



طرح حفاظت از تالاب های ایران



پژوهشگاه ملی مهندسی آب
دانشگاه تربیت مدرس



سازمان حفاظت محیط زیست

سازمان محیط زیست



AERI

موسسه تحقیقات فنی و
مهندسی کشاورزی



مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و
منابع طبیعی آذربایجان شرقی

موضوع قرارداد:

"پایش و بررسی اثربخشی تکنیک های به زراعی و به نژادی برای کاهش برداشت از منابع
آب در سایت های فاز چهارم پروژه کشاورزی پایدار در حوضه آبریز دریاچه ارومیه"

گزارش فاز ۴ مربوط به بخش تحقیقات فنی و مهندسی آذربایجان شرقی

شماره قرارداد استان آذربایجان شرقی: ۱۰۰۸۷/ت/۳ مورخ ۹۶/۷/۴

چکیده:

در فاز ۴ این قرارداد نیز مقرر گردید، راهکارهای عملی برای افزایش راندمان آب و کاهش میزان آب مصرفی که طبق سنوات گذشته ارایه گردیده، ادامه یافته و در مواردی هم بر اساس شرایط و امکانات موجود نسبت به اعمال تکنیک‌های جدید اقدام و مورد راستی آزمایی قرار گرفت.

اجرای این پروژه با همکاری مدیریت هماهنگی ترویج سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی صورت پذیرفت تا با اجرای آن و نتایج حاصل، بتوان در جهت تغییر بعضی از روش‌های مرسوم کشاورزی در شهرستانهای حوضه آبریز دریاچه ارومیه، گام‌های اساسی برداشت.

با آغاز فاز چهار، موارد زیر به صورت گام به گام انجام گردید:

۱- جلسه معرفی پروژه در کار گروه مشترک شامل امور تالاب‌ها، مدیریت هماهنگی ترویج استان، سازمان آب منطقه‌ای و مسئولان محیط زیست استان در محل سازمان آب منطقه‌ای استان

۲- جلسه هماهنگی فاز ۴ با شرکت‌های فنی و مهندسی استان و عقد قرار داد با آنها

۳- برگزاری جلسات هماهنگی با کمیته اجرایی شهرستان‌های منتخب

۴- برگزاری دو مورد کارگاه آموزشی توسط محققان عضو گروه پایش و اعضای هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی

۵- انتخاب مزارع برای کشت پاییزه با حضور اعضای گروه پایش استان و ارایه راهنمایی‌های مورد نظر

۶- انجام موارد مربوطه نظیر مساحی و تعیین موقعیت جغرافیایی مزارع (اسکن محیطی)، نمونه برداری از خاک زراعی، آماده سازی زمین برای کشت (همراه با تکنیک‌های مورد نظر) و کشت و اولین اندازه گیریهای صحرایی شامل تعیین میزان نفوذ سنجی خاک با استفاده از استوانه مضاعف، تهیه منحنی‌های پیشروی و پسروی جریان آب در مزارع و تعیین میزان حجم آب مصرفی.

در راستای پایش مستمر و یکسان سازی پایش سایت‌های منتخب شرکت‌های فنی و مهندسی، در سطح شهرستان عجب شیر در دو منطقه (روستای شیراز و روستای گوراوان) شش سایت انتخاب گردد که عملیات پایش آن توسط محققین بخش تحقیقات فنی و مهندسی آ شرقی صورت پذیرفت. مشخصات مزارع پایش بخش تحقیقات فنی و مهندسی و نتایج حاصل از اعمال تیمارها در آبیاریهای در متن گزارش آمده است.

نتایج حاصل از بکارگیری تکنیکهای ارایه شده نشان می دهد که در زراعت گندم می توان به کاهش ۳۰ - ۲۵ درصدی آب و افزایش ۵۰ - ۳۵ درصدی کارایی مصرف آب دست یافت. در زراعت سیب زمینی نیز می توان کاهش ۲۲ درصدی آب و افزایش ۳۰ درصدی کارایی مصرف آب را مشاهده نمود. در باغات بادام با اعمال تکنیک های توصیه شده می توان در مصرف آب در حدود ۲۰ درصد صرفه جویی نموده و کارایی مصرف آب را ۲۳ درصد افزایش داد.

