقی ۳۴۷
۵-۶- پیشنهادات در آذربایجان غربی ۳۴۸
۶-۶- پیشنهادات در آذربایجان شرقی ۳۴۸
منابع ۳۵۰

فصل اول
کلیات

۱-۱- مقدمه

ازنظر بارندگی کشور ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک واقع‌شده است و از دیرباز کمبود آب در این کشور بحث اصلی و مشکل اساسی بشمار آمده است و با وقوع خشک‌سالی‌های اخیر، این وضع تشدید یافته است. لذا در سال‌های اخیر سعی شده است ضمن استحصال و ذخیره هرچه بیشتر منابع آب، کارایی مصرف آب و راندمان کاربرد آن در مراحل مصرف، انتقال و توزیع ارتقا داده‌شده و از تلفات آب و همچنین آلوده کردن آن جلوگیری گردد. واقعیت مشهود در سطح جهانی این است که غالب پروژه‌های آبیاری و زهکشی اجراشده در دنیا به اهداف پیش‌بینی‌شده منجر نگردیده و در موارد بی‌شماری با شکست مواجه گردیده است. به‌طورکلی دلیل پایین بودن بازده آبیاری، می‌تواند در مدیریت و چگونگی بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری باشد (رضاوردی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۴). یکی از پیامدهای عدم وجود مدیریت منابع آب بخصوص در بخش کشاورزی، شرایط کنونی دریاچه ارومیه می‌باشد. دریاچه ارومیه بزرگ‌ترین دریاچه داخلی ایران است که به دلیل مشکلات اقلیمی و انسانی، روبه‌زوال است (دهقان و همکاران، ۱۳۹۴). با توجه به مصرف ۹۰ درصدی منابع آب حوضه در بخش کشاورزی و بهره‌وری پایین آب، یکی از مهم‌ترین راهکارها و اولویت‌های نجات دریاچه ارومیه، انجام اقدامات لازم در راستای کاهش مصرف آب در این بخش می‌باشد. یکی از اهداف اصلی این طرح ارائه راهکارهایی در جهت کاهش میزان مصرف آب (به‌نحوی‌که تنش بر محصول وارد نگردد) در راستای افزایش آب ورودی به دریاچه ارومیه و احقاق هدف مهم احیای آن می‌باشد که این مهم با به‌کارگیری تکنیک‌های زراعی و مدیریتی در هر دو بخش آبیاری سنتی و نوین و تعمیم آن در سطح حوضه قابل استحصال خواهد بود. لذا در این طرح سعی گردیده است با به‌کارگیری تکنیک‌های به‌زراعی و مدیریت آبیاری متناسب با شرایط هر مزرعه، گامی در جهت کاهش مصرف آب و ارتقاء بهره‌وری آب در حوزه کشاورزی به‌عنوان عمده‌ترین مصرف‌کننده، برداشته شود.

سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار به‌طورکلی 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 به‌طورکلی 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 غیرقابل استفاده تبدیل می‌شوند. به همین علت، ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری یکی از مسائل خیلی مهم در مزارع کشاورزی به‌حساب می‌آید.

۲-۱- 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 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 تعریف‌شده 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، سازگاربامحیط‌زیست نیز هستند) و فنون تسهیلگری حرفه‌ای (تاکتیک‌های خاص برای اعتمادسازی، سازمان‌دهی گروه‌های محلی، اعمال مدیریت مشارکتی سیستمی، تحقق انسجام سازمانی بین دولت-مردم- تشکل‌ها 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.

۳-۱- اهداف کلیدی

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

- توانمندسازی و ارتقای مهارت کشاورزان در مدیریت صحیح مزارع با تأکید بر حفاظت از اگرو 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
بهره‌وری مصرف آب

۱-۲- 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 با هدف تولید اطلاعات از چیستی، 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 درگذشته‌ای 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 ارائه‌شده است. فرایند مصرف آب به‌عنوان پل ارتباطی، بین جنبه‌های عرضه و تقاضا قرار دارد و تعیین مقدار مصرف آب با توجه به همین دو جنبه‌صورت می‌گیرد. به همین دلیل ارزیابی مصرف آب، چه ازلحاظ کمی و چه ازلحاظ 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، به تنهایی 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 به ازای واحد آب مصرفی 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 مهندسین 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 به جای 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 به جای 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 مورداستفاده واقع شده است. بعضی از متخصصین کشاورزی جنبه‌های اقتصادی را به این‌روابط 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 خالدی، 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 مورداستفاده 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 مصرفی می‌باشد. تأکید هر دو شاخص بر افزایش خروجی محصولات کشاورزی به ازای واحد آب مصرفی 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 به جای هم به کار رفته‌اند.

۲-۲- ارزیابی راندمان آبیاری

به‌طورکلی 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 ازآن‌جهت است که روشن می‌سازد آیا توسعه سیستم را ادامه

[2] Molden
[3] Belder

دهد یا آن را اصلاح کند. بهبود مدیریت کاربرد آب در مزرعه موجب صرفه‌جویی در آب، نیروی کار و حفاظت از خاک شده و درنتیجه موجبات افزایش محصول را فراهم می‌سازد. آبیاری سطحی رایج‌ترین شیوه‌ی آبیاری در جهان و ایران است (عباسی، ۱۳۹۱). در آبیاری سطحی آب به‌روش ثقلی در سطح زمین جریان یافته و سطح زمین به‌عنوان جذب-کننده و انتقال‌دهنده آب مورداستفاده قرار می‌گیرد. برای ارزیابی سیستم‌های آبیاری از شاخص‌های راندمان آبیاری، کفایت آبیاری و یکنواختی توزیع آب در تمام سیستم‌های سطحی و تحت‌فشار استفاده می‌شود. سهرابی و امیدوار (۱۳۸۱) بررسی عملکرد، مشکلات بهره‌برداری و فنی سیستم‌های آبیاری سنترپیوت را در منطقه جوین خراسان را انجام دادند. در این تحقیق از ۴ دستگاه آبیاری بارانی سنترپیوت استفاده شد که درنهایت 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. لَم (۲۰۰۰) عوامل مؤثر بر یکنواختی توزیع در سنترپیوت 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 سنترپیوت 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 سنترپیوت، 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 (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 اسکوگربو (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). ازاین‌رو 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 حوزه 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 حوزه آبریز نباشد. از محاسن عمده آبیاری سطحی نسبت به‌روش‌های آبیاری تحت‌فشار نظیر آبیاری بارانی و قطره‌ای می‌توان به پایین بودن هزینه سرمایه گذاری اولیه، پایین بودن هزینه تأمین انرژی و سهولت استفاده از سیستم، سهولت عملیات، تعمیر و نگهداری و همچنین نیاز کم‌تر به آبیار متخصص اشاره نمود.

از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۴ راندمان کل آبیاری هرسال 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. عباسی و همکاران (۱۳۹۵) نتایج حاصل از بررسی‌های مزرعه‌ای در سطح کشور طی سال‌های ۹۴-۱۳۷۰ را جمع‌آوری و تحلیل کردند. نتایج نشان داد راندمان آبیاری در کشور از ۲۲/۵ تا ۸۵/۵ درصد متغیر و میانگین آن ۵۶ درصد می‌باشد. به‌طوری‌که متوسط این راندمان آبیاری در سامانه‌های کرتی، نواری و جویچه‌ای به ترتیب ۵۵/۳، ۵۲/۹ و ۵۲/۵ درصد است. شماعی و همکاران (۱۳۷۵) نیز بازده آبیاری شیاری در اراضی یکپارچه و پراکنده‌ی استان چهارمحال و بختیاری را مورد ارزیابی قراردادند. 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 درروش کرتی بیشتر از روش‌های شیاری و نواری و راندمان روش نواری بیش از روش شیاری است. لازم به توضیح است که شیارهای 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 مورداستفاده 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 نظری با آبیاری جویچه‌ای، دست‌یابی به راندمانی در حدود ۷۰-۸۵ درصد امکان‌پذیر است (کاماچو و همکاران، ۱۹۹۷). وزارت کشاورزی ایالات‌متحده (USDA) برای طرح‌هایی که به‌خوبی اجراشده‌اند 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 تثبیت‌شده 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 دریکی از مناطق ایالت کلرادوی 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 به‌دست‌آمده، 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. ملوحی 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 در واحد امیرکبیر مورد ارزیابی قراردادند، 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 چغندرقند 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 چغندرقند، 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. درنهایت متوسط بازده کاربرد آب تحت مدیریت بخش دولتی در مزارع ذرت و چغندرقند 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 دریکی 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 نشان داد برای آبیاری شیاری درصورتی‌که 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). شماعی و همکاران (۱۳۷۵) نیز بازده آبیاری شیاری در اراضی یکپارچه و پراکنده‌ی استان چهارمحال و بختیاری را مورد ارزیابی قراردادند. 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 بر 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 اسکوگریو، ۱۳۷۵) و روش آبیاری کابلی (نی‌ریزی 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 درنتیجه می‌توان پیشنهادهایی به‌منظور 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 ابوحمد (۱۹۹۴) راندمان کاربرد آب را در روش‌های آبیاری سطحی و تحت‌فشار 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 به‌طورکلی مدیریت ضعیف در زمینه‌های مختلف می‌باشد. طایفه رضایی 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 نشان داد که مدیریت و روش آبیاری، طول جویچه و نوار، شیب مزرعه و بافت خاک تأثیر بسزایی در افزایش بازده کاربرد آب در مزرعه‌دارند.

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 درمجموع 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 قراردادند. آن‌ها حداقل راندمان آبیاری مربوط به مزارع گندم و چغندرقند 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 نشان داد 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 به‌دست‌آمده است. مأمن پوش و همکاران (۱۳۸۰) راندمان آبیاری در روش‌های مختلف آبیاری سطحی با مدیریت کشاورزان را در چند منطقه‌ی استان اصفهان (مهیار، کبوتر آباد، فجد 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.

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

مطالعات فراوانی درزمینه بهره‌وری آب تابه‌حال انجام‌شده است و در سال‌های اخیر به دلیل بحرانی‌تر شدن کمبود منابع آب این موضوع با اهمیت بیشتری دنبال شده است. تعیین مقادیر آب مصرفی برای زراعت‌های استراتژیک از اهمیت خاصی برخوردار است. زیرا استفاده درست و منطقی از منابع آب‌وخاک، 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 مصرفی برای گیاهان ردیفی را با استفاده از پشته‌های پهن (دو ردیف کاشت بر روی یک پشته) در امریکا مطالعه کردند. نتیجه این مطالعه بیانگر آن بود که به‌طورکلی در تیمار پشته‌های پهن، مقدار آب مصرفی تقریباً نصف آب مصرفی 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 ۲/. دلار به ازای 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 به ازای 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 به ازای هر مترمکعب آب به‌دست‌آمده آمد که این مقدار بسیار پایین‌تر از مقادیر گزارش جهانی شده است (آمار کشاورزی، ۱۳۸۳).

در این میان و ماتئوس (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 موردبررسی قرارگرفته است. بر اساس مطالعه مذکور عوامل تأثیرگذار بر بهره‌وری آب در بخش کشاورزی به‌صورت نوع محصول، مصرف آب، تکنولوژی آبیاری، واریته گیاه، فاکتورهای اقتصادی، فاکتورهای خاک معرفی شدند. مطالعاتی نیز درزمینه محاسبه شاخص‌های واقعی بهره‌وری آب صورت گرفته است. ازاین‌دست می‌توان به مطالعه وظیفه دوست 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 درنتیجه تفاوت در آب‌وهوا، مدیریت آبیاری، بذر، خاک و گیاه بیان‌شده است. در مطالعه‌ای دیگر پالیان و ماتئوس (۲۰۰۶) تأثیر بهینه‌سازی سیستم‌های آبیاری را بر بهره‌وری آب مورد ارزیابی قراردادند؛ 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 کارآیی مصرف آب محصولات گندم، برنج، پنبه (دانه، وش) و ذرت به ترتیب ۱/۹، ۱/۹، ۰/۶۵، ۰/۲۳ و ۱/۸ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب مصرفی 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 به ازای هر میلی‌متر آب گزارش و نشان دادند که حدود ۲۹ ٪ در وزن خالص و ۴۶ ٪ در وزن ناخالص سویا، آب مصرفی کاهش یافت. صمدی و سپاس خواه (۱۹۸۴) در بررسی سه روش آبیاری (یک‌درمیان ثابت، یک‌درمیان متغیر و روش معمول آبیاری) روی لوبیای خشک به این نتیجه رسیدند که درروش آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان ثابت و متغیر به ترتیب ۲۰ و ۲۷ درصد نسبت به‌روش معمول آبیاری، آب کمتری مصرف‌شده است. کارایی مصرف آب ذرت در چین و هند ۱/۵ و در ایران برای ذرت علوفه‌ای ۵/۵۸ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب آب گزارش‌شده است (کانگ و همکاران، ۲۰۰۰). اسپیلمن و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها کارآیی مصرف آب آبیاری مزارع آفریقای جنوبی و عوامل مؤثر بر آن را تجزیه‌وتحلیل کردند. نتایج نشان داد که میانگین کارآیی 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 کارآیی آب آبیاری مؤثر بودند. در داخل کشور نیز مطالعات زیادی درزمینهٔ 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 موردتوجه قرارگرفته است. در مطالعه دیگر توسط فراهانی و اویس (۲۰۰۸) بهره‌وری کلی آب در غلات حدود ۰/۴ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. نتایج پژوهش‌های سپاس خواه و کامگار حقیقی (۱۳۷۳) روی چغندرقند 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 مصرف آب آبیاری ۲۳ درصد کاهش‌یافته است. حیدری و حقایقی مقدم (۱۳۸۰) بر اساس نتایج داده‌های دو طرح ملی در زمینه تعیین راندمان آبیاری در کشور، کارآیی مصرف آب آبیاری محصولات زراعی مختلف را محاسبه نمودند. بر اساس نتایج این تحقیق دامنه کارآیی مصرف آب محصولات گندم، یونجه، چغندرقند، 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 به ازای هر مترمکعب آب مصرفی بود. طالقانی (۱۳۸۰) در طی سه سال متوالی، تأثیر آرایش کاشت بر کارایی مصرف آب در چغندرقند را بررسی نمود. نتایج ایشان نشان داد که کاهش مصرف آب در تیمارهایی که به‌صورت پشته‌های پهن با دو ردیف کاشت آبیاری شده بودند، باعث کاهش عملکرد قند و ریشه نشده و درنتیجه کارایی مصرف آب به‌طور فراوانی افزایش یافت. تحقیقات نورجو و همکاران (۱۳۸۳) در خصوص تأثیر آرایش کاشت بر خصوصیات کمی و کیفی چغندرقند، نشان داد که در روش یک‌درمیان با فواصل جویچه‌های ۵۰ سانتی‌متر، می‌توان به بیشترین کارایی مصرف آب دست‌یافت؛ 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 مصرف آب ۱۰۵۹۹ مترمکعب در هکتار بود درحالی‌که در کاشت رایج منطقه (آرایش کاشت با فواصل ۶۰ سانتی‌متر و آبیاری کامل شیارها) عملکرد ۶۸/۸ تن در هکتار و مقدار آب مصرفی 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 مصرفی به میزان ۲۲۶۹۳ و ۱۵۳۰۰ مترمکعب در هکتار به ترتیب از تیمار کاشت یک ردیفه بافاصله 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 فخرداوود (۱۳۸۳) طی مطالعه‌ای، کارآیی مصرف آب در سه مزرعه واقع در شهرستان‌های تربت‌حیدریه، تربت‌جام و چناران در زراعت‌های گندم و چغندرقند را تحت دو روش آبیاری سطحی و بارانی مورد ارزیابی قراردادند (سیستم آبیاری مزرعه موردمطالعه در شهرستان تربت‌حیدریه بارانی و از نوع رول‌لاین و در شهرستان‌های چناران و تربت‌جام، سطحی و از نوع ردیفی بود) نتایج نشان داد که کارآیی مصرف آب گندم در شهرستان‌های چناران، تربت‌حیدریه و تربت‌جام به ترتیب برابر ۰/۳۸، ۰/۷۶ و ۰/۴۴ کیلوگرم به ازای هر واحد آب مصرفی بود، حال‌آنکه کارآیی مصرف آب چغندرقند در مزارع مطالعاتی فوق‌الذکر به ترتیب ۱/۸، ۳/۵ و ۱/۹ کیلوگرم به ازای هر واحد آب مصرفی بود. حیدری و همکاران (۱۳۸۵) میزان شاخص کارآیی مصرف آب محصولات زراعی گندم، چغندرقند (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 به ازای هر مترمکعب آب مصرفی اندازه‌گیری کردند. وظیفه دوست و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی بهره‌وری آب در مقیاس مزرعه در منطقه برخوار اصفهان نشان دادند که متوسط بهره‌وری برای محصول چغندرقند ۱/۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. توپاک و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری قطره‌ای در کشت چغندرقند 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 تیمار های ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی ازنظر عملکرد ریشه و ماده خشک مشاهده نمی‌شود. مهرابی (۱۳۸۸) انواع کارآیی 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 ۶۶، ۵۴/۷، ۳۵/۹ و ۷۵/۹ درصد است. صبوحی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی کارآیی مصرف آب در گلخانه‌های سیستان، با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند، که نتایج نشان داد که میانگین کارآیی آب آبیاری در شرایط بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس در واحدهای گلخانه‌ای به ترتیب ۴۹ و ۷۱ درصد بود و همچنین میانگین کارآیی در واحدهای گلخانه‌ای موردپژوهش 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 چغندرقند از حالت یک ردیفه 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 مصرف آب ۲۰/۳ درصد کاهش یافت. اشرف منصوری و شریفی (۱۳۹۲) با انجام آزمایشی در منطقه سردسیر اقلید فارس بیان کردند که بیشترین عملکرد ریشه چغندرقند با ۴۲/۶۶ تن در هکتار مربوط به تیمار آرایش کاشت بافاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و عرض پشته‌ها ۵۰ سانتی‌متر و تحت آرایش کشت دو ردیفه به دست آمد.

۴-۲- بررسی روش‌های افزایش شاخص‌های بهره‌وری

یک احساس نیاز برای یافتن راه‌های جهت افزایش بهره‌وری آب از طریق بهبود ستانده‌های اقتصادی یا زراعی به ازای واحد آب مصرفی 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 مصرفی به‌صورتی در تعادل باشد (مهتدی 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). ازاین‌رو 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 ازجمله این مدیریت‌ها می‌باشد (نی‌ریزی، 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، اجاره‌ای 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 با هدف 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 ازجمله آبیاری بارانی و قطره‌ای، با توجه به بهبود مدیریت آبیاری در مزرعه، بهره‌وری آب را به میزان قابل‌توجهی افزایش داده است. گیجینه 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 مزرعه‌ایی، مانند مالچینگ، بی‌خاکورزی، کم آبیاری، اصلاح الگوی کشت و استفاده از ارقام اصلاح‌شده و... علی‌رغم افزایش عملکرد محصول و ترغیب زارع به استفاده از این تمهیدات موجب کاهش مصرف آب نیز گردیده است؛ که هر دو عامل نقش مستقیم در رابطه با افزایش بهره‌وری آب دارد.

۵-۲- راه‌کارهای مدیریتی و زراعی به‌منظور افزایش بهره‌وری آب

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

۱-۵-۲- مدیریت خاک‌ورزی

خاک‌ورزی یکی از مهم‌ترین عملیات زراعی درکشت 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 درنتیجه 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 نشان داد 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 بر 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، به‌نحوی‌که شرایط نهایی خاک در حد مطلوب و قابل‌قبول باشد (صلح‌جو و همکاران، ۱۳۸۰). در این خصوص ظریف نشاط (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 قرارگرفته 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 (ظریف نشاط، ۱۳۸۲). مختار میران‌زاده (۱۳۹۲) اثر برخی از روش‌های خاک‌ورزی و تهیه بستر کاشت بر خصوصیات هیدرولیکی و بهره‌وری

مصرف آب در زراعت گندم را بررسی کرد. طبق نتایج بدست آمده تیمار غلطک زنی ((شخم با گاوآهن برگردان دار به عمق ۲۵ + دیسک)+ کاشت بر 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 مصرف آب را بدست آورد. تیمار بی خاک‌ورزی در عدم حضور بقایا (روش بی خاک‌ورزی، کاشت مستقیم بر روی بستر مسطح در حضور بقایای ایستاده) با عملکرد ۶۰۸۳ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری مصرف آب ۰/۷۸ کیلوگرم در مترمکعب از کمترین عملکرد و بهره‌وری مصرف آب برخوردار بود. روش خاک‌ورزی مرسوم منطقه (شخم با گاوآهن برگردان دار به عمق ۲۵ سانتیمتر+دیسک + کاشت بر روی بستر مسطح) عملکرد ۶۲۰۴ کیلوگرم در هکتار و بهره‌وری مصرف آب ۰/۸۳ کیلوگرم در مترمکعب را بدست 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 موردمطالعه (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 مصرفی 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 به‌دست 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 مصرف آب 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 (احمد شریفی 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 موردمطالعه 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) بدست 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 درکشت متناوب ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی مشاهده کردند که خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به خاک‌ورزی عمیق باعث افزایش پارامترهایی مانند رطوبت قابل‌استفاده 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 توسعه‌ی ریشه و WP در گندم زمستانه‌ی دیم جلگه‌های شمال غرب چین پرداخته‌شده بود مشخص گردید که شخم به‌وسیله‌ی گاوآهن نسبت به شخم با گاوآهن دوار باعث کاهش چشمگیر چگالی ظاهری خاک و افزایش تراکم ریشه‌ها و درنتیجه 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 مصرف آب در گندم زمستانی، تحت الگوهای کشت و رژیم‌های آبیاری مختلف پرداختند. این تحقیق در کشور چین انجام شد و درکشت آن گندم زمستانه به‌صورت ردیف‌های منظم، کشت شیاری و کشت بستری در شیارها انجام شد تا ازنظر عملکرد، مصرف آب و بهره‌وری آب بررسی شود. نتایج نشان داد که اجزای رطوبت خاک در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک درکشت شیاری بیشتر بود. درحالی‌که رطوبت خاک در عمق ۵۰ سانتی‌متر خاک درکشت 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 درکشت 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 واریته گیاهی

از دیگر فن‌های پیشنهادی به‌منظور افزایش شاخص‌های بهره‌وری آب در مزرعه می‌توان به اصلاح و یا تغییر واریته گیاهی و همچنین نقش مدیریت در بهبود تغذیه گیاه نام برد. به‌عنوان‌مثال اویس 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 Yc و WP را درزمینه‌ای دیم افزایش می‌دهد. همچنین مطالعه جالب‌توجه لی و همکاران (۲۰۱۵) در خصوص تأثیر کود دهی ازت به اراضی دارای کمبود

نیتروژن درزمینه‌ای دیم چین نشان‌دهنده آن است که کود دهی 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 ضیائیان (۱۳۹۰)، بررسی اثربخشی کود زیستی بیوفارم در زراعت گندم در استان فارس را بررسی کردند. نتایج تحقیق انجام‌شده در فارس نشان داد که تیمار تلقیح بذور با کود زیستی 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 استریل شده) موجب افت شدید عملکرد گردید. نتایج نشان داد که تیمار تلقیح بذور گندم با بیوفارم در مقایسه با تیمار تلقیح بذور با بیوفارم استریل شده، موجب افزایش بیش از یک تن در هکتار عملکرد دانه گردید. عملکرد دانه در تیمارهای تلقیح بذور با بیوفارم، بیوفارم استریل شده 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 مصرف آب 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 توصیه کودی) انجام شد. اثر متقابل تیمارها روی عملکرد و بهره‌وری مصرف آب نشان داد که بیشترین میزان عملکرد و بهره‌وری مصرف آب 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 مصرف آب 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 بدست آمد. همچنین صادقی‌پور مروی (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای بر روی محصول اسفناج بیان داشت که استفاده بهینه از کود حیوانی و نیتروژن برافزایش عملکرد، عملکرد نسبی، کارایی مصرف آب تأثیرگذار بوده است.

۴-۵-۲- اهداف پروژه

در حوضه آبریز دریاچه در خصوص اهمیت طرح مزارع نمونه، می‌توان به این نکته اشاره نمود که با مصرف ۷۰ درصدی پتانسیل آب تجدیدپذیر حوضه، مصرف بدون کنترل آب در سطح شبکه‌ها و مزارع و پایین بودن راندمان آبیاری، سبب به‌هم‌خوردن روند طبیعی جریان رودخانه‌ای گردیده و این امر و بر مسائل کشاورزی و زیست‌محیطی حوضه دریاچه ارومیه به‌طور مستقیم تأثیرگذار بوده است. از طرف دیگر، گسترش وسعت اراضی کشاورزی، با توجه به محدودیت منابع آب و خاک، باعث ایجاد مشکلات عدیده در سطح حوضه شده است؛ بنابراین بایستی در جهت توسعه پایدار گام برداشته شود. توسعه پایدار آبیاری 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 آبیاری موجود در جهت دستیابی به یک روش آبیاری مناسب، پایدار و اثربخش در سطح دریاچه ارومیه از مهم‌ترین بحث‌ها در طرح 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 مصرف آب ۴۰ درصدی بدون کاهش محصول را داشت؟

به‌منظور دستیابی به کاهش مصرف و اعمال مدیریت‌های مختلف درزمینه مصرف آب کشاورزی، تنها روش استفاده از مطالعات میدانی و واقعی می‌باشد. در این راستا مزارع پایلوت در کنار شرایط موجود، پاسخگوی اکثر سؤالات مبهم در حوضه آبریز دریاچه ارومیه خواهد بود. هم‌اکنون بالا بردن آگاهی از مسائل اکوسیستم‌ها، بهبود بخشیدن راندمان‌های پایین آبیاری، مشخص نمودن اراضی بر اساس راندمان، شدت بخشیدن به مشارکت کشاورزان در مدیریت آب، یک نیاز ضروری به شمار می‌روند. این طرح درصدد است تا از این طریق بتواند انگیزه‌هایی را برای کشاورزان به‌منظور کاهش آب مصرفی به وجود آورد.

هدف نهایی این مطالعات مشخص نمودن این مسئله می‌باشد که با اتخاذ کدام روش‌ها و شیوه‌های مدیریت آبیاری و عملیات به زراعی و به نژادی می‌توان مصرف آب در سطح مزرعه را کاهش داد، درحالی‌که میزان تولید کاهش نیافته یا حداقل کاهش معناداری پیدا نکند. خروجی مطالعات به‌عنوان پایه‌ای برای تهیه راهنمای مصرف آب کمتر در سطح مزرعه بکار خواهد گرفت. 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 مصرف آب 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 مصرف آب
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 شاهد خواهد بود. سناریوها و راهکارهای مختلف موردمطالعه در سطح شهرستان‌های میاندوآب و مهاباد در راستای مدیریت بهینه آبیاری بایستی به‌راحتی توسط کشاورزان قابل‌اجرا 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 مدت‌زمان 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 به‌منظور 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 به‌وسیله فلوم WSC و یا مولینهٔ مناسب
- اندازه‌گیری جریان آب خروجی در صورت وجود به‌وسیله فلوم WSC
- اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک به‌وسیله 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 ۱۳۹۸-۱۳۹۷ 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 آذربایجان‌شرقی برداشت شد.

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 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 خاک ورز سه‌کاره، لولر و کاشت با دستگاه کف کار و یا آبیاری زیرسطحی استفاده گردید.

۳-۱- محدوده موردمطالعه

۳- ۱ -۱- آذربایجان غربی

محدوده و مزارع موردمطالعه در فاز ۵ پروژه شهرستان‌های ارومیه، نقده، میاندوآب و مهاباد انتخاب گردید. از رودخانه‌های مهم دشت ارومیه می‌توان به نازلوچای، شهرچای و باراندوزچای؛ دشت نقده می‌توان به رودخانه گدارچای؛ 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 ارائه‌شده است.

شکل ۱- حوضه آبریز دریاچه ارومیه به همراه رودخانه‌های آن و درصد تأمین آب دریاچه ارومیه

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

۱-۱-۱-۳- 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 جاده‌ی اصلی آسفالته مهاباد–میاندوآب و مهاباد–ارومیه می‌باشد که به‌ترتیب 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 بر روی رودخانه مهاباد قرار دارد. حوزه آبریز سد مهاباد شامل سه سرشاخه اصلی به نام‌های چم قوره، 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، چغندرقند، 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 مصرف آب کاهش‌یافته است. ایستگاه سینوپتیک مهاباد، نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک به محدوده موردمطالعه می‌باشد. طی دوره آماری (۲۰۱۵-۱۹۸۵) 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 کیک آباد، گوگ تپه و لج 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 گوگ تپه و لج و شرکت آوان کشت پایدار مکریان در روستای کیک آباد جهت سازمان‌دهی و برنامه‌ریزی و تحقق برنامه فاز ۵ کشاورزی پایدار در حوضه دریاچه ارومیه، استقراریافته‌اند.

شکل ۲- موقعیت روستاها و سایت‌های انتخاب‌شده در طرح (روستاهای کیک آباد، گوگ تپه و لج)

۲-۱-۱-۳- شهرستان میاندوآب

رودخانه‌های زرینه‌رود و سیمینه‌رود با پتانسیل آبدهی 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 زرینه‌رود و سیمینه‌رود 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 واقع‌شده است. منبع تأمین آب شبکه دشت زرینه‌رود، 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 آبگیری 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، استقراریافته‌اند (شکل ۳). پایش اصلی دانشگاه در کشت پاییزه نیز در روستای تلخاب مدنظر قرارگرفته 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 ارائه‌شده است. ایستگاه سینوپتیک ارومیه در محل فرودگاه ارومیه، نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک به محدوده موردمطالعه 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 قرابقلو، آده بزرگ 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، استقراریافته‌اند (شکل ۴).

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

۴-۱-۱-۳- شهرستان نقده

شهرستان نقده در ۹۰ کیلومتری جنوب شهرستان ارومیه، با آب هوایی سرد و خشک و ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا واقع‌شده 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 سیران گلی (درگه سنگی) جزء تالاب‌های بین‌المللی ثبت‌شده است. تالاب سیران گلی 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 ارائه‌شده است. شرکت لاوین نگین در روستای فرخزاد جهت سازمان‌دهی و برنامه‌ریزی و تحقق برنامه فاز ۵ کشاورزی پایدار در حوضه دریاچه ارومیه، استقراریافته است (شکل ۵).

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

۲-۱-۳- 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 واقع‌شده 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. کنارهای دریاچه ارومیه در غرب مسطح و جلگه‌ای و هرقدر 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 واقع‌شدن 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 به‌طرف مغرب (دریاچه ارومیه) پیش رویم زمین سرازیر و هوا گرم‌تر و هرقدر به‌طرف 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 سلطان داغی در شمال کوهستان سهند و در بخش مرکزی شهرستان اسکو واقع‌شده است. این کوه بعد از قله جام داغی سهند و در بخش مرکزی شهرستان اسکو واقع‌شده 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 ۳ 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 واقع‌شده 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 قرارگرفته است، قسمت شرق و جنوب شرقی آن کوهستانی و در مغرب آن ساحل پست دریاچه ارومیه قرارگرفته است، بلندترین کوه آن قاف داغی و در اصطلاح محلی به نام قبله داغی مشهور بوده و دشت حاصلخیز آذرشهر و روستاهای اطراف آن در آبرفت رودخانه و مخروط افکنه کوه‌ها قرارگرفته‌اند و کوه قبله داغی و کوه جهنم در ینگجه و چپقلو و قالاداغی در جزیره اسلامی و کوه‌های قدمگاه و پیرچوپان از کوه‌های معروف شهرستان می‌باشد. شهرستان آذرشهر ازنظر چگونگی آب‌وهوا یک تفاوت کلی با سایر بخش‌های مناطق کوهستانی آذربایجان داشته و از یک تمایز مخصوصی برخوردار است، موقعیت قرار گرفتن آن ازنظر جغرافیایی در آب‌وهوای آن اثر بخصوصی دارد دوری و نزدیکی به دریاچه ارومیه، واقع‌شدن 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 ۴ آمده است.

۳-۱-۲-۳- شهرستان عجب‌شیر

شهرستان عجب‌شیر با وسعت ۷۳۸ کیلومترمربع (۱/۶ درصد مساحت استان) در ۱۰۰ کیلومتری تبریز واقع‌شده 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 واقع‌شده 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 واقع‌شده 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 واقع‌شده است.

۳-۱-۲-۴- شهرستان بناب

شهرستان بناب با وسعت ۷۷۹ کیلومترمربع (۱/۷ درصد مساحت استان) در ۱۲۰ کیلومتری تبریز واقع‌شده است و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۲۹۰ متر می‌باشد. این شهرستان از سمت شمال با شهرستان عجب‌شیر، از سمت شرق با شهرستان مراغه، از سمت غرب با دریاچه ارومیه و از سمت جنوب با شهرستان ملکان و استان آذربایجان غربی هم‌مرز است. طبق آخرین تقسیمات کشوری شهرستان بناب دارای یک بخش مرکزی (شامل دهستان‌های بناجوی غربی، بناجوی شرقی و بناجوی شمالی)، یک نقطه شهری به نام بناب و ۳۰ آبادی می‌باشد. شهرستان بناب در جلگه‌ای صاف و هموار قرارگرفته که از طرف شرق به پیش کوه‌های غربی سهند (قزل داغ، قاشقاداغ و گوپشتی) و از غرب به سواحل پست دریاچه ارومیه محدود می‌گردد. ارتفاع متوسط شهرستان از سطح دریا ۱۶۰۰ متر است که در بلندترین نقطه (قزل داغ) ۲۲۵۰ متر و در پست‌ترین (آخوند قشلاق) ۱۲۸۰ متر می‌باشد.

شهرستان بناب از محدود شهرهایی است که نزدیک‌ترین فاصله از دریاچه ارومیه داشته و آب‌وهوای آن تحت‌الشعاع این دریاچه قرار می‌گیرد. درنتیجه به دلیل شرایط خاصی توپوگرافیک شهرستان دارای آب‌وهوای بسیار متنوع می‌باشد.

۳-۱-۲-۵- شهرستان ملکان

شهرستان ملکان با وسعت ۱۰۰۷ کیلومترمربع (۲,۲ درصد مساحت استان) در ۱۵۰ کیلومتری تبریز واقع‌شده و از سمت شمال با شهرستان‌های بناب و مراغه، از سمت شرق با شهرستان مراغه و از سمت غرب و جنوب با استان آذربایجان غربی هم‌مرز است.

به‌طور عمده آب‌وهوای ملکان تحت تأثیر بادهای آسیای مرکزی (سیبری)، اقیانوس اطلس، دریای سیاه، دریای مدیترانه و دریای خزر قرار می‌گیرد. این جریانات در پاییز، بهار و زمستان ریزش باران‌های منطقه‌ای را موجب می‌گردند که مقداری از نزولات زمستانی آن به‌صورت برف می‌باشد. کل سرزمین‌های موجود در محدوده این شهرستان را ازنظر توپوگرافی می‌توان به دو واحد کوهستانی یا ناهموار و واحد هموار جلگه‌ای تقسیم کرد. از طرفی دیگر خود واحد کوهستانی یا ناهموار نیز ازنظر ارتفاع به واحدهای زیر تقسیم می‌شوند: 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. به‌عنوان‌مثال امکان اندازه‌گیری جریان آب، همکاری کشاورز، در دسترس بودن مزرعه جهت پایش، بازدید و ترویج یافته‌ها، پیشرو بودن کشاورز در منطقه و یا نوع محصول از معیارهای انتخاب می‌باشند. این روند با تشخیص مسئله که در آن مشکلات و محدودیت‌های عمده درراه دستیابی به آبیاری مؤثر و با راندمان بالا مشخص می‌گردند، شروع

گردید. مشکلات و محدودیت‌ها به‌عنوان پایه و مبنایی برای طراحی راه‌حل‌ها که از تکنیک مشارکتی بهره می‌برد، مورداستفاده قرار گرفت. روش‌های پیشنهادی در مزارع پایلوت مورد آزمایش و ارزیابی قرار می‌گیرند. با توجه به نتایج حاصل‌شده راه‌حل‌های پیشنهادی از طریق آموزش و ترویج اشاعه داده خواهد شد.

۱-۲-۳- 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 تامین 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_1 و W_2	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، برنامه ریزی 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، برنامه ریزی آبیاری، تغییر آرایش کشت
مهاباد	گوگ تپه	۲ W_7 و W_8	گندم	**شبکه پایش (شرکت نوین گستر)**	**شاهد**: روش مرسوم آبیاری و کشت **تیمار**: عملیات تسطیح، کاهش ابعاد، برنامه ریزی آبیاری، تغییر آرایش کشت، مدیریت آبیاری بارانی
	کیک آباد	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، برنامه ریزی 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، برنامه ریزی آبیاری، تغییر آرایش، مدیریت آبیاری بارانی کشت

دو مزرعه در روستای تلخاب میاندوآب به‌عنوان پایش اصلی دانشگاه ارومیه می‌باشند 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 جدول۲ 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 ویژگی‌های مزرعه W_1 و W_2 منطقه میاندوآب، تلخاب

کد مزرعه	الگوی کشت	نام زارع	مساحت (هکتار)	ابعاد مزرعه	روش آبیاری	منبع تامین آب	علت انتخاب
W_1	گندم	علی کاکه رش	۷	نامنظم	بارانی (کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک)	زیرزمینی	- فنی، اقتصادی، اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری
W_2	گندم	رضا کمری	۳	نامنظم	سطحی (نواری، جویچه‌ای)	زیرزمینی	- تمایل به همکاری کشاورزی
سناریوهای پیشنهادی برای مزرعه W_1							
- مدیریت زمان آبیاری بارانی - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک، استفاده از کودهای بیولوژیکی - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی، 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							
سناریوهای پیشنهادی برای مزرعه W_2							
- تغییر روش آبیاری از نواری به جویچه‌ای - کرت‌بندی مناسب - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک، استفاده از کودهای بیولوژیکی - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی، 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							

۲-۲-۳- 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 W3 و W4 مربوط به شرکت نازچین سپید آذران درتلخاب میاندوآب، مزارع W5 و W6 مربوط به شرکت نوین خدمات دهقان در مظفرآباد میاندوآب، مزارع W7 و W8 مربوط به شرکت نوین گستر مهاباد در گوگ تپه مهاباد، مزارع W9 و W10 مربوط به شرکت آوان کشت پایدار مکریان در کیک آباد مهاباد، مزارع W11 و W12 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	روش آبیاری	منبع تامین آب	علت انتخاب
W_3	گندم	جمال خضر شعبانی	۱/۳	نامنظم	سطحی (نواری، جویچه‌ای)	زیرزمینی- سطحی	- فنی-اقتصادی- اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری - تمایل به همکاری کشاورزی
W_4	گندم	صلاح کاکه رش	۲/۳	منظم (۱۶۲×۱۴۴ متر)		سطحی- زیرزمینی	
W_5T	گندم	قربانعلی پورجعفر	۰/۸	۹۲×۹۴ متر	سطحی (جویچه‌ای)	سطحی	- فنی-اقتصادی- اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری - تمایل به همکاری کشاورزی
W_5C	گندم	صیاد محمدوش	۰/۶۵	۳۴×۱۵۰ متر	سطحی (نواری)	سطحی	
W_6T	گندم	آقابابا خیری فام	۰/۳۲	۳۶×۸۴ متر	سطحی (جویچه‌ای)	سطحی	- فنی-اقتصادی- اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری - تمایل به همکاری کشاورزی
W_6C	گندم	صیاد محمدوش	۰/۶۵	۳۴×۱۵۰ متر	سطحی (نواری)	سطحی	
W_7	گندم	لقمان محمدی	۳/۵۹	۱۲۹/۵×۲۷۷/۵ متر	بارانی (کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک)	زیرزمینی	- فنی-اقتصادی- اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری - تمایل به همکاری کشاورزی
W8	گندم	سلیم محمدی	۳/۹	۱۶۶/۵×۳۰۰ متر		زیرزمینی	
W9	گندم	خسرو پیروز	۲/۸۵	منظم (۲۸۲/۴×۱۰۰ متر)	بارانی (کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک)	زیرزمینی- سطحی	- فنی-اقتصادی- اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری - تمایل به همکاری کشاورزی
W10	گندم	خالد پیروز	۲/۶۳	۱۹۷×۱۳۶ متر		زیرزمینی- سطحی	
W11	گندم	داود الیاس زاده	۶/۶۴	نامنظم		زیرزمینی	
W12	گندم	مالک زاده	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_3 و W_{12}	- تغییر آرایش کاشت - تغییر روش آبیاری از نواری به جویچه‌ای (کشت با رایزبد) - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک، استفاده از کودهای بیولوژیکی - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی، 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
W_4، W_5 و W_6	- تغییر روش آبیاری از نواری به جویچه‌ای - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک، استفاده از کودهای بیولوژیکی - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی، 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
W_7 و W_8	- مدیریت زمان آبیاری بارانی - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک، استفاده از کودهای بیولوژیکی - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی، 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
W_9	- مدیریت زمان آبیاری بارانی - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک، استفاده از کودهای بیولوژیکی - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی، مدیریت مبارزه با علف‌های هرز - تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی
W_{10}	- مدیریت زمان آبیاری بارانی - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک، استفاده از کودهای بیولوژیکی - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی، مدیریت مبارزه با علف‌های هرز - تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی - کم خاکورزی، اصلاح آرایش کشت و کشت با ردیفکار
W_{11}	- مدیریت زمان آبیاری بارانی - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک، استفاده از کودهای بیولوژیکی - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی، مدیریت مبارزه با علف¬های هرز - تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی - نوع رقم کشت، ضدعفونی بذور، 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 تامین آب صورت گرفت. 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 بهاره توسط شرکت‌های مهندسی و پایش اصلی در جدول ارائه ۵ شده است.

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

شهرستان	نام روستا	تعداد	نوع پایش	نوع مزرعه (تیمار/شاهد)
میاندوآب	تلخاب	۲ S_4 و S_5	**شبکه پایش** **(شرکت نازچین سپید آذران)**	**شاهد**: روش مرسوم آبیاری و کشت **تیمار**: عملیات تسطیح، کاهش ابعاد، برنامه ریزی آبیاری، تغییر آرایش کشت، تغییر روش آبیاری
	مظفرآباد	۲ S_6 و S_7	**شبکه پایش** **(شرکت نوین خدمات دهقان)**	**شاهد**: روش مرسوم آبیاری و کشت **تیمار**: عملیات تسطیح، کاهش ابعاد، برنامه ریزی آبیاری، تغییر آرایش کشت، تغییر روش آبیاری
مهاباد	گوگ تپه و لج	۲ S_8 و S_9	**شبکه پایش** **(شرکت نوین گستر)**	**شاهد**: روش مرسوم آبیاری و کشت **تیمار**: عملیات تسطیح، کاهش ابعاد، برنامه ریزی آبیاری، تغییر آرایش کشت، تغییر روش آبیاری
	کیک آباد	۲ S_{10} و S_{11}	**شبکه پایش** **(شرکت آوان کشت پایدار مکریان)**	**شاهد**: روش مرسوم آبیاری و کشت **تیمار**: عملیات تسطیح، کاهش ابعاد، برنامه ریزی آبیاری، تغییر آرایش کشت، تغییر روش آبیاری
نقده	فرخزاد	۲ S_{12} و S_{13}	**شبکه پایش** **(شرکت لاوین نگین)**	**شاهد**: روش مرسوم آبیاری و کشت **تیمار**: عملیات تسطیح، کاهش ابعاد، برنامه ریزی آبیاری، تغییر آرایش کشت، تغییر روش آبیاری
ارومیه	غفاربهی	۲ S_{14} تا S_{17}	**شبکه پایش** **(شرکت پانیذ کشت آذربایجان)**	**شاهد**: روش مرسوم آبیاری و کشت **تیمار**: عملیات تسطیح، کاهش ابعاد، برنامه ریزی آبیاری، تغییر آرایش کشت، تغییر روش آبیاری
	مرنگلو و خداوردی‌خان	۳ S_{18} تا S_{20}	**شبکه پایش** **(رویان پروران تکین سبز)**	**شاهد**: روش مرسوم آبیاری و کشت **تیمار**: عملیات تسطیح، کاهش ابعاد، برنامه ریزی 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 گوگ تپه و لج مهاباد، مزرعه S10 و S11 مربوط به شرکت آوان کشت پایدار مکریان در کیک آباد مهاباد، مزارع S12 و S13 مربوط به شرکت لاوین نگین در فرخزاد نقده، مزارع S14 تا S17 مربوط به شرکت پانیذ 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 مهاباد در شبکه مهاباد 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 مهاباد در شبکه آبیاری مهاباد (روستاهای گوگ تپه، لج و کیک-آباد)

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	روش آبیاری	منبع تامین آب	علت انتخاب
S_4T	چغندرقند	قهرمان نبی- حسن خلیلی	۱/۳	۳۴×۲۱۰ متر	سطحی (جویچه‌ای)	زیرزمینی	- فنی، اقتصادی، اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری - تمایل به همکاری کشاورزی
S_4C	چغندرقند	قهرمان نبی- حسن خلیلی	۱	۵۷×۳۵۶ متر	سطحی (نواری)	زیرزمینی	
S_5T	چغندرقند	لقمان خضرچوپانی	۰/۶	-	سطحی (جویچه‌ای)	زیرزمینی	- فنی، اقتصادی، اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری - تمایل به همکاری کشاورزی - امکان پیاده-سازی کاشت جویچه‌ای
S_5C	چغندرقند	حسن خلیلی	۱	-	سطحی (نواری)	زیرزمینی	
S_6T	هلو	بایرامعلی پورجعفر	۰/۵۱۵	نامنظم	سطحی (شیاری)	زیرزمینی	- فنی، اقتصادی، اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری - تمایل به همکاری کشاورزی
S_6C	هلو	بایرامعلی پورجعفر	۰/۱	۱۳×۸۱ متر	سطحی (غرقابی)	زیرزمینی	
S_7T	چغندرقند	آقابابا خیرفام	۰/۷۵	۷۰×۱۲۲ متر	سطحی (جویچه‌ای)	زیرزمینی	- فنی، اقتصادی، اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری - تمایل به همکاری کشاورزی
S_7C	چغندرقند	آقابابا خیرفام	۰/۵	نامنظم	سطحی (نواری)	زیرزمینی	
S_8T	چغندرقند	حمزه محمدی	۰/۱۷	۹۲/۵×۱۸/۵ متر	بارانی	سطحی- زیرزمینی	- فنی، اقتصادی، اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری - تمایل به همکاری کشاورزی
S_8C	چغندرقند	حمزه محمدی	۲/۱۸	۲۷۷/۵×۹۲/۵ متر			

ادامه 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	روش آبیاری	منبع تامین آب	علت انتخاب
S_9T	ذرت	رسول عزیزیان	۱/۴	نامنظم	نواری- تیپ و کشت دو ردیفه	سطحی- زیرزمینی	- فنی، اقتصادی، اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری - تمایل به همکاری کشاورزی
S_9C	ذرت	رسول عزیزیان	۰/۳	نامنظم	سطحی (جویچه‌ای)		
$S_{10}T$	ذرت	صابر پیروز	۲/۵	۱۴۰×۷۲- ۷۳×۲۱۰ متر	قطره‌ای (تیپ)	زیرزمینی	- فنی، اقتصادی، اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری - تمایل به همکاری کشاورزی
$S_{10}C$	ذرت	منصور حسن‌پور	۴	۲۸۵,۷×۱۴۰ متر	سطحی (جویچه‌ای)	زیرزمینی	
$S_{11}T$	ذرت	بایزید حسن پور	۰/۹	دو قطعه ۷۰×۶۴ متر	سطحی (جویچه‌ای)	زیرزمینی	- فنی، اقتصادی، اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری - تمایل به همکاری کشاورزی
$S_{11}C$	ذرت	منصور حسن‌پور	۴	۲۸۵,۷×۱۴۰ متر	سطحی (جویچه‌ای)	زیرزمینی	
$S_{12}T$	کدو	یوسف حسین‌پور	۱	نامنظم	قطره‌ای نواری (تیپ)	زیرزمینی	- فنی، اقتصادی، اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری - تمایل به همکاری کشاورزی
$S_{12}C$	کدو	یوسف حسین‌پور	۱	نامنظم	سطحی (جویچه‌ای)	زیرزمینی	
S_{13}	چغندرقند	بهزاد سجادی	۲/۱۱	۲۲۳×۹۵ متر	بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک۲۲×۲۲	زیرزمینی	- فنی، اقتصادی، اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری - تمایل به همکاری کشاورزی
$S_{14}T$	کدو	امامعلی تیمورنژاد	۰/۱۵	۱۵/۵×۹۸ متر	سیفون-غرقابی	زیرزمینی	- فنی، اقتصادی، اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری - تمایل به همکاری کشاورزی
$S_{14}C$	کدو	امامعلی تیمورنژاد	۰/۴	۲۵/۵×۹۸متر			

ادامه 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	روش آبیاری	منبع تامین آب	علت انتخاب
S_{15}	آلو	پرویز اکبری	۰/۲۳	۵۵×۵۰ متر	سطحی-قطره-ای (بابلر)	زیرزمینی	- فنی، اقتصادی، اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری - تمایل به همکاری کشاورزی
S_{16}	شلیل	براتعلی شهسوار	۰/۳	۵۰×۵۰ متر	سطحی (غرقابی، شیاری دو طرفه)	زیرزمینی	
$S_{17}T$	آفتابگردان	توحید تیمورنژاد	۰/۱	۱۱۰×۹/۵ متر	سیفون-غرقابی	زیرزمینی	- فنی، اقتصادی، اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری - تمایل به همکاری کشاورزی
$S_{17}C$	آفتابگردان	توحید تیمورنژاد	۰/۳	۱۱۰×۲۸ متر			
$S_{18}T$	آفتابگردان	باقری-شاهدوانی	۰/۷۸	۶۱×۱۳۴ متر	تیپ	زیرزمینی	- فنی، اقتصادی، اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری - تمایل به همکاری کشاورزی
$S_{18}C$	آفتابگردان	باقری-شاهدوانی	۰/۴۴	۵۱×۸۸ متر	کرتی	زیرزمینی	
$S_{19}T$	ذرت	پاکمنش	۰/۵۰	۵۱×۱۲۵ متر	کرتی-هیدروفلوم دریچه‌دار	زیرزمینی	- فنی، اقتصادی، اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری - تمایل به همکاری کشاورزی
$S_{19}C$	ذرت	محمدی	۰/۶۴	۴۵×۱۶۵ متر	کرتی	زیرزمینی	
$S_{20}T$	گوجه فرنگی	شکری	۱/۳۰	نامنظم	تیپ	زیرزمینی	- فنی، اقتصادی، اجتماعی - الگوی کشت و روش آبیاری - تمایل به همکاری کشاورزی
$S_{20}C$	گوجه فرنگی	جوانمرد	۰/۴۳	۴۰×۱۹۰ متر	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 تک ردیفه به دو ردیفه ۶۰-۴۰ - تسطیح با لولر - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک، استفاده از کودهای بیولوژیکی - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی، 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
S_6	- تغییر روش آبیاری از غرقابی به شیاری دو طرفه - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک، استفاده از کودهای بیولوژیکی - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی، مدیریت مبارزه با علف‌های هرز
S_7	- تغییر آرایش کشت از حالت تک‌ردیفه به دو ردیفه با فواصل کشت ۶۰-۴۰ - برنامه‌ریزی آبیاری زمان واقعی - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک، استفاده از کودهای بیولوژیکی - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی، مدیریت مبارزه با علف‌های هرز - تقویم زراعی و رعایت تناوب زراعی - نوع رقم کشت، ضدعفونی بذور، اصلاح عمق کشت
S_8	- مدیریت زمان آبیاری بارانی - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک، استفاده از کودهای بیولوژیکی - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی، 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
S_9	- تغییر روش آبیاری از جویچه‌ای به تیپ و برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از داده‌های هواشناسی - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک، استفاده از کودهای بیولوژیکی - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی، 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
S_{10}	- استفاده از آبیاری نوار تیپ - برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از داده‌های هواشناسی - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک، استفاده از کودهای بیولوژیکی - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی، 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

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

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

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 وتوصیه کوددهی براساس 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
S_{19}	- استفاده از هیدروفلوم دریچه‌دار - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک، استفاده از کودهای بیولوژیکی - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی، 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
S_{20}	- تغییر روش آبیاری جویچه‌ای به تیپ - برنامه‌ریزی نیاز کودی مطابق آزمون خاک، استفاده از کودهای بیولوژیکی - مدیریت و برنامه‌ریزی سموم مصرفی، 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

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

در راستای ارزیابی اعمال تکنیک‌های به‌زراعی و به‌نژادی در مزرعه ۳ مزرعه برای پایش اصلی عملیات اجرائی 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 اعمال شده و مصرف کود در مزارع آورده شده است. همچنین در شکل‌های ۱۴ تا ۱۶ موقیت 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)
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	بذور گواهی‌شده	نشاء
۶	شجاعی	شاهد	۰/۰۵	تیپ	گوجه‌فرنگی	محلی	-

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 فسفاته بارور۲، کشت ارقام مقاوم به آفات و بیماری‌ها، مصرف کود دامی، لولر، کف‌کار فاروئردار، آبیاری شیاری	اوره=۳۵۰، سولفات‌پتاسیم=۱۰۰، سولفات آمونیوم=۱۰۰، سولفات روی=۳۰،گوگردگرانوله=۲۵۰،کودآلی=۱۰۰۰۰
سیروس فضل	شاهد	کشت ارقام محلی، کشت دست پاش،آبیاری نواری	-
سجاد روحی	تیمار	بذر مال کردن بذور با اسید هیومیک و فسفاته بارور۲، کشت ارقام مقاوم به آفات و بیماری‌ها، مصرف کود دامی، لولر، کف‌کار فاروئردار، آبیاری شیاری	اوره=۲۰۰، سولفات‌پتاسیم=۲۰۰، سولفات آمونیوم=۱۰۰، سولفات روی=۳۰،گوگردگرانوله=۲۵۰،کودآلی=۱۵۰۰۰
سجاد روحی	شاهد	کشت ارقام محلی، کشت دست پاش،آبیاری نواری	-
شجاعی	تیمار	کشت نشایی دو ردیفه زیگزاگی، مصرف کود دامی، آبیاری تیپ، کوددهی براساس آزمون خاک، استفاده از بذور گواهی‌شده	اوره=۳۵۰، سولفات‌پتاسیم=۱۰۰، سوپرفسفات‌تریپل=۱۵۰، سولفات روی=۴۰،گوگردگرانوله=۳۵۰،کودآلی=۲۰۰۰۰
شجاعی	شاهد	کشت بذری تک ردیفه، کشت ارقام محلی،	-

شکل ۱۴- موقعیت جغرافیایی مزرعه گندم پایش آقای سیروس فضل

شکل ۱۵- موقعیت جغرافیایی مزرعه گندم پایش آقای سجاد روحی

شکل ۰۱۶- موقعیت جغرافیایی مزرعه گوجه‌فرنگی پایش آقای شجایی

۵-۲-۳- 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 تعدادی مزارع 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 اعمال شده و مصرف کود در مزارع منتخب شهرستان اسکو آورده شده است. همچنین در شکل‌های ۱۷ تا ۲۰ موقیت 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)
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
خاصه لر	محمد نصیری	تیمار	۰/۰۶	شیاری	آلو	بخارا زرد	-
خاصه لر	محمد نصیری	شاهد	۰/۱۴	غرقابی	آلو	بخارا زرد	-
کردلر	علی سلیمی	تیمار	۰/۱	جویچه‌ای	گوجه‌فرنگی	نشا	-
کردلر	علی سلیمی	شاهد	۰/۱	جویچه‌ای	گوجه‌فرنگی	روبینا	-

جدول ۱۱- مشخصات مزارع منتخب در شهرستان اسکو

نام بهره‌بردار	تیمار/شاهد	تکنیک‌های اعمال شده	کود (kg/ha)
مریم آسیابی	تیمار	شخم حفاظتی، لولر، بذرمال با کود هیومکس، کف‌کار مخصوص اراضی شور، آبیاری فاروئر، کود براساس آزمون خاک	اوره=۱۰۰،سوپرفسفات‌تریپل=۱۰۰، سولفات‌پتاسیم=۱۰۰، گوگردگرانوله=۲۰۰، هیومکس=۱، کودآلی=۴۰۰۰۰
مریم آسیابی	شاهد	شخم برگرداندار، کاشت دستی، آبیاری کرتی	۰
قوچعلی-راشدی	تیمار	شخم حفاظتی،دیسک‌بشقابی،لولرلیزری، بذرمال با کود هیومکس، کف‌کار مخصوص اراضی شور، آبیاری فاروئر، کود براساس آزمون خاک	اوره=۱۰۰،سوپرفسفات‌تریپل=۱۵۰، سولفات‌پتاسیم=۲۰۰، گوگردگرانوله=۲۰۰، هیومکس=۱، کودآلی=۳۰۰۰۰
قوچعلی-راشدی	شاهد	شخم برگرداندار، دیسک‌بشقابی،کاشت دستی، آبیاری کرتی	۰
محمد نصیری	تیمار	-	-
محمد نصیری	شاهد	-	-
علی سلیمی	تیمار	شخم حفاظتی، کشت نشاء دو ردیف روی یک پشته و تک ردیفه، مدیریت آب، خاک‌دهی پای بوته، کود براساس آزمون خاک، محلول‌پاشی‌ها، نصب کارت زرد	اوره=۷۰، هیومکس=۱
علی سلیمی	شاهد	-	اوره=۷۰، 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 اعمال شده و مصرف کود در مزارع منتخب شهرستان آذرشهر آورده شده است. همچنین در شکل‌های ۲۱ تا ۲۴ موقیت 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)
فیروز سالار	مصطفی اصغرزاده	تیمار	۰/۴	شیاری	گندم	الوند	۲۰۰
فیروز سالار	مصطفی اصغرزاده	شاهد	-	کرتی	گندم	الوند	-
دستجرد	محرم زینال‌نژاد	تیمار	۰/۵	شیاری	گندم	الوند	۲۱۰
دستجرد	محرم زینال‌نژاد	شاهد	-	کرتی	گندم	الوند	-
تیمورلو	علی‌کربلای فرجی	تیمار	-	شیاری	گوجه‌سبز	-	-
تیمورلو	علی‌کربلای فرجی	شاهد	-	کرتی	گوجه‌سبز	-	-
دستجرد	حاج حسین پور	تیمار	-	شیاری	گوجه‌سبز	-	-
دستجرد	حاج حسین پور	شاهد	-	کرتی	گوجه‌سبز	-	-

جدول ۱۳- مشخصات مزارع منتخب در شهرستان آذرشهر

نام بهره‌بردار	تیمار/شاهد	تکنیک‌های اعمال شده	کود (kg/ha)
مصطفی اصغرزاده	تیمار	شخم حفاظتی، لولر، بذرمال با کود زیستی، کف‌کار فاروئردار، آبیاری شیاری، کوددهی	اوره و سوپر فسفات
مصطفی اصغرزاده	شاهد	آبیاری کرتی	اوره و سوپر فسفات
محرم زینال‌نژاد	تیمار	شخم حفاظتی، لولر، بذرمال با کود زیستی، کف‌کار فاروئردار، آبیاری شیاری	اوره=۲۵۰
محرم زینال‌نژاد	شاهد	آبیاری کرتی	-
علی‌کربلای فرجی	تیمار	چالکود، فروت ست و هرس، استفاده از روتیواتور، سم‌پاشی پیش بهاره، آبیاری شیاری	اوره=۲۵۰، سولفات‌پتاسیم=۲۰۰،
علی‌کربلای فرجی	شاهد	آبیاری کرتی	-
حاج حسین پور	تیمار	چالکود، فروت ست و هرس، استفاده از روتیواتور، سم‌پاشی پیش بهاره، آبیاری شیاری	اوره=۳۵۰،سوپرفسفات-تریپل=۱۵۰، سولفات-پتاسیم=۱۵۰
حاج حسین پور	شاهد	آبیاری کرتی	-

شکل ۲۱- موقعیت جغرافیایی مزرعه پایش گندم آقای مصطفی اصغر زاده

شکل ۲۲- موقعیت جغرافیایی مزرعه پایش گندم آقای محرم زینال نژاد

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

شکل ۲۴- موقعیت جغرافیایی باغ پایش گوجه‌سبز آقای حاج حسین پور

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 تکنیک‌های اعمال شده و مصرف کود در مزارع منتخب شهرستان آذرشهر آورده شده است. همچنین در شکل‌های ۲۵ تا ۲۹ موقیت جغرافیایی مزارع موردنظر نشان داده شده است.

جدول ۱۴- مشخصات مزارع منتخب در شهرستان عجب‌شیر

روستا	نام بهره بردار	تیمار/شاهد	مساحت (هکتار)	روش آبیاری	نوع محصول	رقم	میزان بذر (kg/ha)
شیشوان	پرویزعارفی	تیمار	۰/۷	فاروئر	گندم	پیشگام	۲۲۰
شیشوان	پرویزعارفی	شاهد	۰/۶۶	کرتی	گندم	پیشگام	۲۴۰
گوروان	سهراب جمشیدی	تیمار	۰/۱	شیاری یک‌طرفه	بادام	-	-
گوروان	سهراب جمشیدی	شاهد	۰/۱	کرتی	بادام	-	-
گوروان	محمد شهابی	تیمار	۰/۳	شیاری	گردو	-	-
گوروان	محمد شهابی	شاهد	۰/۳	کرتی	گردو	-	-
گل‌تپه	غلامرضاسالمی	تیمار	۰/۹	جوی و پشته	سیب‌زمینی	-	-
گل‌تپه	امیر آقایی	شاهد	۰/۲	کرتی	سیب‌زمینی	-	-
گل‌تپه	داریوش‌میرابی	تیمار	۱/۱	جوی و پشته	سیب‌زمینی	-	-
گل‌تپه	اروج وجدی	شاهد	۰/۲	کرتی	سیب‌زمینی	-	-

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

نام بهره‌بردار	تیمار/شاهد	تکنیک‌های اعمال شده	کود (kg/ha)
پرویزعارفی	تیمار	شخم حفاظتی، لولر لیزری، بذرمال با کود هیومکس، بذرکار فاروئردار، آبیاری فاروئر، کوددهی براساس آزمون خاک	اوره=۳۰۰،سوپرفسفات‌تریپل=۱۰۰، سولفات‌پتاسیم=۱۵۰، سولفات آهن=۱۵۰، سولفات مس=۲۰، سولفات روی و منگنز=۳۰،کودآلی=۱۰۰۰
پرویزعارفی	شاهد	شخم برگرداندار، کاشت دستی، آبیاری کرتی	۰
سهراب جمشیدی	تیمار	-	-
سهراب جمشیدی	شاهد	-	-
محمد شهابی	تیمار	-	-
محمد شهابی	شاهد	-	-
غلامرضاسالمی	تیمار	شخم حفاظتی، نصب دابل رینگ، کاشت مزرعه با دستگاه غده کار، آبیاری جوی و پشته	-
امیر آقایی	شاهد	آبیاری کرتی	-
داریوش‌میرابی	تیمار	شخم حفاظتی، نصب دابل رینگ، کاشت مزرعه با دستگاه غده کار، آبیاری جوی و پشته	-
اروج وجدی	شاهد	آبیاری کرتی	-

شکل ۲۵- موقعیت جغرافیایی مزرعه پایش گندم آقای پرویز عارفی

شکل ۲۶- موقعیت جغرافیایی باغ پابش 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 آذرشهر ارائه گردیده است. در جدول ۱۷ تکنیک‌های اعمال شده و مصرف کود در مزارع منتخب شهرستان آذرشهر آورده شده است. همچنین در شکل‌های ۳۰ تا ۳۳ موقیت 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)
۱	احمد ولی‌زاده	تیمار	۰/۴۵	شیاری	گندم	پیشگام	۲۱۴
۲	احمد ولی‌زاده	شاهد	۰/۵۵	نواری	گندم	محلی	-
۳	توحید زینال‌زاده	تیمار	۰/۳	شیاری	گندم	پیشگام	۲۴۰
۴	توحید زینال‌زاده	شاهد	۰/۲۵	نواری	گندم	محلی	-
۵	اسماعیل غلامی	تیمار	۰/۱۳	شیاری	سیب	-	-
۶	اسماعیل غلامی	شاهد	۰/۲	نواری	سیب	-	-
۷	شهبازی	تیمار	۰/۳۴	تیپ	سیب‌زمینی	-	-
۸	شهبازی	شاهد	۰/۴۲	-	سیب‌زمینی	-	-

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 کف کار، آبیاری شیاری، رعایت زمان کشت، لولر، بذر مال کردن بذور با اسید هیومیک و فسفاته بارور۲، کشت ارقام مقاوم به آفات و بیماری‌ها	اوره=۲۰۰،سوپرفسفات‌تریپل=۷۰، سولفات‌پتاسیم=۱۰۰، سولفات آمونیوم=۱۰۰، سولفات روی=۳۰، گوگردگرانوله=۲۵۰،کودآلی=۱۰۰۰۰
احمد ولی‌زاده	شاهد	کشت دست پاش، آبیاری نواری، کشت ارقام محلی	-
توحید زینال‌زاده	تیمار	کشت با کف کار، آبیاری شیاری، مصرف کوددامی، لولر، بذر مال کردن بذور با اسید هیومیک و فسفاته بارور۲، کشت ارقام مقاوم به آفات و بیماری‌ها	اوره=۳۵۰،سوپرفسفات‌تریپل=۵۰، سولفات‌پتاسیم=۵۰، سولفات روی=۳۰، گوگردگرانوله=۲۵۰،کودآلی=۱۰۰۰۰
توحید زینال‌زاده	شاهد	کشت دست پاش، آبیاری نواری، کشت ارقام محلی	-
اسماعیل غلامی	تیمار	چالکود، هرس و فرم‌دهی درختان، محلول-پاشی مدیریت و مبارزه با علف‌هرز و آفات، شخم پای درختان، آبیاری شیاری	سوپرفسفات‌تریپل=۵۰۰، سولفات-پتاسیم=۸۰۰، سولفات آمونیوم=۱۵۰۰، سولفات روی=۲۰۰، گوگردگرانوله=۱۰۰۰،کودآلی=۱۵۰۰۰
اسماعیل غلامی	شاهد	آبیاری نواری	-
شهبازی	تیمار	سورت و جداسازی و ضدعفونی غده‌ها قبل از کاشت، کشت با دستگاه دو ردیفه زیگزاکی، آبیاری قطره‌ای با نوار تیپ، کوددهی براساس آزمون خاک	اوره=۳۵۰،سوپرفسفات‌تریپل=۱۵۰، سولفات‌پتاسیم=۱۵۰، سولفات روی=۴۰، گوگردگرانوله=۳۵۰،کودآلی=۲۰۰۰۰
شهبازی	شاهد	-	-

شکل ۳۰- موقعیت جغرافیایی مزرعه پایش گندم آقای احمد ولی زاده

شکل ۳۱- موقعیت جغرافیایی مزرعه پایش گندم آقای توحید زینال زاده

شکل ۳۲- موقعیت جغرافیایی باغ پایش سیب آقای اسماعیل غلامی

شکل ۳۳- موقعیت جغرافیایی مزرعه پایش سیب‌زمینی 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 آذرشهر ارائه گردیده است. در جدول ۱۹ تکنیک‌های اعمال شده و مصرف کود در مزارع منتخب شهرستان آذرشهر آورده شده است. همچنین در شکل‌های ۳۴ تا ۳۶ موقیت 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)
مهماندار	یونس حنیفی۱	تیمار	۰/۴۲	فاروئر	گندم	پیشگام	۱۸۰
مهماندار	علی‌علیزاده	شاهد	۰/۱۶	کرتی	گندم	پیشگام	۲۵۰
مهماندار	یونس حنیفی۲	تیمار	۰/۳۹	فاروئر	گندم	پیشگام	۱۸۰
مهماندار	اعصاب محمدی	شاهد	۰/۵۸	کرتی	گندم	پیشگام	۲۵۰
لکلر	منافی	تیمار	-	نوار تیپ	گوجه‌فرنگی	-	-
لکلر	منافی	شاهد	-	نواری	گوجه‌فرنگی	-	-

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

نام بهره‌بردار	تیمار/شاهد	تکنیک‌های اعمال شده	کود (kg/ha)
یونس حنیفی۱	تیمار	گاوآهن برگردان‌دار، لولر، کود زیستی بارور۲، بذرکار فاروئردار، آبیاری فاروئر	اوره گرانوله=۷۰،سوپرفسفات-تریپل=۲۵۰، سولفات آمونیوم =۱۰۰
علی‌علیزاده	شاهد	گاوآهن برگردان‌دار، کشت دست پاش،آبیاری کرتی	۰
یونس حنیفی۲	تیمار	گاوآهن برگردان‌دار، لولر، کود زیستی بارور۲، بذرکار فاروئردار، آبیاری فاروئر	اوره گرانوله=۷۰،سوپرفسفات-تریپل=۲۵۰، سولفات آمونیوم =۱۱۰
اعصاب محمدی	شاهد	گاوآهن برگردان‌دار، کشت دست پاش،آبیاری کرتی	۰
منافی	تیمار	مصرفی بذر مناسب ضدعفونی و اصلاح‌شده، کاشت بذر در خزانه، مصرف کود دامی، آبیاری تیپ، کوددهی براساس آزمون خاک، خاک‌دهی پای بوته‌ها و سله شکنی	اوره=۳۰۰،سولفات آهن=۱۵۰، سولفات روی =۴۰، سولفات منگنز=۳۰
منافی	شاهد	کود دهی براساس عرف	کود ازت و هیومیک اسید

شکل ۳۴- موقعیت جغرافیایی مزرعه پایش گندم آقای یوسف حنیفی۱

شکل ۳۵- موقعیت جغرافیایی مزرعه پایش گندم آقای یوسف حنیفی۲

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 به صورت 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 به کارشناسان 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 پایین بودن راندمان می‌باشد. در این طرح نیز مدیریت آبیاری بارانی در مزارعی که روش آبیاری آن‌ها بارانی می‌باشد، مورد توجه 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 تاریخ های مختلف (۹۸/۴/۲۲، ۹۸/۵/۳، ۹۸/۶/۳۰) بمنظور 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

۴-۳- اندازه‌گیری‌های میدانی

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

۱-۴-۳- 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 مورداستفاده قرار گرفتند (شکل ۳۸). فلوم WSC به نحوی 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 به هم نخورد. در مدخل ورودی جریان به فلوم، پس از کارگذاری فلوم یک تبدیل خاکی به نحوی 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 بده‌های مناسب اندازه‌گیری برای تیپ‌های مختلف فلوم‌های WSC در شکل ۳۹ ارائه‌شده 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 برثانیه	$Q=0.00370\times H^{2.646}$
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 بده‌های مناسب اندازه‌گیری برای تیپ‌های مختلف فلوم‌های WSC
(ارتفاع آب برحسب سانتیمتر و دبی برحسب لیتر بر ثانیه می‌باشد)

۲-۴-۳- 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 برحسب 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 شد. در این روش طولی از جویچه حدود ۳۰ تا ۵۰ متر با توجه به نوع خاک که ترجیحاً مستقیم و یکنواخت باشد، انتخاب می‌گردید. 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:

$$f=\frac{q\times 360}{W\times L} \qquad (۱)$$

شکل ۴۰- اندازه‌گیری نفوذ به‌روش استوانه‌های مضاعف در مزارع مختلف

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

به منظور 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 مورد نیاز 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) θs	آهک TNV (%)	کربن آلی OC (%)	FC (cm3/cm3)	PWP (cm3/cm3)	B.D. (gr/cm3)
W1	۳۰-۰	۴۸	۴	۴۸	۲/۵۵	SiC	۷/۷۵	۵۱/۱	۷/۷	۰/۷۷	۰/۳۵۲	۰/۱۶۱	۱/۳
W2	۳۰-۰	۵۰	۱۴	۳۶	۲	CL	۷/۹۶	۵۰/۳	۵/۱	۱/۲۵	۰/۳۴۵	۰/۱۶۵	۱/۳
W3	۳۰-۰	۴۶	۷	۴۷	۱/۱۱۳	SiC	۸/۰۳	۵۰/۵	۴/۸	۱/۳۴	۰/۳۴۶	۰/۱۵۵	۱/۳
W4	۳۰-۰	۴۰	۱۰	۵۰	۱/۲۵۹	SiC	۸/۰۶	۴۹/۴	۸/۷	۱/۰	۰/۳۲۲	۰/۱۴۰	۱/۳
W5T	۳۰-۰	۵۱	۱۸	۳۱	۱/۳۳	C	۸/۱۷	۵۰/۱	۱۰/۱	۱/۰۹	۰/۳۳۲	۰/۱۶۸	۱/۳
W5C	۳۰-۰	۴۹	۳۶	۱۵	۱/۳۶	C	۸/۲۴	۵۱/۰	۹/۵	۱/۰۳	۳۳/۲	۱۶/۰	۱/۳
W6C	۳۰-۰	۴۹	۳۶	۱۵	۱/۳۶	C	۸/۲۴	۵۱/۰	۹/۵	۱/۰۳	۳۳/۲	۱۶/۰	۱/۳
W6T	۳۰-۰	۴۸	۱۰	۴۲	۱/۵۳	SiC	۸/۱۵	۵۰/۴	۱۰/۶	۱/۲۱	۰/۳۶۲	۰/۱۶۰	۱/۳
W7	۳۰-۰	۴۸	۱۰	۴۲	۰/۸۶	SiC	۸/۲۹	۵۰/۴	۱۶	۱/۴۵	۰/۳۳۲	۰/۱۶۰	۱/۳
W8	۳۰-۰	۴۴	۲۶	۳۰	۰/۹۱	C	۸/۲۹	۴۸/۹	۱۷/۸	۱/۱۸	۰/۳۲۸	۰/۱۵۱	۱/۳۵
W9	۳۰-۰	۳۱	۱۴	۵۵	۰/۷۳	SiCL	۷/۶	۴۷	۸/۵	۱/۱۷	۰/۳۲۹	۰/۱۱۶	۱/۳
W10	۳۰-۰	۳۷	۱۲	۵۱	۰/۸۴	C	۷/۵۹	۴۸/۶	۸/۵	۱/۱۹	۰/۳۳	۰/۱۳۲	۱/۳
W11	۳۰-۰	۵۱	۱۸	۳۱	۰/۷۲۲	C	۸/۴۳	۵۰/۱	۵/۶۷	۱/۸۵	۰/۳۴۴	۰/۱۶۸	۱/۳
W12	۳۰-۰	۲۳	۴۶	۳۱	۱/۰۶۷	L	۸/۴۸	۴۴/۱	۵/۱۷	۰/۶۱۲	۰/۲۹۴	۰/۰۹۹	۱/۳
S4	۳۰-۰	۳۶	۵	۵۹	۱/۰۵۲	SiCL	۸/۰۴	۴۴/۳	۱۱/۱	۰/۹۷	۰/۳۲۴	۰/۱۳۱	۱/۳
S5	۳۰-۰	۳۲	۷	۶۱	۰/۸۳۵	SiCL	۷/۹۶	۴۸/۳	۹/۲	۱/۰۱	۰/۳۲۱	۰/۱۲۲	۱/۳
S6	۳۰-۰	۱۸	۳۳	۴۹	۰/۹۴	L	۷/۹۰	۴۱/۶	۱۱/۸	۰/۸۹	۰/۳۱۵	۰/۰۸۳	۱/۳
S6	۶۰-۳۰	۱۴	۴۷	۳۹	۰/۹۲	L	۷/۷۷	۴۰/۸	۱۲/۶	۰/۴۴	۰/۲۷۳	۰/۰۷۶	۱/۳
S6	۹۰-۶۰	۲۲	۳۰	۴۷	۰/۸۶	L	۷/۸۰	۴۳/۳	۱۳/۴	۰/۳۵	۰/۳۲۵	۰/۰۹۵	۱/۳
S7	۳۰-۰	۴۲	۸	۵۰	۰/۹۵	SiC	۷/۶۷	۴۹/۹	۱۰/۳	۰/۹۸	۰/۳۲۵	۰/۱۴۵	۱/۳
S8	۳۰-۰	۴۲	۹	۴۹	۰/۴۳	SiC	۸/۱۴	۴۹/۸	۱۴/۲۵	۱/۲۸	۰/۳۲۵	۰/۱۴۵	۱/۳
S9	۳۰-۰	۲۸	۲۷	۴۵	۰/۷۶	CL	۷/۹۵	۴۵/۲	۷/۵	۱/۲	۰/۳۰۸	۰/۱۰۸	۱/۳
$S_{10}T$	۳۰-۰	۲۵	۲۶	۴۹	۰/۵۴	L	۷/۳۴	۴۷/۰	۱۹/۵	۱/۱	۰/۳۱۱	۰/۱۱۶	۱/۳
$S_{10}C$	۳۰-۰	۲۱	۳۱	۴۸	۰/۸	L	۷/۵۶	۴۱/۵	۱۶/۸	۰/۸۲	۰/۳۱۱	۰/۰۸۹	۱/۳۵
S11	۳۰-۰	۳۳	۳۲	۳۵	۰/۳۳	CL	۷/۶۴	۴۱/۵	۱۶/۵	۱/۴۷	۰/۳۱۷	۰/۱۲۰	۱/۳۵
S12	۳۰-۰	۳۵	۳۲	۳۳	۰/۸۷	CL	۸/۳۸	۴۷	۶/۷	۱/۹۸	۰/۳۰۳	۰/۱۲۷	۱/۳
S13	۳۰-۰	۴۶	۲۷	۲۷	۰/۶۴	C	۸/۳۳	۴۹/۱	۵/۷	۱/۸۳	۰/۳۱۸	۰/۱۵۷	۱/۳
S14	۳۰-۰	۳۶	۳۶	۲۸	۰/۶۱	CL	۸	۴۷/۲	۲۰/۵	۱/۲۵	۰/۳۰۴	۰/۱۳۲	۱/۳
S15	۳۰-۰	۲۶	۴۵	۲۹	۰/۶۷	L	۸/۱۹	۴۵/۹	۲۲/۳	۱/۴۷	۰/۳۰	۰/۱۱۶	۱/۳
S15	۶۰-۳۰	۲۵	۵۱	۲۴	۰/۷۳	SCL	۸/۳۳	۴۵/۲	۲۰/۸	۰/۹۲	۰/۳۰	۰/۱۰۷	۱/۳
S15	۹۰-۶۰	۲۰	۵۳	۲۷	۱/۰۷	SL-SCL	۸/۳۶	۴۳/۹	۱۸/۳	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۰۹۴	۱/۳
S16	۳۰-۰	۳۰	۲۶	۴۴	۰/۷۸	CL	۷/۶۷	۴۵/۸	۱۸/۳	۱/۴۰	۰/۲۹۴	۰/۱۱۳	۱/۳
S16	۶۰-۳۰	۴۰	۲۹	۳۱	۰/۸۱	C-CL	۷/۸۳	۴۸/۱	۲۰/۸	۰/۹۶	۰/۳۰۵	۰/۱۴۱	۱/۳
S16	۹۰-۶۰	۴۶	۲۷	۲۷	۰/۸۱	C	۷/۸۴	۴۹/۱	۲۴/۸	۰/۷۰	۰/۳۱۸	۰/۱۵۸	۱/۳
S17	۳۰-۰	۳۶	۳۶	۲۸	۰/۶۱	CL	۸	۴۷/۲	۲۰/۵	۱/۲۵	۰/۳۱۴	۰/۱۳۲	۱/۳
$S_{18}C$	۳۰-۰	۱۲	۴۴	۴۴	۱/۲۲	SiCl	۷/۷۸	۳۸/۹	۲۰/۹۸	۱/۱	۰/۳۲۲	۰/۰۷۰	۱/۳۴
$S_{18}T$	۳۰-۰	۴۴	۱۲	۴۴	۱/۲۲	SiCl	۷/۷۸	۴۹/۸	۳۲/۱۲	۱/۱	۰/۳۲۵	۰/۱۴۹	۱/۳
$S_{19}C$	۳۰-۰	۴۰	۱۴	۴۶	۱/۲۲	SiCl	۸/۲۵	۵۰/۴	۲۴/۳۸	۰/۹۵	۰/۳۲۴	۰/۱۴۱	۱/۲۵
$S_{19}T$	۳۰-۰	۴۴	۱۲	۴۴	۰/۹۸	SiC	۸/۳	۵۱/۲	۲۷/۱۳	۰/۸۵	۰/۳۳۱	۰/۱۵۲	۱/۲۵
$S_{20}C$	۰-۳۰	۳۸	۱۲	۵۰	۰/۵۸	SiCl	۷/۸۱	۵۰/۰	۲۰/۷۵	۱/۱	۰/۳۳۱	۰/۱۲۴	۱/۳۰
$S_{20}T$	۰-۳۰	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	نیازP kg/ha	نیاز K kg/ha
W1	۷	گندم	پیشگام	۲۳۰	۹۷/۸/۱۰	۹۸/۴/۱۷	۰/۰۷	۱۰/۳	۴۰۷	۳۲۵	۱۰۰	۰
W2	۳	گندم	میهن	۲۳۰	۹۷/۸/۱۱	۹۸/۴/۱۷	۰/۱۱	۷/۷	۵۳۰	۲۵۰	۱۲۵	۰
W3	۱/۳	گندم	پیشگام	۲۳۰	۹۷/۸/۱۰	۹۸/۴/۳۰	۰/۱۱	۹/۲	۴۸۸	۲۵۰	۱۲۵	۰
W4	۲/۳	گندم	پیشگام	۲۲۰	۹۷/۸/۱۰	۹۸/۵/۳	۰/۰۹	۸/۶	۴۸۸	۲۵۰	۱۲۵	۰
W5T	۰/۸	گندم	میهن	۲۲۰	۹۷/۸/۵	۹۸/۴/۲۵	۰/۱۱	۸/۶۱	۲۷۳/۲	۲۰۰	۲۵۰	۰
W5C	۰/۶۵	گندم	میهن	۲۲۰	۹۷/۸/۱	۹۸/۴/۱۸	۰/۱	۹/۰۷	۲۷۸/۲	۲۵۰	۲۴۰	۰
W6C	۰/۶۵	گندم	میهن	۲۲۰	۹۷/۸/۱	۹۸/۴/۱۸	۰/۱	۹/۰۷	۲۷۸/۲	۲۵۰	۲۴۰	۰
W6T	۰/۳۰	گندم	میهن	۲۲۰	۹۷/۸/۶	۹۸/۴/۱۰	۰/۱۲	۹/۴۵	۲۱۸/۵	۱۵۰	۲۴۰	۰
W7	۳/۵۹	گندم	پیشگام	۲۲۰	۹۷/۷/۳۰	۹۸/۴/۲۳	۰/۱۴	۱۵/۶۷	۶۰۵	۱۷۰	۰	۰
W8	۳/۹	گندم	پیشگام	۲۲۰	۹۷/۸/۱	۹۸/۴/۲۲	۰/۱۲	۱۳/۹۵	۴۷۲	۲۰۰	۵۰	۰
W9	۲/۸۵	گندم	میهن	۲۲۰	۹۷/۷/۲۴	۹۸/۵/۱	۰/۱	۷/۰۴	۳۳۵	۲۶۰	۲۱۵	۵۰
W10	۲/۶۳	گندم	میهن	۲۲۰	۹۷/۷/۲۵	۹۸/۵/۱	۰/۱	۹/۷۴	۴۳۳	۲۶۰	۲۵۰	۲۰
W11	۶/۶۴	گندم	پیشگام	۲۲۰	۹۷/۷/۲۷	۹۸/۴/۱۹	۰/۱۸	۲/۹۵	۲۱۶	۳۰۰	۲۶۰	۱۴۰
W12	۰/۹۵	گندم	میهن	۱۹۰	۹۷/۸/۹	۹۸/۴/۲۸	۰/۰۶	۱۰/۶۸	۴۴۰	۳۷۰	۱۸۰	۱۷۰
S4	۱/۳	چغندرقند	ایزابلا- بومرنگ	۱/۸ واحد	۹۸/۲/۷	۹۸/۸/۱۰	۰/۰۸	۱۶/۹	۲۷۹	۱۰۰	۱۶۰	۱۳۰
S5	۰/۶	چغندرقند	بومرنگ	۱/۷ واحد	۹۸/۲/۷	۹۸/۸/۱۰	۰/۰۸	۱۱/۷	۲۵۳	۲۵	۶۰	۴۰
S6	۰/۱+۰/۵	هلو	زعفرانی	-	-	۹۸/۵/۱۵	۰/۰۹	۲/۷۸	۱۳۸/۹	۰/۵	۰/۵	۱/۰
S7	۰/۲۴+۰/۸۰	چغندرقند	دورتا	۱ واحد	۹۸/۱/۲۶	۹۸/۸/۲	۰/۱۰	۱۶/۸۱	۶۳۱/۵	۳۵۰	۰	۰
S8	۲/۳۵	چغندرقند	دوروتی	–	۹۸/۱/۲۵	۹۸/۷/۲۰	۰/۱۳	۱۴/۷۱	۴۸۹	۳۳۰	۴۰	۰
S9	۱/۷	ذرت	KSC-703	۴۳	۹۸/۲/۱۶	۹۸/۶/۵	۰/۱۲	۱۳/۲	۱۶۲	۲۷۰	۵۰	۱۲۵
S10T	۲/۲	ذرت	Bc678 کرواسی	۴۳	۹۸/۲/۱۶	۹۸/۶/۵	۰/۱۲	۱۳/۲۳	۵۵۸	۳۰۰	۱۲۰	۲۰
S10C	۴/۰	ذرت	۷۰۴ مغان	۲۵	۹۸/۳/۱۲	۹۸/۶/۵	۰/۰۸	۳۶/۷۴	۴۳۱	۴۰۰	۰	۲۰
S11	۰/۹	ذرت	Bc678 کرواسی	۶	۹۸/۳/۲۶	۹۸/۶/۱۵	–	۱۶/۰۹	۴۰۵	۳۵۰	۲۰	۲۰
S12	۱/۱	کدو	گوشتی	۸	۹۸/۲/۱	۹۸/۷/۲	۰/۲	۱۷/۱۸	۳۵۱	۲۴۰	۰	۰
S13	۲/۱۱	چغندرقند	سیمینتا	۱/۵	۹۸/۱/۲۱	۹۸/۷/۱۱	۰/۲	۵/۸	۳۸۲	۳۰۰	۲۸۰	۰
S14	۰/۴	کدو	آجیلی	۲۲۰	۹۸/۱/۲۸	۹۸/۶/۱۵	۰/۱۳	۷/۳۴	۳۰۱	۱۵۰	۱۰۰	۰
S15	۰/۲۳	آلو	کالیفرنیا	۳×۴	-	۹۸/۶/۱۳	۰/۱۵	۱۶/۶۴	۲۱۹	۰	۰/۴	۰/۴
S16	۰/۴	هسته‌دار	۳×۳	۳	-	۹۸/۶/۱	۰/۱	۲۱/۷۲	۳۷۲	۰	۰	۰
S17	۰/۳	کدو	آجیلی	۲۲۰	۹۸/۱/۲۱	۹۸/۶/۱۵	۰/۱۳	۷/۳۴	۳۰۱	۱۵۰	۱۰۰	۰
S18C	۰/۶۴	آفتابگردان	قلمی	۵	۹۸/۳/۱۸	۹۸/۶/۳۰	۰/۱۱	۳۰/۴۳	۴۵۶/۴	۲۱۰	۰	۰
S18T	۰/۶۴	آفتابگردان	قلمی	۹/۱	۹۸/۴/۳	۹۸/۶/۲۸	۰/۱۱	۳۰/۴۳	۴۵۶/۷	۲۱۰	۱۸۰	۱۵۰
S19C	۰/۶۴	ذرت	۷۰۴	۱۹/۲۳	۹۸/۳/۱۰	۹۸/۶/۲۹	۰/۱۱	۳۲/۷۴	۶۳۷/۴	۲۲۰	۰	۰
S19T	۰/۵۰۵	ذرت	سبگل کراس	۱۵/۱۵	۹۸/۳/۱۵	۹۸/۶/۲۸	۰/۱	۶/۷	۱۹۷/۷	۲۴۰	۱۸۰	۱۵۰
S20C	۰/۴	گوجه- فرنگی	رد استون	تراکم کشت	۹۸/۳/۱۱	۹۸/۶/۲۵	۰/۱۲	۱۲/۹	۵۳۵/۳	۳۰۰	۵۰	۰
S20T	۱/۳	گوجه- فرنگی	رد استون	تراکم کشت	۹۸/۳/۱۰	۹۸/۶/۲۸	۰/۱۳	۱۹/۴۶	۳۲۹/۷	۲۶۸	۱۰۰	۱۰۰

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 آسیابی	۳۰-۰	۱۶	۵۶	۲۸	۱۱/۷	SL	۷/۵۶	۰/۶۶	۴/۲۵	۰/۰۶	۱۳/۳	۲۷۲
قوچعلی‌راشدی	۳۰-۰	۴۲	۲۴	۳۴	۵/۹۵	CL	۷/۵	۰/۸۴	۱۴	۰/۰۸	۱۰/۵	۳۹۲
محمد نصیری	۳۰-۰	-	-	-	-	L	-	-	-	-	-	-
علی سلیمی	۳۰-۰	-	-	-	۱/۳۷	SCL	۷/۸۵	-	-	-	-	-
مصطفی اصغرزاده	۳۰-۰	۱۰	۷۶	۱۴	۱/۰۵	SL	۷/۸	۰/۶۴	۲/۷۵	-	۲۱/۴	۲۹۵
محرم زینال‌نژاد	۳۰-۰	۲۲	۵۲	۲۶	۱/۰۲	SL	۷/۹۴	۱/۲۵	۴/۷۵	-	۴۲/۶	۹۲۰
علی‌کربلای‌فرجی	۳۰-۰	۱۶	۶۲	۲۲	۱/۹۵	SL	۷/۹۴	۱/۰۱	۶/۷۵	-	۳۱/۲	۲۴۷
علی‌کربلای‌فرجی	۶۰-۳۰	۱۸	۵۸	۲۴	۴/۷۱	SL	۷/۶۳	۰/۴۴	۸/۷۵	-	۱۱/۸	۲۱۰
علی‌کربلای‌فرجی	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	-	۸/۸	۳۲۹
حاج حسین پور	۶۰-۳۰	۳۴	۳۶	۳۰	۳/۱۵	CL	۷/۷۱	۰/۴۸	۶	-	۴/۱	۲۱۰
حاج حسین پور	۹۰-۶۰	۴۰	۳۰	۳۰	۶/۵	CL	۷/۶۵	-	۴/۷۵	-	-	-
پرویزعارفی	۰-۳۰	۱۳	۵۰	۳۷	۳/۱۴	L	۸/۲	۰/۸۲	۵/۵	-	۱۱	۱۸۳
سهراب جمشیدی	۰-۳۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
محمد شهابی	۰-۳۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
غلامرضاسالمی	۰-۳۰	۱۵	۴۲	۳۴	۰/۷۷	L	۷/۹۹	۰/۹	۸/۵	-	۳۲/۲۰	۸۴۶
داریوش‌میرابی	۰-۳۰	۳۵	۲۶	۳۹	۱/۳۵	CL	۷/۷۵	۰/۵۱	۶	-	۲۵/۵۰	۳۳۹
احمد ولی‌زاده	۰-۳۰	۲۵	۴۵	۳۰	۰/۶۶	L	۸/۱۵	۰/۹۳	۱۴/۵		۱۳/۰۷	۲۱۸
توحید زینال‌زاده	۰-۳۰	۴/۸۴	۶۱/۷۴	۳۵/۴۲	۲/۲۹	SL	۷/۹۶	۰/۷۸	۲۵	-	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	۶۰-۳۰	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	۰-۳۰	۵/۶	۶۸/۲	۲۶/۲	۱/۶۵۱	SL	۷/۶۷	۰/۳۵	۷/۵	-	۱۰/۵	۲۱۰/۶
یونس حنیفی۱	۰-۳۰	-	-	-	۰/۵۷	CL	۷/۸۹	۰/۷۰	۱۲	-	۴/۰۶۰	۴۰۰
یونس حنیفی۲	۰-۳۰	-	-	-	۰/۳۷۷	L	۸/۲	۰/۱۹	۱۱	-	۵/۹۴۴	۴۰۰
منافی	۰-۳۰	۳۰	۳۲	۳۸	۱/۵۶	CL	۸/۵	۰/۹۴	۹/۷۵	۰/۰۹	۲۶/۴	۸۲۷
سیروس فضل	۰-۳۰	۲۱/۵۶	۵۰/۷۲	۲۷/۷۲	۲/۲	SCL	۷/۶۹	۰/۳۷	۱۵/۵	-	۳۸/۰۵	۲۸۸
سجاد روحی	۰-۳۰	۶/۲۸	۶۷/۹۶	۲۵/۷۶	۲/۳۲	SL	۷/۷۴	۰/۵۱	۹/۵	-	۳۵/۴	۱۵۸
شجاعی	۰-۳۰	۴/۴	۸۷/۴	۸/۲	۱/۲۳۵	S	۷/۷۴	۰/۷۴	۱۳	-	۶/۱۸	۲۱۲

۴-۴-۳- 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 ارائه‌شده است.