کلمات کلیدی: کشاورزی پایدار، فاز چهار، پایش، میزان آب مصرفی

۱- مقدمه، هدف و کلیات

مسائل مربوط به بحران آب در سال‌های اخیر از گوشه و کنار جهان گزارش می‌شود، بنا به اعتقاد کارشناسان و سیاست‌مداران، در قرن آینده بحران آب، به عنوان یک مسأله مهم اجتماعی و سیاسی، بین‌المللی خواهد بود. در ایران مسأله آب و بهره‌برداری از آن از جهات تأمین نیاز غذایی جمعیت در حال رشد و جلوگیری از به هدر رفتن آن دارای اهمیت می‌باشد. بر اساس یک برآورد کلی، در صورتی که آب‌های سطحی و زیرزمینی مهار شوند و با راندمان مناسب مورد استفاده قرار گیرند، هر سال می‌توان در مجموع حدود ۱۰ تا ۱۲ میلیون هکتار زمین را زیر کشت زراعت‌های آبی برد. در شرایط کنونی به دلیل عدم وجود تأسیسات ذخیره‌ای کافی و پایین بودن راندمان آبیاری، تنها حدود ۷/۵ تا ۸ میلیون هکتار از زمین‌های کشاورزی زیر کشت محصولات آبی (با استفاده از آب‌های زیرزمینی و سطحی) قرار دارد. براساس اطلاعات موجود، به دلیل تلفات زیاد آب در شبکه‌های مدرن و سنتی، در مناطقی که منابع آب کافی در دسترس نیست زراعت‌های مختلف به دفعات کافی آبیاری نمی‌شوند. در مناطقی که منابع آب کافی در دسترس کشاورزان می‌باشد، این مسأله به صورت بالا رفتن حجم تلفات بروز می‌نماید. در سال‌های اخیر توجه خاصی به مسائل مربوط به منابع آب، کم آبیاری و بهبود بهره‌برداری از آن شده است. یکی از پیامدهای عدم وجود مدیریت منابع آب بخصوص در بخش کشاورزی، شرایط کنونی دریاچه ارومیه می‌باشد. وضعیت کنونی دریاچه ارومیه که حاصل عملکرد مجموعه‌ای از عوامل انسانی و طبیعی طی دهه‌های گذشته است، از منظر تخصص‌های مختلف، طی چند سال گذشته مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است و علی‌رغم ارائه راهکارهای متعدد، احیای دریاچه ارومیه هم‌چنان در صدر مطالبات زیست‌محیطی کشور قرار دارد. وقوع خشکسالی‌های طولانی مدت، افزایش نیازهای آبی جوامع، تبعات تغییر اقلیم، سد سازی‌ها در حوضه دریاچه ارومیه، برداشت فراوان کشاورزان از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی و کشت محصولات پر مصرف در منطقه از مهمترین عوامل بروز این بحران زیست‌محیطی بوده است، در واقع می‌توان عامل اصلی خشک شدن دریاچه ارومیه را نبود اندیشه آینده‌نگری و برنامه بلند مدت و از آن مهمتر، عدم وجود انضباط در مدیریت و هدایت برنامه‌های عملیاتی در سطح حوضه دانست. براساس شواهد موجود و هم‌چنین تجارب مرتبط با دریاچه‌های با وضعیت مشابه ارومیه در سطح جهان، بدون شک تداوم روند خشکی دریاچه ارومیه خسارت و آسیب‌های بسیاری را بر سلامت و بهداشت ساکنین حوضه و معیشت آن‌ها، تخریب اکوسیستم و بخش کشاورزی حوضه (تخریب اراضی و باغات و دامپروری) به همراه خواهد داشت. به منظور جلوگیری از آسیب جدی به مردم و محیط‌زیست پیرامون دریاچه و با توجه به تداوم کاهش نزولات جوی و کاهش جریان ورودی به داخل دریاچه در سال‌های اخیر و هم‌چنین مدت زمان طولانی مورد نیاز جهت انتقال