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

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

۱-۵-۳- 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:

$$AE = \frac{D_z}{D_{app}} \times 100 \qquad (۲)$$

که در آن AE بازده کاربرد آب (%)، D_z متوسط عمق آب ذخیره‌شده در ناحیه توسعه ریشه (mm) و D_{pp} 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 هیچ کدام از مزارع وجود نداشت و درنتیجه درصد تلفات نفوذ عمقی از رابطه (۳) محاسبه گردید:

$$DP = 100 - AE \qquad (۳)$$

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

$$AD = \frac{D_z}{SMD} \times 100 \qquad (۴)$$

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

$$SMD = (\theta_{fc} - \theta_i) \times \rho_b \times D_r \qquad (۵)$$

که در آن θ_i و θ_{fc} 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 توسعه 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 (خاک آب) که هنوز ریشه‌ای برای گیاه وجود ندارد ($D_r = 0$)در این صورت آب مصرفی در آبیاری اول (خاک آب) از حاصل‌ضرب K_{cini} مربوط به مرحله اولیه رشد در تبخیر تعرق پتانسیل محاسبه‌شده به روش فائو پنمن- مانتیث تعیین می‌گردد. برای محاسبه تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع، از نرم‌افزار Aquacrop استفاده شد.

$$ET_c = K_{cini} \times ET_\circ \qquad (۶)$$

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 خاک آب 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 برمبنای ۵۰ میلی‌متر عمق خالص موردنیاز آبیاری اول (خاک آب)، انجام شد.

شکل ۴۲- متوسط ضریب Kcini 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

۲-۵-۳- محاسبه بازده بهره‌وری آب کشاورزی

اصطلاح بهره‌وری آب کشاورزی[1]، به مقدار عملکرد یا ارزش عملکرد گفته می‌شود که به ازای واحد حجم آب مصرفی بدست می‌آید (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲). بهره‌وری آب به‌صورت‌های مختلفی ارائه‌شده است که در زیر تعاریف و روابط مختلف آن ارائه‌شده‌اند:

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

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، به جای WP_T از WP_{ET} استفاده می‌گردد که در این صورت بهره‌وری مصرف آب به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

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

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 مورداستفاده گیاه در نظر گرفته شود، بهره‌وری مصرف آب با WP_{I+P} نشان داده شده و به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

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

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).

[1] - Agricultural Water Productivity

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

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

۳-۵-۳- ارزیابی سیستم‌های آبیاری بارانی

مطالعه ارزیابی یک سیستم آبیاری ازآن‌جهت ضروری است که برای مدیریت مشخص می‌سازد که سیستم اجراشده کنونی از چه بازده‌ای 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 آن‌که 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 (رحیم زادگان، 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) و PELQ (راندمان پتانسیل ربع پایین) استفاده‌شده است. قابل‌ذکر است در این تحقیق عمدتاً از سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک استفاده گردیده است.

۱- یکنواختی توزیع آب (DU [۱])

یکنواختی توزیع (DU)، معیاری برای بیان یکنواختی پخش آب بوده و یکنواختی نفوذ در کل مزرعه را نشان می‌دهد. عامل یکنواختی آب توزیع‌شده برای گیاه و خاک مهم می‌باشد. مقادیر کم DU درصورتی‌که تمام مزرعه به مقدار کافی آبیاری گردد، بیانگر تلفات آب در اثر نفوذ عمقی است (بیش‌آبیاری). مقدار DU بر اساس میانگین عمق (حجم) آب و میانگین $\frac{۱}{۴}$ کمترین داده‌ها به‌صورت رابطه ۱۱ به دست می‌آید.

$$DU = \frac{D_{lq}}{D_m} \qquad (۱۱)$$

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

۱- Distribution Uniformity

۲- ضریب یکنواختی کریستیانسن (CU [۱])

پارامتر دیگری که به‌طور گسترده برای ارزیابی یکنواختی پخش استفاده می‌گردد، ضریب یکنواختی بوده که در سال ۱۹۴۲ توسط کریستیانسن توسعه‌یافته و به‌صورت ۱۲ تعریف می‌گردد:

$$CU = \left(1 - \frac{\sum |x_i - \bar{x}|}{n\bar{x}}\right) \times 100 \qquad (۱۲)$$

که در آن:

CU ضریب یکنواختی کریستیانسن (درصد)، Xi مقادیر آب جمع شده در قوطی برحسب ارتفاع یا حجم آب و n تعداد کل قوطی‌ها.

داده‌های آزمایش برای CU>٪۷۰ معمولاً تشکیل توزیع نرمال می‌دهد و تقریباً پیرامون متوسط، قرینه است. بنابراین CU را از رابطه ۱۳ نیز می‌توان تخمین زد:

$$CU = \frac{D_h}{D_m} \qquad (۱۳)$$

که در آن:

D_h متوسط نصف پائین مقادیر آب جمع شده در قوطی‌ها برحسب ارتفاع یا حجم و D_m میانگین کل آب جمع شده در قوطی‌ها برحسب ارتفاع یا حجم می‌باشد.

رابطه تقریبی بین CU و DU به شرح زیر می‌باشد:

$$CU \approx 100 - 0.63(100 - DU) \qquad (۱۴)$$

۳- بازده کاربرد ربع پائین (AELQ [۲])

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:

$$AELQ = \frac{D_{lq}}{D_m} \qquad (۱۵)$$

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

۲- Coefficient Uniformity

۱- Application Efficiency of Low Quarter

۴- بازده پتانسیل ربع پائین (PELQ [1])

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:

$$PELQ = \frac{D_{lq}}{D_m} \qquad (۱۶)$$

که در آن:

D_{lq} میانگین ربع پائین آب ذخیره‌شده در خاک درصورتی‌که کمتر از MAD باشد.

PELQ مقدار دقیق AELQ در کل زمین زراعی است، زمانی که میانگین ربع پائین عمق آب نفوذ یافته در خاک برابر SMD باشد. پائین بودن مقدار PELQ معمولاً در ارتباط با طراحی ناقص سیستم می‌باشد.

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. درصورتی‌که 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 جمع شده در قوطی‌ها) می‌باشد که اگر به‌صورت درصد بیان گردد به‌صورت رابطه ۱۷ خواهد بود:

$$D_l = \frac{V_{out} - V_{gath}}{V_{out}} \times 100 \qquad (۱۷)$$

که در آن V_{out} حجم آب خروجی از نازل‌ها و V_{garh} حجم آب جمع شده در قوطی‌ها می‌باشد.

۴-۵-۳- آزمایش یکنواختی

همان‌طور که قبلاً ذکر گردید در این تحقیق از روش آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک استفاده‌شده است. به‌منظور انجام آزمایش یکنواختی در این روش در ابتدا محل انجام آزمایشات به‌گونه‌ای انتخاب شد که با توجه به توپوگرافی زمین، فشار متوسط سیستم آبیاری بارانی در آن محل رخ‌داده باشد. پس‌ازآن، 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. پس‌ازآن قوطی‌های جمع‌آوری آب که دارای شکل

[1] - Potential Efficiency of Low Quarter

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

اثربخشی تکنیک‌های به‌زراعی و به‌نژادی در پایلوت-های آذربایجان غربی

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

۱-۱-۴- مزرعه شماره W1 (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 بخش-های تیمار و شاهد مزرعه W_1 در جدول ۲۳ ارائه‌شده است. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه W1 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 به‌ترتیب 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 آبپاش‌ها (m×m)	دبی آبپاش‌ها (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 موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهادشده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته‌شده است. علاوه بر این ۶ میلی‌متر نیز به‌عنوان تلفات تبخیر و بادبردگی (۲۰ درصد تلفات) لحاظ گردید.

مزرعه W1 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 مصرف آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۴۳ می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد در مزرعه W1 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 مصرف آب در تیمار و شاهد مزرعه W_1 به‌ترتیب ۱۲۳۲/۱ و ۱۷۷۹/۷ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف آب در حدود ۳۰/۸ درصدی (حدود ۵۴۷/۶ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۴۴).

شکل ۴۴- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی تیمار و شاهد در مزرعه W_1

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی ۳ آبیاری پایش شده، در شکل ۴۵ ارائه‌شده 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 W_1 طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد برآورد شده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_1 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب ۸/۷۷ و ۵/۴۹ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب 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 مـؤثـر (بر اساس رابطه 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 مصرفی تیمار و شاهد بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در شکل ۴۶ ترسیم گردیده است.

جدول ۲۵- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه W_1

*بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (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
۳/۰۹	۲/۴۲	۸/۷۷	۵/۴۹	۶/۴۹	۴/۵۰	۱۰۸۱۰	۹۷۷۰	۸۰۰۰	۸۰۰۰

* بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر با استفاده از مقدار عملکرد برآورد شده و مجموع آب مصرفی و بارش مؤثر محاسبه‌شده است. مقدار بهره‌وری آب مصرفی بر اساس مقدار عملکرد برآورد شده و آب مصرفی و مقدار بهره‌وری باسکول با استفاده از عملکرد باسکول و آب مصرفی محاسبه‌شده است.

- ✓ ملاک اصلی محاسبات بهره‌وی مصرف آب، پارامتر بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر می‌باشد چراکه بارش‌های رخداده 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 مصرفی با توجه به مقدار آب آبیاری (بدون لحاظ بارش مؤثر) نیز انجام گرفت. از سوی دیگر با توجه به این‌که هردو عملکرد باسکول و کل‌گیری (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 مصرفی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_1

مزرعه	کاهش آب مصرفی (٪)	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 مصرفی بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در تیمار و شاهد مزرعه W_1

۲-۱-۴- مزرعه شماره W2 (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 به‌ترتیب ۷/۳۵ و ۷/۲۵ متر توسط کشاورز در نظر گرفته شد. مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W2 در جدول ۲۷ ارائه‌شده 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 موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه W2 در جدول ۲۸ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۲۸، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهادشده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته‌شده است.

مزرعه W2 طی فصل رشد محصول در ۳ نوبت آبیاری گردید. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد در مزرعه W2 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 مصرف آب طی فصل رشد در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W2 به‌ترتیب ۳۳۶۷/۲ و ۵۴۸۳/۶ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید نشان‌دهنده کاهش ۳۸/۶ درصدی مصرف آب (حدود ۲۱۱۶/۴ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۴۹).

شکل ۴۹- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی 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 ارائه‌شده 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 برآورد شده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W2 به‌ترتیب 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 مصرفی، مقادیر بهره‌وری برآورد شده در بخش تیمار و شاهد به‌ترتیب ۳/۱۰ و ۱/۶۷ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب اعمال تیمار تغییر روش آبیاری به جویچه‌ای 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 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 ۵۶/۸ درصد برآورد گردید. نمودار بهره‌وری آب مصرفی 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 W_2

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (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
۱/۸۵	۱/۱۸	۳/۱۰	۱/۶۷	۲/۳۸	۱/۴۶	۱۰۴۳۰	۹۱۵۰	۸۰۰۰	۸۰۰۰

جدول ۳۰- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب مصرفی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_2

مزرعه	کاهش آب مصرفی (٪)	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 مصرفی بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول

۳-۱-۴- مقادیر تبخیر- تعرق گندم بر اساس اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی و نیاز آبی واقعی گیاه (Real Time) 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 ارائه‌شده 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 ارائه‌شده است؛ اما بااین‌وجود 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 زراعی ۹۸-۱۳۹۷ کم و برابر ۲۹۵ میلی‌متر (معادل ۲۹۵۰ مترمکعب بر هکتار) به دست آید. در سند ملی آب کشور (اصلاح‌شده) نیاز آبیاری گندم در شهرستان میاندوآب بر اساس داده‌های هواشناسی ۳۰ ساله حدود ۴۴۸/۶ میلی‌متر ارائه‌شده است و همان‌طور که گفته شد دلیل این اختلاف، افزایش بارندگی‌ها در سال جاری می‌باشد به‌گونه‌ای 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 بر حسب میلی‌متر می‌باشد)

ماه	تبخیر-تعرق	بارش	بارش مؤثر	نیاز آبیاری	توضیحات
آبان	۱۴/۴	۳۱/۶	۱۹/۲	۳۰/۰	خاک‌آب (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 مصرفی در مزارع پایش اصلی با نیاز آبی واقعی، خلاصه مصرف آب تیمار و شاهد این دو مزرعه (W1 و W2) در جدول ۳۲ ارائه‌شده است. همان‌طور که قبلاً ذکر گردید تکنیک‌های اجراشده در مزارع W1 و W2 به‌ترتیب برنامه‌ریزی زمان واقعی آبیاری بارانی و تغییر روش آبیاری از نواری به جویچه‌ای بود. مطابق جدول ۳۲، مقدار آب مصرفی در بخش تیمار و شاهد مزرعه W1 کمتر از نیاز خالص گندم در سال جاری (۲۹۵۰ مترمکعب بر هکتار) می‌باشد. میزان کاهش مصرف آب در بخش تیمار مزرعه سوم (W3) 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 مصرف در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W1 به‌ترتیب ۵۸/۲ و ۳۹/۷ درصد می‌باشد. این در حالی است مقدار آب مصرفی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W2 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 مصرف آب (مترمکعب بر هکتار)	نیاز آبیاری زمان واقعی (مترمکعب بر هکتار)
W_1	تیمار	۱۲۳۲	۲۹۵۰
	شاهد	۱۷۸۰	
W_2	تیمار	۳۳۶۷	۲۹۵۰
	شاهد	۵۴۸۳	

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

۱-۲-۴- مزرعه شماره W3

در این مزرعه تکنیک تغییر آرایش کشت و روش آبیاری از نواری به جویچه‌ای در نظر گرفته شد. عملیات کشت توسط دستگاه رایزبد صورت گرفت. به‌صورتی‌که بر روی هر پشته ۴ ردیف گندم کشت شد (عرض هر پشته ۵۰ سانتیمتر و فاصله بین ردیف دانه‌ها بر 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 W3 در جدول ۳۳ ارائه‌شده است. همچنین پروفیل شیب طولی تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۵۳ ارائه‌شده 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. قابل‌ذکر است تسطیح مزرعه با استفاده از لولر انجام‌شده و در صورت وجود ادوات و انجام تسطیح لیزری نتایج بهتری حاصل می‌گردید.

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

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

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 داده‌شده 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 W3 در جدول ۳۴ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۳۴، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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. 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 پیشنهادشده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته‌شده است.

مزرعه W3 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 W3 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 مصرف آب در تیمار و شاهد مزرعه W3 به‌ترتیب ۴۶۹۴ و ۸۵۰۸/۵ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف آب در حدود ۴۵/۷ درصدی (حدود ۳۸۱۴/۴ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۵۶).

شکل ۵۶- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی 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 ارائه‌شده 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 W_3 طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد برآورد شده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W3 به‌ترتیب 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 مصرفی، مقادیر بهره‌وری برآورد شده در بخش تیمار و شاهد به‌ترتیب 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 مصرفی 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 W_3

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (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
۱/۶۰	۰/۹۰	۲/۳۷	۱/۱۴	۱/۷۸	۰/۹۸	۱۱۱۳۰	۹۷۴۰	۸۳۴۶	۸۳۴۶

جدول ۳۶- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب مصرفی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_3

مزرعه	کاهش آب مصرفی (٪)	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 مصرفی بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول

۲-۲-۴- مزرعه شماره W4

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 W4 در جدول ۳۷ ارائه‌شده است. همچنین پروفیل شیب طولی تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۵۹ ارائه‌شده است. مطابق این شکل، پروفیل شیب طولی نوار تیمار و شاهد تقریباً مشابه و مثبت (۰/۲۲ درصد) می‌باشد.

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

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

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 داده‌شده 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 W_4 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 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 W_4 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 پیشنهادشده است که در این مطالعه، مقدار ۵۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته‌شده 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 W_4 طی آبیاری‌های مختلف

میزان مصرف آب در تیمار و شاهد مزرعه W_4 در دو آبیاری اول به‌ترتیب ۱۷۱۰/۳ و ۲۷۶۷/۶ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف آب در حدود ۳۸/۲ درصدی (حدود ۱۰۵۷/۴ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۶۲).

شکل ۶۲- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی تیمار و شاهد در مزرعه W_4 (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 ارائه‌شده 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 W_4 طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد برآورد شده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_4 به‌ترتیب 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 W_4

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

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

۳-۲-۴- نتایج پایش مزرعه W5

آبیاری اول شاهد و تیمار مزرعه W5 به‌ترتیب 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 فارور غلات 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 به‌ترتیب ۸۴ و ۱۳۶ متر بود. مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W5 در جدول ۴۰ ارائه‌شده است. همچنین پروفیل شیب طولی تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۶۴ ارائه‌شده است. مطابق این شکل، پروفیل شیب طولی نوار تیمار و شاهد مشابه و یکنواخت بوده و شیب نوارهای تیمار و شاهد به‌ترتیب ۰/۰۸۶ و ۰/۰۹۶ درصد می‌باشد.

جدول ۴۰– مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W_5

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 W_5

در آبیاری اول منبع آب آبیاری کشاورزی، کانال بوده و دبی شاهد و تیمار به‌ترتیب ۱۹/۵ و ۱۷/۶۹ لیتر بر ثانیه توسط فلوم WSC اندازه‌گیری شد. پیشروی آب در شاهد ۶۱ دقیقه و در تیمار ۴۹ دقیقه به طول 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 W_5 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 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهادشده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته‌شده است.

مزرعه W5 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 W5 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 مصرف آب در تیمار و شاهد مزرعه W5 به‌ترتیب ۲۷۳۳/۴ و ۳۳۹۵/۳ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف آب در حدود ۱۹/۵ درصدی (حدود ۶۶۱/۹ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۶۷). بر این اساس حجم آب مصرفی 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 مصرفی تیمار و شاهد در مزرعه W_5

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی سه آبیاری پایش شده، در شکل ۶۸ ارائه‌شده 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 W_5 طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد برآورد شده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W5 به‌ترتیب ۱۰۹۰۰ و ۸۹۴۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و میزان عملکرد تیمار نسبت به شاهد به‌طور قابل‌توجهی (۲۱/۹ درصد) افزایش یافت (جدول ۴۲). بر اساس عملکرد محصول و حجم آب مصرفی، مقادیر بهره‌وری برآورد شده در بخش تیمار و شاهد به‌ترتیب ۳/۹۹ و ۲/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب 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 مصرفی 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 W_5

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (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
۲/۱۸	۱/۵۸	۳/۹۹	۲/۶۳	*	*	۱۰۹۰۰	۸۹۴۰	*	*

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

جدول ۴۳- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب مصرفی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_5

مزرعه	کاهش آب مصرفی (٪)	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 مصرفی بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در تیمار و شاهد مزرعه W_5

۴-۲-۴- مزرعه شماره W6

در این مزرعه آبیاری اول (خاک‌آب) شاهد و تیمار به‌ترتیب 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 جویچه‌ای 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 به‌ترتیب ۱۳۶ و ۸۵ متر بود. مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W6 در جدول ۴۴ ارائه‌شده است. قابل‌ذکر است مزرعه آقای صیاد محمدوش به‌عنوان شاهد برای مزارع تیمار W5 و W6 در نظر گرفته‌شده است. همچنین پروفیل شیب طولی شاهد و تیمار در این مزرعه در شکل ۷۰ ارائه‌شده است. مطابق این شکل، پروفیل شیب طولی نوار شاهد و تیمار مشابه و یکنواخت بوده و شیب نوارهای شاهد و تیمار به‌ترتیب ۰/۰۹۶ و ۰/۰۹۲ درصد (شیب منفی ناچیز) می‌باشد.

جدول ۴۴– مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W_6

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 W_6

در آبیاری اول منبع آب آبیاری کشاورزی، کانال بوده و دبی شاهد و تیمار به‌ترتیب 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 W_6 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 W6 در جدول ۴۵ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۴۵، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 قابل‌توجه 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 موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهادشده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته‌شده است.

مزرعه W6 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 W6 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 مصرف آب در تیمار و شاهد مزرعه W6 به‌ترتیب ۲۸۲۰/۱ و ۳۳۹۵/۳ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف آب 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 W_6

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

شکل ۷۴- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W_6 طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد برآورد شده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W6 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب ۳/۲۰ و ۲/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب 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 مصرفی 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 W_6

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (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
۱/۷۸	۱/۵۸	۳/۲۰	۲/۶۳	*	*	۹۰۳۰	۸۹۴۰	*	*

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

جدول ۴۷- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب مصرفی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_6

مزرعه	کاهش آب مصرفی (٪)	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 مصرفی بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در تیمار و شاهد مزرعه W_6

۵-۲-۴- 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 مورداستفاده در بخش تیمار مدیریت زمان آبیاری بارانی بود. مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W7 در جدول ۴۸ ارائه‌شده است. همچنین پروفیل شیب طولی مزرعه W7 در شکل ۷۶ ارائه‌شده 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 W_7

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 W_7

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 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 W_7 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 پیشنهادشده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته‌شده است. همچنین ۶ میلی‌متر برای تلفات تبخیر و بادبردگی در آبیاری بارانی لحاظ شده و درمجموع ۳۶ میلی‌متر به‌عنوان کمبود رطوبتی خاک مدنظر قرار گرفت.

** دبی کل مزرعه درمجموع شامل ۷۲ آبپاش تمام‌دور و ۴۴ آبپاش نیم‌دور به‌ترتیب 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 W_7 طی آبیاری‌های مختلف

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

شکل ۷۸- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی تیمار و شاهد در مزرعه W_7

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

شکل ۷۹- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه W_7 طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد برآورد شده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W7 به‌ترتیب 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 مصرفی، مقادیر بهره‌وری برآورد شده در بخش تیمار و شاهد به‌ترتیب ۴/۳۵ و ۲/۷۲ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب 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 مصرفی 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 W_7

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (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
۲/۲۶	۱/۵۳	۴/۳۵	۲/۷۲	۳/۰۵	۲/۵۴	۱۳۲۸۰*	۸۹۴۰	۹۳۰۰	۹۳۰۰

* این عملکرد مربوط به افزودن کود آگروهیومیک و مایکورت بوده است (تیمار آب و زراعی). عملکرد تیمار زراعی دوم براثر افزودن فسفوزیست و نیتروزیست ۱۲۱۶۰ کیلوگرم در هکتار بود.

جدول ۵۱- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب مصرفی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_7

مزرعه	کاهش آب مصرفی (٪)	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 مصرفی بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در تیمار و شاهد مزرعه W_7

۶-۲-۴- 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 مورداستفاده در بخش تیمار مدیریت زمان آبیاری بارانی بود. مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W8 در جدول ۵۲ ارائه‌شده است. پروفیل شیب طولی نوار تیمار و شاهد این مزرعه مشابه و یکنواخت (۰/۱ درصد) می‌باشد (شکل ۸۱).

جدول ۵۲– مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W_8

مزرعه W_8	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	۰/۰۰۱	بسته
شاهد	بارانی	۱۶۶/۵ و ۹۲/۵×۳۰۰	۱۸/۵×۱۸/۵	۰/۰۰۱	بسته

شکل ۸۱– نیمرخ شیب طولی مزرعه W_8

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 به‌ترتیب ۵۱/۹ و ۸۳/۳ میلی‌متر بوده که با اعمال تیمار زمان‌بندی واقعی آبیاری در آبیاری اول، عمق کاربردی ۳۲/۴ میلی‌متر کاهش‌یافته است که رقم قابل‌توجهی است. آبیاری دوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۲/۳۱ انجام شد. مطابق جدول ۵۳، متوسط عمق آبیاری تیمار و شاهد به‌ترتیب 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 W_8 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 پیشنهادشده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته‌شده است. همچنین ۶ میلی‌متر برای تلفات تبخیر و بادبردگی در آبیاری بارانی لحاظ شده و درمجموع ۳۶ میلی‌متر به‌عنوان کمبود رطوبتی خاک مدنظر قرار گرفت.

مزرعه W8 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 W8 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 مصرف آب در تیمار و شاهد مزرعه W8 به‌ترتیب ۲۴۵۲/۸ و ۳۱۳۵/۱ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف آب در حدود ۲۱/۸ درصدی (حدود ۶۱۰ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۸۳). مقادیر حجم آب مصرفی بخش‌های تیمار و شاهد با به‌کارگیری آبیاری بارانی به‌ترتیب 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 مصرف آب بیشتر در بخش تیمار بیان‌گر اهمیت برنامه‌ریزی دقیق آبیاری می‌باشد.

شکل ۸۳- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی 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 ارائه‌شده 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 W_8 طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد برآورد شده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W8 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب ۴/۹۲ و ۲/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب 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 مصرفی 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 W_8

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (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
۲/۲۹	۱/۵۴	۴/۹۲	۲/۹۳	۳/۳۶	۲/۶۳	۱۲۰۸۰*	۹۱۸۰	۸۲۵۰	۸۲۵۰

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

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

مزرعه	کاهش آب مصرفی (٪)	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 مصرفی بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در تیمار و شاهد مزرعه W_8

۷-۲-۴- 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 مورداستفاده در بخش تیمار مدیریت زمان آبیاری بارانی بود. مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W9 در جدول ۵۶ ارائه‌شده 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 W_9

مزرعه W_9	روش آبیاری	فواصل آبپاش (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 W_9

خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، 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

به‌ترتیب ۳۵/۸ و ۶۱/۷ میلی‌متر بوده که با اعمال تیمار زمان‌بندی واقعی آبیاری در آبیاری اول، عمق کاربردی ۲۵/۹ میلی‌متر کاهش‌یافته است که رقم قابل‌توجهی است. آبیاری دوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۸ انجام شد. با توجه به این‌که کشاورز مربوطه دارای حقابه 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. مطابق جدول ۵۷، متوسط عمق آبیاری تیمار و شاهد مشابه و به‌ترتیب ۶۳/۷ و ۶۳/۶ 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 مزرعه W_9 در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه 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 کم‌آبیاری 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 داده‌شده 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 مزرعه W9 در جدول ۵۸ و نمودار کفایت آبیاری آن در شکل ۸۷ ارائه گردیده است.

جدول ۵۸- نتایج آزمایش یکنواختی در مزرعه W_9

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

* ۳۶ میلی‌متر به‌عنوان خاک‌آب (۶ میلی‌متر به‌عنوان تلفات تبخیر و بادبردگی) در نظر گرفته‌شده است.

شکل ۸۷- کفایت آبیاری در آزمایش یکنواختی مزرعه W_9

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 به‌ترتیب در جداول ۵۹ و ۶۰ و موقعیت آبپاش‌های مورد

آزمایش در شکل ۸۸ ارائه‌شده 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 W_9

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 W_9

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 W_9

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 مصرف آب در تیمار و شاهد مزرعه W9 به‌ترتیب ۱۵۷۳/۲ و ۱۸۵۸/۵ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف آب در حدود ۱۵/۴ درصدی (حدود ۲۸۵/۳ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۹۰). در این مزرعه نیز مقدار حجم آب مصرفی بخش‌های تیمار و شاهد به‌ترتیب ۶۴/۹ و ۵۸/۶ درصد کمتر از مقدار مندرج در سند ملی اصلاح‌شده (۴۴۸۶ مترمکعب بر هکتار) می‌باشد.

شکل ۹۰- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی 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 ارائه‌شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۲۰/۸ درصد به دست آمد. قابل‌ذکر است برداشت نمونه رطوبتی در آبیاری دوم به دلیل آبیاری شبانه و استفاده از شبکه سطحی و به‌تبع 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 W9 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب ۴/۶۱ و ۳/۴۹ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب 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 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 ۱۹/۳ درصد برآورد گردید. نمودار بهره‌وری آب مصرفی 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

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (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
۱/۶۵	۱/۳۸	۴/۶۱	۳/۴۹	۴/۶۸	۲/۹۶	۷۲۵۰	۶۴۸۰	۷۳۶۸	۷۳۶۸

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

مزرعه	کاهش آب مصرفی (٪)	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 مصرفی بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در تیمار و شاهد مزرعه W_9

۸-۲-۴- مزرعه شماره W10

در این مزرعه آبیاری اول (خاک‌آب) شاهد و تیمار به‌ترتیب 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 W10 در جدول ۶۳ ارائه‌شده 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 W_{10}

مزرعه W_{10}	روش آبیاری	فواصل آبپاش‌ها (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 W_{10}

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 به‌ترتیب ۳۸/۹ و ۶۲/۲ میلی‌متر و متوسط راندمان کاربرد تیمار و شاهد به‌ترتیب 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 این‌که کشاورز مربوطه دارای حقابه 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 W_{10} 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 ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهادشده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته‌شده است. همچنین ۶ میلی‌متر برای تلفات تبخیر و بادبردگی در آبیاری بارانی لحاظ شده و درمجموع ۳۶ میلی‌متر به‌عنوان 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 داده‌شده است. خلاصه نتایج آزمایش یکنواختی مزرعه W10 در جدول ۶۵ و نمودار کفایت آبیاری آن در شکل ۹۴ ارائه گردیده است.

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

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

* ۳۶ میلی‌متر به‌عنوان خاک‌آب و ۶ میلی‌متر به‌عنوان تلفات تبخیر و بادبردگی در نظر گرفته‌شده است.

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

مطابق جدول ۶۵، مقدار CU محاسبه‌شده در حدود ۷۸ درصد بوده که در رنج مناسب برای آبیاری بارانی قرار دارد. متوسط عمق آبیاری ۳۳/۲ میلی‌متر بوده که نزدیک کمبود رطوبتی خاک می‌باشد و موجب شده کفایت آبیاری در حدود ۶۱/۱ درصد باشد. نتایج اندازه‌گیری دبی و فشار آبپاش‌ها در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W10 به‌ترتیب در جداول ۶۶ و ۶۷ و موقعیت آبپاش‌های مورد آزمایش در شکل ۹۵ ارائه گردیده است. مطابق این جداول سیستم آبیاری ازنظر 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 W10 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 مصرف آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۹۶ می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد در مزرعه W10 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 مصرف آب در تیمار و شاهد مزرعه W10 به‌ترتیب ۱۶۳۶/۹ و ۱۸۷۱/۳ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف آب در حدود ۱۲/۵ درصدی (حدود ۲۳۴/۴ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۹۷).

شکل ۹۷- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی 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 ارائه‌شده 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 برآورد شده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W10 به‌ترتیب 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 برآورد شده در بخش تیمار و شاهد به‌ترتیب ۵/۲۵ و ۳/۵۱ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب 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 مصرفی 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}

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (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
۱/۹۳	۱/۴۰	۵/۲۵	۳/۵۱	۴/۸۸	۴/۲۷	۸۶۰۰	۶۵۷۷	۷۹۸۵	۷۹۸۵

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

مزرعه	کاهش آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری برآوردی (Kg/m^3)	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 مصرفی بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در تیمار و شاهد مزرعه W_{10}

۹-۲-۴- نتایج پایش مزرعه W11

مزرعه W11 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 به‌طوری‌که بر روی هر خط لاترال ۲ آبپاش به‌صورت هم‌زمان کار می‌کنند. مدل آبپاش مورداستفاده آمبو دو نازله با قطرهای ۷ و ۸ میلی‌متری بود و درمجموع ۶ آبپاش به‌عنوان تیمار در نظر گرفته شد. در این مزرعه آبیاری اول تیمار و شاهد در تاریخ ۹۷/۸/۲۹ انجام شد. تکنیک مورداستفاده در بخش تیمار، مدیریت زمان آبیاری بارانی بود. مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه W11 در جدول ۷۰ ارائه‌شده است.

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

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

خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه W11 در جدول ۷۱ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۷۱، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به‌ترتیب ۲۹/۹ و ۴۴/۹ میلی‌متر بوده که با اعمال تیمار زمان‌بندی واقعی آبیاری در آبیاری اول، عمق آبیاری ۱۵ میلی‌متر کاهش‌یافته است. آبیاری دوم تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۲/۱۶ انجام شد. مطابق جدول ۷۱، متوسط عمق آبیاری تیمار و شاهد به‌ترتیب 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. قابل‌ذکر است که از آبیاری سوم به بعد کشاورز با کارشناسان شرکت فنی و مهندسی همکاری ننموده و به برنامه آبیاری کارشناس آب عمل‌نکرده است. به‌این‌ترتیب 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 موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهادشده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته‌شده است. همچنین ۶ میلی‌متر برای تلفات تبخیر و بادبردگی در آبیاری بارانی لحاظ شده و درمجموع ۳۶ میلی‌متر به‌عنوان 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 W11 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}

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

* ۳۶ میلی‌متر به‌عنوان خاک‌آب و ۶ میلی‌متر به‌عنوان تلفات تبخیر و بادبردگی در نظر گرفته‌شده 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 به‌ترتیب ۲۴/۹ و ۳۵/۵ میلی‌متر بوده که موجب شده کفایت آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد به‌ترتیب ۳۲ و ۶۴ درصد باشد. مزرعه W11 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 W11 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 مصرف آب در تیمار و شاهد مزرعه W11، ۴۲۶۰/۹ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید و عملاً هیچ‌گونه صرفه‌جویی در مصرف آب رخ نداده است (شکل ۱۰۲).

شکل ۱۰۲- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی 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 ارائه‌شده 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 برآورد شده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W11 به‌ترتیب 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 برآورد شده در بخش تیمار و شاهد به‌ترتیب ۱/۴۳ و ۱/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید که با کاهش جزئی ۲/۷ درصدی همراه بود (جدول ۷۴). همچنین با توجه به مقدار بارش مؤثر (بر اساس رابطه ASCE) که در طی فصل رشد گندم در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ (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 مصرفی 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 مصرفی (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 مصرفی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_{11}

مزرعه	کاهش آب مصرفی (٪)	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 مصرفی بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در تیمار و شاهد مزرعه W_{11}

۱۰-۲-۴- نتایج پایش مزرعه W12

در این مزرعه آبیاری اول (خاک‌آب) شاهد و تیمار به‌ترتیب 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 رایزبد) 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 W12 در جدول ۷۵ ارائه‌شده است. همچنین پروفیل شیب طولی شاهد و تیمار در این مزرعه در شکل ۱۰۵ ارائه‌شده است. مطابق این شکل، پروفیل شیب طولی نوار شاهد و تیمار مشابه و یکنواخت بوده و شیب نوارهای شاهد و تیمار به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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.

شکل ۱۰۶- هیدروگراف جریان ورودی آبیاری‌های مزرعه W_{12} در تیمار و شاهد در آبیاری اول (خاک‌آب)

شکل ۱۰۷- پیشروی و پسروی جریان آب در نوارهای مورد آزمایش مزرعه W_{12} 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 W12 در جدول ۷۶ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۷۶، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به‌ترتیب 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 به‌ترتیب در تاریخ ۹۸/۲/۲۴ و ۹۸/۲/۲۵ انجام شد. مطابق جدول ۷۶، متوسط عمق آبیاری تیمار و شاهد به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 داده‌شده 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 موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهادشده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته‌شده است.

مزرعه W12 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 W12 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 مصرف آب در تیمار و شاهد مزرعه W12 به‌ترتیب ۴۰۸۴/۵ و ۵۲۰۴/۷ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف آب در حدود ۲۱/۵ درصدی (حدود ۱۱۲۰/۲ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۰۹).

شکل ۱۰۹- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی تیمار و شاهد در مزرعه W_{12}

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی شش آبیاری پایش شده، در شکل ۱۱۰ ارائه‌شده است. لازم به ذکر است در این شکل مقادیر راندمان ارائه‌شده 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 W_{12} طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد برآورد شده در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W12 به‌ترتیب ۱۱۲۰۰ و ۹۸۲۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و میزان عملکرد تیمار نسبت به شاهد به‌طور قابل‌توجهی (۱۴/۱ درصد) افزایش یافت (جدول ۷۷). بر اساس عملکرد محصول و حجم آب مصرفی، مقادیر بهره‌وری برآورد شده در بخش تیمار و شاهد به‌ترتیب ۲/۷۴ و ۱/۸۹ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب 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 ۹۸-۱۳۹۷ (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 مصرفی 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 W_{12}

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (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	۸۸۰۱	۱۰۰۰۰

جدول ۷۸- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب مصرفی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه W_{12}

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (Kg/m^3)		بهره‌وری آب باسکول (Kg/m^3)		عملکرد برآوردی (Kg/m^3)		عملکرد باسکول (Kg/ha)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار
W_{12}	۲۱/۵	۰/۸۶	۴۵/۳	۴۴/۸	۳۵/۳	۱۱۲۰۰	۹۸۲۰	۱۰۰۰۰	۸۸۰۱

شکل ۱۱۱- بهره‌وری آب مصرفی بر اساس عملکرد برآوردی و باسکول در تیمار و شاهد مزرعه W_{12}

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

۱-۳-۴- مزرعه شماره S4

بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S4 مجزا و تحت مدیریت دو کشاورز می‌باشد. مزارع تیمار و شاهد تحت کشت چغندرقند به مساحت ۱/۳ و ۱ هکتار 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 (۶۰×۴۰ سانتی‌متر) می‌باشد. مشخصات نوارهای تیمار و شاهد در جدول ۷۹ و پروفیل طولی شیب کف مزرعه تیمار در شکل ۱۱۲ نشان داده‌شده 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 S_4

مزرعه S_4	روش آبیاری	طول×عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	جویچه‌ای- دوردیفه ۶۰×۴	۷۵×۱۲	۰/۰۰۰۹۶	بسته
شاهد	نواری- تک ردیفه ۵۰×۵۰	۷۵×۱۲	-	بسته

شکل ۱۱۲– نیمرخ شیب طولی نوار تیمار مزرعه S_4

پیشروی و پسروی در آبیاری اول تیمار و شاهد در شکل ۱۱۳ ارائه‌شده که مطابق این شکل پیشروی جریان در تیمار و شاهد به‌ترتیب 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.

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 به‌ترتیب ۴۵/۵ و ۱۰۹/۰ میلی‌متر بوده و اعمال تیمار موجب کاهش ۶۳/۵ میلی‌متری عمق آبیاری شده است. آبیاری دوم تیمار و شاهد به‌ترتیب در تاریخ ۹۸/۲/۲۷ و ۹۸/۲/۲۹ انجام شد. در آبیاری دوم، مقدار عمق آب کاربردی تیمار و شاهد به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 S_4 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 موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهادشده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته‌شده 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 S_4 طی آبیاری‌های مختلف

مقدار کل حجم آب مصرفی طی فصل رشد (۶ آبیاری) در مزرعه تیمار ۳۲۳۰ مترمکعب بر هکتار بوده و حجم کل آب مصرفی شاهد طی ۴ آبیاری اول ۳۵۲۶/۱ مترمکعب بر هکتار بوده و محاسبه کل حجم آب مصرفی شاهد طی فصل رشد به دلیل عدم وجود اطلاعات آبیاری‌ها امکان‌پذیر نیست. از سوی دیگر مقدار حجم آب مصرفی تیمار طی کل فصل رشد کمتر از حجم آب مصرفی 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 ارائه‌شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط راندمان طی ۶ نوبت آبیاری تیمار ۵۸/۵ درصد و طی ۴ نوبت آبیاری تیمار و شاهد به‌ترتیب 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 S_4 طی آبیاری‌های مختلف

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

۲-۳-۴- مزرعه شماره S5

بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S5 مجزا و تحت مدیریت دو کشاورز و به‌ترتیب دارای مساحت ۰/۶ و ۱ هکتار می‌باشد. قابل‌ذکر است مزرعه حسن خلیلی به‌عنوان شاهد برای دو مزرعه تیمار S4 و S5 در نظر گرفته‌شده است. این مزارع تحت کشت چغندرقند 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 (۶۰×۴۰ سانتی‌متر) می‌باشد. مشخصات نوارهای تیمار و شاهد در جدول ۸۱ و پروفیل طولی شیب کف مزرعه تیمار در شکل ۱۱۶ نشان داده‌شده است. تسطیح این مزرعه با استفاده از لولر انجام‌شده و همان‌طور که از شکل مشخص است، شیب کف مزرعه تیمار یکنواخت و ۰/۰۹۶ درصد می‌باشد.

جدول ۸۱– مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S_5

مزرعه S_5	روش آبیاری	طول×عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	جویچه‌ای- دوردیفه ۶۰×۴	۷۵×۱۲	۰/۰۰۰۴۱	بسته
شاهد	نواری- تک ردیفه ۵۰×۵۰	۷۵×۱۲	-	بسته

شکل ۱۱۶– نیمرخ شیب طولی نوار تیمار در مزرعه S_5

پیشروی و پسروی در آبیاری اول تیمار و شاهد در شکل ۱۱۷ ارائه‌شده که مطابق این شکل پیشروی جریان در تیمار و شاهد به‌ترتیب 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.

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

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

مزرعه تیمار S5 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 S5 طی آبیاری‌های مختلف

مقدار کل حجم آب مصرفی طی فصل رشد (۶ آبیاری) در مزرعه تیمار ۴۶۳۷/۷ مترمکعب بر هکتار بوده و حجم کل آب مصرفی شاهد طی ۴ آبیاری اول ۳۵۲۶/۳ مترمکعب بر هکتار بوده و محاسبه کل حجم آب مصرفی 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 ارائه‌شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط راندمان طی ۶ نوبت آبیاری تیمار ۳۴/۱ درصد و طی ۴ نوبت آبیاری تیمار و شاهد به‌ترتیب 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 S_5 طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S5 به‌ترتیب ۷۵۰۰۰ و ۶۶۶۷۰ کیلوگرم در هکتار بود که بیان‌گر افزایش ۱۲/۵ درصدی عملکرد تیمار نسبت به شاهد می‌باشد. میزان بهره‌وری آب مصرفی تیمار بر اساس عملکرد باسکول ۲۴/۵ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. محاسبه میزان بهره‌وری آب مصرفی در مزرعه شاهد به دلیل عدم پایش دو آبیاری امکان‌پذیر نبود.

۳-۳-۴- باغ شماره S6

باغ S6 تحت کشت هلو بوده و بخش‌های تیمار و شاهد باغ به‌ترتیب مساحتی معادل ۰/۱ و ۰/۴ هکتار دارند. تکنیک مورداستفاده 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 S_6

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 ارائه‌شده که مطابق این شکل پیشروی جریان در تیمار و شاهد به‌ترتیب ۴۳ و ۹۰ دقیقه به طول انجامیده است.

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 به‌ترتیب 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 S6 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 به‌ترتیب 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 S_6 طی آبیاری‌های مختلف

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

شکل ۱۲۲- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی تیمار و شاهد در باغ S_6

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی آبیاری‌هایی که رطوبت خاک پایش شده، در شکل ۱۲۳ ارائه‌شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط راندمان در بخش‌های تیمار و شاهد

به‌ترتیب 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 S6 به‌ترتیب ۱۶۵۰۰ و ۱۲۴۰۰ کیلوگرم در هکتار بود که نشان‌دهنده افزایش ۳۳/۱ درصدی عملکرد تیمار نسبت به شاهد می‌باشد. محاسبه میزان بهره‌وری آب مصرفی در این باغ به دلیل عدم پایش یک آبیاری امکان‌پذیر نبود.

۴-۳-۴- مزرعه شماره S7

بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S7 تحت کشت چغندرقند 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 (۶۰×۴۰ سانتی‌متر) است. مشخصات نوارهای تیمار و شاهد در جدول ۸۵ آورده داده‌شده 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- دوردیفه ۶۰×۴	۱۲۵×۳	بسته
شاهد	نواری	۱۲۵×۴/۲	بسته

پیشروی و پسروی در آبیاری اول تیمار و شاهد در شکل ۱۲۴ ارائه‌شده که مطابق این شکل پیشروی جریان در تیمار و شاهد به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 S_7 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 موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهادشده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته‌شده است. همچنین ۶ میلی‌متر برای تلفات تبخیر و بادبردگی در آبیاری بارانی لحاظ شده و درمجموع ۳۶ میلی‌متر به‌عنوان کمبود رطوبتی خاک مدنظر قرار گرفت.

مزارع تیمار و شاهد طی فصل رشد محصول در ۷ نوبت آبیاری گردید. قابل‌ذکر 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 به‌ترتیب 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 S_7 طی آبیاری‌های مختلف

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

شکل ۱۲۶- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی تیمار و شاهد در مزرعه S_7 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 ارائه‌شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط راندمان در بخش‌های تیمار و شاهد به‌ترتیب 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 S_7 طی آبیاری‌های مختلف

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

۵-۳-۴- مزرعه شماره S8

مزرعه S8 تحت کشت چغندرقند بوده و بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه به‌ترتیب 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 نازله) بوده و تکنیک مورداستفاده برنامه‌ریزی زمان واقعی آبیاری است. پروفیل طولی شیب کف تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۱۲۸ نشان داده‌شده است. مطابق این شکل، شیب نوارهای تیمار و شاهد مزرعه S8 یکنواخت و به‌ترتیب ۰/۰۸۶ و ۰/۰۸۳ درصد می‌باشد.

جدول ۸۷– مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S_8

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 S_8

آبیاری اول تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۲/۱۹ صورت گرفت و دبی آبپاش و مقدار ضریب یکنواختی (CU) بر اساس آزمایش یکنواختی به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 S_8 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
آبیاری اول	تیمار	۵/۳۵	۲۴۰	۴۵/۰	۳۱/۵	۷۰/۰
	شاهد	۸۳/۷۳	۳۶۰	۸۳/۰	۳۱/۵	۳۷/۹
آبیاری دوم	تیمار	۵/۳۵	۳۴۲	۶۴/۱	۴۸/۵	۷۵/۷
	شاهد	۸۷/۷۳	۵۴۰	۱۲۴/۵	۴۷/۲	۳۷/۹
آبیاری سوم	تیمار	۵/۲۹	۴۲۶	۷۹/۰	۵۸/۳	۷۳/۸
	شاهد	۸۳/۰۷	۶۹۰	۱۵۷/۸	۵۵/۶	۳۵/۲

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 به‌ترتیب 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 S_8 طی آبیاری‌های مختلف

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

شکل ۱۳۰- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی تیمار و شاهد در مزرعه S_8

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی آبیاری‌هایی که رطوبت خاک پایش شده، در شکل ۱۳۱ ارائه‌شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط راندمان در بخش‌های تیمار و شاهد به‌ترتیب 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 S_8 طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S8 به‌ترتیب ۸۰۰۰۰ و ۷۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۸۹). بر اساس عملکرد باسکول و حجم آب مصرفی، مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به‌ترتیب ۱۲/۲۴ و ۶/۷۹ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب 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 چغندرقند در مهاباد (۶۱/۵ میلی‌متر) مقدار بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر تیمار و شاهد

به‌ترتیب ۱۱/۱۹ و ۶/۴۳ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. نمودار بهره‌وری آب مصرفی 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 S_8

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (Kg/m^3)		عملکرد (Kg/ha)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	شاهد	تیمار
۶/۴۳	۱۱/۱۹	۱۲/۲۴	۶/۷۹	۷۵۰۰۰۰	۸۰۰۰۰

جدول ۹۰- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب مصرفی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S_8

مزرعه	کاهش آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (Kg/m^3)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (٪)
S_8	۴۰/۸	۵/۴۵	۸۰/۲	۷۳/۹

شکل ۱۳۲- بهره‌وری آب مصرفی بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S_8

۶-۳-۴- 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 ۷۵×۱۸ 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 داده‌شده است. همان‌طور که از شکل مشخص است، شیب کف مزرعه تیمار و شاهد یکنواخت و به‌ترتیب ۰/۰۶۷ و ۰/۰۸۴ درصد می‌باشد.

جدول ۹۱– مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S_9

مزرعه S_9	روش آبیاری	طول×عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	تیپ	۹۳/۵×۱۵۰	۰/۰۰۰۶۷	
شاهد	جویچه‌ای	۶۰×۵۰	۰/۰۰۰۸۴	بسته

شکل ۱۳۳– نیمرخ شیب طولی نوارهای تیمار و شاهد در مزرعه S_9

آبیاری اول تیمار و شاهد مزرعه S9 با استفاده از سیستم شبکه و به‌صورت 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. قابل‌ذکر است در این مزرعه پایش رطوبت خاک صورت نگرفته و مقدار نیاز خالص آبیاری و به‌تبع آن مدت آبیاری (راندمان آبیاری ۹۰ درصد لحاظ گردیده است) با استفاده از داده‌های هواشناسی و برآورد میزان تبخیر-تعرق محاسبه‌شده 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 به‌ترتیب 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 S_9 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 محاسبه‌شده است.

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

شکل ۱۳۴- مقایسه مقادیر عمق آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S_9 طی آبیاری‌های مختلف

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

شکل ۱۳۵- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی تیمار و شاهد در مزرعه S_9

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 مصرفی، مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به‌ترتیب ۱۱/۹۴ و ۸/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب 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 به‌ترتیب ۱۱/۰۷ و ۸/۰۲ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. نمودار بهره‌وری آب مصرفی 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 S_9

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (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 مصرفی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S_9

مزرعه	کاهش آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (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 مصرفی بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S_9

۷-۳-۴- مزرعه شماره S10

مزارع تیمار و شاهد مجزا و تحت مدیریت دو کشاورز مجزا قرار داشته و به‌ترتیب 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 تک ردیفه با فواصل کشت ۷۵×۱۶ سانتی‌متر و تیمار شامل کشت دو ردیفه ذرت روی پشته (فواصل ۳۵ سانتی‌متری بین دو بوته) با فواصل کشت ۷۵×۱۶(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 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؛ هرکدام ۳۱۴۲ مترمربع) تقسیم و آبیاری هر بخش به‌صورت مجزا صورت گرفت. طول و عرض نوارهای تیمار ۱۳۴ و ۶ متر و نوارهای شاهد ۸۰ و ۵ متر می‌باشد (جدول ۹۵). پروفیل طولی شیب کف تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۱۳۷ نشان داده‌شده 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 S_{10}

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

شکل ۱۳۷– نیمرخ شیب طولی نوارهای تیمار و شاهد در مزرعه S_{10}

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 به‌ترتیب در تاریخ ۹۸/۳/۱۴ و ۹۸/۳/۱۳ صورت گرفت. دبی آبپاش‌ها در هر دو مزرعه ۱ لیتر بر ثانیه و فاصله آبپاش‌ها ۱۸/۵×۱۸/۵ متر بود. بر این اساس متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به‌ترتیب ۱۰/۵ و ۶۳/۱ میلی‌متر بوده و به‌عنوان خاک‌آب صورت گرفته است (جدول ۹۶). متوسط راندمان کاربرد آبیاری اول در تیمار و شاهد در این آبیاری به‌ترتیب ۱۰۰/۰ و ۴۷/۵ درصد بوده و به‌عنوان خاک‌آب بکار رفته است (جدول ۹۶). آبیاری دوم مزارع تیمار و شاهد S10 با استفاده از شبکه بارانی صورت گرفت و عمق آبیاری تیمار و شاهد در آبیاری دوم به‌ترتیب 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 به‌روش 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		
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 موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهادشده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته‌شده است. همچنین ۶ میلی‌متر برای تلفات تبخیر و بادبردگی در آبیاری بارانی لحاظ شده و درمجموع ۳۶ میلی‌متر به‌عنوان کمبود رطوبتی خاک مدنظر قرار گرفت.

** دبی کل تیمار از حاصل‌ضرب تعداد کل خروجی‌ها (۲۰۹۵۲) در دبی متوسط خروجی‌ها (۱/۷۴ لیتر بر ساعت) محاسبه‌شده است.

پیشروی و پسروی در آبیاری سوم در یکی از جویچه‌های مزرعه شاهد در شکل ۱۳۸ ارائه‌شده 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 به‌ترتیب 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 مصرف آب در تیمار و شاهد مزرعه S10 به‌ترتیب ۴۲۴۵/۶ و ۸۷۷۲/۶ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف آب در حدود ۵۱/۶ درصدی (حدود ۴۵۲۷/۱ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۴۰).

شکل ۱۴۰- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی 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 ارائه‌شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط راندمان در بخش‌های تیمار و شاهد به‌ترتیب ۴۲/۱ و ۳۵/۲ درصد می‌باشد.

شکل ۱۴۱- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S_{10} طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S10 به‌ترتیب ۸۹۰۰۰ و ۴۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۹۷). میزان عملکرد تیمار نسبت به شاهد ۵۰/۵ درصد افزایش‌یافته است. متفاوت بودن رقم کشت ذرت در مزارع تیمار و شاهد و همچنین کشت دو ردیف روی پشته در بخش تیمار ازجمله دلایل این تفاوت عملکرد می‌باشد. بر اساس عملکرد باسکول و حجم آب مصرفی، مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به‌ترتیب ۲۰/۹۶ و ۵/۰۲ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب 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 به‌ترتیب ۲۶/۸ و ۰ میلی‌متر بوده که در محاسبه بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر لحاظ گردید. نمودار بهره‌وری آب مصرفی 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 S_{10}

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (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 مصرفی بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S_{10}

۸-۳-۴- مزرعه شماره S11

مزارع تیمار و شاهد مجزا و تحت مدیریت دو کشاورز مجزا قرار داشته و به‌ترتیب مساحتی معادل ۴ و ۰/۹ هکتار دارند. این مزارع تحت کشت ذرت بوده و به روش جویچه‌ای آبیاری می‌گردند. قابل‌ذکر است مزرعه منصور حسن‌پور به‌عنوان شاهد برای مزارع تیمار S10 و S11 در نظر گرفته‌شده است. تکنیک به‌کاررفته در مزرعه تیمار کشت نشایی ذرت است. آرایش کشت هر دو مزرعه شامل کشت تک ردیفه با فواصل کشت ۷۵×۱۶ سانتی‌متر است (جدول ۹۸). پروفیل طولی شیب کف تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۱۴۳ نشان داده‌شده 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 S_{11}

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 S_{11}

دو آبیاری اول و دوم مزرعه شاهد با استفاده از سیستم آبیاری بارانی صورت گرفت و مجموع حجم آبیاری مورداستفاده 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 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 S_{11} 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		
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.

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

پیشروی و پسروی در آبیاری چهارم در یکی از جویچه‌های مزارع تیمار و شاهد در شکل ۱۴۴ ارائه‌شده که مطابق این شکل پیشروی جریان در یکی از جویچه‌های تیمار و شاهد به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 S_{11} طی آبیاری‌های مختلف

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

شکل ۱۴۶- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی تیمار و شاهد در مزرعه S_{11}

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

شکل ۱۴۷- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S_{11} طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S11 به‌ترتیب ۵۴۰۰۰ و ۴۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱۰۰). میزان عملکرد تیمار نسبت به شاهد ۲۲/۷ درصد افزایش‌یافته 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 مصرفی، مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به‌ترتیب ۱۱/۳۱ و ۵/۰۲ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب افزایش ۱۲۵/۴ درصدی مقدار بهره‌وری آب تیمار نسبت به شاهد گردیده است (جدول ۱۰۱). نمودار بهره‌وری آب مصرفی 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 S_{11}

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (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 مصرفی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S_{11}

مزرعه	کاهش آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (Kg/m^3)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (٪)
S_{11}	۴۵/۶	۶/۲۹	۱۲۵/۸	۱۲۵/۸

شکل ۱۴۸- بهره‌وری آب مصرفی بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S_{11}

۹-۳-۴- نتایج پایش مزرعه S12

مساحت این مزرعه ۱ هکتار بوده و تحت کشت کدو می‌باشد. طول نوار تیمار و شاهد مزرعه به‌ترتیب ۵۹ و ۲۴ متر می‌باشد. در این مزرعه در هر دو بخش شاهد و تیمار آبیاری تیپ با فواصل نوارهای ۷۵ سانتیمتر اجراشده و تکنیک مورداستفاده، 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 به‌ترتیب 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 به‌صورت جدول ۱۰۲ ارائه‌شده است. پروفیل طولی شیب کف تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۱۴۹ نشان داده‌شده است. همان‌طور که از شکل مشخص است، شرایط یکنواختی شیب کف تیمار بهتر از شاهد می‌باشد.

جدول ۱۰۲– مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S_{12}

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 S_{12}

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 مصرفی 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 اعمال‌شده 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 برداشت‌شده که نشان‌دهنده رطوبت بالای مزرعه بوده به‌گونه‌ای که مقدار کمبود رطوبتی خاک و به‌تبع آن راندمان کاربرد صفر بوده است. به‌عبارت‌دیگر، نیازی به آبیاری نبوده است که به دلیل عمق زیاد آبیاری در آبیاری اول قابل‌تحلیل 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 S_{12} 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***	–	۹۰/۷	۷۶/۱	۸۳/۹
	شاهد	۲/۰۱***	–	۹۹/۹	۷۳/۹	۷۴/۱

* در آبیاری خاک‌آب که هنوز ریشه‌ای وجود ندارد، جهت محاسبه عمق خالص موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهادشده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته‌شده 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 S_{12}

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 S_{12} طی آبیاری‌های مختلف

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

شکل ۱۵۱- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی تیمار و شاهد در مزرعه S_{12}

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی هشت آبیاری پایش شده، در شکل ۱۵۲ ارائه‌شده است. لازم به ذکر است در این شکل مقادیر راندمان ارائه‌شده 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 S_{12} 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 مصرفی، مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به‌ترتیب ۰/۳۴ و ۰/۲۹ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب 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 مصرفی 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 S_{12}

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

جدول ۱۰۶- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب مصرفی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S_{12}

مزرعه	کاهش آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (Kg/m^3)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (٪)
S_{12}	۱۵/۳	۰/۰۵	۱۸/۱	۱۷/۳

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

۱۰-۳-۴- مزرعه شماره S13

نوع سیستم آبیاری در مزرعه S13، آبیاری بارانی کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک با فاصله ۲۲×۲۲ متر شیرهای خودکار بوده و تکنیک مورداستفاده در بخش تیمار، مدیریت زمان آبیاری بارانی می‌باشد. در این مزرعه آبیاری اول تیمار و شاهد در تاریخ ۹۸/۴/۱۴ 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 به‌ترتیب در حدود ۶۸/۲ و ۳۸/۵ میلی‌متر (به‌روش ASCE) بوده است. مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S13 در جدول ۱۰۷ ارائه‌شده 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	۲۲×۲۲
شاهد	بارانی	۲۲×۲۲

خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه S13 در جدول ۱۰۸ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۱۰۸، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به‌ترتیب ۳۸/۴ و ۴۸/۰ میلی‌متر بوده که با اعمال تیمار زمان‌بندی واقعی آبیاری در آبیاری اول، عمق کاربردی ۹/۶ میلی‌متر کاهش‌یافته است. قابل‌ذکر 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 ۳۸/۴ میلی‌متر بوده است. در آبیاری سوم، متوسط عمق آبیاری تیمار و شاهد به‌ترتیب ۴۳/۲ و ۵۷/۶ میلی‌متر بوده و اعمال برنامه آبیاری موجب کاهش ۶/۳ 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	مزرعهS_{13}	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	۱/۲۹	۲۴۰	۳۸/۴	۳۲/۷	۹۳/۸
	شاهد	۱/۲۹	۳۰۰	۴۸/۰	۳۳/۸	۷۵/۰
آبیاری دوم	تیمار	۱/۲۹	۲۴۰	۳۸/۴	۳۰/۴	۷۹/۲
	شاهد	۱/۲۹	۲۴۰	۳۸/۴	۲۶/۹	۷۰/۱
آبیاری سوم	تیمار	۱/۲۹	۲۷۰	۴۳/۲	۳۵/۴	۸۲/۱
	شاهد	۱/۲۹	۳۶۰	۵۷/۶	۴۱/۷	۷۲/۵

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 S_{13}

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 این‌که آزمایش یکنواختی هم‌زمان با آبیاری اول (که در حدود دو و نیم ماه بعد از کشت انجام‌شده 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) محاسبه‌شده است.

شکل ۱۵۴- کفایت آبیاری در آزمایش یکنواختی مزرعه S_{13}

مطابق جدول ۱۹۵، مقدار CU در رنج مناسب (۷۳/۶ درصد) قرار دارد. متوسط عمق آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد به‌ترتیب ۳۱/۱ و ۳۸/۸ میلی‌متر بوده که موجب شده کفایت آبیاری در بخش‌های تیمار و شاهد به‌ترتیب 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 مصرف آب 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 S_{13} طی آبیاری‌های مختلف

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

شکل ۱۵۶- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی تیمار و شاهد در مزرعه S_{13}

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد مزرعه طی هفت آبیاری صورت گرفته در شکل ۱۵۷ ارائه‌شده 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 ارائه‌شده 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 S_{13} 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 به‌ترتیب 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 چغندرقند در شهرستان نقده ۳۸/۵ میلی‌متر بوده مقادیر بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر تیمار و شاهد به‌ترتیب ۲۰/۴۰ و ۱۷/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. نمودار بهره‌وری آب مصرفی 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 S_{13}

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (Kg/m^3)		عملکرد (Kg/ha)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	شاهد	تیمار
۱۷/۶۳	۲۰/۴۰	۲۳/۰۲	۱۹/۵۶	۶۹۰۴۸	۶۹۰۴۸

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

جدول ۱۱۱- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب مصرفی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S_{13}

مزرعه	کاهش آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (Kg/m^3)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (٪)
S_{13}	۱۵/۱	۲/۶۲	۱۷/۷	۱۵/۷

شکل ۱۵۸- بهره‌وری آب مصرفی بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S_{13}

۱۱-۳-۴- 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 به‌صورت 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 به‌ترتیب 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 به‌صورت جدول ۱۱۲ ارائه‌شده است. پروفیل طولی شیب کف تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۱۵۹ نشان داده‌شده 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 S_{14}

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 S_{14}

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 به‌ترتیب ۶۵ و ۴۵ دقیقه می‌باشد که استفاده از آبیاری سیفون و کاهش عرض نوار ازجمله 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 خاک‌آب محسوب نمی‌گردد (مقدار بارش و بارش مؤثر در این مدت به‌ترتیب ۶۰/۷ و ۳۲/۸ میلی‌متر بوده است). خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، 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 به‌ترتیب ۳۴/۱ و ۱۳۱/۸ میلی‌متر بوده و استفاده از روش آبیاری سیفون موجب کاهش قابل‌توجه 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 S14 در جدول ۱۱۳ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۱۱۳، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به‌ترتیب 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 S14 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 مصرف آب در تیمار و شاهد مزرعه S14 به‌ترتیب ۲۲۱۲/۱ و ۶۵۰۴/۴ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف آب در حدود ۶۶ درصدی (حدود ۴۲۹۲/۳ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۶۲).

شکل ۱۶۲- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی تیمار و شاهد در مزرعه S_{14}

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی پنج آبیاری پایش شده، در شکل ۱۶۳ ارائه‌شده 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 S_{14} 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 به‌ترتیب ۰/۶۸ و ۰/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب به دلیل کاهش قابل‌توجه آب مصرفی تیمار نسبت به شاهد (۶۶ درصد) مقدار بهره‌وری باسکول ۱۹۴ درصد افزایش‌یافته است (جدول ۱۱۵). همچنین با توجه به مقدار بارش مؤثر که در طی فصل رشد کدو در روستای غفاربهی 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 مصرفی 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 S_{14}

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (Kg/m^3)		عملکرد (Kg/ha)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	شاهد	تیمار
۰/۵۹	۰/۲۲	۰/۶۸	۰/۲۳	۱۵۰۰	۱۵۰۰

جدول ۱۱۵- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب مصرفی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S_{14}

مزرعه	کاهش آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (Kg/m^3)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (٪)
S_{14}	۶۶/۰	۰/۴۵	۱۹۴/۰	۱۶۹/۰

شکل ۱۶۴- بهره‌وری آب مصرفی بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S_{14}

۱۲-۳-۴- 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-مانتیث-فائو محاسبه شد. بر این اساس دور آبیاری، ۷ روز لحاظ گردید. مشخصات نوارهای تیمار و شاهد به‌صورت جدول ۱۱۶ ارائه‌شده است.

جدول ۱۱۶– مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در باغ S_{15}

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 به‌ترتیب ۴۴/۸ و ۱۱۶/۵ میلی‌متر بوده و استفاده از روش آبیاری بابلر موجب کاهش قابل‌توجه 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 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 S_{15} 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 به‌ترتیب 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 S_{15} طی آبیاری‌های مختلف

میزان مصرف آب در تیمار و شاهد باغ S15 به‌ترتیب ۶۸۳۶/۱ و ۱۱۱۰۸/۵ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف آب در حدود ۳۸/۵ درصدی (حدود ۴۲۷۲/۴ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۶۶).

شکل ۱۶۶- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی 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 ارائه‌شده 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 S15، ۱۵۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱۱۸). بر اساس عملکرد باسکول و حجم آب مصرفی، مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به‌ترتیب ۲/۲۷ و ۱/۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب 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 مصرفی 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 S_{15}

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (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 مصرفی در بخش‌های تیمار و شاهد باغ S_{15}

مزرعه	کاهش آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (Kg/m^3)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (٪)
S_{15}	۳۸/۵	۰/۸۷	۶۲/۵	۵۹/۶

شکل ۱۶۸- بهره‌وری آب مصرفی بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد باغ S_{15}

۱۳-۳-۴- مزرعه شماره S16

مساحت این باغ ۰/۳ هکتار بوده و تحت کشت شلیل می‌باشد. بخش شاهد باغ S16 به‌صورت غرقابی آبیاری شده و تکنیک مورداستفاده در بخش تیمار این باغ، آبیاری شیاری دوطرفه می‌باشد. طول و عرض نوارها در قسمت تیمار به‌ترتیب 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 به‌صورت جدول ۱۲۰ ارائه‌شده است.

جدول ۱۲۰– مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S_{16}

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 به‌ترتیب 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 S16 در جدول ۱۲۱ ارائه گردیده است. مطابق جدول ۱۲۱، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار و شاهد به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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	مزرعهS_{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 S16 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 S_{16} طی آبیاری‌های مختلف

میزان مصرف آب در تیمار و شاهد باغ S16 به‌ترتیب ۷۴۷۱/۶ و ۱۶۱۹۸/۰ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف آب در حدود ۵۳/۹ درصدی (حدود ۸۷۲۶/۴ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۷۱).

شکل ۱۷۱- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی تیمار و شاهد در مزرعه S_{16}

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی ۱۲ آبیاری پایش شده، در شکل ۱۷۲ ارائه‌شده است. مطابق این شکل، مقدار متوسط افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد باغ، حدود ۳۵/۴ درصد به دست آمد.

شکل ۱۷۲- 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 S16، ۲۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱۲۲). مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به‌ترتیب 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 افزایش‌یافته است که این موضوع به دلیل کاهش قابل‌توجه آب مصرفی 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 غفاربهی 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 مصرفی تیمار و شاهد بر اساس عملکرد باسکول در شکل ۱۷۳ ترسیم گردیده است.

جدول ۱۲۲- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه S_{16}

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (Kg/m^3)		عملکرد (Kg/ha)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	شاهد	تیمار
۳/۱۸	۱/۵۱	۳/۳۵	۱/۵۴	۲۵۰۰۰	۲۵۰۰۰

جدول ۱۲۳- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب مصرفی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S_{16}

مزرعه	کاهش آب مصرفی (%)	افزایش بهره‌وری باسکول (%)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (%)
S_{16}	۵۳/۹	۱۱۶/۸	۱۱۱/۱

شکل ۱۷۳- بهره‌وری آب مصرفی بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S_{16}

۱۴-۳-۴- 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 به‌ترتیب 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 ارائه‌شده است. پروفیل طولی شیب کف تیمار و شاهد در این مزرعه در شکل ۱۷۴ نشان داده‌شده 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 S_{17}

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 S_{17}

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 اول به‌ترتیب ۳۹ و ۸۰ دقیقه می‌باشد که استفاده از آبیاری سیفون و کاهش عرض نوار ازجمله دلایل این موضوع است.

شکل ۱۷۵- 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 خاک‌آب محسوب نمی‌گردد (مقدار بارش و بارش مؤثر در این مدت به‌ترتیب ۶۰/۷ و ۳۲/۸ میلی‌متر بوده است). خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، 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 به‌ترتیب ۳۴/۷ و ۱۱۰/۹ میلی‌متر بوده و استفاده از روش آبیاری سیفون موجب کاهش قابل‌توجه ۶۶/۲ میلی‌متری عمق آب کاربردی گردیده است. مطابق جدول ۱۲۵، متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار و شاهد به‌ترتیب 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 S_{17} در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعهS_{17}	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	۲/۵۰	۲۵	۳۴/۷	۳۸/۲	۱۰۰/۰
	شاهد	۸/۸۷	۷۵	۱۱۰/۹	۳۱/۳	۲۸/۲
آبیاری دوم	تیمار	۲/۵۰	۳۵	۴۸/۶	۳۲/۵	۶۶/۸
	شاهد	۸/۸۷	۶۵	۹۶/۱	۳۹/۸	۴۱/۵
آبیاری سوم	تیمار	۲/۵۰	۴۰	۵۵/۶	۳۴/۱	۶۱/۳
	شاهد	۸/۸۷	۹۵	۱۴۰/۴	۲۸/۹	۲۰/۶

مزرعه S17 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 S17 به‌ترتیب 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 مصرفی 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 ارائه‌شده 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 S_{17} 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 مصرفی، مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به‌ترتیب ۳/۶ و ۱/۴۴ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب 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 غفاربهی 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 مصرفی 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 S_{17}

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (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 مصرفی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S_{17}

مزرعه	کاهش آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (Kg/m^3)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (٪)
S_{17}	۶۰/۰	۲/۱۶	۱۵۰/۱	۱۲۱/۵

شکل ۱۷۹- بهره‌وری آب مصرفی بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S_{17}

۱۵-۳-۴- مزرعه شماره S18

مزارع تیمار و شاهد مجزا و تحت مدیریت دو کشاورز مجزا قرار داشته و به‌ترتیب 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 ۰/۸×۰/۵ 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 داده‌شده است. همان‌طور که از شکل مشخص است، شیب کف تیمار و شاهد از یکنواختی مناسبی برخوردار نبوده و در صورت تسطیح مزارع نتایج به‌دست‌آمده بهبود می‌یافت.

جدول ۱۲۸– مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S_{18}

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 ارائه‌شده 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 به‌ترتیب در تاریخ ۹۸/۴/۱۴ و ۹۸/۳/۲۹ صورت گرفت و دبی ورودی به مزارع تیمار و شاهد با استفاده از خط‌کش جت اندازه‌گیری و به‌ترتیب ۹ و ۱۵ لیتر بر ثانیه اندازه‌گیری گردید (جدول ۱۲۹). مطابق جدول ۱۲۹، متوسط عمق آبیاری اول در تیمار (با احتساب ۸۰ درصد سطح خیس‌شده) و شاهد به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 S_{18} در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعهS_{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 موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهادشده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته‌شده 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 S_{18} طی آبیاری‌های مختلف

میزان مصرف آب در تیمار و شاهد مزرعه S18 به‌ترتیب ۴۶۵۷/۴ و ۶۰۷۵/۰ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف آب در حدود ۲۳/۳ درصدی (حدود ۱۴۱۷/۶ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۸۳).

شکل ۱۸۳- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی تیمار و شاهد در مزرعه S_{18}

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی سه آبیاری پایش شده، در شکل ۱۸۴ ارائه‌شده 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 S_{18} طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S18 به‌ترتیب ۲۱۴۲ و ۱۸۷۵ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱۳۰). بر اساس عملکرد باسکول و حجم آب مصرفی، مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به‌ترتیب ۰/۴۶ و ۰/۳۱ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب 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 مصرفی 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 S_{18}

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (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 مصرفی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S_{18}

مزرعه	کاهش آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (Kg/m^3)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (٪)
S_{18}	۲۳/۳	۰/۱۵	۴۹/۰	۴۸/۷

شکل ۱۸۵- بهره‌وری آب مصرفی بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S_{18}

۱۶-۳-۴- مزرعه شماره S19

مزارع تیمار و شاهد مجزا و تحت مدیریت دو کشاورز مجزا قرار داشته و به‌ترتیب 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 داده‌شده است. همان‌طور که از شکل مشخص است، شیب کف تیمار و شاهد تقریباً یکنواخت بوده و در بخش شاهد سراریزی با شیب ۰/۱ درصد مشاهده می‌گردد.

جدول ۱۳۲– مشخصات نوارهای مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه S_{19}

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 S_{19}

پیشروی و پسروی در نوارهای تیمار و شاهد مزرعه S19 در شکل ۱۸۷ ارائه‌شده است. مطابق این شکل، پیشروی جریان در نوارهای تیمار و شاهد به‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب ۶۴/۸ و ۱۱۲/۷ میلی‌متر بوده و استفاده از دریچه‌های هیدروفلوم موجب کاهش قابل‌توجه ۴۷/۹ میلی‌متری عمق آب کاربردی گردیده است. متوسط راندمان کاربرد تیمار و شاهد در این آبیاری به‌ترتیب 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 به‌ترتیب ۵۴/۰ و ۱۱۲/۷ میلی‌متر بوده و استفاده از دریچه‌های 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 S_{19} در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعهS_{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 موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهادشده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته‌شده 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 S_{19} طی آبیاری‌های مختلف

میزان مصرف آب در تیمار و شاهد مزرعه S19 به‌ترتیب ۳۳۴۸/۰ و ۶۷۶۵/۲ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف آب در حدود ۵۰/۵ درصدی (حدود ۳۴۱۷/۲ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۸۹).

شکل ۱۸۹- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی تیمار و شاهد در مزرعه S_{19}

مقادیر متوسط راندمان آبیاری در مزارع تیمار و شاهد طی ۶ آبیاری به‌ترتیب ۷۶/۷ و ۲۶/۹ درصد بود که نشان‌دهنده افزایش ۴۹/۸ درصدی راندمان کاربرد در اثر استفاده از دریچه‌های هیدروفلوم می‌باشد (شکل ۱۹۰).

شکل ۱۹۰- مقایسه مقادیر راندمان آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S_{19} طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در مزارع تیمار و شاهد S19 به‌ترتیب ۶۰۰۰۰ و ۴۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱۳۴). بر اساس عملکرد باسکول و حجم آب مصرفی، مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به‌ترتیب ۱۷/۹۲ و ۶/۲۱ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب افزایش ۱۸۶/۷ درصدی مقدار بهره‌وری آب تیمار نسبت به شاهد گردیده است (جدول ۱۳۵) که این افزایش قابل‌توجه هم در اثر افزایش عملکرد و هم در اثر کاهش ۵۰/۵ درصدی آب مصرفی 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 مصرفی می‌باشد. نمودار بهره‌وری آب مصرفی 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 S_{19}

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (Kg/m^3)		عملکرد (Kg/ha)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	شاهد	تیمار
۱۷/۶۸	۶/۱۷	۱۷/۹۲	۶/۲۱	۴۲۰۰۰	۶۰۰۰۰

جدول ۱۳۵- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب مصرفی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S_{19}

مزرعه	کاهش آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (Kg/m^3)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (٪)
S_{19}	۵۰/۵	۱۱/۷۱	۱۸۸/۷	۱۸۶/۷

شکل ۱۹۱- بهره‌وری آب مصرفی بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S_{19}

۱۷-۳-۴- مزرعه شماره S20

مزارع تیمار و شاهد مجزا و تحت مدیریت دو کشاورز مجزا قرار داشته و به‌ترتیب مساحتی معادل ۱/۳ و ۰/۴ هکتار دارند. این مزارع تحت کشت گوجه‌فرنگی بوده که مزرعه شاهد به روش جویچه‌ای و مزرعه تیمار به‌روش 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 داده‌شده 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 S_{20}

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 S20 در شکل ۱۹۳ ارائه‌شده 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 به‌ترتیب 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 به‌ترتیب ۱۸/۲ و ۵۶/۲ میلی‌متر و مقادیر راندمان آبیاری به‌ترتیب ۱۰۰ و ۵۳/۴ درصد بوده است. به‌این‌ترتیب 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 به‌ترتیب 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 S_{20} در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعهS_{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 موردنیاز آبیاری روش‌های مختلف پیشنهادشده است که در این مطالعه، مقدار ۳۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته‌شده است.

** دبی ورودی به مزرعه با استفاده از دبی متوسط قطره‌چکان (۱/۸ لیتر بر ساعت) و تعداد کل خروجی‌ها محاسبه‌شده 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 می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی تیمار نسبت به شاهد ۲۸/۸ درصد بود.

شکل ۱۹۴- مقایسه مقادیر عمق آبیاری تیمار و شاهد در مزرعه S_{20} طی آبیاری‌های مختلف

میزان مصرف آب در تیمار و شاهد مزرعه S20 به‌ترتیب ۸۳۱۹/۸ و ۱۱۷۹۳/۲ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف آب در حدود ۲۹/۵ درصدی (حدود ۳۴۷۳/۲ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۱۹۵).

شکل ۱۹۵- مقایسه فصلی حجم آب مصرفی تیمار و شاهد در مزرعه S_{20}

مقادیر متوسط راندمان آبیاری در مزارع تیمار و شاهد طی ۳۳ آبیاری به‌ترتیب 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 S_{20} طی آبیاری‌های مختلف

بر اساس نتایج، میزان عملکرد باسکول در مزارع تیمار و شاهد S20 به‌ترتیب ۴۵۶۷۸ و ۵۶۷۶۵ 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 مصرفی، مقادیر بهره‌وری باسکول در بخش تیمار و شاهد به‌ترتیب ۶/۸۲ و ۳/۸۷ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. به‌این‌ترتیب اعمال تیمار تغییر روش آبیاری موجب افزایش ۷۶/۲ درصدی مقدار بهره‌وری آب تیمار نسبت به شاهد گردیده است (جدول ۱۳۹) که این افزایش قابل‌توجه در اثر افزایش عملکرد و نیز کاهش ۲۹/۵ درصدی آب مصرفی 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 مصرفی می‌باشد. نمودار بهره‌وری آب مصرفی 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 S_{20}

بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (Kg/m^3)		بهره‌وری آب مصرفی (Kg/m^3)		عملکرد (Kg/ha)	
تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	شاهد	تیمار
۶/۷۹	۳/۸۶	۶/۸۲	۳/۸۷	۴۵۶۷۸	۵۶۷۶۵

جدول ۱۳۹- مقایسه مقادیر بهره‌وری آب مصرفی در بخش‌های تیمار و شاهد مزرعه S_{20}

مزرعه	کاهش آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (Kg/m^3)	افزایش بهره‌وری آب مصرفی (٪)	افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر (٪)
S_{20}	۲۹/۵	۲/۹۵	۷۶/۲	۷۵/۹

شکل ۱۹۷- بهره‌وری آب مصرفی بر اساس عملکرد باسکول در تیمار و شاهد مزرعه S_{20}

فصل پنجم

اثربخشی تکنیک‌های به‌زراعی و به‌نژادی در پایلوت-های آذربایجان شرقی

۵-۱- نتایج اندازه‌گیری‌های مزارع و باغات شرکت‌ها در شهرستان اسکو

۵-۱-۱- مزرعه پایش گندم خانم مریم آسیابی

آبیاری اول در مورخه ۹۷/۷/۲۲ انجام شد و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری و همچنین نمونه خاک قبل از آبیاری و بعد از آبیاری در سه نقطه از مزرعه برداشت گردید. جهت تعیین میزان آب مورداستفاده در مزرعه از فلوم wsc استفاده گردید. در مزرعه تیمار روش آبیاری فاروئر ولی در مزرعه شاهد به حالت کرتی غرقابی آبیاری انجام شد. مشخصات مزرعه تیمار و شاهد و شیب مزرعه در جدول ۱۴۰ ارائه‌شده است. در شکل ۱۹۸ پروفیل شیب مزرعه نشان داده شده است. شیب طولی زمین ۰/۲ درصد می‌باشد.

جدول ۱۴۰- مشخصات مزارع مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه خانم آسیابی

مزرعه آسیابی	روش آبیاری	مساحت مزرعه (ha)	شیب طولی (درصد)	شرایط انتها
تیمار	فاروئر	۰/۷	۰/۲	بسته
شاهد	کرتی- غرقابی	۰/۸	۰/۲	بسته

شکل ۱۹۸- پروفیل شیب مزرعه خانم مریم آسیابی

آبیاری اول از دو منبع آب چاه و میزان دبی به‌وسیله فلوم تیپ پنج ۳۵ لیتر در ثانیه اندازه‌گیری شد. مدت‌زمان آبیاری اول در مزرعه تیمار به مساحت ۰,۷ هکتار ۴,۵ ساعت و در مزرعه شاهد به مساحت ۰,۸ هکتار ۷,۵ ساعت می‌باشد. میزان آبیاری اول برای مزرعه تیمار ۷۸۹,۴۰ مترمکعب در هکتار و در مزرعه شاهد ۱۱۹۶,۹۹ مترمکعب در هکتار محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که آماده‌سازی بهینه زمین و تسطیح آن و همچنین روش آبیاری فاروئر بر کاهش عمق آبیاری مؤثر بوده و با محاسبه راندمان کاربرد، میزان این اثربخشی مشخص خواهد شد.

خلاصه نتایج عمق آبیاری، دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا چهارم مزرعه مریم آسیابی جدول ۱۴۱ ارائه گردیده است. در آبیاری اول (خاک‌آب)، با توجه به اینکه هنوز ریشه‌های جهت محاسبه SMD (کمبود رطوبت) خاک وجود ندارد، بنا به توصیه سند ملی آب کشور، ۵۰ میلی‌متر به‌عنوان عمق خالص موردنیاز جهت محاسبه راندمان در نظر گرفته شد.

مطابق جدول ۱۴۱، متوسط کمبود رطوبت خاک بر اساس اندازه‌گیری رطوبت قبل از عملیات آبیاری از ناحیه ریشه و بر اساس رابطه کمبود رطوبتی خاک محاسبه گردیده است. در نوبت دوم آبیاری بنا به توصیه سند ملی آب کشور، ۵۰ میلی‌متر به‌عنوان عمق خالص موردنیاز جهت محاسبه راندمان در نظر گرفته شد. 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 و مدت‌زمان آبیاری دوم مزرعه شاهد به مساحت ۰,۸ هکتار ۶ ساعت می‌باشد. میزان آب برای مزرعه شاهد ۱۱۱۴,۱۰ مترمکعب در هکتار محاسبه گردید.

مطابق جدول ۱۴۱، متوسط عمق آبیاری دوم در مزرعه شاهد ۱۱۱,۴۱ میلی‌متر بوده است. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود ۴۴,۸۷ درصد به دست آمد.

سومین آبیاری در تاریخ ۹۸/۲/۱۰ انجام شد. مطابق جدول ۱۴۱، متوسط عمق آبیاری در مزرعه تیمارها ۸۴,۹۷۴ میلی‌متر و در بخش شاهد ۱۲۳,۶۹۷ میلی‌متر محاسبه شد. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و با اندازه‌گیری عمق ریشه برابر با ۳۰ سانتیمتر، عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار به‌طور

متوسط درصد به دست آمد. مطابق نتایج عمق آبیاری سوم در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه ۳۸,۷ میلی‌متر کاهش یافت.

آبیاری چهارم این مزرعه در تاریخ ۹۸/۲/۳۰ انجام و مانند آبیاری‌های قبلی کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. متوسط عمق آبیاری چهارم در تیمارها حدود ۸۹,۰۸ میلی‌متر و در بخش شاهد مزرعه ۱۲۵,۲۵ میلی‌متر برآورد گردید. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و با اندازه‌گیری عمق ریشه به میزان حدود ۳۰ سانتیمتر و عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار به‌طور متوسط درصد به دست آمد. مطابق نتایج عمق آبیاری چهارم در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه ۳۶,۱۶ میلی‌متر کاهش یافت.

نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری ۴۰,۷۵ میلی‌متر کاهش و حدود ۲۱,۵۷ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است.

جدول ۱۴۱- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه خانم مریم آسیابی در مزارع تیمار و شاهد در آبیاری اول تا چهارم

نوبت آبیاری	مزرعه مریم آسیابی	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	۴,۵	-	۷۸,۹۴	۵۰*	۶۳,۳۴
	شاهد	۳۴,۹۵	۷,۵	-	۱۱۹,۶۹۹	۵۰*	۴۱,۷۷
آبیاری دوم	تیمار	آبیاری صورت نگرفته					
	شاهد	۴۰,۶۶	۶	۱۰,۰۳	۱۱۱,۴۱	۵۰	۴۴,۸۷
آبیاری سوم	تیمار	۳۳,۸۶	۵	۱۶,۸۵	۸۴,۹۷	۴۵,۹۶	۵۴,۰۹
	شاهد	۳۳,۸۶	۸	۱۴,۴۱	۱۲۳,۶۹	۶۴,۷۳	۵۲,۳۳
آبیاری چهارم	تیمار	۳۲,۲۷	۵,۵	۶	۸۹,۰۸	۵۱,۱۲	۵۷,۳۸
	شاهد	۳۲,۲۷	۸,۵	۶,۶۰	۱۲۵,۲۵	۵۳,۸۶	۴۳

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

در مورخه ۹۷/۷/۱۷ برای نصب دابل رینگ جهت اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری خاک به مزرعه مراجعه گردید و این آزمایش انجام شد. استوانه مضاعف را بعد لولر و روی خاک خشک در قسمتی از مزرعه گذاشته و یک میله تیرآهنی روی استوانه‌ها قرار داده (به دلیل اینکه به‌صورت مساوی در داخل زمین فرو برود) و با استفاده از چکش حدود ۱۵ سانتی‌متر به داخل زمین کوبیدیم. در داخل استوانه داخلی به دلیل اینکه آب به‌آرامی داخل خاک نفوذ کند و ساختمان خاک به هم نخورد نایلونی قرار داده سپس به داخل استوانه داخلی آب ریخته و نایلون را به‌آرامی بیرون آوردیم همچنین جهت اندازه‌گیری نفوذپذیری عمودی خاک در داخل استوانه بیرونی هم آب ریخته شد تا مانع از نفوذپذیری جانبی خاک گردد (آب را تا حدی اضافه می‌کنیم که سطح آب در هر دو استوانه برابر گردد) سپس خط کش مدرج داخل استوانه داخلی قرار داده و با استفاده از کرنومتر یا ساعت هر ۱۰ دقیقه یا ۵ دقیقه ارتفاع خط کش قرائت شد. در این آزمایش بایستی دقت شود تا انتهای آزمایش سطح آب در هر دو استوانه برابر باشد. این

آزمایش از ساعت ۹:۱۸ شروع و در ساعت ۱۱:۱۸ به اتمام رسید. در شکل ۱۹۹ نمودار نفوذ حاصل از مزرعه ارائه شده است.

شکل ۱۹۹- نمودار نفوذ مزرعه خانم مریم آسیابی

در شکل ۲۰۰ منحنی پیشروی و پسروی در آبیاری اول تیمار ارائه شده است. اندازه‌گیری پیشروی آب در داخل فارویی به طول ۶۰ متر اندازه‌گیری گردید. این طول در فواصل ۷٫۵ متری برای اندازه‌گیری پیشروی در سطح مزرعه میخ چوبی شده بود و زمان‌های رسیدن آب به این فواصل یادداشت می‌گردید. در شکل ۲۰۱ و ۲۰۲ منحتی پیشروی و پسروی در شاهد و تیمار به ترتیب در آبیاری اول و دوم مزرعه آورده شده است.

شکل ۲۰۰- منحنی پیشروی و پسروی آبیاری اول تیمار

شکل ۲۰۱- منحنی پیشروی و پسروی آبیاری اول شاهد

شکل ۲۰۲- منحنی پیشروی و پسروی آبیاری دوم تیمار

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 می‌شود. در شکل ۲۰۳ و ۲۰۴ میزان آب نفوذ یافته از طریق منحنی پیشروی و پسروی به ترتیب در آبیاری اول و دوم تیمار نشان داده شده است. همچنین در شکل ۲۰۵ مقایسه میان برآورد میزان آب نفوذ کرده از طریق فلوم و منحنی پیشروی و پسروی ارائه شده است. نمودار بیلان آب تیمار و شاهد به ترتیب در شکل ۲۰۶ و ۲۰۷ آورده شده است. مزرعه تیمار طی فصل رشد محصول در سه نوبت آبیاری و مزرعه شاهد نیز چهار نوبت مورد آبیاری قرار گرفت. نمودار بارندگی‌ها و میزان آب‌داده‌شده به مزرعه به ترتیب در شکل ۲۰۸ و جدول ۱۴۲ آورده شده است.