آب از حوضه‌های مجاور به دریاچه، تنها راهکار تثبیت شرایط کنونی دریاچه و جلوگیری از خشکی کامل آن، تامین آب کافی از منابع داخلی حوضه به عنوان محور اصلی اقدامات برای احیای دریاچه ارومیه مد نظر قرار گرفته است. با توجه به مصرف ۹۰ درصدی منابع آب حوضه در بخش کشاورزی و بهره‌وری پایین آب در این بخش، یکی از مهم‌ترین راهکارها و اولویت‌های نجات دریاچه ارومیه، انجام اقدامات لازم در راستای کاهش مصرف آب در این بخش می‌باشد. در راستای کاهش مصرف آب کشاورزی، استفاده از تکنیک‌های به زراعی و مدیریتی مختلف نظیر سیستم‌های کشاورزی حفاظتی، سیستم‌های جدید آبیاری، اصلاح سیستم‌های آبیاری سطحی مرسوم، آبیاری بر اساس نیاز واقعی گیاه، انتخاب الگوی کشت مناسب، ارقام و پایه‌های زراعی و باغی، تاریخ کاشت، کم آبیاری، مدیریت آبیاری، آبیاری یک در میان، کاهش تبخیر، بهینه‌سازی ابعاد نوارها و کرت‌های آبیاری و ... در مقیاس مزرعه در اراضی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در قالب پروژه کشاورزی پایدار با عنوان **"همکاری در احیاء دریاچه ارومیه از طریق مشارکت جوامع محلی در استقرار کشاورزی پایدار و حفاظت از تنوع زیستی در معرض خطر"** در دست اجرا می‌باشد. هدف کلی این پژوهش بررسی تعیین میزان اثربخشی تکنولوژی‌های مختلف زراعی اجرا شده در مزارع پروژه مذکور بر کاهش مصرف آب آبیاری و ترسیم بیان آب در مزارع، پایش عملکرد شرکت‌های فنی و مهندسی و اجرای دوره‌های آموزشی مورد نیاز در منطقه می‌باشد. در این راستا پایش شرکت‌های فنی و مهندسی مستقر در شهرستان‌های **عجبشیر (تحت عنوان شبکه پایش)**، **آذرشهر، اسکو و ملکان و بناب** و نیز **پایش مستقل (تحت عنوان پایش اصلی)** در شهرستان **عجبشیر** (روستای شیراز و روستای گوراوان) شامل سه مزرعه کشت اول (کشت پاییزه: گندم) و سه مزرعه کشت دوم (کشت بهاره) بر عهده مرکز تحقیقات آذربایجان شرقی محول و موافقتنامه چهارجانبه آن در تاریخ چهارم مهر ماه سال ۱۳۹۶ با موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، پژوهشکده مهندسی آب دانشگاه تربیت مدرس و سازمان حفاظت محیط زیست (طرح حفاظت از تالاب‌های ایران) منعقد گردید.

۱- مطالعات انجام شده و روش کار

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

طی چهار سال اخیر، با پیگیری مدیران طرح بین المللی حفاظت از تالاب‌های ایران مستقر در سازمان حفاظت محیط زیست، پروژه استقرار برنامه کشاورزی پایدار در قالب اقدام مشترک دولت جمهوری اسلامی ایران (سازمان محیط زیست 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 استانه‌های آذربایجان غربی و شرقی و شامل ۱۱۰ روستا آماده و اجرا گردیده است. اقدامات در چارچوب مدل