شکل ۲۰۳- میزان آب نفوذ یافته از طریق منحنی پیشروی و پسروی (تیمار) ۹۷/۷/۲۲

شکل ۲۰۴- میزان آب نفوذ یافته از طریق منحنی پیشروی و پسروی (تیمار) ۹۸/۲/۱۰

شکل ۲۰۵- میزان آب برآورده شده از منحنی پیشروی و پسروی و فلوم (تیمار)

شکل ۲۰۶- گراف بیلان آب (تیمار)

شکل ۲۰۷- گراف بیلان آب (شاهد)

شکل ۲۰۸- نمودار میزان بارندگی

جدول ۱۴۲- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری (کمبود رطوبت ناحیه ریشه)

نوبت آبیاری	مساحت تیمار-شاهد (هکتار)	تاریخ آبیاری	تیمار (مترمکعب در هکتار)	شاهد (مترمکعب در هکتار)	اختلاف (مترمکعب در هکتار)	کاهش مصرف آب (درصد)	دبی متوسط (lit/s)
اول	۰/۷ - ۰/۸	۹۷/۷/۲۲	۷۸۹/۴	۱۱۹۶/۹۹	۴۰۷/۵۹	۳۴	۳۵
دوم	۰/۷ - ۰/۸	۹۷/۸/۱۴	آبیاری انجام نشده	۱۱۱۴/۱	-	-	۴۰/۶۶
سوم	۰/۷ - ۰/۸	۹۸/۲/۱۰	۸۴۹/۷۴	۱۲۳۶/۹۷	۳۸۷/۲۳	۳۱	۳۳/۸۶
چهارم	۷/۰ - ۸/۰	۳۰/۲/۹۸	۸۲/۸۹۰	۵۷/۱۲۵۲	۷۵/۳۶۱	۸۸/۲۸	۲۷/۳۲
بارش مؤثر	۹۳۱ مترمکعب در هکتار						
جمع کل			۳۴۶۰/۹۶	۵۷۳۱/۶۳	۲۲۷۰/۶۷	۳۹/۶۱	

مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد از روی داده‌های رطوبتی و فلوم مطابق شکل ۲۰۹ و ۲۱۰ می‌باشد. میزان عملکرد، مصرف کل آب و بهره‌وری آب در جدول ۱۴۳ ارائه شده است. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در مزرعه خانم آسیابی به ترتیب ۳۴۶۰,۹۶ و ۵۷۳۱,۶۳ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف ۳۹,۶۱ درصد است. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۳۷۰۰ و ۳۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. محاسبات بهره‌وری آب از عملکرد تیمار و شاهد بر اساس گواهی باسکول انجام شده است.

شکل ۲۰۹- برآورد میزان آب آبیاری از روی داده‌های رطوبتی و فلوم در تیمار

شکل ۲۱۰- برآورد میزان آب آبیاری از روی داده‌های رطوبتی و فلوم در شاهد

جدول ۱۴۳- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه خانم مریم آسیابی

	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم/هکتار)	میزان مصرف آب (مترمکعب/هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۳۷۰۰	۳۴۶۰,۹۶	۱,۰۶
شاهد	۳۰۰۰	۵۷۳۱,۶۳	۰,۵۲

۵-۱-۲- مزرعه پایش گندم قوچعلی راشدی

آبیاری اول در مورخه ۹۷/۸/۱۰ انجام شد و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری و همچنین نمونه خاک قبل از آبیاری و بعد از آبیاری در سه نقطه از مزرعه برداشت گردید. جهت تعیین میزان آب مورداستفاده در مزرعه از فلوم wsc استفاده گردید. در مزرعه تیمار روش آبیاری فاروئر ولی در مزرعه شاهد به حالت کرتی غرقابی آبیاری انجام شد. مشخصات مزرعه تیمار و شاهد و شیب مزرعه در جدول ۱۴۴ ارائه‌شده است.

جدول ۱۴۴- مشخصات مزارع مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه آقای قوچعلی راشدی

مزرعه راشدی	روش آبیاری	مساحت مزرعه (ha)	شیب طولی (درصد)	شرایط انتها
تیمار	شیاری	۱,۳	۰,۲	بسته
شاهد	کرتی- غرقابی	۰,۴	۰,۲	بسته

آبیاری اول از منبع آب چاه و میزان دبی به‌وسیله فلوم تیپ پنج ۱۴,۹۲ لیتر در ثانیه برای تیمار و ۱۶,۶۹ لیتر در ثانیه برای شاهد اندازه‌گیری شد. مدت‌زمان آبیاری مزرعه تیمار به مساحت ۱,۳ هکتار ۱۹ ساعت و در مزرعه شاهد به مساحت ۰,۴ هکتار ۱۰ ساعت می‌باشد. میزان آب برای مزرعه تیمار ۷۵۶,۴۷ مترمکعب در هکتار و در مزرعه شاهد ۱۴۶۹,۹۴ مترمکعب در هکتار محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که آماده‌سازی بهینه زمین و تسطیح آن و همچنین روش آبیاری فاروئر بر کاهش عمق آبیاری مؤثر بوده و با محاسبه راندمان کاربرد، میزان این اثربخشی مشخص خواهد شد. خلاصه نتایج عمق آبیاری، دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه قوچعلی راشدی جدول ۱۴۵ ارائه گردیده است. در آبیاری اول (خاک‌آب)، با توجه به اینکه هنوز ریشه‌های جهت محاسبه SMD (کمبود رطوبت) خاک وجود ندارد، بنا به توصیه سند ملی آب کشور، ۵۰ میلی‌متر به‌عنوان عمق خالص موردنیاز جهت محاسبه راندمان در نظر گرفته شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری ۷۱,۳۴۷ میلی‌متر کاهش و حدود ۳۲,۰۸ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است. مطابق جدول ۱۴۵، متوسط کمبود رطوبت خاک بر اساس اندازه‌گیری رطوبت قبل از عملیات آبیاری از ناحیه ریشه و بر اساس رابطه کمبود رطوبتی خاک محاسبه گردیده است. در این نوبت آبیاری عمق ریشه حدود ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

آبیاری دوم از طریق آب کانال و میزان دبی به‌وسیله فلوم تیپ پنج برای مزرعه تیمار ۱۶,۶۹ و برای مزرعه شاهد ۱۳,۲۴ لیتر در ثانیه اندازه‌گیری شد. مدت‌زمان آبیاری مزرعه تیمار به مساحت ۱,۳ هکتار ۱۶,۵ ساعت و در مزرعه شاهد به مساحت ۰,۴ هکتار ۱۲ ساعت می‌باشد. میزان آب برای مزرعه تیمار ۷۳۵,۲۷ مترمکعب در هکتار و در مزرعه شاهد ۱۳۹۹,۳۱ مترمکعب در هکتار محاسبه گردید. متوسط عمق آبیاری دوم در مزرعه تیمار ۷۳,۵۲۷ و مزرعه شاهد ۱۳۹,۹۳۱ میلی‌متر بوده است. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود درصد به دست آمد. سومین آبیاری در تاریخ ۹۸/۲/۳۱ انجام شد. متوسط عمق آبیاری در مزرعه تیمار ۷۲,۶۸ میلی‌متر و در بخش شاهد ۱۵۹,۸۷ میلی‌متر محاسبه شد.

جدول ۱۴۵- 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	مزرعه‌قوچعلی 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	۱۹	-	۷۵,۶۴۷	۵۰*	۶۶,۰۹
	شاهد	۱۶,۶۹	۱۰	-	۱۴۶,۹۹۴	۵۰*	۳۴,۰۱
آبیاری دوم	تیمار	۱۶,۶۹	۱۶,۵	۲۰,۸۲	۷۳,۵۲	۴۰,۰۹	۵۴,۵
	شاهد	۱۳,۲۴	۱۲	۱۸,۹۲	۱۳۹,۹۳	۵۳,۶۸	۳۸,۳۶
آبیاری سوم	تیمار	۲۲,۶۹	۱۲	۱۷,۶۷	۷۲,۶۸	۳۶,۱۳	۴۹,۷۱
	شاهد	۲۲,۶۹	۸	۱۵,۴۹	۱۵۹,۸۷	۶۴,۰۸	۴۰,۰۸

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

در مورخه ۹۷/۸/۵ نصب دابل رینگ جهت اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری خاک به مزرعه مراجعه گردید و این آزمایش انجام شد. در شکل ۲۱۱ نمودار نفوذ مزرعه آقای قوچعلی راشدی ارائه شده است. در شکل ۲۱۲ و ۲۱۳ منحنی پیشروی و پسروی آبیاری اول به ترتیب در تیمار و شاهد نشان داده شده است. اندازه‌گیری پیشروی آب در داخل فاروییی به طول ۵۵ متر اندازه‌گیری گردید. این طول در فواصل ۵ متری برای اندازه‌گیری پیشروی در سطح مزرعه میخ چوبی شده بود و زمان‌های رسیدن آب به این فواصل یادداشت می‌گردید. همچنین در شکل ۲۱۴ منحنی پیشروی و پسروی در آبیاری دوم مزرعه تیمار ارائه شده است.

شکل ۲۱۱- نمودار نفوذ

شکل ۲۱۲- منحنی پیشروی و پسروی آبیاری اول تیمار

شکل ۲۱۳- منحنی پیشروی و پسروی آبیاری اول شاهد

شکل ۲۱۴- منحنی پیشروی و پسروی آبیاری دوم تیمار

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 می‌شود. در شکل ۲۱۵ و ۲۱۶ میزان آب نفوذ یافته با استفاده از منحنی پیشروی و پسروی به ترتیب در آبیاری اول و دوم ارائه شده است. همچنین در شکل ۲۱۷ مقایسه میزان برآورده شده عمق آب نفوذی با استفاده از منحنی پیشروی و پسروی و فلوم در مزرعه تیمار نشان داده شده است. در شکل‌های ۲۱۸ و ۲۱۹ نمودار بیلان آب به ترتیب در تیمار و شاهد آورده شده است.

شکل ۲۱۵- میزان آب نفوذ یافته از طریق منحنی پیشروی و پسروی (تیمار) ۹۷/۸/۱۰

شکل ۲۱۶- میزان آب نفوذ یافته از طریق منحنی پیشروی و پسروی (تیمار) ۹۸/۲/۸

شکل ۲۱۷- میزان آب برآورده شده از منحنی پیشروی و پسروی و فلوم (تیمار)

شکل ۲۱۸- گراف بیلان آب (تیمار)

شکل ۲۱۹- گراف بیلان آب (شاهد)

این مزرعه طی فصل رشد محصول در سه نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد از روی داده‌های رطوبتی و فلوم به ترتیب مطابق شکل ۲۲۰ و ۲۲۱ می‌باشد. در جدول ۱۴۶ میزان عملکرد، آب مصرفی کل و بهره‌وری آب مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در مزرعه آقای راشدی به ترتیب ۳۱۴۹,۵۶ و ۵۳۹۸,۹۵ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف ۴۱,۶۶ درصد است. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۳۰۰۰ و ۲۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. محاسبات بهره‌وری آب از عملکرد تیمار و شاهد بر اساس گواهی باسکول انجام پذیرفته است.

شکل ۲۲۰- برآورد میزان آب آبیاری از روی داده‌های رطوبتی

شکل ۲۲۱- برآورد میزان آب آبیاری از روی داده‌های رطوبتی

جدول ۱۴۶- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای قوچعلی راشدی

	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم)	میزان مصرف آب (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۳۰۰۰	۳۱۴۹,۵۶	۰,۹۲
شاهد	۲۲۰۰	۵۳۹۸,۹۵	۰,۴۰

جدول ۱۴۷- دفعات و مقادیر آب آبیاری در مزرعه تیما و شاهد

نوبت آبیاری	مساحت تیمار- شاهد (هکتار)	تاریخ آبیاری	تاریخ آبیاری	تیمار (مترمکعب در هکتار)	شاهد (مترمکعب در هکتار)	اختلاف (مترمکعب در هکتار)	کاهش مصرف آب (درصد)	دبی تیمار و شاهد (lit/s)
اول	۱/۳ – ۰,۴	۹۷,۸,۵	۹۷,۸,۱۰	۷۵۶,۴۷	۱۴۶۹,۹۴	۷۱۳,۴۷	۴۸,۵	۱۴,۹۲-۱۶,۶۹
دوم	۱,۳ – ۰,۴	۹۸,۲,۸	۹۸,۲,۸	۷۳۵,۲۷	۱۳۹۹,۳۱	۶۶۴,۴	۴۸	۱۶,۶۹-۱۳,۲۴
سوم	۱,۳ – ۰,۴	۹۸,۲,۳۱	۹۸,۲,۳۱	۷۲۶,۸۲	۱۵۹۸,۷	۸۷۱,۸۸	۵۴,۵	۲۲,۶۹
بارش مؤثر	مترمکعب در هکتار ۹۳۱							
جمع کل	۱,۳ – ۰,۴			۳۱۴۹/۵۶	۵۳۹۸/۹۵	۲۲۴۹/۳۹	۴۱/۶۶	

۵-۱-۳- باغ پایش آلو آقای محمد نصیری

در جدول ۱۴۸ تاریخ، مدت و دفعات آبیاری مزرعه تیمار ارائه شده است. مطابق جدول ۱۴۸ مزرعه تیمار ۷ نوبت آبیاری شده است. همچنین در جدول ۱۴۹ تاریخ، مدت و دفعات آبیاری مزرعه شاهد آورده شده است که مطابق این جدول مزرعه شاهد نیز ۷ نوبت آبیاری شده است. سهم آب مصرفی از طریق بارش مؤثر در این مزرعه ۹۳۱ مترمکعب در هکتار می‌باشد. در مورخه ۹۸/۲/۱۷ نصب دابل رینگ جهت اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری خاک به باغ مراجعه گردید و این آزمایش انجام شد. در شکل ۲۲۲ نمودار نفوذ باغ آلو آقای محمد نصیری نشان داده شده است.

جدول ۱۴۸- تاریخ، مدت و دفعات آبیاری در مزرعه تیمار آقای نصیری

	دبی (lit/s)	حجم(m^۳/ha)	تاریخ آبیاری	زمان (دقیقه)
نصیری آلوبخارا (تیمار)	۲۴/۹۱	۶۲۸/۴۲	۹۸/۳/۱	۲۷
	۲۷/۲۵	۵۶۰/۷	۹۸/۳/۲۴	۲۲
	۲۰/۵۸	۵۷۶/۸	۹۸/۴/۱۰	۳۰
	۲۴/۹۱	۷۶۷/۹۶	۹۸/۴/۲۵	۳۳
	۲۰/۵۸	۶۹۲/۱۵	۹۸/۵/۱۵	۳۶
	۱۹/۵۶	۷۴۹/۲۱	۹۸/۵/۳۰	۴۱
	۲۶/۳	۷۱۲/۵۳	۹۸/۶/۱۴	۲۹
بارش مؤثر	۹۳۱ مترمکعب در هکتار			

جدول ۱۴۹- تاریخ، مدت و دفعات آبیاری در مزرعه شاهد آقای نصیری

	دبی (lit/s)	حجم(m^۳/ha)	تاریخ آبیاری	زمان (دقیقه)
نصیری آلویخارا (شاهد)	۲۴/۹۱	۸۴۳/۸	۹۸/۳/۱	۸۰
	۲۷/۲۵	۸۳۰/۶۵	۹۸/۳/۲۴	۷۲
	۲۰/۵۸	۸۰۱/۵۹	۹۸/۴/۱۰	۹۲
	۲۴/۹۱	۱۰۷۵/۷۰۷	۹۸/۴/۲۵	۱۰۲
	۲۰/۵۸	۹۱۴/۸۶	۹۸/۵/۱۵	۱۰۵
	۱۹/۵۶	۹۹۳/۷۳	۹۸/۵/۳۰	۱۲۰
	۲۶/۳	۱۱۱۳/۴۶	۹۸/۶/۱۴	۱۰۰
بارش مؤثر	۹۳۱ مترمکعب در هکتار			

شکل ۲۲۲- نمودار نفوذ

در شکل ۲۲۳ و ۲۲۴ منحنی پیشروی و پسروی مزرعه تیمار به ترتیب در آبیاری اول و دوم ارائه شده است. اندازه‌گیری پیشروی آب در داخل شیاری به طول ۳۵ متر اندازه‌گیری گردید. این طول در فواصل ۱۰ متری برای اندازه‌گیری پیشروی در سطح مزرعه میخ چوبی شده بود و زمان‌های رسیدن آب به این فواصل یادداشت می‌گردید. برآورد میزان آب مصرفی از طریق منحنی پیش روی و پسروی و معادله نفوذ برای اولین و دومین آبیاری 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 می‌شود. در شکل ۲۲۵ و ۲۲۶ میزان آب نفوذی برآورد شده تیمار به ترتیب در آبیاری اول و دوم با استفاده از منحنی پیشروی و پسروی ارائه شده است. همچنین در شکل ۲۲۷ مقایسه‌ای از میزان آب نفوذی برآورد شده با استفاده از فلوم و منحنی پیشروی و پسروی تیمار در آبیاری اول و دوم آورده شده است. در شکل‌های ۲۲۸ و ۲۲۹ نیز نمودار بیلان آب به ترتیب در تیمار و شاهد ارائه شده است.

شکل ۲۲۳- منحنی پیشروی و پسروی آبیاری اول تیمار

شکل ۲۲۴- منحنی پیشروی و پسروی آبیاری دوم تیمار

شکل ۲۲۵- میزان آب نفوذ یافته از طریق منحنی پیشروی و پسروی آب اول

شکل ۲۲۶- میزان آب نفوذ یافته از طریق منحنی پیشروی و پسروی آب دوم

شکل ۲۲۷- میزان آب برآورده شده از منحنی پیشروی و پسروی و فلوم

شکل ۲۲۸- گراف بیلان آب (تیمار)

شکل ۲۲۹- گراف بیلان آب (شاهد)

این باغ طی فصل رشد محصول در هفت نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد از روی داده‌های رطوبتی و فلوم مطابق شکل ۲۳۰ و ۲۳۱ می‌باشد. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در باغ آقای نصیری به ترتیب ۵۶۱۸,۳ و ۷۵۰۴,۷ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف ۲۵,۱۳ درصد است. میزان عملکرد در این باغ در تیمار و شاهد به ترتیب ۴۰۰۰ و ۳۵۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. محاسبات بهره‌وری آب از عملکرد تیمار و شاهد بر اساس گواهی باسکول انجام پذیرفته است (جدول ۱۵۰).

شکل ۲۳۰- برآورد میزان آب آبیاری از روی داده‌های رطوبتی

شکل ۲۳۱- برآورد میزان آب آبیاری از روی داده‌های رطوبتی

جدول ۱۵۰- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای محمد نصیری

	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم)	میزان مصرف آب (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۴۰۰۰	۵۶۱۸,۳	۰,۷۱
شاهد	۳۵۰۰	۷۵۰۴,۷	۰,۴۶

۵-۱-۴- مزرعه پایش گوجه‌فرنگی آقای علی سلیمی

در جدول ۱۵۱ تاریخ، مدت و دفعات آبیاری در مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. در مورخه ۹۸/۲/۱۸ نصب دابل رینگ جهت اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری خاک به مزرعه مراجعه گردید و این آزمایش انجام شد. در شکل ۲۳۲ نمودار نفوذ مزرعه گوجه‌فرنگی آقای سلیمی ارائه شده است. همچنین در شکل ۲۳۳ و ۲۳۴ نمودار بیلان آب در مزرعه تیمار و شاهد آورده شده است.

جدول ۱۵۱- دفعات و میزان آبیاری

تاریخ آبیاری	زمان تیمار (دقیقه)	زمان شاهد (دقیقه)	دبی (lit/s)	حجم تیمار (مترمکعب در هکتار)	حجم شاهد (مترمکعب در هکتار)
۹۸,۳,۷	۴۰	۴۲	۲۴,۹۱	۴۶۷,۱	۵۱۸,۵
۹۸,۳,۱۳	۴۱	۴۳	۲۲,۶۹	۴۳۶,۶	۴۸۳,۶
۹۸,۳,۲۱	۳۸	۴۰	۲۱,۶۲	۳۸۵,۱۱	۴۲۸,۱۸
۹۸,۳,۲۷	۳۴	۳۶	۲۲,۶۹	۳۶۱,۶۱	۴۰۴,۴۲
۹۸,۴,۲	۴۲	۴۵	۲۲,۶۹	۴۴۶,۶۸	۵۰۵,۵۱
۹۸,۴,۸	۴۰	۴۸	۱۸,۵	۳۴۶,۸۵	۴۳۹,۶
۹۸,۴,۱۳	۳۹	۴۰	۱۸,۵۸	۳۳۹,۶۴	۳۶۷,۹۵
۹۸,۴,۱۷	۴۰	۴۱	۱۸,۵۸	۳۴۸/۳۵	۳۷۷/۱۵
۹۸,۴,۲۲	۳۷	۳۹	۱۸,۵۸	۳۲۲,۲۲	۳۵۸,۷۵
۹۸,۴,۲۶	۴۱	۴۳	۱۸,۵۸	۳۵۷,۶	۳۹۵,۵۵
۹۸,۴,۳۱	۶۰	۶۵	۲۲,۶۹	۶۳۸,۱۲	۷۳۰,۱۹
۹۸,۵,۵	۴۹	۵۴	۲۲,۶۹	۵۲۱,۱۳	۶۰۶,۶۱
۹۸,۵,۱۵	۵۰	۵۷	۱۸,۵۸	۴۳۵,۴۴	۵۲۴,۳۳
۹۸,۵,۲۶	۴۰	۴۴	۱۸,۵۸	۳۸۴,۳۵	۴۰۴,۷۴
۹۸,۶,۱۲	۴۷	۵۲	۱۳,۲۴	۲۹۱,۶۷	۳۴۰,۹۹

شکل ۲۳۲- نمودار نفوذ

شکل ۲۳۳- گراف بیلان آب (تیمار)

شکل ۲۳۴- گراف بیلان آب (شاهد)

این مزرعه طی فصل رشد محصول در پانزده نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد از روی داده‌های رطوبتی و فلوم مطابق شکل ۲۳۵ و ۲۳۶ می‌باشد. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در مزرعه آقای سلیمی به ترتیب ۶۰۴۵,۳۸ و ۶۸۸۵,۰۸ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف ۱۲,۱۹ درصد است. میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۹۲۰۰۰ و ۷۰۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. محاسبات بهره‌وری آب از عملکرد تیمار و شاهد بر اساس گواهی باسکول انجام پذیرفته است (جدول ۱۵۲).

شکل ۲۳۵- برآورد میزان آب آبیاری از روی داده‌های رطوبتی

شکل ۲۳۶- برآورد میزان آب آبیاری از روی داده‌های رطوبتی

جدول ۱۵۲- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای علی سلیمی

	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم)	میزان مصرف آب (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۹۲۰۰۰	۶۰۴۵,۳۸	۱۵,۲۱
شاهد	۷۰۰۰۰	۶۸۸۵,۰۸	۱۰,۱۶

۵-۲- نتایج اندازه‌گیری‌های مزارع و باغات شرکت‌ها در شهرستان آذرشهر

۵-۲-۱- مزرعه پایش گندم آقای مصطفی اصغر زاده

با نصب دوربین نقشه‌برداری در تاریخ ۱۳۹۷/۷/۲۳ شیب زمین اندازه‌گیری شده و پروفیل آن در جهت نوار آبیاری به‌صورت شکل ۲۳۷ ارائه‌شده است. متوسط شیب مزرعه در جهت نوار آبیاری برابر با ۰,۱۱ درصد محاسبه گردید.

از دو مزرعه انتخابی تیمار و شاهد برای کشت پاییزه در روستای فیروز سالار، آبیاری اول در پاییز و آبیاری دوم و سوم در بهار انجام پذیرفت. در ذیل به اندازه‌گیری‌ها و محاسبات آن‌ها پرداخته خواهد شد. اولین آبیاری در تاریخ ۲۵/۷/۱۳۹۷ دومین آبیاری در تاریخ ۲۴/۲/۱۳۹۸ و سومین آبیاری در تاریخ ۲۰/۳/۱۳۹۸ انجام شد و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری‌ها برداشت گردید. عرض نوارهای شاهد در این مزرعه حدود ۴ متر توسط کشاورز در نظر گرفته شد. طول نوارهای آبیاری در این مزرعه حدود ۳۲ متر بود. تکنیک مورداستفاده 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. مشخصات تیمار و شاهد در مزرعه آقای مصطفی اصغر زاده و محمد اصغر زاده به همراه شیب مزرعه در جدول ۱۵۳ ارائه‌شده است.

جدول ۱۵۳- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار (با سه تکرار) و شاهد در مزرعه آقای اصغر زاده

مزرعه	روش آبیاری	طول× عرض m	شیب طولی ٪	شرایط انتها
تیمار	شیاری (فاروئری)	۳۲×۴	۰,۱۱	بسته
شاهد	کرتی	۲۵×۳	۰,۵	بسته

شکل ۲۳۷- پروفیل شیب زمین

آبیاری اول با منبع آب چاه و با متوسط دبی ۲۷,۵ لیتر در ثانیه توسط فلوم اندازه‌گیری شد. مدت‌زمان پیشروی آب در شاهد ۷ دقیقه طول کشید. زمان پیشروی در تیمار برابر با ۵ دقیقه به دست آمد. متوسط عمق آبیاری در مزرعه شاهد ۹,۷۴ سانتیمتر محاسبه گردید. عمق آبیاری در بخش تیمار به‌طور متوسط ۶,۸ سانتیمتر محاسبه گردید.

این نتایج نشان می‌دهد که آماده‌سازی بهینه زمین و کاشت کف کار فاروئردار بر کاهش عمق آبیاری مؤثر بوده و با محاسبه راندمان کاربرد، میزان این اثربخشی مشخص خواهد شد. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه آقای مصطفی اصغر زاده در جدول ۱۵۳ ارائه گردیده است. در آبیاری اول (خاک‌آب)، میزان عمق خالص برای آبیاری اول با توجه به توصیه سند ملی آب کشور ۴۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور میزان عمق آب آبیاری ۲,۹ سانتیمتر کاهش‌یافته 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. مدت‌زمان پیشروی آب در شاهد ۱۵ دقیقه طول کشید. زمان پیشروی در تیمار برابر با ۱۲ دقیقه به دست آمد. متوسط عمق آبیاری در مزرعه شاهد ۱۱,۵ سانتیمتر محاسبه گردید. عمق آبیاری در بخش تیمار به‌طور متوسط ۹,۷ سانتیمتر محاسبه گردید.

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. متوسط عمق آبیاری در مزرعه شاهد ۱۱,۴ سانتیمتر محاسبه گردید. عمق آبیاری در بخش تیمار به‌طور متوسط ۸,۶ سانتیمتر محاسبه گردید.

جدول ۱۵۳- 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	۶۸,۰	۴۰	۵۸
	شاهد	۲۷,۲۵	۲۱۰	۹۷,۴	۴۰	۴۱
آبیاری دوم	تیمار	۲۶	۲۷۰	۹۷,۴	۵۰	۵۱
	شاهد	۲۳,۸۷	۲۸۵	۱۱۵,۳	۵۰	۳۵
آبیاری سوم	تیمار	۲۶	۲۴۰	۸۶,۶	۵۰	۵۸
	شاهد	۲۴,۹	۲۷۰	۱۱۴,۹	۵۰	۴۲

برای تعیین میزان نفوذپذیری خاک در تاریخ ۹۷/۷/۲۳ با نصب دابل رینگ به مدت ۱۰۵ دقیقه میزان نفوذپذیری در مزرعه اندازه‌گیری شده و نمودار آن به همراه معادله کوستیاکف در شکل ۲۳۸ گزارش‌شده است. در شکل ۲۳۹ و ۲۴۰ منحنی پیشروی و پسروی مزرعه تیمار به ترتیب در آبیاری اول و دوم ارائه شده است. همچنین در شکل ۲۴۱ بارش مؤثر ماهانه آورده شده است.

شکل ۲۳۸- منحنی و معادله نفوذپذیری

شکل ۲۳۹- منحنی پیشروی و پسروی آب آبیاری اول

شکل ۲۴۰- منحنی پیشروی و پسروی آب آبیاری دوم

شکل ۲۴۱- نمودار بارش مؤثر ماهانه

در شکل ۲۴۲ و ۲۴۳ میزان آب مصرفی برآورد شده از طریق منحنی پیشروی و پسروی و معادله نفوذ به ترتیب در آبیاری اول و دوم نشان داده شده است. مطابق شکل ۲۴۲ متوسط عمق نفوذ کرده آب در آبیاری اول معادل ۶,۰۸ سانتی‌متر می‌باشد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری ۱۷,۹ میلی‌متر کاهش و حدود ۱۶ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است. مطابق شکل ۲۴۳ متوسط عمق آب نفوذ یافته معادل ۸,۳ سانتی‌متر می‌باشد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری ۲۸,۲ میلی‌متر کاهش و حدود ۱۶ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است.

شکل ۲۴۲- برآورد میزان آب مصرفی از طریق منحنی پیش روی و پسروی و معادله نفوذ برای اولین آبیاری

شکل ۲۴۳- برآورد میزان آب مصرفی از طریق منحنی پیش روی و پسروی و معادله نفوذ برای آبیاری دوم

در شکل ۲۴۴ نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه نشان داده شده است. و در جدول ۱۵۴ میزان عملکرد محصول، آب مصرفی کل و بهره‌وری ارائه شده است. میزان عملکرد محصول ۶ تن بر هکتار در مزرعه تیمار بوده و میزان بهره‌وری آب ۱٫۶ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. در مزرعه شاهد میزان عملکرد ۵٫۹ تن بر هکتار و میزان بهره‌وری آب ۱٫۳ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد (جدول ۱۵۴).

شکل ۲۴۴- نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه

جدول ۱۵۴- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای مصطفی اصغرزاده

	میزان عملکرد محصول (تن بر هکتار)	میزان مصرف آب (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۶	۳۷۵۰	۱/۶
شاهد	۵/۹	۴۵۳۸/۵	۱/۳

۵-۲-۲- مزرعه پایش گندم آقای محرم زینال نژاد

با نصب دوربین نقشه‌برداری در تاریخ ۱۳۹۷/۷/۲۳ شیب زمین اندازه‌گیری شده و پروفیل آن در جهت نوار آبیاری به‌صورت شکل ۲۴۵ ارائه‌شده است. متوسط شیب مزرعه در جهت نوار آبیاری برابر با ۰,۴ درصد محاسبه گردید.

از دو مزرعه انتخابی تیمار و شاهد برای کشت پاییزه در روستای دستجرد، آبیاری اول در پاییز و آبیاری دوم و سوم در بهار انجام پذیرفت. در ذیل به اندازه‌گیری‌ها و محاسبات آن‌ها پرداخته خواهد شد. اولین آبیاری در تاریخ ۲۵/۷/۱۳۹۷ و دومین آبیاری در تاریخ ۳۰/۲/۱۳۹۸ انجام شد و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. عرض نوارهای شاهد در این مزرعه حدود ۵ متر توسط کشاورز در نظر گرفته شد. طول نوارهای آبیاری در این مزرعه حدود ۴۷ متر بود. تکنیک مورداستفاده 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. مشخصات تیمار و شاهد در مزرعه آقای محرم زینال نژاد پیام زینال نژاد به همراه شیب مزرعه در جدول ۱۵۵ ارائه‌شده است.

جدول ۱۵۵- 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 (فاروئری)	۴۷×۵	۰/۴	بسته
شاهد	کرتی	۵۰×۴	۰/۵	بسته

شکل ۲۴۵- پروفیل شیب زمین

آبیاری اول با منبع آب چاه و با متوسط دبی ۳۱ لیتر در ثانیه توسط فلوم اندازه‌گیری شد. مدت‌زمان پیشروی آب در شاهد ۷ دقیقه طول کشید. زمان پیشروی در تیمار برابر با ۵ دقیقه به دست آمد. متوسط عمق آبیاری در مزرعه شاهد ۸,۹۸ سانتیمتر محاسبه گردید. عمق آبیاری در بخش تیمار به‌طور متوسط ۵,۴۸ سانتیمتر محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که آماده‌سازی بهینه زمین و کاشت کف کار فاروئردار بر کاهش عمق آبیاری مؤثر بوده و با محاسبه راندمان کاربرد، میزان این اثربخشی مشخص خواهد شد. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه آقای محرم زینال نژاد در جدول ۱۵۶ ارائه گردیده است. در آبیاری اول (خاک‌آب)، میزان عمق خالص برای آبیاری اول با توجه به توصیه سند ملی آب کشور ۴۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور میزان عمق آب آبیاری ۳,۵ سانتیمتر کاهش‌یافته است. نتایج حاصل در جدول ۱۵۶ نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری اول ۳۵ میلی‌متر کاهش و حدود ۳۰ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده 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. مدت‌زمان پیشروی آب در شاهد ۳۵ دقیقه طول کشید. زمان پیشروی در تیمار برابر با ۲۳ دقیقه به دست آمد. متوسط عمق آبیاری دوم در مزرعه شاهد ۱۱,۷ سانتیمتر محاسبه گردید. عمق آبیاری دوم در بخش تیمار به‌طور متوسط ۸,۶ سانتیمتر محاسبه گردید. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری دوم ۳۱,۷ میلی‌متر کاهش و حدود ۱۸ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است.

آبیاری سوم با منبع سیلاب و با متوسط دبی ۲۵ لیتر در ثانیه در مزارع تیمار و شاهد توسط فلوم اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری سوم ۲۰,۴ میلی‌متر کاهش و حدود ۱۳ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است.

جدول ۱۵۶- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه آقای محرم زینال نژاد در تیمار و شاهد در آبیاری اول تا سوم

نوبت آبیاری	مزرعه‌محرم‌زینال‌نژاد	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	۴۰	۷۴
	شاهد	۲۳,۷۸	۳۰۰	۸۹,۸	۴۰	۴۴
آبیاری دوم	تیمار	۲۱	۳۹۰	۸۶,۲	۵۰	۵۸
	شاهد	۲۶	۳۶۰	۱۱۷,۹	۵۰	۴۰
آبیاری سوم	تیمار	۲۵	۳۰۵	۸۱,۹	۵۰	۶۲
	شاهد	۲۵	۳۲۵	۱۰۲,۳	۵۰	۴۹

برای تعیین میزان نفوذپذیری خاک در تاریخ ۹۷/۷/۲۳ با نصب دابل رینگ به مدت ۱۲۰ دقیقه میزان نفوذپذیری در مزرعه اندازه‌گیری شده و نمودار آن به همراه معادله کوستیاکف در شکل ۲۴۶ گزارش‌شده است. در شکل ۲۴۷ منحنی پیشروی و پسروی مزرعه در آبیاری اول ارائه شده است. در شکل ۲۴۸ نمودار بارش مؤثر ماهانه نشان داده شده است.

شکل ۲۴۶- منحنی و معادله نفوذ

شکل ۲۴۷- منحنی پیشروی و پسروی آب آبیاری اول

شکل ۲۴۸- نمودار بارش مؤثر ماهانه

شکل ۲۴۹ میزان آب مصرفی برآورد شده از طریق منحنی پیشروی و پسروی و معادله نفوذ در اولین آبیاری را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲۴۹ متوسط عمق آب نفوذ یافته معادل ۴,۹۵ سانتی‌متر می‌باشد. شکل ۲۵۰ میزان آب مصرفی برآورد شده از طریق منحنی پیشروی و پسروی و معادله نفوذ در دومین آبیاری را نشان می‌دهد. متوسط عمق آب نفوذ یافته معادل ۷,۲ سانتی‌متر می‌باشد.

شکل ۲۴۹- برآورد میزان آب مصرفی از طریق منحنی پیش روی و پسروی و معادله نفوذ برای اولین آبیاری

شکل ۲۵۰- برآورد میزان آب مصرفی از طریق منحنی پیش روی و پسروی و معادله نفوذ برای آبیاری دوم

شکل ۲۵۱ نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه را نشان می‌دهد. در جدول ۱۵۷ میزان عملکرد محصول، میزان آب مصرفی کل و بهره وری آب ارائه شده است. میزان عملکرد محصول ۷,۶ تن بر هکتار در مزرعه تیمار بوده و میزان بهره‌وری آب ۲,۲ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. در مزرعه شاهد میزان عملکرد ۶,۵ تن بر هکتار و میزان بهره‌وری آب ۱,۵ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد.

شکل ۲۵۱- نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه

جدول ۱۵۷- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای محرم زینال‌نژاد

	میزان عملکرد محصول (تن بر هکتار)	میزان مصرف آب (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۷/۶	۳۴۵۴/۵	۲/۲
شاهد	۶/۵	۴۳۳۳/۳	۱/۵

۵-۲-۳- باغ پایش گوجه‌سبز آقای علی کربلای فرجی

اولین آبیاری در تاریخ ۲۲/۳/۹۸ انجام شد و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید (جدول ۱۵۸). تکنیک مورداستفاده در بخش تیمار، به‌کارگیری روش آبیاری شیاری یک‌طرفه بوده است. در آبیاری اول با نصب فلومWSC تیپ ۵، میزان دبی آب ورودی ۲۲,۶ لیتر بر ثانیه به دست آمد. زمان پیشروی به انتهای شیار برابر با ۵ دقیقه و ۵۰ ثانیه و زمان قطع آب ۱۴ دقیقه بود. عمق خالص آبیاری با توجه به عمق توسعه ریشه و همچنین میزان آب قابل‌دسترس خاک شنی لومی برابر با ۷۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد. متوسط عمق آبیاری در تیمار برابر با ۷۲,۸ میلی‌متر و در شاهد برابر با ۲۰۴,۲ میلی‌متر محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که به‌کارگیری تکنیک آبیاری شیاری بر کاهش عمق آبیاری مؤثر و با محاسبه راندمان کاربرد، میزان این اثربخشی مشخص خواهد شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری اول ۱۳۱ میلی‌متر کاهش و حدود ۶۴ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است. دومین آبیاری در تاریخ ۹۸/۴/۹ انجام شد و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. تکنیک مورداستفاده در بخش تیمار، به‌کارگیری روش آبیاری شیاری یک‌طرفه بوده است. در آبیاری دوم با نصب فلومWSC تیپ ۵، میزان دبی آب ورودی ۲۰,۵ لیتر بر ثانیه به دست آمد. زمان پیشروی به انتهای شیار برابر با ۴ دقیقه و ۱۳ ثانیه و زمان قطع آب ۱۴,۵ دقیقه بود. متوسط عمق آبیاری در تیمار برابر با ۷۸,۳ میلی‌متر و در شاهد برابر با ۱۶۴,۹ میلی‌متر محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد

که به‌کارگیری تکنیک آبیاری شیاری بر کاهش عمق آبیاری مؤثر بوده و با محاسبه راندمان کاربرد، میزان این اثربخشی مشخص خواهد شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری دوم ۹۶,۶ میلی‌متر کاهش و حدود ۴۷ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است. سومین آبیاری در تاریخ ۹۸/۵/۲ انجام شد و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. در آبیاری سوم میزان دبی آب ورودی ۲۷,۲ لیتر بر ثانیه به دست آمد. متوسط عمق آبیاری در تیمار برابر با ۹۳ میلی‌متر و در شاهد برابر با ۱۹۶,۶ میلی‌متر محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که به‌کارگیری تکنیک آبیاری شیاری بر کاهش عمق آبیاری مؤثر بوده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری سوم ۱۰۳,۵ میلی‌متر کاهش و حدود ۴۶ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است. چهارمین آبیاری در تاریخ ۹۸/۵/۲۲ انجام شد و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. در آبیاری چهارم میزان دبی آب ورودی ۲۶,۰۷ لیتر بر ثانیه به دست آمد. متوسط عمق آبیاری در تیمار برابر با ۸۳,۱ میلی‌متر و در شاهد برابر با ۲۲۳,۵ میلی‌متر محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که به‌کارگیری تکنیک آبیاری شیاری بر کاهش عمق آبیاری مؤثر بوده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری چهارم ۱۴۶,۴ میلی‌متر کاهش و حدود ۶۱ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است. پنجمین آبیاری در تاریخ ۹۸/۶/۱۴ انجام شد و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. در آبیاری چهارم میزان دبی آب ورودی ۲۶,۰۷ لیتر بر ثانیه به دست آمد. متوسط عمق آبیاری در تیمار برابر با ۹۶,۸ میلی‌متر و در شاهد برابر با ۲۲۷,۷ میلی‌متر محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که به‌کارگیری تکنیک آبیاری شیاری بر کاهش عمق آبیاری مؤثر بوده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری ۱۳۰,۹ میلی‌متر کاهش و حدود ۴۷ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است (جدول ۱۵۸).

جدول ۱۵۸- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان باغ آقای فرجی در تیمار و شاهد در آبیاری اول تا پنجم

نوبت آبیاری	مزرعه 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	۷۰	۹۶
	شاهد	۲۲,۶	۱۵۰	۲۰۴,۲	۷۰	۳۴
آبیاری دوم	تیمار	۲۰,۵	۳۴	۷۸,۳	۷۰	۸۹
	شاهد	۲۰,۵	۱۳۴	۱۶۴,۹	۷۰	۴۲
آبیاری سوم	تیمار	۲۷,۲	۳۵	۹۳	۸۰	۸۶
	شاهد	۲۷,۲	۱۲۰	۱۹۶,۶	۸۰	۴۰
آبیاری چهارم	تیمار	۲۶,۰۷	۳۵	۸۳,۱	۸۰	۹۶
	شاهد	۲۶,۰۷	۱۵۰	۲۲۳,۵	۸۰	۳۵
آبیاری پنجم	تیمار	۲۶,۰۷	۳۸	۹۶,۸	۸۰	۸۲
	شاهد	۲۶,۰۷	۱۴۵	۲۲۷,۲	۸۰	۳۵

برای تعیین میزان نفوذپذیری خاک در تاریخ ۲/۳/۹۸ با نصب دابل رینگ به مدت ۹۰ دقیقه میزان نفوذپذیری در باغ اندازه‌گیری شده و نمودار آن به همراه معادله کوستیاکف در شکل ۲۵۲ گزارش‌شده است. شکل ۲۵۳ بارش مؤثر ماهانه را نشان می‌دهد.

شکل ۲۵۲- منحنی و معادله نفوذ

شکل ۲۵۳- نمودار بارش مؤثر ماهانه

شکل ۲۵۴ میزان آب مصرفی برآورد شده از طریق منحنی پیشروی و پسروی و معادله نفوذ در اولین آبیاری را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲۵۴ متوسط عمق آب نفوذ یافته معادل ۷/۸ سانتی‌متر می‌باشد. شکل ۲۵۵ میزان

آب مصرفی برآورد شده از طریق منحنی پیشروی و پسروی و معادله نفوذ در دومین آبیاری را نشان می‌دهد. متوسط عمق آب نفوذ یافته معادل ۷/۶ سانتی‌متر می‌باشد.

شکل ۲۵۴- برآورد میزان آب مصرفی از طریق منحنی پیش روی و پسروی و معادله نفوذ برای اولین آبیاری

شکل ۲۵۵- برآورد میزان آب مصرفی از طریق منحنی پیش روی و پسروی و معادله نفوذ برای اولین آبیاری

شکل ۲۵۶ نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه را نشان می‌دهد. در جدول ۱۵۹ میزان عملکرد محصول، آی مصرفی کل و بهره‌وری آب ارائه شده است. میزان عملکرد محصول ۵ تن بر هکتار در مزرعه تیمار بوده و میزان بهره‌وری آب ۰,۹ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. در مزرعه شاهد میزان عملکرد ۵ تن بر هکتار و میزان بهره‌وری آب ۰,۴ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد.

شکل ۲۵۶- نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه

جدول ۱۵۹- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد باغ آقای فرجی

	میزان عملکرد محصول (تن بر هکتار)	میزان مصرف آب (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۵	۵۵۵۵/۶	۰/۹
شاهد	۵	۱۲۵۰۰	۰/۴

۵-۲-۴- باغ پایش گوجه‌سبز آقای قربان حاج حسین پور

اولین آبیاری در تاریخ ۲۰/۲/۹۸ انجام شد. کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید و در جدول ۱۶۰ ارائه شده است. تکنیک مورداستفاده در بخش تیمار، به‌کارگیری روش آبیاری شیاری یک‌طرفه بوده است. در آبیاری اول با نصب فلومWSC تیپ ۵، میزان دبی آب ورودی ۳۱ لیتر بر ثانیه به دست آمد. زمان پیشروی به انتهای شیار برابر با ۷ دقیقه و ۵۰ ثانیه و زمان قطع آب ۱۸ دقیقه بود. متوسط عمق آبیاری اول در تیمار برابر با ۹۴,۱ میلی‌متر و در شاهد برابر با ۱۵۹,۲ میلی‌متر محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که به‌کارگیری تکنیک آبیاری شیاری بر کاهش عمق آبیاری مؤثر بوده و با محاسبه راندمان کاربرد، میزان این اثربخشی مشخص خواهد شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری اول ۶۵ میلی‌متر کاهش و حدود ۳۲ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است. دومین آبیاری در تاریخ ۷/۳/۹۸ انجام شد. تکنیک مورداستفاده در بخش تیمار، به‌کارگیری روش آبیاری شیاری یک‌طرفه بوده است. در آبیاری اول با نصب فلومWSC تیپ ۵، میزان دبی آب ورودی ۳۱ لیتر بر ثانیه به دست آمد. متوسط عمق آبیاری دوم در تیمار برابر با ۷۸,۴ میلی‌متر و در شاهد برابر با ۱۳۶,۴ میلی‌متر محاسبه گردید. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری دوم ۵۸ میلی‌متر کاهش و حدود ۴۰ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است. سومین آبیاری در تاریخ ۹۸/۴/۲ انجام شد. در آبیاری سوم میزان دبی آب ورودی ۲۷ لیتر بر ثانیه به دست آمد.

متوسط عمق آبیاری سوم در تیمار برابر با ۸۲ میلی‌متر و در شاهد برابر با ۱۲۵,۶ میلی‌متر محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که به‌کارگیری تکنیک آبیاری شیاری بر کاهش عمق آبیاری مؤثر بوده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری سوم ۴۳,۵ میلی‌متر کاهش و حدود ۳۱ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است. چهارمین آبیاری در تاریخ ۹۸/۴/۲۹ انجام شد. در آبیاری چهارم میزان دبی آب ورودی ۲۵ لیتر بر ثانیه به دست آمد. متوسط عمق آبیاری چهارم در تیمار برابر با ۷۶,۱ میلی‌متر و در شاهد برابر با ۱۱۰,۶ میلی‌متر محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که به‌کارگیری تکنیک آبیاری شیاری بر کاهش عمق آبیاری مؤثر بوده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری چهارم ۴۳,۵ میلی‌متر کاهش و حدود ۳۰ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است (جدول ۱۶۰).

پنجمین آبیاری در تاریخ ۹۸/۵/۲۱ انجام شد. در آبیاری پنجم میزان دبی آب ورودی ۲۵ لیتر بر ثانیه به دست آمد. متوسط عمق آبیاری پنجم در تیمار برابر با ۸۳,۱ میلی‌متر و در شاهد برابر با ۱۰۳,۶ میلی‌متر محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که به‌کارگیری تکنیک آبیاری شیاری بر کاهش عمق آبیاری مؤثر بوده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری پنجم ۳۰,۴ میلی‌متر کاهش و حدود ۱۷ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است (جدول ۱۶۰).

ششمین آبیاری در تاریخ ۹۸/۵/۶ انجام شد. در آبیاری ششم میزان دبی آب ورودی ۲۵ لیتر بر ثانیه به دست آمد. متوسط عمق آبیاری ششم در تیمار برابر با ۸۱ میلی‌متر و در شاهد برابر با ۱۱۶,۳ میلی‌متر محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که به‌کارگیری تکنیک آبیاری شیاری بر کاهش عمق آبیاری مؤثر بوده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری ششم ۳۵,۴ میلی‌متر کاهش و حدود ۲۸ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است (جدول ۱۶۰).

هفتمین آبیاری در تاریخ ۹۸/۶/۲۲ انجام شد. در آبیاری هفتم میزان دبی آب ورودی ۲۵ لیتر بر ثانیه به دست آمد. متوسط عمق آبیاری هفتم در تیمار برابر با ۸۳,۴ میلی‌متر و در شاهد برابر با ۹۷,۹ میلی‌متر محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که به‌کارگیری تکنیک آبیاری شیاری بر کاهش عمق آبیاری مؤثر بوده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری هفتم ۲۴,۴ میلی‌متر کاهش و حدود ۱۲ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است (جدول ۱۶۰).

جدول ۱۶۰- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان باغ آقای حاج حسین پور در تیمار و شاهد در آبیاری اول تا هفتم

نوبت آبیاری	مزرعه‌حاج‌حسین‌پور	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	۷۵	۷۹
	شاهد	۳۰,۹۶	۱۰۵	۱۵۹,۲	۷۵	۴۷
آبیاری دوم	تیمار	۳۰,۹۶	۲۵	۷۸,۴	۷۵	۹۵
	شاهد	۳۰,۹۶	۹۰	۱۳۶,۴	۷۵	۵۵
آبیاری سوم	تیمار	۲۷,۲	۳۰	۸۲	۷۵	۹۱
	شاهد	۲۷,۲	۹۵	۱۲۵	۷۵	۶۰
آبیاری چهارم	تیمار	۲۵	۳۰	۷۶,۱	۷۵	۹۸
	شاهد	۲۵	۹۰	۱۱۰,۶	۷۵	۶۸
آبیاری پنجم	تیمار	۲۵	۲۹	۸۳,۱	۷۵	۸۹
	شاهد	۲۵	۸۵	۱۰۳,۶	۷۵	۷۲
آبیاری ششم	تیمار	۲۵	۳۲	۸۱	۷۵	۹۲
	شاهد	۲۵	۹۵	۱۱۶,۳	۷۵	۶۴
آبیاری هفتم	تیمار	۲۵	۲۹	۸۳,۴	۷۵	۸۹
	شاهد	۲۵	۸۰	۹۷,۹	۷۵	۷۷

برای تعیین میزان نفوذپذیری خاک در تاریخ ۲۸/۲/۹۸ با نصب دابل رینگ به مدت ۹۰ دقیقه میزان نفوذپذیری در باغ اندازه‌گیری شده و نمودار آن به همراه معادله کوستیاکف در شکل ۲۵۷ گزارش‌شده است. شکل ۲۵۸ بارش مؤثر ماهانه را نشان می‌دهد.

شکل ۲۵۷- منحنی و معادله نفوذ

شکل ۲۵۸- نمودار بارش مؤثر ماهانه

شکل ۲۵۹ میزان آب مصرفی برآورد شده از طریق منحنی پیشروی و پسروی و معادله نفوذ در اولین آبیاری را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲۵۹ متوسط عمق آب نفوذ یافته معادل ۱۱سانتی‌متر می‌باشد. شکل ۲۶۰ میزان آب مصرفی برآورد شده از طریق منحنی پیشروی و پسروی و معادله نفوذ در دومین آبیاری را نشان می‌دهد. متوسط عمق آب نفوذ یافته معادل ۹/۸ سانتی‌متر می‌باشد.

شکل ۲۵۹- برآورد میزان آب مصرفی از طریق منحنی پیش روی و پسروی و معادله نفوذ برای اولین آبیاری

شکل ۲۶۰- برآورد میزان آب مصرفی از طریق منحنی پیش روی و پسروی و معادله نفوذ برای اولین آبیاری

شکل ۲۶۱ نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه را نشان می‌دهد. در جدول ۱۶۱ میزان عملکرد محصول، آب مصرفی کل و بهره‌وری آب ارائه شده است. میزان عملکرد محصول ۱۷ تن بر هکتار در مزرعه تیمار بوده و میزان بهره‌وری آب ۲,۵ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. در مزرعه شاهد میزان عملکرد ۱۶ تن بر هکتار و میزان بهره‌وری آب ۱,۶ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد.

شکل ۲۶۱- نمودار بیلان رطوبت در ناحیه ریشه

جدول ۱۶۱- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد باغ آقای حاج حسین پور

	میزان عملکرد محصول (تن بر هکتار)	میزان مصرف آب (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۱۷	۶۸۰۰	۲/۵
شاهد	۱۶	۱۰۰۰۰	۱/۶

۳-۵- نتایج اندازه‌گیری‌های مزارع و باغات شرکت‌ها در شهرستان عجب‌شیر

۵-۳-۱-نتایج مزرعه پایش گندم آقای پرویز عارفی

آبیاری اول در مورخه ۹۸/۸/۲۸ و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری و همچنین نمونه خاک قبل از آبیاری و بعد از آبیاری در سه نقطه از مزرعه برداشت گردید. جهت تعیین میزان آب مورداستفاده در مزرعه از فلوم تیپ ۵ استفاده گردید. در مزرعه تیمار روش آبیاری فاروئر ولی در مزرعه شاهد به حالت کرتی غرقابی آبیاری انجام شد. مشخصات مزرعه تیمار و شاهد و شیب مزرعه در جدول ۱۶۲ ارائه‌شده است.

جدول ۱۶۲- مشخصات مزارع مربوط به تیمار و شاهد در مزرعه آقای عارفی

مزرعه آسیابی	روش آبیاری	مساحت مزرعه	شیب طولی (درصد)	شرایط انتها
تیمار	فاروئر	۱۱۴×۶۹	۰,۳	بسته
شاهد	کرتی- غرقابی	۲۰۹×۴۰	۰,۳	بسته

آبیاری اول از دو منبع آب چاه و میزان دبی به‌وسیله فلوم تیپ پنج ۳۲,۸ لیتر در ثانیه اندازه‌گیری شد. مدت‌زمان آبیاری مزرعه تیمار به مساحت ۰,۷ هکتار، ۶ ساعت و در مزرعه شاهد به مساحت ۰,۶۶ هکتار، ۷,۵ ساعت می‌باشد. میزان آب برای مزرعه تیمار ۸۳۲,۸ مترمکعب در هکتار و در مزرعه شاهد ۱۱۱۱,۳ مترمکعب در هکتار محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که آماده‌سازی بهینه زمین و تسطیح آن و همچنین روش آبیاری فاروئر بر کاهش عمق آبیاری مؤثر بوده و با محاسبه راندمان کاربرد، میزان این اثربخشی مشخص خواهد شد. خلاصه نتایج عمق آبیاری، دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول مزرعه پرویز عارفی در جدول ۱۶۳ ارائه گردیده است. در آبیاری اول (خاک‌آب)، با توجه به اینکه هنوز ریشه‌های جهت محاسبه SMD (کمبود رطوبت) خاک وجود ندارد، بنا به توصیه سند ملی آب کشور، ۵۰ میلی‌متر به‌عنوان عمق خالص موردنیاز جهت محاسبه راندمان در نظر گرفته شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری اول ۲۷,۹۳ میلی‌متر کاهش و حدود ۱۵,۰۱ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است. جدول ۱۶۴ زمان و میزان آبیاری دوم مزرعه گندم آقای پرویز عارفی را نشان می‌دهد. جدول ۱۶۵ زمان و میزان آبیاری دوم مزرعه گندم آقای پرویز عارفی را نشان می‌دهد. در شکل ۲۶۲ پروفیل شیب مزرعه نشان داده شده است. با توجه به شکل ۲۶۲ شیب طولی زمین ۰/۳ درصد است.

جدول ۱۶۳- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه آقای عارفی در مزارع تیمار و شاهد در آبیاری اول (خاک‌آب)

آبیاری اول	دبی ورودی لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t ساعت	عمق آبیاری I_g میلی‌متر	نیاز خالص آبیاری I_n میلی‌متر	راندمان کاربرد AE درصد
تیمار	۲۷,۲۵	۶	۸۳,۲	*۵۰	۶۰
شاهد	۲۷,۲۵	۷,۵	۱۱۱,۱۳	*۵۰	۴۴,۹۹

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

جدول ۱۶۴- مقادیر متوسط آبیاری، دبی ورودی جریان، مزرعه آقای عارفی در مزارع تیمار و شاهد در آبیاری دوم

مساحت تیمار و شاهد	نوبت آبیاری	تیمار (متر مکعب در هکتار)	شاهد (متر مکعب در هکتار)	اختلاف (متر مکعب در هکتار)	درصد (کاهش مصرف آب)
تیمار=۰.۷ شاهد=۰.۶	۹۸/۰۲/۱۹ آبیاری دوم	۱۰۷۸/۴۵	۱۵۲۵/۰۹	۴۴۶/۶۴	۲۹
دبی متوسط: ۳۴/۹۵ لیتر بر ثانیه					
دبی در واحد عرض مزرعه تیمار: ۰/۵۲ مترمکعب بر دقیقه					
دبی در واحد عرض مزرعه شاهد: ۱/۰۵ مترمکعب بر دقیقه					
مدت زمان آبیاری برای مزرعه تیمار / شاهد: ۶ / ۸ ساعت					

جدول ۱۶۵- مقادیر متوسط آبیاری، دبی ورودی جریان، مزرعه آقای عارفی در مزارع تیمار و شاهد در آبیاری سوم

مساحت تیمار و شاهد	نوبت آبیاری	تیمار (متر مکعب در هکتار)	شاهد (متر مکعب در هکتار)	اختلاف (متر مکعب در هکتار)	درصد (کاهش مصرف آب)
تیمار=۰.۷ شاهد=۰.۶	۹۸/۰۳/۲۹ آبیاری سوم	۱۱۲۳	۱۵۱۱/۵۵	۴۷۵/۰۵	۳۱
دبی متوسط: ۳۳/۵۹ لیتر بر ثانیه					
دبی در واحد عرض مزرعه تیمار: ۰/۵ مترمکعب بر دقیقه					
دبی در واحد عرض مزرعه شاهد: ۱ مترمکعب بر دقیقه					
مدت زمان آبیاری برای مزرعه تیمار / شاهد: ۶.۵ / ۷.۵ ساعت					

شکل ۲۶۲- پروفیل شیب زمین

در مورخه ۹۷/۸/۱۲ نصب دابل رینگ جهت اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری خاک به مزرعه مراجعه گردید و این آزمایش انجام شد. در شکل ۲۶۳ نمودار نفوذ مزرعه ارائه شده است.

شکل ۲۶۳- نمودار نفوذ

اندازه‌گیری پیشروی آب در داخل فارویی به طول ۱۱۴ متر اندازه‌گیری گردید. این طول در فواصل ۷٫۵ متری برای اندازه‌گیری پیشروی در سطح مزرعه میخ چوبی شده بود و زمان‌های رسیدن آب به این فواصل یادداشت می‌گردید. شکل ۲۶۴ و ۲۶۵ منحنی پیشروی و پسروی به ترتیب در مزرعه تیمار و شاهد را نشان می‌دهند.

شکل ۲۶۴- منحنی پیشروی و پسروی آبیاری اول تیمار

شکل ۲۶۵- منحنی پیشروی و پسروی آبیاری اول 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 می‌شود. در شکل ۲۶۶ میزان آب مصرفی برآورد شده با استفاده از منحنی پیشروی و پسروب ارائه شده است. از شکل ۲۶۷ تا ۲۷۲ میزان عمق آب برآورد شده با استفاده از داده‌های رطوبتی در آبیاری اول تا سوم ارائه شده است. همچنین در شکل‌های ۲۷۳ و ۲۷۴ نمودار بیلان رطوبتی در مزرعه تیمار و شاهد آورده شده است. در جدول ۱۶۶ میزان عملکرد محصول، آب مصرفی کل و بهره‌وری آب ارائه شده است.

شکل ۲۶۶- میزان آب برآورده شده از منحنی پیشروی و پسروی

شکل ۲۶۷- میزان عمق آب برآورده شده از روی داده‌های رطوبتی در آبیاری اول (تیمار)

شکل ۲۶۸- میزان عمق آب برآورده شده از روی داده‌های رطوبتی در آبیاری اول (شاهد)

شکل ۲۶۹- میزان عمق آب برآورده شده از روی داده‌های رطوبتی در آبیاری دوم (تیمار)

شکل ۲۷۰- میزان عمق آب برآورده شده از روی داده‌های رطوبتی در آبیاری دوم (شاهد)

شکل ۲۷۱- میزان عمق آب برآورده شده از روی داده‌های رطوبتی در آبیاری سوم (شاهد)

شکل ۲۷۲- میزان عمق آب برآورده شده از روی داده‌های رطوبتی در آبیاری سوم (شاهد)

شکل ۲۷۳- منحنی بیلان رطوبتی مزرعه گندم پرویز عارفی (مزرعه تیمار)

شکل ۲۷۴- منحنی بیلان رطوبتی مزرعه گندم پرویز عارفی (مزرعه شاهد)

جدول ۱۶۶- عملکرد و بهره‌وری آب در مزرعه تیمار و شاهد پرویز عارفی

	مزرعه تیمار	مزرعه شاهد
میزان عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)	۱۱۰۰۰	۸۰۰۰
میزان آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار) + بارش موثر	۱۴۵۲ + ۳۰۴۲/۳	۱۴۵۲ + ۴۱۵۱/۵۸
بهره وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	۲/۴۵	۱/۴۳

۵-۳-۲- باغ بادام آقای سهراب جمشیدی

آبیاری اول در مورخه ۹۸/۳/۱۳ انجام شد و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری و همچنین نمونه خاک قبل از آبیاری و بعد از آبیاری در سه نقطه از مزرعه برداشت گردید. جهت تعیین میزان آب مورداستفاده در مزرعه از فلوم تیپ ۴ استفاده گردید. در باغ تیمار روش آبیاری شیاری یک‌طرفه ولی در مزرعه شاهد به حالت کرتی غرقابی آبیاری انجام شد. مشخصات مزرعه تیمار و شاهد و شیب مزرعه در جدول ۱۶۷ ارائه‌شده است.

جدول ۱۶۷- مشخصات باغ مربوط به تیمار و شاهد در باغ آقای سهراب جمشیدی

باغ جمشیدی	روش آبیاری	مساحت مزرعه (ha)	شیب طولی (درصد)	شرایط انتها
تیمار	شیاری یک‌طرفه	۰,۱۴۸۴	-	انتها بسته
شاهد	کرتی	۰,۱۱۳۴	-	انتها بسته

آبیاری اول از منبع آب چاه و میزان دبی به‌وسیله فلوم تیپ چهار ۱۳,۲ لیتر در ثانیه برای تیمار و ۱۷,۶۸ لیتر در ثانیه برای شاهد اندازه‌گیری شد. مدت‌زمان آبیاری باغ تیمار به مساحت ۰,۱۴۸۴ هکتار، ۱,۵ ساعت و در باغ شاهد به مساحت ۰,۱۱۳۴ هکتار، ۲ ساعت می‌باشد. میزان آب برای باغ تیمار ۶۴۰ مترمکعب در هکتار و در باغ شاهد ۸۴۰,۹۰ مترمکعب در هکتار محاسبه گردید (جدول۱۶۸). در جدول ۱۶۹ میزان آبیاری در طول فصل رشد در مزرعه و مشخصات آبیاری ارائه شده است.

جدول ۱۶۸- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان و مدت آبیاری باغ آقای جمشیدی

آبیاری اول	دبی ورودی inflow لیتر بر ثانیه	مدت آبیاری t ساعت	عمق آبیاری Ig میلی‌متر
تیمار	۱۳,۲	۲	۶۴
شاهد	۱۷,۶۸	۱,۵	۸۴,۱۹

جدول ۱۶۹- میزان آب آبیاری در طول فصل رشد

باغ تیمار

تاریخ آبیاری	ساعات آبیاری در هر نوبت (ساعت)	حجم آبیاری (مترمکعب در هکتار)	راندمان آبیاری (درصد)	سیستم آبیاری	منبع آبیاری	شوری آب (دسی-زیمنس بر متر)	عمق سطح ایستابی (متر)	عملکرد محصول (تن در هکتار)
۹۸/۰۳/۱۳	۲	۶۴۲/۵۶	۷۷/۸	شیاری	چاه	۰/۹۵	≥ 28	برداشت نشده
۹۸/۰۴/۰۲	۲	۶۵۷/۴۱	۷۶					
۹۸/۰۴/۲۲	۲	۶۲۰/۶۲	۸۰/۵					
۹۸/۰۵/۱۲	۲	۶۴۹/۹۷	۷۶/۹۲					
۹۸/۰۶/۰۲	۲	۶۵۷/۴۱	۷۶					

باغ شاهد

تاریخ آبیاری	ساعات آبیاری در هر نوبت (ساعت)	حجم آبیاری (مترمکعب در هکتار)	راندمان آبیاری (درصد)	سیستم آبیاری	منبع آبیاری	شوری آب (دسی-زیمنس بر متر)	عمق سطح ایستابی (متر)	عملکرد محصول (تن در هکتار)
۹۸/۰۳/۱۳	۱/۵	۸۴۰/۹	۵۹/۴۶	کرتی	چاه	۰/۹۵	≥ 28	برداشت نشده
۹۸/۰۴/۰۲	۲/۵	۱۰۷۵/۴	۴۶/۵					
۹۸/۰۴/۲۲	۲	۸۱۲/۱۷	۶۱/۵۶					
۹۸/۰۵/۱۲	۲	۸۵۰/۵۷	۵۸/۸					
۹۸/۰۶/۰۲	۱/۵	۸۴۲/۲۳	۵۹/۳۶					

در مورخه ۹۸/۲/۲۸ نصب دابل رینگ جهت اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری خاک به باغ مراجعه گردید و این آزمایش انجام شد. شکل ۲۷۵ نمودار نفوذ مزرعه را نشان می‌دهد.

شکل ۲۷۵- نمودار نفوذ

اندازه‌گیری پیشروی آب در باغ به طول ۳۷,۵ متر اندازه‌گیری گردید. این طول در فواصل ۵ متری برای اندازه‌گیری پیشروی در سطح باغ میخ چوبی شده بود و زمان‌های رسیدن آب به این فواصل یادداشت می‌گردید. شکل ۲۷۵ و ۲۷۶ منحنی پیشروی و پسروی آبیاری اول و دوم در تیمار را نشان می‌دهند.

شکل ۲۷۶- منحنی پیشروی و پسروی آبیاری اول تیمار

شکل ۲۷۷- منحنی پیشروی و پسروی آبیاری اول 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 می‌شود. شکل ۲۷۸ و ۲۷۹ میزان آب نفوذی برآورد شده براساس منحنی پیشروی و پسروی در باغ تیمار و شاهد را نشان می‌دهند. درشکل ۲۸۰ و ۲۸۱ میزان آب برآورد شده براساس داده‌های رطوبتی در باغ تیمار و شاهد ارائه شده است. همچنین در شکل ۲۸۲ و ۲۸۳ نمودار بیلان آب در باغ تیمار و شاهد ارائه گردیده است. در جدول ۱۷۰ میزان عملکرد محصول، آب مصرفی کل و بهره‌وری آب آورده شده است.

شکل ۲۷۸- میزان آب برآورده شده از منحنی پیشروی و پسروی باغ تیمار

شکل ۲۷۹- میزان آب برآورد شده از منحنی پیشروی و پسروی باغ شاهد

شکل ۲۸۰- میزان عمق آب برآورده شده از روی داده‌های رطوبتی باغ جمشیدی (تیمار)

شکل ۲۸۱- میزان عمق آب برآورده شده از روی داده‌های رطوبتی باغ جمشیدی (شاهد)

شکل ۲۸۲- منحنی بیلان رطوبتی باغ تیمار سهراب جمشیدی

شکل ۲۸۳- منحنی بیلان رطوبتی باغ شاهد سهراب جمشیدی

جدول ۱۷۰- عملکرد و بهره‌وری آب در باغ تیمار و شاهد آقای سهراب جمشیدی

	باغ تیمار	باغ شاهد
میزان عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)	۳۰۰	۱۰۰
میزان آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار) + بارش موثر	۹۱۹ + ۳۲۲۷/۹۷	۹۱۹ + ۴۴۲۱/۲۷
بهره وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	۰/۰۷۲	۰/۰۱۸

۵-۳-۳- باغ پایش گردو آقای محمد شهابی

در جدول ۱۷۱ میزان آب آبیاری در طول فصل رشد در مزرعه تیمار و شاهد ومشخصات آبیاری ارائه گردیده است. در مورخه ۹۸/۲/۲۸ نصب دابل رینگ جهت اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری خاک به باغ مراجعه گردید و این آزمایش انجام شد. در شکل ۲۸۴ نمودار نفوذ مزرعه آورده شده است. همچنین در شکل ۲۸۵ و ۲۸۶ نمودار بیلان آب در مزرعه تیمار و شاهد نشان داده شده است. در جدول ۱۷۲ میزان عملکرد محصول، آب مصرفی کل و بهره‌وری آب ارائه گردیده است.

جدول ۱۷۱- میزان آب آبیاری در طول فصل رشد

باغ تیمار								
تاریخ آبیاری	ساعات آبیاری در هر نوبت (ساعت)	حجم آبیاری (مترمکعب در هکتار)	راندمان آبیاری (درصد)	سیستم آبیاری	منبع آبیاری	شوری آب (دسی-زیمنس بر متر)	عمق سطح ایستابی (متر)	عملکرد محصول (تن در هکتار)
۹۸/۰۳/۰۷	۱/۵	۸۶۲	۵۸	شیاری	چاه	۰/۷	≥ 28	برداشت نشده
۹۸/۰۳/۲۷	۱	۵۷۴/۶۶	۸۷					
۹۸/۰۴/۲۰	۱/۵	۶۱۲/۵۵	۸۱/۶					
۹۸/۰۵/۱۵	۱/۳۳	۵۴۳/۱۳	۹۲					
۹۸/۰۶/۱۰	۱/۵	۶۵۱/۰۳	۷۶					

باغ شاهد								
تاریخ آبیاری	ساعات آبیاری در هر نوبت (ساعت)	حجم آبیاری (مترمکعب در هکتار)	راندمان آبیاری (درصد)	سیستم آبیاری	منبع آبیاری	شوری آب (دسی-زیمنس بر متر)	عمق سطح ایستابی (متر)	عملکرد محصول (تن در هکتار)
۹۸/۰۳/۰۷	۹/۳۳	۱۱۴۹/۸۲	۴۳/۴۸	کرتی	چاه	۰/۷	≥ 28	برداشت نشده
۹۸/۰۳/۲۷	۷/۵	۹۲۴/۳	۵۴/۱					
۹۸/۰۴/۲۰	۱۰	۸۷۵/۷۶	۵۷/۱					
۹۸/۰۵/۱۵	۱۱	۹۶۳/۳۴	۵۱/۹					
۹۸/۰۶/۱۰	۱۱	۱۰۲۳/۸۶	۴۸/۸۳					

شکل ۲۸۴- نمودار نفوذ

شکل ۲۸۵- منحنی بیلان رطوبتی باغ گردو محمد شهابی (تیمار)

شکل ۲۸۶- منحنی بیلان رطوبتی باغ گردو محمد شهابی (شاهد)

جدول ۱۷۲- عملکرد و بهره‌وری آب در باغ تیمار و شاهد آقای محمد شهابی

	باغ تیمار	باغ شاهد
میزان عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)	۱۲۰۰	۹۰۰
میزان آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار) + بارش موثر	۹۱۹ + ۳۰۵۷/۳۷	۹۱۹ + ۴۹۳۷/۰۸
بهره وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	۰/۳	۰/۱۵

۵-۳-۴- مزرعه سیب‌زمینی آقای غلامرضا سالمی

زمان آبیاری، دبی، مقدار آبیاری در مزرعه سیب‌زمینی تیمار (غلامرضا سالمی) و شاهد (امیر آقایی) در جدول ۱۷۳ ارائه‌شده است. در جدول ۱۷۴ میزان آب آبیاری در طول فصل رشد در مزرعه تیمار و شاهد ومشخصات آبیاری ارائه گردیده است. در مورخه ۹۷/۱۲/۲۰ نصب دابل رینگ جهت اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری خاک به مزرعه مراجعه گردید و این آزمایش انجام شد. در شکل ۲۸۷ نمودار نفوذ مزرعه آورده شده است. از شکل ۲۸۸ تا ۲۹۱ میزان عمق آب برآورد شده براساس داده‌های رطوبتی در مزرعه تیمار و شاهد در آبیاری اول و دوم ارائه شده است. همچنین در شکل ۲۹۲ و ۲۹۳ نمودار بیلان آب در مزرعه تیمار و شاهد نشان داده شده است. در جدول ۱۷۵ میزان عملکرد محصول، آب مصرفی کل و بهره‌وری آب ارائه گردیده است.

جدول۱۷۳- زمان آبیاری، دبی و میزان آبیاری در مزرعه تیمار و شاهد مزرعه غلامرضا سالمی

نوبت آبیاری	دبی ورودی به مزرعه (لیتر بر ثانیه)		مدت‌زمان آبیاری (ساعت)		حجم آب مصرفی (مترمکعب بر هکتار)		درصد کاهش مصرف آب (درصد)
	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	
۹۸,۰۲,۳۰	۳۰	۳۰	۴,۵	۱,۲۵	۵۴۰	۶۷۵	۲۰
۹۸,۰۳,۰۶	۳۲,۳۸	۳۴,۸۵	۴	۱,۲۵	۵۱۸,۰۸	۷۸۴,۱۲	۳۴

جدول ۱۷۴- میزان آب آبیاری در طول فصل رشد

مزرعه تیمار (نادر سالمی)

تاریخ آبیاری	ساعات آبیاری در هر نوبت (ساعت)	حجم آبیاری (مترمکعب در هکتار)	راندمان آبیاری (درصد)	سیستم آبیاری	منبع آبیاری	شوری آب (دسی-زیمنس بر متر)	عمق سطح ایستابی (متر)	عملکرد محصول (تن در هکتار)
۹۸/۰۲/۳	۴/۵	۵۳۹/۹۴	۹۲/۶					
۹۸/۰۳/۰	۴	۵۱۸/۰۷	۹۶/۵					
۹۸/۰۳/۱	۴/۵	۵۶۱/۱۷	۸۹/۱					
۹۸/۰۳/۲	۴/۳	۵۹۹/۵۶	۸۳/۴	جوی و پشت	سد	۰/۸	≥ 15	۵۱/۱
۹۸/۰۳/۳	۴	۵۱۸	۹۶/۵					
۹۸/۰۴/۰	۴/۳	۵۱۵/۹۴	۹۶/۹					
۹۸/۰۴/۱	۵	۵۵۴/۱۸	۹۰/۲					

مزرعه شاهد (امیر آقایی)

تاریخ آبیاری	ساعات آبیاری در هر نوبت (ساعت)	حجم آبیاری (مترمکعب در هکتار)	راندمان آبیاری (درصد)	سیستم آبیاری	منبع آبیاری	شوری آب (دسی-زیمنس بر متر)	عمق سطح ایستابی (متر)	عملکرد محصول (تن در هکتار)
۹۸/۰۲/۳	۱/۲۵	۶۷۴/۹۲	۷۴/۱					
۹۸/۰۳/۰	۱/۲۵	۷۸۴/۳۱	۶۳/۷					
۹۸/۰۳/۱	۱/۲۵	۷۰۱/۴۶	۷۱/۳					
۹۸/۰۳/۲	۱/۴	۸۷۸/۴۳	۵۶/۹	کرتی	سد	۰/۸	≥ 15	۳۷
۹۸/۰۳/۳	۱/۲	۶۹۹/۴	۷۱/۵					
۹۸/۰۴/۰	۱/۲۵	۶۷۴/۹۲	۷۴/۱					
۹۸/۰۴/۱	۱/۲۵	۶۲۳/۴۵	۸۰/۲					

شکل ۲۸۷- نمودار نفوذ

شکل ۲۸۸- میزان عمق آب برآورده شده از روی داده‌های رطوبتی (تیمار) مزرعه غلامرضا سالمی

شکل۲۸۹- میزان عمق آب برآورده شده از روی داده‌های رطوبتی (شاهد) مزرعه غلامرضا سالمی

شکل ۲۹۰- میزان عمق آب برآورد شده از روی داده‌های رطوبتی (تیمار) مزرعه غلامرضا سالمی

شکل ۲۹۱- میزان عمق آب برآورد شده از روی داده‌های رطوبتی (شاهد) مزرعه غلامرضا سالمی

شکل ۲۹۲- منحنی بیلان رطوبتی مزرعه سیب‌زمینی نادر سالمی (تیمار)

شکل ۲۹۳- منحنی بیلان رطوبتی مزرعه سیب‌زمینی نادر سالمی (شاهد)

جدول ۱۷۵- عملکرد و بهره‌وری آب در مزرعه تیمار و شاهد نادر سالمی

	مزرعه تیمار	مزرعه شاهد
میزان عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)	۵۱۱۰۰	۳۷۰۰۰
میزان آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار) + بارش موثر	۹۱۹ + ۳۸۰۶/۸۶	۹۱۹ + ۵۰۳۶/۸۹
بهره وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	۱۰/۸۱	۶/۲۱

۵-۳-۵- مزرعه سیب‌زمینی آقای داریوش میرابی

زمان آبیاری، دبی، مقدار آبیاری در مزرعه سیب‌زمینی تیمار (داریوش میرابی) و شاهد (اروج وجدی) در جدول ۱۷۶ ارائه‌شده است. در جدول ۱۷۷ میزان آب آبیاری در طول فصل رشد در مزرعه تیمار و شاهد ومشخصات آبیاری ارائه گردیده است. در مورخه ۹۷/۱۲/۲۰ نصب دابل رینگ جهت اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری خاک به مزرعه مراجعه گردید و این آزمایش انجام شد. در شکل ۲۹۴ نمودار نفوذ مزرعه آورده شده است. از شکل ۲۹۵ تا ۲۹۸ میزان عمق آب برآورد شده براساس داده‌های رطوبتی در مزرعه تیمار و شاهد در آبیاری اول و دوم ارائه شده است. همچنین در

شکل ۲۹۹ و ۳۰۰ نمودار بیلان آب در مزرعه تیمار و شاهد نشان داده شده است. در جدول ۱۷۸ میزان عملکرد محصول، آب مصرفی کل و بهره‌وری آب ارائه گردیده است.

جدول ۱۷۶- زمان آبیاری، دبی و مقدار آبیاری در مزرعه سیب‌زمینی تیمار داریوش میرابی

نوبت آبیاری	دبی ورودی به مزرعه (لیتر بر ثانیه)		مدت‌زمان آبیاری (ساعت)		حجم آب مصرفی (مترمکعب بر هکتار)		درصد کاهش مصرف آب (درصد)
	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	تیمار	شاهد	
۹۸,۰۲,۳۰	۳۱,۱۷	۳۱,۲	۵,۵	۱,۵	۵۶۱,۶	۸۴۲,۴	۳۳
۹۸,۰۳,۰۶	۲۷,۷۱	۲۷,۷۱	۷	۱,۵	۶۳۴,۸۱	۷۴۸,۱۷	۱۵

جدول ۱۷۷- میزان آب آبیاری در طول فصل رشد مزرعه تیمار و شاهد

مزرعه تیمار (داریوش میرابی)

تاریخ آبیاری	ساعات آبیاری در هر نوبت (ساعت)	حجم آبیاری (مترمکعب در هکتار)	راندمان آبیاری (درصد)	سیستم آبیاری	منبع آبیاری	شوری آب (دسی-زیمنس بر متر)	عمق سطح ایستابی (متر)	عملکرد محصول (تن در هکتار)
۹۸/۰۲/۳۰	۵/۵	۵۶۱/۱۷	۸۹/۱	جوی و پشته	سد	۰/۸	≥ 15	۴۹/۴۵
۹۸/۰۳/۰۶	۷	۶۳۴/۷۸	۷۸/۷					
۹۸/۰۳/۱۶	۶	۵۶۶/۳۳	۸۸/۳					
۹۸/۰۳/۲۶	۶/۵	۶۳۸/۱۱	۷۸/۴					
۹۸/۰۴/۰۴	۷/۵	۶۲۶/۳۰	۷۹/۸					
۹۸/۰۴/۱۴	۷/۵	۶۸۰/۱۳	۷۳/۵					

مزرعه شاهد (اروج وجدی)

تاریخ آبیاری	ساعات آبیاری در هر نوبت (ساعت)	حجم آبیاری (مترمکعب در هکتار)	راندمان آبیاری (درصد)	سیستم آبیاری	منبع آبیاری	شوری آب (دسی-زیمنس بر متر)	عمق سطح ایستابی (متر)	عملکرد محصول (تن در هکتار)
۹۸/۰۲/۳۰	۱/۵	۸۴۱/۷۶	۵۹/۴	کرتی	سد	۰/۸	≥ 15	۴۲/۵
۹۸/۰۳/۰۶	۱/۵	۷۴۸/۱۴	۶۶/۸					
۹۸/۰۳/۱۶	۱/۵	۷۷۸/۷۰	۶۴/۲					
۹۸/۰۳/۲۶	۱/۵	۸۰۹/۹۱	۶۱/۷					
۹۸/۰۴/۰۴	۲	۹۱۸/۵۸	۵۴/۴					
۹۸/۰۴/۱۴	۲	۹۹۷/۵۲	۵۰/۱					

شکل ۲۹۴- نمودار نفوذ

شکل ۲۹۵- میزان عمق آب برآورد شده از روی داده‌های رطوبتی (تیمار) مزرعه داریوش میرابی

شکل ۲۹۶- میزان عمق آب برآورد شده از روی داده‌های رطوبتی (شاهد) مزرعه داریوش میرابی

شکل ۲۹۷- میزان عمق آب برآورد شده از روی داده‌های رطوبتی (تیمار) مزرعه داریوش میرابی

شکل ۲۹۸- میزان عمق آب برآورد شده از روی داده‌های رطوبتی (شاهد) مزرعه داریوش میرابی

شکل ۲۹۹- منحنی بیلان رطوبتی مزرعه سیب‌زمینی داریوش میرابی (تیمار)

شکل ۳۰۰- منحنی بیلان رطوبتی مزرعه سیب‌زمینی داریوش میرابی (شاهد)

جدول ۱۷۸- عملکرد و بهره‌وری آب در مزرعه تیمار و شاهد داریوش میرابی

	مزرعه تیمار	مزرعه شاهد
میزان عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)	۴۹۴۵۰	۴۲۵۰۰
میزان آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار) + بارش موثر	۹۱۹ + ۳۷۰۶/۸۲	۹۱۹ + ۵۰۹۴/۶۱
بهره وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	۱۰/۶۹	۷/۰۶

۴-۵- نتایج اندازه‌گیری‌های مزارع و باغات شرکت‌ها در شهرستان بناب

۵-۴-۱- مزرعه پایش گندم آقای احمد ولی زاده

در تاریخ ۱۳۹۷/۰۸/۰۳ انجام شد و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. عرض نوارهای شاهد در این مزرعه حدود ۴,۲ متر توسط کشاورز در نظر گرفته شد. طول نوارهای آبیاری در این مزرعه برابر طول مزرعه و حدود ۱۲۳ متر بود. تکنیک مورداستفاده در مزرعه تیمار، آماده‌سازی زمین با استفاده از گاوآهن و خاک ورز حفاظتی و لولر بود و کاشت با استفاده از یک دستگاه کف کار با ۵ کف صورت پذیرفت. در این حالت با توجه به عرض ردیف‌کار و تجربه کشاورز، عرض نوار برابر ۳ متر تعیین گردد. (البته بر اساس شبیه‌سازی سیستم آبیاری سطحی با مدل WinSRFR نیز حدوداً همین مقدار عرض بهینه کفایت می‌نمود) و طول نوار هم همان طول مزرعه شاهد بود برابر ۱۳۰ متر بود. مشخصات تیمار و شاهد در مزرعه آقای ولی زاده به همراه شیب مزرعه در جدول ۱۷۹ ارائه‌شده است.

جدول ۱۷۹- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار (با سه تکرار) و شاهد در مزرعه آقای ولی زاده

مزرعه ولی زاده	روش آبیاری	طول× عرض (m×m)	شیب طولی (m/m)	شرایط انتها
تیمار	شیاری	۱۲۳×۳	۰/۰۰۶۷	بسته
شاهد	نواری	۱۳۰×۴,۲	۰/۰۰۶۷	بسته

آبیاری اول با منبع آب چاه و با متوسط دبی 18.6 لیتر در ثانیه توسط فلومWSC تیپ ۵ اندازه‌گیری شد. متوسط عمق آبیاری در نوار شاهد ۸۱ میلی‌متر محاسبه گردید. عمق آبیاری در بخش تیمار به‌طور متوسط ۵۱ میلی‌متر محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که آماده‌سازی بهینه زمین و تسطیح آن و کاشت با خطی کار بر کاهش عمق آبیاری مؤثر بوده و با محاسبه راندمان کاربرد، میزان این اثربخشی مشخص خواهد شد.

خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا چهارم مزرعه آقای ولی زاده در جدول ۱۸۰ ارائه گردیده است. در آبیاری اول (خاک‌آب)، با توجه به اینکه هنوز ریشه‌های جهت محاسبه SMD (کمبود رطوبت) خاک وجود ندارد، بنا به توصیه سند ملی آب کشور، ۵۰ میلی‌متر به‌عنوان عمق خالص موردنیاز جهت محاسبه راندمان در نظر گرفته شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری ۳۰ میلی‌متر کاهش و حدود ۳۷ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است. دومین آبیاری این مزرعه در تاریخ ۹۸/۰۲/۲۵ انجام شد. در جدول ۱۸۰ متوسط کمبود رطوبت خاک بر اساس اندازه‌گیری رطوبت قبل از عملیات آبیاری از ناحیه ریشه و بر اساس رابطه کمبود رطوبتی خاک محاسبه گردیده است. در این نوبت آبیاری عمق ریشه حدود ۴۰ سانتیمتر اندازه‌گیری شد. مطابق این جدول متوسط عمق آبیاری در مزرعه تیمار ۱۲۳,۹ میلی‌متر و در مزرعه شاهد ۱۴۹,۶ میلی‌متر بوده است. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار به‌طور متوسط ۸۷ به دست آمد. راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود ۶۰ درصد به دست آمد. مطابق نتایج عمق آبیاری در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، عمق آبیاری حدود ۲۵,۷ میلی‌متر کاهش یافت و متوسط راندمان کاربرد آب تیمارها حدود ۲۷ درصد نسبت به بخش شاهد افزایش یافت. مطابق نتایج، این نقطه مشخص می‌گردد که اعمال تیمارها در کاهش مصرف آب و صرفه‌جویی آب مؤثر بود.

آبیاری سوم این مزرعه در تاریخ ۹۸/۰۳/۰۹ انجام شد. در جدول ۱۸۰ متوسط کمبود رطوبت خاک بر اساس اندازه‌گیری رطوبت قبل از عملیات آبیاری از ناحیه ریشه و بر اساس رابطه کمبود رطوبتی خاک محاسبه گردیده است. در این نوبت آبیاری عمق ریشه حدود ۶۰ سانتیمتر اندازه‌گیری شد. مطابق این جدول متوسط عمق آبیاری در مزرعه تیمار ۸۲,۹ میلی‌متر و در مزرعه شاهد ۱۱۷,۶ میلی‌متر بوده است. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار به‌طور متوسط ۸۹ به دست آمد. راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود ۸۴ درصد به دست آمد. مطابق نتایج عمق آبیاری در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، عمق آبیاری حدود ۳۴,۷ میلی‌متر کاهش یافت و متوسط راندمان کاربرد آب تیمارها حدود ۵ درصد نسبت به بخش شاهد افزایش یافت. مطابق نتایج، این نقطه مشخص می‌گردد که اعمال تیمارها در کاهش مصرف آب و صرفه‌جویی آب مؤثر بود.

آبیاری چهارم این مزرعه در تاریخ ۹۸/۰۳/۲۰ انجام شد. در جدول ۱۸۰ متوسط کمبود رطوبت خاک بر اساس اندازه‌گیری رطوبت قبل از عملیات آبیاری از ناحیه ریشه و بر اساس رابطه کمبود رطوبتی خاک محاسبه گردیده است. در این نوبت آبیاری عمق ریشه حدود ۶۰ سانتیمتر اندازه‌گیری شد. مطابق این جدول متوسط عمق آبیاری در مزرعه تیمار ۷۹ میلی‌متر و در مزرعه شاهد ۸۷,۳ میلی‌متر بوده است. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار به‌طور متوسط ۸۹ به دست آمد. راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود ۸۴ درصد به دست آمد. مطابق نتایج عمق آبیاری در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، عمق آبیاری حدود ۸,۳ میلی‌متر کاهش یافت و متوسط راندمان کاربرد آب تیمارها حدود ۴ درصد نسبت به بخش شاهد افزایش یافت. مطابق نتایج، این نقطه مشخص می‌گردد که اعمال تیمارها در کاهش مصرف آب و صرفه‌جویی آب مؤثر بود.

جدول ۱۸۰- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه آقای ولی زاده در تیمارها و شاهد در آبیاری اول تا چهارم

نوبت آبیاری	مزرعه‌ولی‌زاده	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	-	۶۹,۹	۵۰ *	۹۸
	شاهد	۲۹,۷	۲۵	-	۸۱۰	۵۰ *	۶۱,۷
آبیاری دوم	تیمار	۲۲,۷	۴۷	۲۱,۱۲	۱۲۳,۹	۱۰۸,۸	۸۷
	شاهد	۲۲,۷	۶۰	۲۲,۸	۱۴۹,۶	۹۰,۵۷	۶۰
آبیاری سوم	تیمار	۲۳,۸	۳۰	۲۰,۷۶	۸۲,۹	۷۴,۱	۸۹
	شاهد	۲۳,۸	۴۵	۱۹,۱۴	۱۱۷,۶	۹۸,۸	۸۴
آبیاری چهارم	تیمار	۲۲,۷	۳۰	۲۰,۴۹	۷۹	۷۰,۳	۸۸
	شاهد	۲۲,۷	۳۵	۲۰,۴	۸۷,۳	۷۳,۳	۸۴

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

اندازه‌گیری شیب مزارع تحت پایش به‌عنوان یک تکنیک در مزارع می‌باشد. در مزرعه ولی زاده در ۳۰ مهرماه قبل از کشت شیب مزرعه اندازه‌گیری شد که درصد شیب مزرعه ۰,۶۷٪ می‌باشد که منحنی آن در شکل ۳۰۱ آورده شده است.

شکل ۳۰۱ - منحنی شیب مزرعه

برنامه‌ریزی درست آبیاری بستگی به پارامترهای مهمی ازجمله تخمین دقیق نفوذ آب به خاک دارد. این پارامترها نقش مهمی در تعیین کارایی آبیاری دارند در این میان مدل‌های ریاضی کمک شایانی به محاسبات می‌نماید که ازجمله این مدل‌ها می‌توان به معادله نفوذ کوستیاکوف اشاره نمود. کیفیت آب و ویژگی‌های خاک دو عامل بسیار مهم و تأثیرگذار بر معادلات نفوذ و ضرایب آن‌ها می‌باشد. به‌منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک دریکم آبان ماه در مزرعه حلقه‌های مضاعف یا دابل رینگ نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به‌صورت منحنی در شکل ۳۰۲ آورده شده است.

شکل ۳۰۲- گراف نفوذپذیری خاک مزرعه

در طراحی و ارزیابی آبیاری سطحی، نفوذ مهم‌ترین پارامتر است و بر مراحل پیشروی و پسروی آب در مزرعه تأثیر دارد. تعیین نفوذ آب به خاک به دلایل مختلف ازجمله استفاده از معادلات تجربی، وابستگی به زبری سطح، مکان و زمان، از پارامترهای مهم در مطالعات آبیاری است. عمق آب نفوذ یافته در هر نقطه از کرت به فرصت زمان نفوذ در آن نقطه بستگی دارد و برای پیش‌بینی دقیق فرصت زمان نفوذ می‌بایست زمان پیشروی و پسروی با دقت

کافی برآورد شوند. لذا با توجه به مطالب فوق و اهمیت این مسئله در مزارع تحت پایش این پارامترها با دقت اندازه گرفته شد. در مزرعه آقای ولی زاده نیز در ۳ آبان ماه همزمان با آبیاری مزرعه پیش روی و پسروی آب اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل ۳۰۳ آورده شده است. در شکل ۳۰۴ بارش و بارش مؤثر ارائه گردیده است.

شکل ۳۰۳- گراف پیشروی و پسروی آب در مزرعه

شکل ۳۰۴- نمودار بارش و بارش مؤثر شهرستان بناب

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 می‌شود. در اینجا عمق آب نفوذ کرده حدود ۵۸ میلی‌متر محاسبه گردید (شکل ۳۰۵).

شکل ۳۰۵- نمودار ستونی عمق آب نفوذ یافته در فرصت نفوذ

این مزرعه طی فصل رشد محصول در چهار نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی یا کاهش مصرف آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۳۰۶ می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی یا کاهش مصرف آب تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی سه آبیاری این مزرعه، حدود ۱۹,۰۶ درصد محاسبه شد.