(مدیریت مشارکتی سیستمی جامع تولید) در حال انجام می‌باشد. این مدل، فرایندی است که به منظور مشارکت سیستمی بهره‌برداران، هم‌افزایی و تلفیق فنون و پتانسیل‌ها و دخالت شرایط زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی حوضه دریاچه ارومیه برای تحقق توسعه کشاورزی پایدار تعریف شده است. در این برنامه، به جای تاکید 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 به ویژه در بخش روستایی و کشاورزان کوچک، مهمترین شاخص اقدام در این برنامه است که با فرایند تسهیل‌گری حرفه‌ای و تسهیل‌گران ماهر صورت می‌گیرد. ماهیت اصلی این راهبرد، ارتقای توان بالقوه خودیاری کشاورزان از طریق توانمند کردن آنها برای به عهده گرفتن نقش فعال در برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری برای مدیریت مزارع بر اساس فنون کشاورزی پایدار برای حفاظت و احیای دریاچه ارومیه است. برنامه‌های فنی - اجرایی در این مدل شامل بسته ویژه‌ای از تاکتیک‌ها و فناوری‌های سبز (فنون اصلاحی در کشاورزی که ضمن اقتصادی کردن کشاورزی، سازگار با محیط زیست نیز هستند) و فنون تسهیل‌گری حرفه‌ای (تاکتیک‌های خاص برای اعتمادسازی، سازماندهی گروه‌های محلی، اعمال مدیریت مشارکتی سیستمی، تحقق انسجام سازمانی بین دولت-مردم - تشکلهای سازماندهی گروه‌های کاری) است که با هدف 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. **اهداف کلیدی این طرح عبارتند از:**

- توانمندسازی و ارتقای مهارت کشاورزان در مدیریت صحیح مزارع با تاکید بر حفاظت از اکوسیستم
- سازماندهی و هدایت انرژی‌ها، توان و امکانات بالقوه، بالفعل و خودیاری جامعه محلی در قالب شبکه مدیریت مردمی برای کمک به احیای دریاچه
- کمک به احیا و حفظ دریاچه ارومیه با مشارکت داوطلبانه کشاورزان در ارتقای شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی (Agricultural Water Productivity)، افزایش عملکرد تولید در واحد سطح و افزایش بازده آبیاری (Application Efficiency) در مزرعه، با استقرار برنامه‌های مدیریت تلفیقی آب - خاک - گیاه - اتمسفر برای صرفه‌جویی ۳۵ درصدی آب در واحد سطح.

ازماندهی "سامانه محلی مدیریت مشارکتی آب" به منظور 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 براساس معیشت و منفعت اقتصادی با شاخص اقتصاد - محیط زیست

بصورت خلاصه برخی از نتایج طرح پایش سال ۹۵ بصورت زیر ارائه می‌گردد:

- در مزارع تحت کشت گندم، تسطیح اهمیت قابل توجه بر صرفه‌جویی آب و افزایش راندمان گذاشت.
- ابعاد نوار (طول و عرض نوار) و نیز دبی ورودی نوار، از نظر اهمیت بعد از تسطیح قرار دارند.
- برنامه‌ریزی آبیاری (حذف آبیاریهای غیرضروری و نیز آبیاری به موقع)، در کاهش آب مصرفی و افزایش بهره‌وری آب، موثر می‌باشد.
- دامنه عملکرد محصول گندم در ۸ مزرعه تحت پایش در دو شهرستان مهاباد و میاندوآب، از ۲/۶ تا ۱۰ تن برهکتار متغیر بود. متوسط عملکرد گندم در مزارع ۶/۲۲ تن بر هکتار و انحراف معیار (SD) آنها حدود ۲/۴۵ تن بر هکتار بود. این ارقام نشان می‌دهد که عملکرد محصول تنها تحت تاثیر آبیاری نبوده و بسیاری از عوامل دیگر از قبیل شوری خاک، وارسته، مدیریت زراعی، حاصلخیزی خاک، کاربرد سموم و کودها و ... روی آن موثر است.
- برای اینکه بتوان اثر آبیاری (تیمار را) بر روی عملکرد بررسی کرد، بایستی سایر عوامل در مزارع مشابه باشد. لذا قیاس عملکرد مزارع نسبت به هم صحیح نمی‌باشد. اما قیاس عملکرد در شاهد و تیمار در اثر اعمال آبیاری در یک مزرعه می‌تواند تا حد قابل قبول، صحیح باشد. زیرا در یک مزرعه تمام مدیریتهای زراعی، شوری خاک، تقویم زراعی، برنامه و میزان مصرف کود و سموم، نوع وارسته، عملیات بذر مالی و ... در بخش شاهد و تیمار مشابه می‌باشد.
- تغییر آرایش کاشت چغندر قند به ۴۰*۶۰ و تغییر روش آبیاری آن، باعث افزایش عملکرد محصول، افزایش راندمان آبیاری و افزایش بهره‌وری آب گردید. با تغییر آرایش کاشت و روش آبیاری چغندر قند، حتی می‌توان به صرفه‌جویی ۴۰ درصد مصرف آب و افزایش حدود ۱۲ درصدی راندمان دست یافت. از مشکلات تغییر آرایش کشت به ۴۰*۶۰، نبود و یا کمبود ادوات و ماشین‌الات کاشت و داشت و برداشت هماهنگ با این آرایش است در منطقه است که باعث می‌گردد که کشاورزان نسبت به آن رغبت نداشته باشند. در صورت ایجاد چنین تسهیلاتی توسط سازمان جهاد کشاورزی و یا شرکتهای خدمات کشاورزی، امکان کاهش مصرف آب قابل توجه با تغییر آرایش کشت وجود دارد.
- با تغییر روش آبیاری باغات از غرقابی به روش به اصطلاح حلقوی، می‌توان حتی به ۷۶/۳ درصد کاهش مصرف آب در باغات دست یافت که رسیدن به این امر در گرو حذف کشت یونجه به همراه درختان می‌باشد. برای رسیدن به این شرایط، دولت می‌تواند تسهیلاتی برای حذف یونجه در باغات و تغییر روش آبیاری ارائه نماید.
- انجام یک پروژه در سطح مزارع یک منطقه، خالی از اشکال و خطا نمی‌باشد. در این طرح سعی گردید ایرادات و اشکالاتی که در برخی از مزارع وجود داشت و به شرکتهای فنی و مهندسی و مسئول طرح

پایش، برمی گردد، عنوان شود. به هر حال خطاها و ایرادات در موارد جزئی اتفاق افتاد که در متن گزارش ارائه گردیده است. نویسنده گزارش به غیر از موارد ذکر شده، صحت و سقم تمام نتایج را تایید می کند. لذا راهکارهای پیشنهاد شده در سطح وسیع و با قطعیت قابل پیاده سازی است.

○ با کاربرد نتایج حاصل در فاز ۴ طرح، نتایج حاصل را می توان با اطمینان بیشتری، توصیه و بکار گرفت.