شکل ۳۰۶- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای ولی زاده طی آبیاری‌های مختلف

میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در مزرعه آقای ولی زاده به ترتیب ۳۳۶۷ و ۴۳۵۶ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف ۲۳ درصدی (حدود ۹۸۸ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (شکل ۳۰۷). در شکل ۳۰۸ منحنی بیلان رطوبتی مزرعه در قسمت تیمار و شاهد ارائه گردیده است. همچنین در جدول ۱۸۱ میزان عملکرد محصول، آب مصرفی کل، بهره‌وری آب و کارایی مصرف آب ارائه شده است.

شکل ۳۰۷- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در مزرعه تیمار و شاهد آقای ولی زاده طی و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

شکل ۳۰۸- منحنی بیلان رطوبتی از طریق منحنی MAD به همراه رسم منحنی مربوطه

جدول ۱۸۱- مقادیر عملکرد، آب مصرفی کل، بهره‌وری و کارایی مصرف آب

	میزان عملکرد محصول (تن بر هکتار)	میزان مصرف آب (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم در مترمکعب)
تیمار	۷/۹	۳۳۶۶	۲/۳	۱/۷
شاهد	۶/۵	۴۳۵۶	۱/۵	۱/۱

۵-۴-۲- مزرعه پایش گندم آقای توحید زینال زاده

در تاریخ ۱۳۹۷/۰۹/۰۱ انجام شد و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. عرض نوارهای شاهد در این مزرعه حدود ۴ متر توسط کشاورز در نظر گرفته شد. طول نوارهای آبیاری در این مزرعه ۵۵ متر می‌باشد. تکنیک مورداستفاده 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 برابر ۳,۶ متر تعیین گردد. (البته بر اساس شبیه‌سازی سیستم آبیاری سطحی با مدل winSRFR نیز حدوداً همین مقدار عرض بهینه کفایت می‌نمود) و طول نوار هم همان طول مزرعه شاهد بود برابر ۵۵ متر بود. مشخصات تیمار و شاهد در مزرعه آقای زینال زاده به همراه شیب مزرعه در جدول ۱۸۲ ارائه‌شده است.

جدول ۱۸۲- تکنیک‌های اعمال‌شده در مزرعه

مزرعه زینال زاده	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

آبیاری اول با منبع آب چاه و با متوسط دبی ۱۱/۷ لیتر در ثانیه توسط فلوم wsc اندازه‌گیری شد. مدت‌زمان پیشروی آب در شاهد ۴۰ دقیقه طول کشید. زمان پیشروی در تیمار ۱۵ دقیقه حاصل شد. متوسط عمق آبیاری در نوار شاهد ۱۲۷,۴ میلی‌متر محاسبه گردید. عمق آبیاری در بخش تیمار به‌طور متوسط ۶۸,۴ میلی‌متر محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که آماده‌سازی بهینه زمین و تسطیح آن و کاشت با کف‌کار، بر کاهش عمق آبیاری مؤثر بوده و با محاسبه راندمان کاربرد، میزان این اثربخشی مشخص خواهد شد.

خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا چهارم مزرعه آقای سجاد روحی در جدول ۱۸۳ ارائه گردیده است. در آبیاری اول (خاک‌آب)، با توجه به اینکه هنوز ریشه‌های جهت محاسبه SMD (کمبود رطوبت) خاک وجود ندارد، بنا به توصیه سند ملی آب کشور، ۵۰ میلی‌متر به‌عنوان عمق خالص موردنیاز جهت محاسبه راندمان در نظر گرفته شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری اول ۵۹ میلی‌متر کاهش و حدود ۴۶ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است.

دومین آبیاری این مزرعه در تاریخ ۹۸/۰۲/۱۷ انجام شد. در جدول ۱۸۳ متوسط کمبود رطوبت خاک بر اساس اندازه‌گیری رطوبت قبل از عملیات آبیاری از ناحیه ریشه و بر اساس رابطه کمبود رطوبتی خاک محاسبه گردیده

است. در این نوبت آبیاری عمق ریشه حدود ۶۰ سانتیمتر اندازه‌گیری شد. مطابق این جدول متوسط عمق آبیاری دوم در مزرعه تیمار ۱۳۸,۳ میلی‌متر و در مزرعه شاهد ۱۵۰,۶ میلی‌متر بوده است. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار به‌طور متوسط ۶۱ به دست آمد. راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود ۵۲,۸ درصد به دست آمد. مطابق نتایج عمق آبیاری در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، عمق آبیاری حدود ۱۲,۳ میلی‌متر کاهش یافت و متوسط راندمان کاربرد آب تیمارها حدود ۸,۲ درصد نسبت به بخش شاهد افزایش یافت. مطابق نتایج، این نقطه مشخص می‌گردد که اعمال تیمارها در کاهش مصرف آب و صرفه‌جویی آب مؤثر بود.

سومین آبیاری این مزرعه در تاریخ ۹۸/۰۳/۰۸ انجام شد. در جدول ۱۸۳ متوسط کمبود رطوبت خاک بر اساس اندازه‌گیری رطوبت قبل از عملیات آبیاری از ناحیه ریشه و بر اساس رابطه کمبود رطوبتی خاک محاسبه گردیده است. در این نوبت آبیاری عمق ریشه حدود ۶۰ سانتیمتر اندازه‌گیری شد. مطابق این جدول متوسط عمق آبیاری سوم در مزرعه تیمار ۱۰۳,۲ میلی‌متر و در مزرعه شاهد ۱۲۸,۴ میلی‌متر بوده است. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار به‌طور متوسط ۷۵ به دست آمد. راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود ۶۵ درصد به دست آمد. مطابق نتایج عمق آبیاری سوم در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، عمق آبیاری حدود ۲۵,۲ میلی‌متر کاهش یافت و متوسط راندمان کاربرد آب تیمارها حدود ۱۰ درصد نسبت به بخش شاهد افزایش یافت.

آبیاری چهارم این مزرعه در تاریخ ۹۸/۰۳/۲۰ انجام شد. در جدول ۱۸۳ متوسط کمبود رطوبت خاک بر اساس اندازه‌گیری رطوبت قبل از عملیات آبیاری از ناحیه ریشه و بر اساس رابطه کمبود رطوبتی خاک محاسبه گردیده است. در این نوبت آبیاری عمق ریشه حدود ۶۰ سانتیمتر اندازه‌گیری شد. مطابق جدول ۱۸۳ متوسط عمق آبیاری چهارم در مزرعه تیمار ۸۶,۷ میلی‌متر و در مزرعه شاهد ۱۰۱,۱ میلی‌متر بوده است. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار به‌طور متوسط ۷۵,۷ به دست آمد. راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود ۷۰ درصد به دست آمد. مطابق نتایج عمق آبیاری چهارم در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، عمق آبیاری حدود ۱۴,۴ میلی‌متر کاهش یافت و متوسط راندمان کاربرد آب تیمارها حدود ۵,۷ درصد نسبت به بخش شاهد افزایش یافت.

جدول ۱۸۳- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه آقای زینال‌زاده در تیمارها و شاهد در آبیاری اول تا چهارم

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	۱۵	-	۶۸,۴	۵۰ *	۷۳,۱
	شاهد	۱۱,۷	۴۰	-	۱۲۷,۴	۵۰ *	۳۹,۲
آبیاری دوم	تیمار	۸,۹	۶۰	۱۳,۳۶	۱۳۸,۳	۸۴,۶	۶۱
	شاهد	۸,۹	۷۰	۱۲,۰۹	۱۵۰,۶	۷۹,۵	۵۲,۸
آبیاری سوم	تیمار	۱۳,۲	۳۰	۱۵,۸	۱۰۳,۲	۷۷,۶	۷۵
	شاهد	۱۳,۲	۴۰	۱۴,۹	۱۲۸,۴	۸۳,۵	۶۵
آبیاری چهارم	تیمار	۱۶,۷	۳۰	۱۴,۲	۸۶,۷	۶۵,۶	۷۵,۷
	شاهد	۱۱۶,۷	۴۰	۱۵,۳	۱۰۱,۱	۷۱,۱	۷۰

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

اندازه‌گیری شیب مزارع تحت پایش به‌عنوان یک تکنیک در مزارع می‌باشد. در مزرعه توحید زینال زاده در ۱۹ آبان ماه قبل از کشت شیب مزرعه اندازه‌گیری شد تا جهت آبیاری در مزرعه بر اساس شیب آن باشد که درصد شیب مزرعه ۰,۲۲٪ می‌باشد که منحنی آن در شکل ۳۰۹ آورده شده است.

شکل ۳۰۹- منحنی شیب مزرعه

به‌منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در ۲۱ آبان ماه در مزرعه دابل رینگ با حضور کارشناس آبیاری شرکت مجری نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به‌صورت منحنی در شکل ۳۱۰ آورده شده است.

شکل ۳۱۰- گراف نفوذپذیری خاک مزرعه

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 می‌شود. در اینجا عمق آب نفوذ کرده حدود ۶۶٫۸ میلی‌متر محاسبه گردید (شکل ۳۱۱).

شکل ۳۱۱- نمودار ستونی عمق آب نفوذ یافته در فرصت نفوذ

این مزرعه طی فصل رشد محصول در چهار نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی یا کاهش مصرف آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۳۱۲ می‌باشد. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در مزرعه آقای زینال زاده به ترتیب ۳۹۶۶ و ۵۰۷۵ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف ۲۲ درصدی (حدود ۱۱۰۹ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است. در شکل ۳۱۳ مقایسه راندمان کاربرد آب در آبیاری اول تا چهارم در مزرعه تیمار و شاهد نشان داده شده است. شکل ۳۱۴ بیلان رطوبتی در مزرعه تیمار و شاهد را نشان می‌دهد. در جدول ۱۸۴ میزان عملکرد محصول، آب مصرفی کل، بهره‌وری و کارایی مصرف آب ارائه شده است.

شکل ۳۱۲- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای زینال زاده طی آبیاری‌های مختلف

شکل ۳۱۳- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در مزرعه تیمار و شاهد آقای ولی زاده طی و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

شکل ۳۱۴- منحنی بیلان رطوبتی از طریق منحنی MAD به همراه رسم منحنی مربوطه

جدول ۱۸۴- مقادیر عملکرد، آب مصرفی کل، بهره‌وری آب و کارایی مصرف آب

	میزان عملکرد محصول (تن بر هکتار)	میزان مصرف آب (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم در مترمکعب)
تیمار	۸/۵	۳۹۶۶	۲/۱	۱/۶
شاهد	۷	۵۰۷۵	۱/۴	۱/۱

۵-۴-۳- باغ پایش سیب آقای اسماعیل غلامی

در تاریخ ۱۳۹۸/۰۲/۲۲ انجام شد و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. عرض شیارها تیمار در این باغ ۱٫۱ متر توسط کشاورز در نظر گرفته شد. طول شیارهای آبیاری در این مزرعه ۱۰۸ متر می‌باشد. آبیاری اول با منبع آب کانال و با متوسط دبی ۲۲٫۷ لیتر در ثانیه توسط فلوم wsc اندازه‌گیری شد.

جدول ۱۸۵- تکنیک‌های اعمال‌شده در باغ

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

در آبیاری اول مدت‌زمان پیشروی آب در شاهد ۵۰ دقیقه طول کشید. زمان پیشروی در تیمار ۳۳ دقیقه حاصل شد. متوسط عمق آبیاری در نوار شاهد ۱۰۴٫۶ میلی‌متر محاسبه گردید. عمق آبیاری در بخش تیمار به‌طور متوسط ۷۰٫۴ میلی‌متر محاسبه گردید. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب

آبیاری ۳۴,۲ میلی‌متر کاهش و حدود ۳۳ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است. دومین آبیاری این مزرعه در تاریخ ۹۸/۳/۱۱ انجام شد. اندازه‌گیری‌ها و محاسبات مربوط به آبیاری دوم تا هفتم در مزرعه در جدول ۱۸۶ ارائه‌شده است. در این جدول متوسط کمبود رطوبت خاک بر اساس اندازه‌گیری رطوبت قبل از عملیات آبیاری از ناحیه ریشه و بر اساس رابطه کمبود رطوبتی خاک محاسبه گردیده است. در آبیاری دوم عمق ریشه حدود ۹۰ سانتیمتر اندازه‌گیری شد. مطابق جدول ۱۸۶ متوسط عمق آبیاری در مزرعه تیمار ۷۰ میلی‌متر و در مزرعه شاهد ۱۲۰ میلی‌متر بوده است. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار به‌طور متوسط ۶۲,۱ به دست آمد. راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود ۵۳,۱ درصد به دست آمد. مطابق نتایج عمق آبیاری در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، عمق آبیاری حدود ۵۰ میلی‌متر کاهش یافت و متوسط راندمان کاربرد آب تیمارها حدود ۴۴,۵ درصد نسبت به بخش شاهد افزایش یافت. سومین در تاریخ ۹۸/۰۳/۲۵ انجام شد. مطابق جدول ۱۸۶ متوسط عمق آبیاری سوم در مزرعه تیمارها ۸۳,۵ میلی‌متر و در بخش شاهد ۱۴۵,۶ میلی‌متر محاسبه شد. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و با اندازه‌گیری عمق ریشه برابر با ۹۰ سانتیمتر، عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار به‌طور متوسط ۷۷,۱ درصد به دست آمد. راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود ۴۷,۳ درصد به دست آمد. مطابق نتایج عمق آبیاری سوم در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه ۶۲,۱ میلی‌متر کاهش یافت و متوسط راندمان کاربرد آب تیمارها حدود ۲۹,۸ درصد نسبت به بخش شاهد افزایش یافت. آبیاری چهارم این باغ در تاریخ ۹۸/۰۴/۰۸ شده است. مطابق جدول۱۸۶ متوسط عمق آبیاری چهارم در مزرعه تیمارها ۹۷,۲ میلی‌متر و در بخش شاهد ۱۶۳,۴ میلی‌متر محاسبه شد. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و با اندازه‌گیری عمق ریشه برابر با ۹۰ سانتیمتر، عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار به‌طور متوسط ۷۷,۱ درصد به دست آمد. راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود ۵۲,۶ درصد به دست آمد. مطابق عمق آبیاری چهارم در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه ۶۲,۱ میلی‌متر کاهش یافت و متوسط راندمان کاربرد آب تیمارها حدود ۲۵,۱ درصد نسبت به بخش شاهد افزایش یافت. آبیاری پنجم این باغ در تاریخ ۹۸/۰۴/۲۰ انجام و متوسط عمق آبیاری در مزرعه تیمارها ۸۵,۳ میلی‌متر و در بخش شاهد ۱۴۵,۶ میلی‌متر محاسبه شد.

آبیاری ششم این باغ در تاریخ ۹۸/۰۵/۰۲ انجام شده است. مطابق جدول ۱۸۶ متوسط عمق آبیاری در مزرعه تیمارها ۹۵,۶ میلی‌متر و در بخش شاهد ۱۵۰,۶ میلی‌متر محاسبه شد بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و با اندازه‌گیری عمق ریشه برابر با ۹۰ سانتیمتر، عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار به‌طور متوسط ۷۰ درصد به دست آمد. راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود ۵۵ درصد به دست آمد. مطابق نتایج عمق آبیاری ششم در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه ۶۷,۸ میلی‌متر کاهش یافت و متوسط راندمان کاربرد آب تیمارها حدود ۱۵ درصد نسبت به بخش شاهد افزایش یافت. آبیاری هفتم این باغ در تاریخ ۹۸/۰۵/۳۰ انجام شد و مطابق جدول ۱۸۶ متوسط عمق آبیاری هفتم در مزرعه تیمارها ۱۰۶,۷ میلی‌متر و در بخش شاهد ۱۴۵,۶ میلی‌متر محاسبه شد.

جدول ۱۸۶- 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 هفتم

نوبت آبیاری	مزرعه غلامی	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	-	۳۳	-	۷۰/۴	-	-
	شاهد	-	۵۰	-	۱۰۴/۶	-	-
آبیاری دوم	تیمار	۱۸,۶	۴۰	۱۴,۹۱	۷۰	۶۲/۱	۸۸/۷
	شاهد	۱۸/۶	۷۰	۱۶/۰۳	۱۲۰	۵۳/۱	۴۴/۲
آبیاری سوم	تیمار	۲۴,۹	۳۵	۱۲,۲	۸۳,۵	۶۴,۴۴	۷۷,۱
	شاهد	۲۴,۹	۶۵	۱۱,۶	۱۴۵,۶	۶۹	۴۷,۳
آبیاری چهارم	تیمار	۲۲,۷	۴۵	۱۰,۷۰	۹۷,۲	۷۸,۸	۸۱
	شاهد	۲۲,۷	۸۰	۱۱,۱۲	۱۶۳,۴	۱۱۰,۳	۶۷,۵
آبیاری پنجم	تیمار	-	-	-	۸۵/۳	-	-
	شاهد	-	-	-	۱۴۵/۶	-	-
آبیاری ششم	تیمار	۱۸,۶	۵۵	۱۰,۴	۹۵,۶	۶۸,۷	۷۰
	شاهد	۱۸,۶	۱۰۰	۱۴,۱	۱۶۳,۴	۹۰,۱	۵۵
آبیاری هفتم	تیمار	-	-	-	۱۰۶/۷	-	-
	شاهد	-	-	-	۱۴۵/۶	-	-

به‌منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در ۲۲ اردیبهشت‌ماه در مزرعه دابل رینگ با حضور کارشناس آبیاری شرکت مجری نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به‌صورت منحنی در شکل ۳۱۵ آورده شده است.

شکل ۳۱۵-گراف نفوذپذیری خاک باغ

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 می‌شود. در اینجا عمق آب نفوذ کرده حدود ۷۷,۹ میلی‌متر محاسبه گردید (شکل ۳۱۶). در شکل ۳۱۷ بیلان رطوبت در مزرعه تیمار و شاهد نشان داده

شده است. عمق آب برآورد شده از طریق منحنی پیشروی و پسروی در شکل ۳۱۸ آورده شده است. در جدول ۳۱۹ عملکرد محصول، آب مصرفی کل، بهره‌وری و کارایی مصرف آب در مزرعه ارائه شده است.

شکل ۳۱۶- نمودار ستونی عمق آب نفوذ یافته در فرصت نفوذ

شکل ۳۱۷- منحنی بیلان رطوبتی از طریق منحنی MAD به همراه رسم منحنی مربوطه

شکل ۳۱۸- عمق برآورد شده از طریق پسروی و پیشروی

جدول ۱۸۷- مقادیر عملکرد و کارایی مصرف آب

	میزان عملکرد محصول (تن بر هکتار)	میزان مصرف آب (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم در مترمکعب)
تیمار	۲۶/۹	۶۱۰۵	۴/۴	۳/۸
شاهد	۲۷	۹۷۵۴	۲/۸	۲/۵

۵-۴-۴- مزرعه پایش سیب‌زمینی آقای شهبازی

آبیاری هر دو مزرعه با چاه موجود در مزرعه صورت پذیرفت و برای مزرعه تیمار با توجه به‌تمامی شرایط ساعت آبیاری مشخص شد و برای انجام آن به کشاورز ارائه گردید که در جداول ۱۸۸ آمده است. آبیاری اول در تاریخ ۱۳۹۸/۰۲/۲۴ در مزرعه شاهد و در مورخ ۹۸/۰۲/۲۸ در مزرعه تیمار انجام شد و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید آبیاری در هردو با نوار تیپ صورت گرفت (جدول ۱۸۹).

دومین آبیاری مزرعه تیمار در تاریخ ۹۸/۳/۰۷ و مزرعه شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۰۸ انجام شد. در جدول ۱۸۹ متوسط کمبود رطوبت خاک بر اساس اندازه‌گیری رطوبت قبل از عملیات آبیاری از ناحیه ریشه و بر اساس رابطه کمبود رطوبتی خاک محاسبه گردیده است. در این نوبت آبیاری عمق ریشه حدود ۳۰ سانتیمتر اندازه‌گیری شد. مطابق این جدول متوسط عمق آبیاری در مزرعه تیمار ۳,۸ میلی‌متر (با ۶۰ درصد سطح خیس شدگی ۶,۳ میلی‌متر) و در مزرعه شاهد ۴,۸ میلی‌متر (با ۶۰ درصد سطح خیس شدگی ۸ میلی‌متر) بوده است. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار به‌طور متوسط ۹۰ به دست آمد. راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود ۸۵ درصد به دست آمد. مطابق نتایج عمق آبیاری دوم در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، عمق آبیاری حدود ۱,۷ میلی‌متر کاهش یافت و متوسط راندمان کاربرد آب تیمارها حدود ۱۰ درصد نسبت به بخش شاهد افزایش یافت.

سومین آبیاری مزرعه تیمار در تاریخ ۹۸/۳/۱۱ و مزرعه شاهد در تاریخ ۹۸/۳/۱۳ انجام شد. مطابق این جدول متوسط عمق آبیاری در مزرعه تیمار ۳,۸ میلی‌متر (با ۶۰ درصد سطح خیس شدگی ۶,۳ میلی‌متر) و در مزرعه شاهد ۵ میلی‌متر (با ۶۰ درصد سطح خیس شدگی ۸,۳ میلی‌متر) بوده است. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و با اندازه‌گیری عمق ریشه برابر با ۳۰ سانتیمتر، عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار

به‌طور متوسط ۸۴ درصد به دست آمد. راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود ۵۰ درصد به دست آمد. مطابق نتایج عمق آبیاری سوم در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه ۲ میلی‌متر کاهش یافت و متوسط راندمان کاربرد آب تیمارها حدود ۳۴ درصد نسبت به بخش شاهد افزایش یافت.

جدول ۱۸۸- برآورد میزان آب آبیاری برای تیمار و شاهد

شاهد			تیمار		
ردیف	روز شمسی	حجم آبیاری m^3/ha	ردیف	روز شمسی	حجم آبیاری m^3/ha
۱	۹۸/۲/۲۴	۳۰۰	۱	۹۸/۲/۲۸	۲۵۰
۲	۹۸/۳/۸	۴۸۰	۲	۹۸/۳/۷	۳۸۰
۳	۹۸/۳/۱۳	۵۰۰	۳	۹۸/۳/۱۱	۳۸۰
۴	۹۸/۳/۱۸	۴۵۰	۴	۹۸/۳/۱۶	۳۵۰
۵	۹۸/۳/۲۳	۴۲۰	۵	۹۸/۳/۱۹	۳۵۰
۶	۹۸/۳/۲۷	۵۲۰	۶	۹۸/۳/۲۵	۴۰۰
۷	۹۸/۳/۳۱	۵۰۰	۷	۹۸/۳/۲۸	۴۰۰
۸	۹۸/۴/۴	۵۰۰	۸	۹۸/۴/۱	۴۰۰
۹	۹۸/۴/۸	۵۰۰	۹	۹۸/۴/۴	۴۰۰
۱۰	۹۸/۴/۸	۵۰۰	۱۰	۹۸/۴/۸	۴۰۰
۱۱	۹۸/۴/۱۲	۵۰۰	۱۱	۹۸/۴/۱۲	۴۵۰
۱۲	۹۸/۴/۱۷	۵۰۰			
۱۳	۹۸/۴/۲۱	۵۰۰			
۱۴	۹۸/۴/۲۶	۵۰۰			
جمع		۶۶۷۰	جمع		۴۱۶۰

جدول ۱۸۹- 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

نوبت آبیاری	مزرعه‌شهبازی	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	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-
آبیاری دوم	تیمار	۱۲,۵	۳	۷,۶	۶,۳	۵,۷	۹۰
	شاهد	۱۰,۲	۵,۶	۶,۳	۸	۶,۴	۸۰
آبیاری سوم	تیمار	۱۲,۵	۳,۸	۱۰,۹	۶,۳	۵,۳	۸۴
	شاهد	۱۰,۲	۵,۹	۱۲,۹	۸,۳	۴,۲	۵۰

به‌منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در ۲۱ اسفندماه در مزرعه دابل رینگ با حضور کارشناس آبیاری شرکت مجری نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به‌صورت منحنی در شکل ۳۱۹ آورده شده است. در شکل ۳۲۰ منحنی بیلان رطوبت در تیمار و شاهد نشان داده شده است. در جدول ۱۹۰ میزان عملکرد محصول، آب مصرفی کل، بهره‌وری و کارایی مصرف آب در مزرعه ارائه شده است.

شکل ۳۱۹- گراف نفوذپذیری خاک مزرعه

شکل ۳۲۰- منحنی بیلان رطوبتی از طریق منحنی MAD به همراه رسم منحنی مربوطه

جدول ۱۹۰- مقادیر عملکرد و کارایی مصرف آب

	میزان عملکرد محصول (تن بر هکتار)	میزان مصرف آب (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم در مترمکعب)
تیمار	۴۸	۴۱۶۰	۱۱/۵	۱۱/۱
شاهد	۳۴	۶۶۷۰	۵/۱	۵

۵-۵- نتایج اندازه‌گیری‌های مزارع شرکت‌ها در شهرستان ملکان

۵-۵-۱- مزرعه پایش گندم آقای یونس حنیفی۱

در تاریخ ۱۳۹۷/۸/۱۵ انجام شد و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. عرض نوارهای شاهد در این مزرعه حدود ۱۷ متر توسط کشاورز در نظر گرفته شد. طول نوارهای آبیاری در این مزرعه برابر طول مزرعه و حدود ۱۴۰ متر بود. تکنیک مورداستفاده در مزرعه تیمار، آماده‌سازی زمین با استفاده از گاوآهن 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 بود برابر ۱۷۰ متر بود. مشخصات تیمار و شاهد در مزرعه آقای یونس حنیفی در به همراه شیب مزرعه در جدول ۱۹۱ ارائه‌شده است.

جدول ۱۹۱- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار (با سه تکرار) و شاهد در مزرعه آقای یونس حنیفی

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	۱۷×۱۴۰	۰/۰۰۰۳	بسته

آبیاری اول با منبع آب سد و با متوسط دبی ۳۰ لیتر در ثانیه توسط فلوم WSC تیپ ۵ اندازه‌گیری شد. مدت‌زمان پیشروی آب در شاهد ۱۲۰ دقیقه طول کشید. زمان پیشروی در تیمار ۶۰ دقیقه حاصل شد. متوسط عمق آبیاری در نوار شاهد ۱۲۵ میلی‌متر محاسبه گردید. عمق آبیاری در بخش تیمار به‌طور متوسط ۹۰ میلی‌متر محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که آماده‌سازی بهینه زمین و تسطیح آن و کاشت با خطی کار، بر کاهش عمق آبیاری مؤثر بوده و با محاسبه راندمان کاربرد، میزان این اثربخشی مشخص خواهد شد. خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول و دوم مزرعه آقای حنیفی در جدول ۱۹۲ ارائه گردیده است. در آبیاری اول (خاک‌آب)، با توجه به اینکه هنوز ریشه‌های جهت محاسبه SMD (کمبود رطوبت) خاک وجود ندارد، بنا به توصیه سند ملی آب کشور، ۵۰ میلی‌متر به‌عنوان عمق خالص موردنیاز جهت محاسبه راندمان در نظر گرفته شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری اول ۳۵ میلی‌متر کاهش و حدود ۱۵,۵ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است.

دومین آبیاری این مزرعه در تاریخ ۹۸/۲/۲۹ انجام شد. در جدول ۱۹۲ متوسط کمبود رطوبت خاک بر اساس اندازه‌گیری رطوبت قبل از عملیات آبیاری از ناحیه ریشه و بر اساس رابطه کمبود رطوبتی خاک محاسبه گردیده است. در این نوبت آبیاری عمق ریشه حدود ۳۰ سانتیمتر اندازه‌گیری شد. مطابق این جدول متوسط عمق آبیاری دوم در مزرعه تیمار ۱۰۶ میلی‌متر و در مزرعه شاهد ۱۵۴ میلی‌متر بوده است. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه

(SMD) و عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار به‌طور متوسط ۳۵,۶ به دست آمد. راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود ۲۸,۵ درصد به دست آمد. مطابق نتایج عمق آبیاری دوم در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، عمق آبیاری حدود ۴۸ میلی‌متر کاهش یافت و متوسط راندمان کاربرد آب تیمارها حدود ۱۱,۱ درصد نسبت به بخش شاهد افزایش یافت. در شکل ۳۲۱ منحنی شیب زمین نشان داده شده است.

جدول ۱۹۲- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه آقای یونس حنیفی در تیمارها و شاهد در آبیاری اول تا دوم

نوبت آبیاری	مزرعه‌یونس-حنیفی۱	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	۶۰	-	۹۰	۵۰ *	۵۵,۵
	شاهد	۳۰	۱۲۰	-	۱۲۵	۵۰ *	۴۰
آبیاری دوم	تیمار	۲۲,۶	۳۳۰	۲۰,۵	۱۰۶	۸۱	۷۶,۴
	شاهد	۱۸,۵	۱۸۰	۱۳,۴	۱۵۴	۴۸,۶	۳۱

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

شکل ۳۲۱- پروفیل شیب زمین و منحنی آن

شکل ۳۲۲ مشخصات نفوذپذیری خاک مزرعه را نشان می‌دهد. در شکل ۳۲۳ بارش و بارش مؤثر ماهانه ارائه شده است. در شکل ۳۲۴ و ۳۲۵ به ترتیب منحنی پیشروی و پسروی و میزان عمق آب برآورد شده در آبیاری اول ارائه گردیده است. همچنین در شکل ۳۲۶ میزان عمق آب برآورد شده از طریق منحنی پیشروی و پسروی و معادله نفوذ در آبیاری اول آورده شده است. در شکل ۳۲۷ و ۳۲۸ به ترتیب منحنی پیشروی و پسروی و میزان عمق آب

برآورد شده در آبیاری دوم ارائه گردیده است. همچنین در شکل ۳۲۹ میزان عمق آب برآورد شده از طریق منحنی پیشروی و پسروی و معادله نفوذ در آبیاری دوم آورده شده است.

شکل ۳۲۲- مشخصات نفوذپذیری خاک

شکل ۳۲۳- نمودار بارش و بارش مؤثر*

* نحوه محاسبه میزان بارش مؤثر: میزان بارندگی ضربدر ۰٫۸

شکل ۳۲۴- نمودار پیشروی و پسروی در آبیاری اول

شکل ۳۲۵- میزان عمق برآورد شده در آبیاری اول

شکل ۳۲۶- برآورد میزان آب‌داده شده از طریق پیش روی و پسروی و معادله نفوذ (تیمار) در آبیاری اول

شکل۳۲۷- نمودار پیشروی و پسروی در آبیاری دوم

شکل ۳۲۸- میزان عمق برآورد شده در آبیاری دوم

شکل ۳۲۹- برآورد میزان آب‌داده‌شده از طریق پیش روی و پسروی و معادله نفوذ (تیمار) در آبیاری دوم

این مزرعه طی فصل رشد محصول در دو نوبت آبیاری گردید. در شکل ۳۳۰ نمودار بیلان آب ارائه شده است. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی یا کاهش مصرف آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۳۳۱ می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی یا کاهش مصرف آب تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی دو آبیاری این مزرعه، حدود ۲ درصد محاسبه شد.

شکل ۳۳۰- برآورد حجم کل آب‌داده‌شده از طریق منحنی MAD به همراه رسم منحنی مربوطه

شکل ۳۳۱- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و صرفه‌جویی (کاهش مصرف) آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای یونس حنیفی طی آبیاری‌های مختلف

میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در مزرعه آقای یوسف حنیفی۱ به ترتیب ۱۹۶۵ و ۲۹۶۴ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف ۲۹ درصدی (حدود ۸۲۸ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است. مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی دو آبیاری پایش شده، در شکل ۳۳۲ ارائه‌شده است. مطابق این شکل، متوسط مقدار افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۱۵٫۵ و ۱۱٫۱ درصد به دست آمد.

شکل ۳۳۲- مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در مزرعه تیمار و شاهد و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۶۲۰۰ و ۵۶۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. محاسبات بهره‌وری آب از عملکرد تیمار و شاهد بر اساس گواهی باسکول انجام پذیرفته است. نتایج در جدول ۱۹۳ ارائه گردیده است. به‌این‌ترتیب اعمال تیمار و مدیریت آبیاری آن حدود ۰,۴ کیلوگرم بر مترمکعب (معادل ۱۸ درصد) باعث افزایش بهره‌وری آب در این مزرعه شد.

جدول ۱۹۳- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای یونس حنیفی۱

	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	میزان مصرف آب (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۶۲۰۰	۱۹۶۵	۱,۷
شاهد	۵۶۰۰	۲۶۰۸	۱,۳

۵-۵-۲- مزرعه پایش گندم آقای یوسف حنیفی۲

از دو مزرعه انتخابی تیمار و شاهد برای کشت پاییزه در روستای مهماندار اولین آبیاری در پاییز در تاریخ ۹۷/۸/۱۵ انجام و بقیه آبیاری‌ها در بهار انجام گردید. در تاریخ ۱۳۹۷/۸/۱۵ انجام شد. عرض نوارهای شاهد در این مزرعه حدود ۹ متر توسط کشاورز در نظر گرفته شد. طول نوارهای آبیاری در این مزرعه برابر طول مزرعه و حدود ۱۸۰ متر بود. تکنیک مورداستفاده در مزرعه تیمار، آماده‌سازی زمین با استفاده از گاوآهن 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 شاهد بود برابر ۱۸۰ متر بود. مشخصات تیمار و شاهد در مزرعه آقای یوسف حنیفی به همراه شیب مزرعه در جدول ۱۹۴ ارائه‌شده است. در شکل ۳۳۳ نمودار شیب زمین ارائه شده است.

جدول ۱۹۴- مشخصات نوارهای مربوط به تیمار (با سه تکرار) و شاهد در مزرعه آقای یوسف حنیفی

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 ۳۳۳- نمودار شیب زمین

آبیاری اول با منبع آب سد و با متوسط دبی ۲۸ لیتر در ثانیه توسط فلوم WSC تیپ ۵ اندازه‌گیری شد. مدت‌زمان پیشروی آب در شاهد ۱۸۵ دقیقه طول کشید. زمان پیشروی در تیمار ۹۰ دقیقه حاصل شد. متوسط عمق آبیاری در نوار شاهد ۱۲۶ میلی‌متر محاسبه گردید. عمق آبیاری در بخش تیمار به‌طور متوسط ۸۵ میلی‌متر محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که آماده‌سازی بهینه زمین و تسطیح آن و کاشت با خطی کار، بر کاهش عمق آبیاری مؤثر بوده و با محاسبه راندمان کاربرد، میزان این اثربخشی مشخص خواهد شد.

خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول مزرعه آقای یوسف حنیفی در جدول ۱۹۵ ارائه گردیده است. در آبیاری اول (خاک‌آب)، با توجه به اینکه هنوز ریشه‌های جهت محاسبه SMD (کمبود رطوبت) خاک وجود ندارد، بنا به توصیه سند ملی آب کشور، ۵۰ میلی‌متر به‌عنوان عمق خالص موردنیاز جهت محاسبه راندمان در نظر گرفته شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری ۴۱ میلی‌متر کاهش و حدود ۱۹,۲ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است.

دومین آبیاری این مزرعه در تاریخ ۹۸/۲/۲۷ انجام شد و اندازه‌گیری‌ها و محاسبات مربوط به آبیاری دوم در مزرعه در جدول ۱۹۵ ارائه‌شده است. در این جدول متوسط کمبود رطوبت خاک بر اساس اندازه‌گیری رطوبت قبل از عملیات آبیاری از ناحیه ریشه و بر اساس رابطه کمبود رطوبتی خاک محاسبه گردیده است. در این نوبت آبیاری عمق ریشه حدود ۳۰ سانتیمتر اندازه‌گیری شد. مطابق این جدول متوسط عمق آبیاری در مزرعه تیمار ۹۲ میلی‌متر و در مزرعه شاهد ۱۳۰ میلی‌متر بوده است. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار به‌طور متوسط ۷۹,۱ به دست آمد. راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود ۵۱,۶ درصد به دست آمد. مطابق نتایج عمق آبیاری در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، عمق آبیاری حدود ۳۸ میلی‌متر کاهش یافت و متوسط راندمان کاربرد آب تیمارها حدود ۲۷,۵ درصد نسبت به بخش شاهد افزایش یافت. مطابق نتایج، این نقطه مشخص می‌گردد که اعمال تیمارها در کاهش مصرف آب و صرفه‌جویی آب مؤثر بود.

جدول ۱۹۵- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه آقای یوسف حنیفی۲ در تیمارها و شاهد در آبیاری اول و دوم

نوبت آبیاری	مزرعه‌یونس-حنیفی۲	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	۵۰*	۵۸,۸
	شاهد	۲۸	۱۸۵	-	۱۲۶	۵۰*	۳۹,۶
آبیاری دوم	تیمار	۱۶,۶	۳۶۰	۱۵	۹۲	۷۲,۸	۷۹,۱
	شاهد	۱۸,۵	۶۸۰	۱۴	۱۳۰	۶۷,۲	۵۱,۶

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

شکل ۳۳۴ مشخصات نفوذپذیری خاک مزرعه را نشان می‌دهد. در شکل ۳۳۵ بارش و بارش مؤثر ماهانه ارائه شده است. در شکل ۳۳۶ میزان عمق آب برآورد شده در آبیاری اول ارائه گردیده است.

شکل ۳۳۴- مشخصات نفوذپذیری

شکل ۳۳۵- نمودار بارش و بارش مؤثر

شکل ۳۳۶- میزان عمق برآورد شده از طریق پسروی و پیشروی

این مزرعه طی فصل رشد محصول در دو نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی یا کاهش مصرف آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۳۳۷ می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی یا کاهش مصرف آب تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی دو آبیاری این مزرعه، حدود ۳۰درصد محاسبه شد.

شکل ۳۳۷- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و صرفه‌جویی (کاهش مصرف) آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای یوسف حنیفی طی آبیاری‌های مختلف

میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در مزرعه آقای یوسف حنیفی۲ به ترتیب ۱۷۷۴ و ۲۵۶۷ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف ۳۰ درصدی (حدود ۷۹۳ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است. مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی چهار آبیاری پایش شده، در شکل ۳۳۸ ارائه‌شده است. مطابق این شکل، متوسط مقدار افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۲۶,۳۱ درصد به دست آمد. در شکل ۳۳۹ نمودار بیلان رطوبت مزرعه ارائه شده است.

شکل ۳۳۸- مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در مزرعه تیمار و شاهد و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

شکل ۳۳۹- برآورد حجم کل آب‌داده‌شده از طریق منحنی MAD به همراه رسم منحنی مربوطه

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. نتایج در جدول ۱۹۶ ارائه گردیده است. به‌این‌ترتیب اعمال تیمار و مدیریت آبیاری آن حدود ۰/۷۷ کیلوگرم بر مترمکعب (معادل ۲۵ درصد) باعث افزایش بهره‌وری آب در این مزرعه شد.

جدول ۱۹۶-مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای یوسف حنیفی۲

	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	میزان مصرف آب (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۴۳۰۰	۱۷۷۴	۱,۱۸
شاهد	۳۸۰۰	۲۵۶۷	۰,۸۸

۵-۵-۳- مزرعه پایش گوجه‌فرنگی آقای منافی

در تاریخ ۹/۳/۱۳۹۸ انجام شد و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. عرض نوارهای شاهد در این مزرعه حدود ۰,۵ متر توسط کشاورز در نظر گرفته شد. طول نوارهای آبیاری حدود ۱۰ متر بود. تکنیک مورداستفاده در مزرعه تیمار، آماده‌سازی زمین با استفاده از خاک ورز مشخصات تیمار و شاهد در مزرعه آقای منافی در به همراه شیب مزرعه در جدول ۱۹۷ ارائه‌شده است.

جدول ۱۹۷- 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	۳۰× ۱,۲	-	بسته
شاهد	نواری	۱۰×۰,۵	-	بسته

آبیاری اول با منبع آب چاه و با متوسط دبی ۷ لیتر در ثانیه توسط کنتور اندازه‌گیری شد. متوسط عمق آبیاری در نوار شاهد ۷۲ میلی‌متر محاسبه گردید. عمق آبیاری در بخش تیمار به‌طور متوسط ۲۷ میلی‌متر محاسبه گردید.

خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول مزرعه آقای منافی در جدول ۱۹۸ ارائه گردیده است. در آبیاری اول (خاک‌آب)، با توجه به اینکه هنوز ریشه‌های جهت محاسبه SMD (کمبود رطوبت) خاک وجود ندارد، بنا به توصیه سند ملی آب کشور، ۵۰ میلی‌متر به‌عنوان عمق خالص موردنیاز جهت محاسبه راندمان در نظر گرفته شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری ۴۵ میلی‌متر کاهش و حدود ۱۶ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است.

دومین آبیاری این مزرعه در تاریخ ۱۴/۳/۹۸ انجام شد و اندازه‌گیری‌ها و محاسبات مربوط به آبیاری دوم در مزرعه در جدول ۱۹۸ ارائه‌شده است. در این جدول متوسط کمبود رطوبت خاک بر اساس اندازه‌گیری رطوبت قبل از عملیات آبیاری از ناحیه ریشه و بر اساس رابطه کمبود رطوبتی خاک محاسبه گردیده است. در این نوبت آبیاری عمق ریشه حدود ۳۰ سانتیمتر اندازه‌گیری شد. مطابق این جدول متوسط عمق آبیاری در مزرعه تیمار ۲۷ میلی‌متر و در مزرعه شاهد ۷۲ میلی‌متر بوده است. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار به‌طور متوسط ۴۳,۸ به دست آمد. راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود ۳۱,۵ درصد به دست آمد. مطابق نتایج عمق آبیاری در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، عمق آبیاری حدود ۳۷ میلی‌متر کاهش یافت و متوسط راندمان کاربرد آب تیمارها حدود ۱۲,۳ درصد نسبت به بخش شاهد افزایش یافت. مطابق نتایج، این نقطه مشخص می‌گردد که اعمال تیمارها در کاهش مصرف آب و صرفه‌جویی آب مؤثر بود. در شکل ۳۴۰ منحنی نفوذ مزرعه نشان داده شده است. همچنین شکل ۳۴۱ نمودار بیلان رطوبت ارائه شده است.

جدول ۱۹۸- 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	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	۱۲۰	-	۲۷	۵۰*	۸۵
	شاهد	۲۳,۸	۶۰۰	-	۷۲	۵۰*	۶۹
آبیاری دوم	تیمار	۷	۱۲۰	۶,۳	۲۷	۲۲,۳۴	۸۲,۷
	شاهد	۱۰	۶۰۰	۱۵	۷۲۰	۳۶	۵۰

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

شکل ۳۴۰- منحنی نفوذ

شکل ۳۴۱- برآورد حجم کل آب‌داده‌شده از طریق منحنی MAD به همراه رسم منحنی مربوطه

این مزرعه طی فصل رشد محصول آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی یا کاهش مصرف آب تیمار نسبت به شاهد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی یا کاهش مصرف آب تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی چهار آبیاری این مزرعه، حدود ۲۹,۵ درصد محاسبه شد.

میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در مزرعه آقای منافی به ترتیب ۷۹۶۴ و ۱۱۳۰۵ مترمکعب بر هکتار محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف ۲۹,۵ درصدی (حدود ۳۳۴۰ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است.

مقایسه راندمان کاربرد آب و نیز مقدار افزایش راندمان کاربرد در تیمار و شاهد طی آبیاری پایش شده، متوسط مقدار افزایش راندمان در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، حدود ۳۲,۷ درصد به دست آمد.

میزان عملکرد در این مزرعه در تیمار و شاهد به ترتیب ۶۸۰۰۰ و ۵۲۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد. محاسبات بهره‌وری آب از عملکرد تیمار و شاهد بر اساس کیل گیری انجام پذیرفته است. نتایج در جدول ۱۹۹ ارائه گردیده است. به‌این‌ترتیب اعمال تیمار و مدیریت آبیاری آن حدود ۴ کیلوگرم بر مترمکعب (معادل ۴۷ درصد) باعث افزایش بهره‌وری آب در این مزرعه شد.

جدول ۱۹۹- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای منافی

	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	میزان مصرف آب (مترمکعب بر هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۶۸۰۰۰	۷۹۶۴	۸,۵
شاهد	۵۲۰۰۰	۱۱۳۰۵	۴,۵

۶-۵- نتایج اندازه‌گیری‌های مزارع پایش اصلی در شهرستان بناب

۱-۶-۵- مزرعه گندم پایش آقای سیروس فضل

در تاریخ ۱۳۹۷/۰۹/۰۲ انجام شد و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. عرض نوارهای شاهد در این مزرعه حدود ۴,۲ متر توسط کشاورز در نظر گرفته شد. طول نوارهای آبیاری در این مزرعه برابر طول مزرعه و حدود ۶۵ متر بود. تکنیک مورداستفاده در مزرعه تیمار، آماده‌سازی زمین با استفاده از گاوآهن، خاک ورز حفاظتی مرکب و لولر بود و کاشت با استفاده از یک دستگاه خطی کار کف کار صورت پذیرفت. طول شیار هم برابر ۶۵ متر که ۶ شیار هم‌زمان آبیاری می‌شد. مشخصات تیمار و شاهد در مزرعه آقای فضل به همراه شیب مزرعه در جدول ۲۰۰ ارائه‌شده است.

اندازه‌گیری شیب مزارع تحت پایش به‌عنوان یک تکنیک در مزارع می‌باشد. در مزرعه سیروس فضل در ۱۳ آبان ماه قبل از کشت شیب مزرعه اندازه‌گیری شد که درصد شیب مزرعه ۰,۶۱٪ می‌باشد که منحنی آن در شکل ۳۴۲ آورده شده است.

جدول ۲۰۰- 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	کف کار	۶۵×۳,۶	۰/۰۰۶۱	بسته
شاهد	نواری	۶۵×۴,۲	۰/۰۰۶۱	بسته

شکل ۳۴۲- پروفیل شیب مزرعه

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 شاهد ۲۶ دقیقه طول کشید. زمان پیشروی در تیمار ۱۵ دقیقه حاصل شد. متوسط عمق آبیاری در نوار شاهد ۹۸,۶ میلی‌متر محاسبه گردید. عمق آبیاری در بخش تیمار به‌طور متوسط ۶۵,۴ میلی‌متر محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که آماده‌سازی بهینه زمین و تسطیح آن و کاشت با کف کار، بر کاهش عمق آبیاری مؤثر بوده و با محاسبه راندمان کاربرد، میزان این اثربخشی مشخص خواهد شد.

خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا سوم مزرعه آقای فضل در جدول ۲۰۱ ارائه گردیده است. در آبیاری اول (خاک‌آب)، با توجه به اینکه هنوز ریشه‌های جهت محاسبه SMD (کمبود رطوبت) خاک وجود ندارد، بنا به توصیه سند ملی آب کشور، ۵۰ میلی‌متر به‌عنوان عمق خالص موردنیاز جهت محاسبه راندمان در نظر گرفته شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری ۳۳,۲ میلی‌متر کاهش و حدود ۳۴ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است.

دومین آبیاری این مزرعه در تاریخ ۹۸/۰۲/۲۲ انجام شد و اندازه‌گیری‌ها و محاسبات مربوط به آبیاری دوم در مزرعه در جدول ۲۰۱ ارائه‌شده است. در این جدول متوسط کمبود رطوبت خاک بر اساس اندازه‌گیری رطوبت قبل از عملیات آبیاری از ناحیه ریشه و بر اساس رابطه کمبود رطوبتی خاک محاسبه گردیده است. در نوبت آبیاری دوم عمق ریشه حدود ۶۰ سانتیمتر اندازه‌گیری شد. مطابق این جدول متوسط عمق آبیاری در مزرعه تیمار ۱۱۸ میلی‌متر و در مزرعه شاهد ۱۵۰,۵ میلی‌متر بوده است. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار به‌طور متوسط ۸۷ به دست آمد. راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود ۷۱,۵ درصد به دست آمد. مطابق نتایج عمق آبیاری دوم در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، عمق آبیاری حدود ۳۲,۵ میلی‌متر کاهش یافت و متوسط راندمان کاربرد آب تیمارها حدود ۱۶,۵ درصد نسبت به بخش شاهد افزایش یافت.

این مزرعه در تاریخ ۹۸/۰۳/۱۹ انجام شد و اندازه‌گیری‌ها و محاسبات مربوط به آبیاری سوم در مزرعه در جدول ۲۰۱ ارائه‌شده است. در این جدول متوسط کمبود رطوبت خاک بر اساس اندازه‌گیری رطوبت قبل از عملیات آبیاری از ناحیه ریشه و بر اساس رابطه کمبود رطوبتی خاک محاسبه گردیده است. در نوبت آبیاری سوم عمق ریشه حدود ۶۰ سانتیمتر اندازه‌گیری شد. مطابق این جدول متوسط عمق آبیاری سوم در مزرعه تیمار ۸۲,۹ میلی‌متر و در مزرعه شاهد ۱۱۷,۶ میلی‌متر بوده است. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار به‌طور متوسط ۷۷,۵ به دست آمد. راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود ۵۳,۷ درصد به دست آمد. مطابق نتایج عمق آبیاری سوم در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، عمق آبیاری حدود ۳۱,۷ میلی‌متر کاهش یافت و متوسط راندمان کاربرد آب تیمارها حدود ۲۳,۸ درصد نسبت به بخش شاهد افزایش یافت.

جدول ۲۰۱- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه آقای 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	۵۰	۴۹
	شاهد	۲۷,۲۵	۲۱۰	-	۹۷,۴	۵۰	۳۰,۱۱
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 پیشنهادشده است که در این مطالعه، مقدار ۵۰ میلی‌متر مطابق پیشنهاد سند ملی آب کشور در نظر گرفته‌شده است.

به‌منظور 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 به‌صورت منحنی در شکل ۳۴۳ آورده شده است. در مزرعه آقای فضل در ۲ آذرماه هم‌زمان با آبیاری مزرعه پیش روی و پس‌روی آب اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل ۳۴۴ آورده شده است.

شکل ۳۴۳- منحنی نفوذ

شکل ۳۴۴- منحنی پیشروی و پس‌روی آب در آبیاری اول

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 می‌شود. در اینجا عمق آب نفوذ کرده حدود ۵۹,۴ میلی‌متر محاسبه گردید (شکل ۳۴۵).

شکل ۳۴۵- برآورد میزان آب مصرفی از طریق منحنی پیش روی و پس‌روی و معادله نفوذ برای اولین آبیاری

در مزرعه آقای فضل در ۲۲ اردیبهشت هم‌زمان با آبیاری مزرعه پیش روی و پس‌روی آب اندازه‌گیری شد که نتایج آن در زیر آورده شده است (شکل ۳۴۶). در شکل ۳۴۷ منحنی بیلان رطوبت در مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است.

شکل ۳۴۶- منحنی پیشروی و پس‌روی آب در آبیاری دوم

شکل ۳۴۷- برآورد حجم کل آب‌داده‌شده از طریق منحنی MAD به همراه رسم منحنی مربوطه

این مزرعه طی فصل رشد محصول در سه نوبت آبیاری گردید. مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی یا کاهش مصرف آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۳۴۸ می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی یا کاهش مصرف آب تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی سه آبیاری این مزرعه، حدود ۲۴٫۶ درصد محاسبه شد. در جدول ۲۰۲ حجم آب مصرفی در تیمار و شاهد ارائه گردیده است.

شکل ۳۴۸- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای فضل طی آبیاری‌های مختلف

جدول ۲۰۲- حجم آب مصرفی و آبیاری

نوبت آبیاری	مساحت شاهد-تیمار	تاریخ آبیاری	تیمار (مترمکعب در هکتار)	شاهد (مترمکعب در هکتار)	اختلاف (مترمکعب در هکتار)	درصد (کاهش مصرف آب)
اول	۰,۲-۰,۳۴	۰۲/۰۹/۹۷	۶۵۴	۹۸۶	۳۳۲	۳۴
دوم	۰,۲-۰,۳۴	۲۲/۰۲/۹۸	۱۱۸۰	۱۵۰۵	۳۲۵	۲۱
سوم	۰,۲-۰,۳۴	۱۹/۰۳/۹۸	۱۱۵۴	۱۴۷۱	۳۱۷	۲۱
جمع	۰,۲-۰,۳۴		۲۹۸۸	۳۹۶۲	۹۷۴	۲۴

شکل ۳۴۹- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در مزرعه تیمار و شاهد آقای فضل و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

جدول ۲۰۳- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای فضل با احتساب بارش مؤثر

	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	میزان مصرف آب (مترمکعب)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۸۸۵۰	۴۴۲۵	۲
شاهد	۷۳۰۰	۵۲۱۴	۱/۴

۲-۶-۵- مزرعه گندم پایش آقای سجاد روحی

در تاریخ ۱۳۹۷/۰۸/۳۰ انجام شد و کلیه پارامترهای جهت ارزیابی کامل آبیاری، برداشت گردید. عرض نوارهای شاهد در این مزرعه حدود ۴,۵ متر توسط کشاورز در نظر گرفته شد. طول نوارهای آبیاری در این مزرعه برابر طول مزرعه و حدود ۳۵ متر بود. تکنیک مورداستفاده در مزرعه تیمار، آماده‌سازی زمین با استفاده از گاوآهن و خاک ورز حفاظتی 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 برابر ۱,۲ متر تعیین گردد. (البته بر اساس شبیه‌سازی سیستم آبیاری سطحی با مدل winSRFR نیز حدوداً همین مقدار عرض بهینه کفایت می‌نمود) و طول نوار هم همان طول مزرعه شاهد بود برابر ۵۳ متر بود. مشخصات تیمار و شاهد در مزرعه آقای سجاد روحی به همراه شیب مزرعه در جدول ۲۰۵ ارائه‌شده است.

اندازه‌گیری شیب مزارع تحت پایش به‌عنوان یک تکنیک در مزارع 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٪ می‌باشد که منحنی آن در شکل ۳۵۰ آورده شده است.

جدول ۲۰۵- 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 ۳۵۰- پروفیل شیب زمین

آبیاری اول با منبع آب چاه و با متوسط دبی ۷,۰۴ لیتر در ثانیه توسط فلوم WSC اندازه‌گیری شد. مدت‌زمان پیشروی آب در شاهد ۴۲ دقیقه طول کشید. زمان پیشروی در تیمار ۱۲ دقیقه حاصل شد. متوسط عمق آبیاری در نوار شاهد ۱۱۵,۴ میلی‌متر محاسبه گردید. عمق آبیاری در بخش تیمار به‌طور متوسط ۷۰ میلی‌متر محاسبه گردید. این نتایج نشان می‌دهد که آماده‌سازی بهینه زمین و تسطیح آن و کاشت با کف کار، بر کاهش عمق آبیاری مؤثر بوده و با محاسبه راندمان کاربرد، میزان این اثربخشی مشخص خواهد شد.

خلاصه نتایج عمق آبیاری، متوسط دبی جریان، مدت آبیاری، عمق خالص موردنیاز، راندمان کاربرد آبیاری اول تا چهارم مزرعه آقای سجاد روحی در جدول ۲۰۶ ارائه گردیده است. در آبیاری اول (خاک‌آب)، با توجه به اینکه هنوز ریشه‌های جهت محاسبه SMD (کمبود رطوبت) خاک وجود ندارد، بنا به توصیه سند ملی آب کشور، ۵۰ میلی‌متر به‌عنوان عمق خالص موردنیاز جهت محاسبه راندمان در نظر گرفته شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در اثر اعمال تکنیک‌های مذکور در میزان عمق آب آبیاری ۴۵,۴ میلی‌متر کاهش و حدود ۳۹ درصد بهبود در راندمان کاربرد به‌دست‌آمده است.

دومین آبیاری این مزرعه در تاریخ ۹۸/۰۲/۱۳ انجام شد و اندازه‌گیری‌ها و محاسبات مربوط به آبیاری دوم در مزرعه در جدول ۲۰۶ ارائه‌شده است. در این جدول متوسط کمبود رطوبت خاک بر اساس اندازه‌گیری رطوبت قبل از عملیات آبیاری از ناحیه ریشه و بر اساس رابطه کمبود رطوبتی خاک محاسبه گردیده است. در این نوبت آبیاری عمق ریشه حدود ۶۰ سانتیمتر اندازه‌گیری شد. مطابق این جدول متوسط عمق آبیاری در مزرعه تیمار ۱۰۹ میلی‌متر و در مزرعه شاهد ۱۳۵ میلی‌متر بوده است. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار به‌طور متوسط ۴۷,۹ به دست آمد. راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود ۳۱ درصد به دست آمد. مطابق نتایج عمق آبیاری در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، عمق آبیاری حدود ۲۶ میلی‌متر کاهش یافت و متوسط راندمان کاربرد آب تیمارها حدود ۱۶,۹ درصد نسبت به بخش شاهد افزایش یافت.

این مزرعه در تاریخ ۹۸/۰۳/۰۲ انجام شد و اندازه‌گیری‌ها و محاسبات مربوط به آبیاری سوم در مزرعه در جدول ۲۰۶ ارائه‌شده است. در این جدول متوسط کمبود رطوبت خاک بر اساس اندازه‌گیری رطوبت قبل از عملیات آبیاری از ناحیه ریشه و بر اساس رابطه کمبود رطوبتی خاک محاسبه گردیده است. در این نوبت آبیاری عمق ریشه حدود ۶۰ سانتیمتر اندازه‌گیری شد. مطابق این جدول متوسط عمق آبیاری در مزرعه تیمار ۹۳ میلی‌متر و در مزرعه شاهد ۱۲۷,۲ میلی‌متر بوده است. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار به‌طور متوسط.۶۳,۵ به دست آمد. راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود ۴۲,۳ درصد به دست آمد. مطابق نتایج عمق آبیاری در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، عمق آبیاری حدود ۳۴,۲ میلی‌متر کاهش یافت و متوسط راندمان کاربرد آب تیمارها حدود ۲۱,۲ درصد نسبت به بخش شاهد افزایش یافت.

آبیاری چهارم در مزرعه در تاریخ ۹۸/۰۳/۱۸ انجام شد و اندازه‌گیری‌ها و محاسبات مربوط به آبیاری چهارم در مزرعه در جدول ۲۰۶ ارائه‌شده است. در این جدول متوسط کمبود رطوبت خاک بر اساس اندازه‌گیری رطوبت قبل از عملیات آبیاری از ناحیه ریشه و بر اساس رابطه کمبود رطوبتی خاک محاسبه گردیده است. در این نوبت آبیاری

عمق ریشه حدود ۶۰ سانتیمتر اندازه‌گیری شد. مطابق این جدول متوسط عمق آبیاری در مزرعه تیمار ۸۱,۷ میلی‌متر و در مزرعه شاهد ۱۱۱,۳ میلی‌متر بوده است. بر اساس کمبود رطوبت ناحیه ریشه (SMD) و عمق آب کاربردی توسط کشاورز، راندمان کاربرد آب برای تیمار به‌طور متوسط ۷۳,۶ به دست آمد. راندمان کاربرد آب در بخش شاهد مزرعه حدود ۵۷,۴ درصد به دست آمد. مطابق نتایج عمق آبیاری در بخش تیمار نسبت به بخش شاهد مزرعه، عمق آبیاری حدود ۲۹,۶ میلی‌متر کاهش یافت و متوسط راندمان کاربرد آب تیمارها حدود ۱۶,۲ درصد نسبت به بخش شاهد افزایش یافت. مطابق نتایج، این نقطه مشخص می‌گردد که اعمال تیمارها در کاهش مصرف آب و صرفه‌جویی آب مؤثر بود.

جدول ۲۰۶- مقادیر متوسط عمق آبیاری، دبی ورودی جریان، نیاز خالص آبیاری و راندمان مزرعه آقای سجاد روحی در تیمار و شاهد در آبیاری اول تا چهارم

نوبت آبیاری	مزرعه‌روحی	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	۵۰*	۷۱,۴
	شاهد	۷,۰۴	۱۲	-	۱۱۵,۴	۵۰*	۴۳,۴
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
آبیاری چهارم	تیمار	۱۳,۲	۷	۱۱,۳۲	۸۱,۷	۶۰,۱۲	۷۳,۶
	شاهد	۱۳,۲	۲۲	۱۰,۹	۱۱۱,۳	۶۳,۹	۵۷,۴

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

به‌منظور 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 به‌صورت منحنی در ۳۵۱ آورده شده است. در مزرعه آقای روحی در ۳۰ آبان ماه هم‌زمان با آبیاری اول مزرعه، پیش روی و پس‌روی آب اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل ۳۵۲ آورده شده است.

شکل ۳۵۱- منحنی و معادله نفوذ

شکل ۳۵۲- منحنی پیش روی و پس‌روی در آبیاری اول

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 می‌شود. در اینجا عمق آب نفوذ کرده حدود ۶۴,۱ میلی‌متر محاسبه گردید (شکل ۳۵۳). در مزرعه آقای روحی در ۱۳ اردیبهشت‌ماه هم‌زمان با آبیاری دوم مزرعه، پیش روی و پس‌روی آب اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل ۳۵۴ آورده شده است. در شکل ۳۵۵ منحنی بیلان رطوبت در مزرعه تیمار و شاهد ارائه شده است. در جدول ۲۰۷ مشخصات دفعات آبیاری ارائه شده است.

شکل ۳۵۳- برآورد میزان آب مصرفی از طریق منحنی پیش روی و پس‌روی و معادله نفوذ برای اولین آبیاری

شکل ۳۵۴- منحنی پیش روی و پس‌روی در آبیاری دوم

شکل ۳۵۵- برآورد حجم کل آب‌داده‌شده از طریق منحنی MAD به همراه رسم منحنی مربوطه

جدول ۲۰۷- حجم آب مصرفی و آبیاری

نوبت آبیاری	مساحت شاهد-تیمار	تاریخ آبیاری	تیمار (مترمکعب در هکتار)	شاهد (مترمکعب در هکتار)	اختلاف (مترمکعب در هکتار)	درصد (کاهش مصرف آب)
اول	۰,۳-۰,۳۵	۰۲/۰۹/۹۷	۷۰۰	۱۱۵۴	۴۵۴	۳۹
دوم	۰,۳-۰,۳۵	۱۳/۰۲/۹۸	۱۰۹۰	۱۳۵۰	۲۶۰	۱۹
سوم	۰,۳-۰,۳۵	۰۲/۰۳/۹۸	۹۳۰	۱۲۷۲	۳۴۲	۲۷
چهارم	۰,۳-۰,۳۵	۱۸/۰۳/۹۸	۸۱۷	۱۱۱۳	۲۹۶	۲۶
جمع	۰,۳-۰,۳۵		۳۵۳۷	۴۸۸۹	۱۳۵۲	۲۷

مقادیر عمق آبیاری در تیمار و شاهد طی کل دوره رشد و میزان صرفه‌جویی یا کاهش مصرف آب تیمار نسبت به شاهد مطابق شکل ۳۵۶ می‌باشد. بر این اساس متوسط صرفه‌جویی یا کاهش مصرف آب تیمار نسبت به شاهد در مزرعه طی چهار آبیاری این مزرعه، حدود ۲۷,۶ درصد محاسبه شد. در شکل ۳۵۷ راندمان کاربرد آبیاری ارائه گردیده است. میزان مصرف آب در تیمار و شاهد در مزرعه آقای سجاد روحی به ترتیب ۳۵۳۷ و ۴۸۸۹ مترمکعب بر هکتار

محاسبه گردید که نشان‌دهنده کاهش مصرف ۲۷٫۶ درصدی (حدود ۱۳۵۲ مترمکعب بر هکتار) تیمار نسبت به شاهد است (جدول ۲۰۸).

شکل ۳۵۶- مقایسه مقادیر عمق آبیاری و درصد کاهش صرفه‌جویی آب تیمار و شاهد در مزرعه آقای روحی طی آبیاری‌های مختلف

شکل ۳۵۷- مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب در آبیاری‌های مختلف در مزرعه تیمار و شاهد آقای روحی و درصد افزایش راندمان کاربرد تیمار نسبت به شاهد

جدول ۲۰۸- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد مزرعه آقای فضل با احتساب بارش مؤثر

	میزان عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)	میزان مصرف آب (مترمکعب)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
تیمار	۸۰۵۰	۵۰۳۱	۱/۶
شاهد	۷۶۰۰	۶۳۳۳	۱/۲

۳-۶-۵- مزرعه پایش گوجه‌فرنگی آقای شجاعی

به‌منظور اندازه‌گیری سرعت نفوذ آب و تعیین نفوذپذیری خاک در ۱۲ اردیبهشت‌ماه در مزرعه دابل رینگ با حضور کارشناس آبیاری شرکت مجری نصب شد و سرعت نفوذ مزرعه محاسبه شد که نتایج آن به‌صورت منحنی در زیر آورده شده است. آبیاری هردو مزرعه با چاه موجود در مزرعه صورت پذیرفت و برای مزرعه تیمار با توجه به‌تمامی شرایط ساعت آبیاری مشخص شد و برای انجام آن به کشاورز ارائه گردید.

شکل ۳۵۸- گراف نفوذپذیری خاک مزرعه

جدول ۲۰۹- حجم آب مصرفی در خزانه

مترمکعب (۵۲۰ سینی) یک هکتار	لیتر (۵۲۰ سینی) یک هکتار	لیتر (۱۷۷ سینی)	تاریخ	تعداد آبیاری	مترمکعب (۵۲۰ سینی) یک هکتار	لیتر (۵۲۰ سینی) یک هکتار	لیتر (۱۷۷ سینی)	تاریخ	تعداد آبیاری
۰.۶	۶۰۰	۲۰۰	۹۸/۰۲/۰۷	۲۸	۰.۱۵	۱۵۰	۵۰	۹۸/۰۱/۰۸	۱
۰.۶	۶۰۰	۲۰۰	۹۸/۰۲/۰۸	۲۹	۰.۱۵	۱۵۰	۵۰	۹۸/۰۱/۰۹	۲
۰.۶	۶۰۰	۲۰۰	۹۸/۰۲/۰۹	۳۰	۰.۱۵	۱۵۰	۵۰	۹۸/۰۱/۱۰	۳
۰.۶	۶۰۰	۲۰۰	۹۸/۰۲/۱۰	۳۱	۰.۱۵	۱۵۰	۵۰	۹۸/۰۱/۱۱	۴
۰.۶	۶۰۰	۲۰۰	۹۸/۰۲/۱۱	۳۲	۰.۲۴	۲۴۰	۸۰	۹۸/۰۱/۱۳	۵
۰.۶	۶۰۰	۲۰۰	۹۸/۰۲/۱۲	۳۳	۰.۳۳	۳۳۰	۱۱۰	۹۸/۰۱/۱۵	۶
۰.۶	۶۰۰	۲۰۰	۹۸/۰۲/۱۳	۳۴	۰.۲۱	۲۱۰	۷۰	۹۸/۰۱/۱۶	۷
۰.۶	۶۰۰	۲۰۰	۹۸/۰۲/۱۴	۳۵	۰.۲۱	۲۱۰	۷۰	۹۸/۰۱/۱۷	۸
۰.۶	۶۰۰	۲۰۰	۹۸/۰۲/۱۵	۳۶	۰.۴۵	۴۵۰	۱۵۰	۹۸/۰۱/۱۹	۹
۰.۶	۶۰۰	۲۰۰	۹۸/۰۲/۱۶	۳۷	۰.۳۶	۳۶۰	۱۲۰	۹۸/۰۱/۲۰	۱۰
۰.۶	۶۰۰	۲۰۰	۹۸/۰۲/۱۷	۳۸	۰.۴۵	۴۵۰	۱۵۰	۹۸/۰۱/۲۱	۱۱
۰.۶	۶۰۰	۲۰۰	۹۸/۰۲/۱۸	۳۹	۰.۴۵	۴۵۰	۱۵۰	۹۸/۰۱/۲۲	۱۲
۰.۶	۶۰۰	۲۰۰	۹۸/۰۲/۱۹	۴۰	۰.۲۴	۲۴۰	۸۰	۹۸/۰۱/۲۳	۱۳
۰.۶	۶۰۰	۲۰۰	۹۸/۰۲/۲۰	۴۱	۰.۲۴	۲۴۰	۸۰	۹۸/۰۱/۲۴	۱۴
۰.۶۶	۶۶۰	۲۲۰	۹۸/۰۲/۲۱	۴۲	۰.۲۷	۲۷۰	۹۰	۹۸/۰۱/۲۵	۱۵
۰.۶۶	۶۶۰	۲۲۰	۹۸/۰۲/۲۲	۴۳	۰.۳۶	۳۶۰	۱۲۰	۹۸/۰۱/۲۶	۱۶
۰.۶۶	۶۶۰	۲۲۰	۹۸/۰۲/۲۳	۴۴	۰.۳۶	۳۶۰	۱۲۰	۹۸/۰۱/۲۷	۱۷
۰.۶۶	۶۶۰	۲۲۰	۹۸/۰۲/۲۴	۴۵	۰.۳۶	۳۶۰	۱۲۰	۹۸/۰۱/۲۸	۱۸
۰.۶۶	۶۶۰	۲۲۰	۹۸/۰۲/۲۵	۴۶	۰.۳۶	۳۶۰	۱۲۰	۹۸/۰۱/۲۹	۱۹
۰.۶۶	۶۶۰	۲۲۰	۹۸/۰۲/۲۶	۴۷	۰.۳۶	۳۶۰	۱۲۰	۹۸/۰۱/۳۰	۲۰
۰.۷۵	۷۵۰	۲۵۰	۹۸/۰۲/۲۷	۴۸	۰.۴۵	۴۵۰	۱۵۰	۹۸/۰۱/۳۱	۲۱
۰.۷۵	۷۵۰	۲۵۰	۹۸/۰۲/۲۸	۴۹	۰.۴۵	۴۵۰	۱۵۰	۹۸/۰۲/۰۱	۲۲
۰.۷۵	۷۵۰	۲۵۰	۹۸/۰۲/۲۹	۵۰	۰.۴۵	۴۵۰	۱۵۰	۹۸/۰۲/۰۲	۲۳
۱.۰۵	۱۰۵۰	۳۵۰	۹۸/۰۲/۳۰	۵۱	۰.۶	۶۰۰	۲۰۰	۹۸/۰۲/۰۳	۲۴
۱.۰۵	۱۰۵۰	۳۵۰	۹۸/۰۲/۳۱	۵۲	۰.۶	۶۰۰	۲۰۰	۹۸/۰۲/۰۴	۲۵
۱.۰۵	۱۰۵۰	۳۵۰	۹۸/۰۳/۰۱	۵۳	۰.۶	۶۰۰	۲۰۰	۹۸/۰۲/۰۵	۲۶
۱.۰۵	۱۰۵۰	۳۵۰	۹۸/۰۳/۰۲	۵۴	۰.۶	۶۰۰	۲۰۰	۹۸/۰۲/۰۶	۲۷
۱۸.۸۱					۹.۶				
۲۸.۴۱				جمع					

جدول ۲۱۰- مقدار دبی قطره‌چکان‌ها

تعداد	وزن آب gr	حجم آب Li t	زمان (دقیقه)	دبی Li t/hr
۱	۴۳۴	۰.۴۳۴	۱۵	۱.۷۳۶
۲	۴۵۷	۰.۴۵۷	۱۵	۱.۸۲۸
۳	۴۸۰	۰.۴۸	۱۵	۱.۹۲
۴	۴۶۰	۰.۴۶	۱۵	۱.۸۴
۵	۴۶۲	۰.۴۶۲	۱۵	۱.۸۴۸
۶	۴۸۵	۰.۴۸۵	۱۵	۱.۹۴
۷	۴۳۵	۰.۴۳۵	۱۵	۱.۷۴
۸	۴۷۸	۰.۴۷۸	۱۵	۱.۹۱۲
۹	۴۷۱	۰.۴۷۱	۱۵	۱.۸۸۴
۱۰	۴۵۹	۰.۴۵۹	۱۵	۱.۸۳۶
۱۱	۴۷۰	۰.۴۷	۱۵	۱.۸۸
۱۲	۴۳۴	۰.۴۳۴	۱۵	۱.۷۳۶
۱۳	۴۷۰	۰.۴۷	۱۵	۱.۸۸
۱۴	۴۳۵	۰.۴۳۵	۱۵	۱.۷۴
۱۵	۴۳۵	۰.۴۳۵	۱۵	۱.۷۴
۱۶	۴۸۰	۰.۴۸	۱۵	۱.۹۲
۱۷	۴۹۰	۰.۴۹	۱۵	۱.۹۶
۱۸	۴۵۰	۰.۴۵	۱۵	۱.۸
sum	۸۲۸۵	۸.۲۸۵	۲۷۰	۱.۸۴
AVERAGE	۴۶۰.۲۸	۰.۴۶	۱۵	۱.۸۴

جدول ۲۱۱- مدت‌زمان آبیاری در هر در آبیاری در هرماه

ماه	ساعت
خرداد	۲.۸۵
تیر	۴.۲۵
مرداد	۳.۹۴
شهریور	۳.۴۲

جدول ۲۱۲- حجم آب مصرفی مزرعه تیمار (برای هکتار)

حجم آبیاری	روز	ردیف	حجم آبیاری	روز	ردیف
m^3/ha	شمسی		m^3/ha	شمسی	
۳۰۰	۹۸/۰۴/۲۵	۱۵	۲۰۰	۹۸/۰۳/۰۲	۱
۳۰۰	۹۸/۰۴/۳۱	۱۶	۲۰۰	۹۸/۰۳/۰۵	۲
۳۰۰	۹۸/۰۵/۰۴	۱۷	۲۰۰	۹۸/۰۳/۰۹	۳
۳۰۰	۹۸/۰۵/۰۸	۱۸	۱۵۰	۹۸/۰۳/۱۲	۴
۲۵۰	۹۸/۰۵/۱۳	۱۹	۲۰۰	۹۸/۰۳/۱۵	۵
۲۸۰	۹۸/۰۵/۱۷	۲۰	۱۸۰	۹۸/۰۳/۱۸	۶
۲۸۰	۹۸/۰۵/۲۳	۲۱	۱۵۰	۹۸/۰۳/۲۳	۷
۲۵۰	۹۸/۰۵/۳۰	۲۲	۲۰۰	۹۸/۰۳/۲۷	۸
۳۰۰	۹۸/۰۶/۰۵	۲۳	۱۸۰	۹۸/۰۳/۳۱	۹
۳۰۰	۹۸/۰۶/۱۰	۲۴	۳۰۰	۹۸/۰۴/۰۲	۱۰
۲۵۰	۹۸/۰۶/۱۵	۲۵	۳۰۰	۹۸/۰۴/۰۹	۱۱
۴۰۰	۹۸/۰۶/۱۹	۲۶	۲۰۰	۹۸/۰۴/۱۲	۱۲
۳۲۰	۹۸/۰۶/۲۳	۲۷	۲۰۰	۹۸/۰۴/۱۶	۱۳
۳۰۰	۹۸/۰۶/۲۹	۲۸	۳۰۰	۹۸/۰۴/۲۰	۱۴
۴۱۳۰	جمع		۲۹۶۰	جمع	
مترمکعب بر هکتار		۷۰۹۰	جمع حجم آبیاری		
مترمکعب بر هکتار		۲۸/۴۱	جمع حجم آب مصرفی خزانه		

جدول ۲۱۳- حجم آب مصرفی مزرعه شاهد (برای هکتار)

حجم آبیاری	روز	ردیف	حجم آبیاری	روز	ردیف	حجم آبیاری	روز	ردیف
m^3/ha	شمسی		m^3/ha	شمسی		m^3/ha	شمسی	
۴۵۰	۹۸/۰۴/۲۵	۲۸	۳۰۰	۹۸/۰۳/۰۲	۱۴	۱۵۰	۹۸/۰۱/۱۸	۱
۴۵۰	۹۸/۰۴/۳۱	۲۹	۳۰۰	۹۸/۰۳/۰۵	۱۵	۱۵۰	۹۸/۰۱/۲۱	۲
۴۵۰	۹۸/۰۵/۰۴	۳۰	۳۰۰	۹۸/۰۳/۰۹	۱۶	۱۵۰	۹۸/۰۱/۲۴	۳
۴۵۰	۹۸/۰۵/۰۸	۳۱	۲۲۵	۹۸/۰۳/۱۲	۱۷	۱۵۰	۹۸/۰۱/۲۸	۴
۳۷۵	۹۸/۰۵/۱۳	۳۲	۳۰۰	۹۸/۰۳/۱۵	۱۸	۱۵۰	۹۸/۰۲/۰۱	۵
۴۲۰	۹۸/۰۵/۱۷	۳۳	۲۷۰	۹۸/۰۳/۱۸	۱۹	۱۵۰	۹۸/۰۲/۰۶	۶
۴۲۰	۹۸/۰۵/۲۳	۳۴	۲۲۵	۹۸/۰۳/۲۳	۲۰	۱۵۰	۹۸/۰۲/۱۰	۷
۳۷۵	۹۸/۰۵/۳۰	۳۵	۳۰۰	۹۸/۰۳/۲۷	۲۱	۲۰۰	۹۸/۰۲/۱۳	۸
۴۵۰	۹۸/۰۶/۰۵	۳۶	۲۷۰	۹۸/۰۳/۳۱	۲۲	۲۰۰	۹۸/۰۲/۱۷	۹
۴۵۰	۹۸/۰۶/۱۰	۳۷	۴۵۰	۹۸/۰۴/۰۲	۲۳	۲۰۰	۶۸/۰۲/۲۰	۱۰
۳۷۵	۹۸/۰۶/۱۵	۳۸	۴۵۰	۹۸/۰۴/۰۹	۲۴	۲۰۰	۹۸/۰۲/۲۳	۱۱
۶۰۰	۹۸/۰۶/۱۹	۳۹	۳۰۰	۹۸/۰۴/۱۲	۲۵	۲۰۰	۹۸/۰۲/۲۶	۱۲
۴۸۰	۹۸/۰۶/۲۳	۴۰	۳۰۰	۹۸/۰۴/۱۶	۲۶	۲۰۰	۹۸/۰۲/۳۰	۱۳
۴۵۰	۹۸/۰۶/۲۹	۴۱	۴۵۰	۹۸/۰۴/۲۰	۲۷	۲۲۵۰	جمع	
۶۱۹۵	جمع		۴۴۴۰		جمع			
مترمکعب در هکتار		۱۲۸۸۵	جمع حجم آبیاری					

شکل ۳۵۹- برآورد حجم کل آب‌داده‌شده از طریق منحنی MAD به همراه رسم منحنی مربوطه

جدول ۲۱۴- مقایسه عملکرد، بهره‌وری آب، حجم آب مصرفی و درصد کاهش مصرف آب

تیمار (کشت نشایی و دو ردیفه) شاهد (کشت بذری و تک ردیفه)	
حجم آب مصرفی برحسب مترمکعب در هکتار -تیمار	۷۱۱۸/۴۱
حجم آب مصرفی برحسب مترمکعب در هکتار شاهد	۱۲۸۸۵
اختلاف (مترمکعب در هکتار)	۵۷۶۶/۵۹
درصد کاهش مصرف آب در کل دوره رشد	۴۴/۸
عملکرد برحسب کیلوگرم در هکتار -تیمار	۵۶۰۰۰
عملکرد برحسب کیلوگرم در هکتار -شاهد	۴۸۰۰۰
بهره‌وری آب برحسب کیلوگرم در مترمکعب -تیمار	۷/۹
بهره‌وری آب برحسب کیلوگرم در مترمکعب -شاهد	۳/۷

فصل ششم

جمع‌بندی

۱-۶- 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 مصرفی و عملکردهای استحصالی در پروژه حاضر و درصد اختلاف بین آن‌ها در جداول ۲۱۵ و ۲۱۶ 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 ۲۱۵، حجم آب مصرفی تمامی محصولات تحت کشت محدوده‌های مطالعاتی کمتر مقادیر لازم درج‌شده در سند ملی می‌باشد. این کاهش حجم آب مصرفی مطابق جدول ۲۱۶ در بازه ۱/۳ درصد برای سیب تا ۵۰/۸ درصد برای چغندرقند قرار دارد. همچنین متوسط کاهش حجم آب مصرفی محصولات مختلف ۲۵/۷ درصد محاسبه شد. این در حالی است که حجم آب مصرفی مزارع شاهد فقط برای محصولات گندم، آفتابگردان و چغندرقند بین ۱۱/۵ تا ۱۹/۱ درصد کمتر از مقادیر مندرج در سند ملی بوده و برای سایر محصولات حجم آب مصرفی 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. همچنین مطابق جدول ۲۱۵، 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 S_2 (یک مزرعه) با اختلاف عملکرد ۲۵۵/۱ درصد و پس‌ازآن گندم تحت کشت مزارع تیمار (۱۲ مزرعه) با اختلاف ۲۰۸/۸ درصد می‌باشد (جدول ۲۱۶). مقدار افزایش عملکرد در مزارع تیمار در بازه ۱۴/۱ درصد برای انگور تا ۲۵۵/۱ 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 به‌ترتیب ۱۰۳/۵ و ۸۲/۳ درصد بوده است.

جدول ۲۱۵- 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 مصرفی (m^3/ha)		نیاز خالص آبیاری از سند ملی (m^3/ha)			عملکرد (کیلوگرم در هکتار)		
		تیمار	شاهد	میاندوآب و مهاباد	ارومیه و نقده	تیمار	شاهد	میانگین استانی
گندم آبی	۱۲	۲۹۰۱	۳۸۶۹	۴۴۸۶	۴۲۶۲	۱۰۰۳۰	۸۶۳۲	۳۲۴۸
آفتابگردان	۲	۳۰۲۳	۴۷۷۴	۶۱۱۶	۵۶۸۱	۳۵۷۱	۳۴۳۸	۱۳۷۹
چغندرقند	۵	۴۴۱۱	۷۲۶۳	۹۲۶۶	۸۶۵۴	۷۴۵۲۴	۷۲۰۲۴	۶۰۵۵۸
گوجه‌فرنگی	۲	۶۳۲۴	۱۱۸۴۰	۷۲۲۳	۶۶۴۵	۴۷۷۱۲	۵۰۳۶۵	۳۳۹۹۴
ذرت علوفه‌ای	۴	۵۰۵۷	۸۲۹۲	۶۶۱۰	۶۲۴۲	۶۹۵۰۰	۵۱۲۵۰	۵۶۰۸۲
انگور	۱	۳۱۸۷	۶۹۴۶	۵۳۰۶	۵۰۶۵	۱۶۰۰۰	۶۶۶۶	۱۴۰۲۰
سیب	۱	۷۳۵۳	۱۵۹۸۶	۷۶۶۰	۷۲۴۵	۷۱۴۳۰	۷۱۴۳۰	۲۰۱۱۷
کدو	۲	۴۹۸۲	۵۸۸۲	۵۴۲۳	۵۰۲۵	۱۵۰۰	۱۵۰۰	-
هسته‌دار*	۳	۵۶۷۷	۱۳۶۵۳	۷۵۴۲	۷۳۲۴	-	-	-

* هلو، شلیل و آلو

جدول ۲۱۶- درصد تغییرات عملکرد و آب مصرفی نسبت به متوسط استانی و متوسط نیاز خالص شهرستان‌های طرح

محصول	تعداد مزرعه	تغییرات آب مصرفی		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
چغندرقند	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 بهاره در شکل ۳۶۰ نشان داده شد. مطابق نتایج این شکل، بیشترین مقادیر افزایش بهره‌وری مربوط به شهرستان ارومیه (۱۰۰ الی ۴۰۰ درصد) بوده و پس‌ازآن 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 نقده با مقادیر ۰ تا ۵۰ درصد بوده است.

شکل ۳۶۰- توزیع مکانی مقادیر افزایش بهره‌وری با لحاظ بارش مؤثر در مزارع پاییزه و بهاره شهرستان‌های موردمطالعه

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 پس‌ازآن 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 موردمطالعه

توزیع مکانی مقادیر کاهش آب مصرفی در مزارع پاییزه و بهاره در شکل ۳۶۲ نشان داده شد. مطابق نتایج این شکل، بیشترین صرفه‌جویی آب در شهرستان ارومیه (۳۲ الی ۶۴ درصد) به دست آمد و تنها در بخش کوچکی از جنوب شهرستان، مقدار کاهش مصرف در بازه ۱۶ الی ۴۰ درصد قرار دارد. پس‌ازآن شهرستان‌های میاندوآب و مهاباد در وضعیت مشابهی قرار داشته و رنج کاهش مصرف این شهرستان‌ها ۱۶ الی ۴۰ درصد بوده است. کمترین میزان کاهش آب مصرفی مربوط به نقده با مقادیر ۸ تا ۲۴ درصد بوده است.

شکل ۳۶۲- توزیع مکانی مقادیر کاهش آب مصرفی در مزارع پاییزه و بهاره شهرستان‌های موردمطالعه

مقادیر متوسط کاهش آب مصرفی، 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 ارائه‌شده 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 مصرفی (۳۳/۲ درصد) در به‌کارگیری تکنیک کشت جویچه‌ای با رایزبد به دست آمد. میزان افزایش راندمان کاربرد دو تکنیک کشت جویچه‌ای معمولی و کشت جویچه‌ای با رایزبد 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 مصرفی، افزایش راندمان کاربرد و افزایش بهره‌وری آب مصرفی و بارش مؤثر در اثر به‌کارگیری تکنیک‌های مختلف مدیریت آبیاری در کشت بهاره در شکل ۳۶۴ ارائه‌شده 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 مصرفی در تکنیک‌های استفاده از سیفون و هیدروفلوم و قطره‌ای زیرسطحی با برنامه‌ریزی آبیاری (به‌ترتیب 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، عجب شیر، بناب و ملکان را نشان می‌دهد. بیشترین درصد تغییرات افزایش عملکرد در شهرستان بناب معادل ۴۱/۲ درصد مشاهد شد که از مجموع تکنیک‌های سورت و جدا سازی غده‌های ضدعفونی شده، کشت با دستگاه دو ردیفه زیگزاکی، آبیاری تیپ و کوددهی براساس آزمون خاک استفاده شده است. همچنین بیشترین تغییرات کاهش آبیاری نیز در شهرستان بناب با میزان ۴۴/۸ درصد مشاهده شد که در آن از مجموع تکنیک‌های کشت نشائی، مصرف کود دامی، آبیاری تیپ، کوددهی براساس آزمون خاک و مصرف بذور گواهی شده 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 به‌صورت 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 نیمه-کاره 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 رادارند. 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 به‌صورت 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.

۶-۴- مسائل، چالش‌ها و مشکلات در آذربایجان شرقی

با توجه به تجربیات حاصل از اجرای ۴ سال این پروژه، مواردی به‌عنوان 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 مشاهده‌شده 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 صحرایی، 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 صحرایی 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 چند ساله 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 مصرف آب در مزارع، آماده سازی 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 بذرکارها و غده کارها علاوه بر اینکه موجب کاهش مصرف آب 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 بذرکارهای فاروئردار نسبت به بذرکارهای بدون فاروئر یا ایجاد فارو بعد از کاشت سنتی، اثرات بیشتری در کاهش مصرف آب 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 ازنظر وضع ظاهری باغات و امکان انجام عملیات باغی نیز قابل‌قبول‌تر می‌باشد.

۵-۶- پیشنهادات در آذربایجان غربی

- انتقال تکنولوژی و مهارت‌های حرفه‌ای موردنیاز برای آبگیری و آبیاری در 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 ازنظر 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 محیطزیست، 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 مصرف آب 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 به مدت 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 دست‌اندکار، صاحب‌نظران و همه ذی‌نفعان می‌باشد.

۶-۶- 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.، مأمن‌پوش، ع.ر. و میان‌آبی، ع. ۱۳۷۵. بررسی عملکرد روش‌های آبیاری سطحی تحت مدیریت زارعین. مجموعه مقالات دومین کنگره‌ی ملی مسائل آب‌وخاک کشور، تهران، ۴۰-۳۰.

شرف منصوری، غ و شریفی، م.، ۱۳۹۲. تأثیر آرایش کاشت بر خصوصیات کمی و کیفی چغندرقند 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.

بهزادی 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 چغندرقند، مجله چغندرقند. 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 چغندرقند، نشریه تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۶ (۲۲):۱۵-۲۶.

حجازی، م. و گرجی، ع.، ۱۳۸۶. ضرورت توسعه روش‌های آبیاری تحت‌فشار و بررسی روند اجرایی طرح. سمینار علمی طرح ملی آبیاری تحت‌فشار و توسعه پایدار.

حیدری، ن. و حقایقی‌مقدم، س.ا. ۱۳۸۰. کارآیی 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 خواجه عبدالهی، م. ۱۳۸۵. کارآیی 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 پایین بودن راندمان آبیاری در منطقه‌ی ورامین. مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته‌ی ملی آبیاری و زهکشی ایران، وزارت نیرو، ۱-۲۱.

رضاوردی‌نژاد، ر.، احمدی، ح.، صمدی، ا.، ۱۳۹۴. گزارش مطالعه و بررسی عوامل پایین بودن 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.

سپاس خواه، ع.ر. و کامگار حقیقی، ع ا. ۱۳۷۳. اثر دور آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان روی محصول و راندمان مصرف آب چغندرقند. دانشگاه اصفهان.

سهرابی، ت و امیدوار، م.، ۱۳۸۱. مشکلات بهره‌برداری سیستم‌های آبیاری بارانی سنترپیوت ساخت داخل در منطقه جوین 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 کمیته‌ی ملی آبیاری و زهکشی ایران، وزارت نیرو، ۱۴۹-۱۵۹.

صبوحی، م.، خنجری، س. و کیخا، ا.ع. ۱۳۸۹. بررسی کارایی مصرف آب در گلخانه‌های سیستان. مجله اقتصاد کشاورزی. ۴ (۳): ۱۰۲-۹۱.

طالقانی، ف.، ۱۳۸۰. ارزیابی تأثیر آرایش کاشت بر عملکرد چغندرقند، هفتمین کنفرانس زراعت ایران، شهریور، 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.

عباسی ف. ۱۳۹۱. اصول جریان در آبیاری سطحی. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

عباسی، ف.، سهراب، ف. و عباسی، ن. ۱۳۹۵. ارزیابی وضعیت بازده کاربرد آب آبیاری در ایران. مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، ۱۷ (۶۷): ۱۱۳-۱۲۸.

فاطمی، م. و شکرالهی، ا. ۱۳۷۲. ارزیابی بازدهی آبیاری در شبکه‌ی آبیاری دز. مجموعه مقالات ششمین سمینار کمیته‌ی ملی آبیاری و زهکشی ایران، وزارت نیرو، ۸۵-۷۲.

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 چغندرقند 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 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): ۱۰۲-۹۵.

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 چغندرقند. ۲۷ سمینار ملی چغندرقند، 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.

نی‌ریزی، س. و حلمی، ف د. ۱۳۸۳. مقایسه کارآیی 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 مصطفی‌زاده، 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 آب‌وخاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۲ (۲): ۴۸۴-۴۹۵.

یزدی، زر اندام.، محسنی موحد، س ا. و حیدری، م. ۱۳۸۷. تهیه مدلی جهت ارزیابی، طراحی، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی عملکرد آبیاری شیاری. 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 Obisgo, Calif.

Merriam, J.L., Keller, J., 1978. Farm irrigation system evaluation: A guide for ma nagement. 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.

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.

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.

Tarjuelo, J. M., Mpntero, 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.

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.