۴-۱ متدولوژی و روش کار پروژه

۴-۱-۱ مناطق مورد مطالعه و اصول کلی

این مطالعه در دشت های ارومیه، نقده، میاندوآب و مهاباد واقع در استان آذربایجان غربی انجام می گردد. در این تحقیق مزارع پایلوت به گونه ای که این مزارع از نظر مشخصات فیزیکی و هندسه ی زمین، نوع کشت، مدیریت مرسوم و منبع تامین آب، معرف منطقه باشند، در سطح دشت ها انتخاب می گردند. معیارهای انتخاب مزارع جهت برآورد و پایش راندمان کاربرد آب بر اساس روش های آبیاری، مشخصات خاک، نوع مدیریت زارعین و نوع محصولات انجام می گیرد. تعداد مزارع انجام پروژه برای محصولات کشت پاییزه در پایش اصلی شامل سه مزرعه و برای محصولات کشت بهاره نیز سه مزرعه می باشد که در غالب مزارع تیمار و شاهد خواهد بود. مزارع فوق در محدوده شهرستان میاندوآب و روستای داش تپه قرار داشته و مطابق با شرح خدمات، تحت ارزیابی کامل و دقیق قرار خواهند گرفت. شاهد فاقد تکنولوژی های توصیه شده در پروژه و به عبارتی بر مبنای عرف منطقه است و تیمار دارای تکنولوژی های توصیه شده در پروژه می باشد. اندازه گیری مزارع شبکه پایش در شهرستان مهاباد، نقده، ارومیه و میاندوآب برعهده شرکت های فنی و مهندسی بوده و توسط تیم پایش آموزش و ارزیابی شد. برخی از تکنیک های مورد نظر عبارتند از: عملیات تسطیح دقیق، کاهش ابعاد نوار (عرض و طول نوارها)، برنامه ریزی آبیاری براساس رطوبت خاک، تغییر آرایش، تغییر روش آبیاری و ... می باشد.

در حوضه آبریز دریاچه در خصوص اهمیت طرح مزارع نمونه می توان به این نکته اشاره نمود که با مصرف ۷۰ درصدی پتانسیل آب تجدیدپذیر حوضه، مصرف بدون کنترل آب در سطح شبکه ها و مزارع و پایین بودن راندمان آبیاری، سبب به هم خوردن روند جریان طبیعی رودخانه ای گردیده و این امر بر مسائل کشاورزی و زیست محیطی حوضه دریاچه ارومیه به طور مستقیم و منفی تاثیر گذار 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 زیر خاک است که در این راستا بیان رطوبتی خاک و جذب آب توسط ریشه گیاه و تعرق از پوشش گیاهی از پارامترهای مهم می باشند. لذا ارزیابی روش های آبیاری موجود در جهت

دستیابی به یک روش آبیاری مناسب، پایدار و اثر بخش 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 کشور، نقد و بررسی روش‌های آبیاری و تحویل آب و ارائه الگوی علمی و تخصصی ضرورت می‌یابد. چند سوال اساسی در جهت یافتن مسیر مناسب به شرح زیر مطرح می‌باشد:

- چرا آبیاری سطحی در کشور به صورت علمی طراحی و اجرا نمی‌گردد؟
- استفاده از دستگاه‌های نوین اندازه‌گیری در آبیاری، چگونه ما را در جهت آبیاری پایدار و موثر کمک خواهد کرد؟
- چگونه می‌توان از مدل‌ها و نرم افزارها 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 به درستی تخمین زده شده است؟
- چگونه می‌توان با استفاده از روش‌های جدید کاهش مصرف آب ۳۵ درصدی بدون کاهش محصول را داشت؟

به منظور دستیابی به کاهش مصرف و اعمال مدیریت‌های مختلف در زمینه مصرف آب کشاورزی، تنها روش استفاده از مطالعات میدانی و واقعی می‌باشد. در این راستا مزارع پایلوت در کنار شرایط موجود، پاسخگوی اکثر سوالات مبهم در حوضه آبریز دریاچه ارومیه خواهد بود. هم اکنون بالا بردن آگاهی از مسائل اکوسیستم‌ها، بهبود بخشیدن راندمان‌های پایین آبیاری (حدود ۳۵ درصد)، 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 به منظور کاهش آب مصرفی به وجود آورد. یکی از اهداف این مطالعه مشخص نمودن این مسئله می‌باشد که با اتخاذ کدام روش‌ها و شیوه‌های مدیریت آبیاری می‌توان مصرف آب در سطح مزرعه را کاهش داد، در حالی که میزان تولید کاهش نیافته یا حداقل کاهش معناداری پیدا نکند. خروجی مطالعات به عنوان پایه‌ای برای تهیه راهنمای مصرف آب کمتر در سطح مزرعه بکار خواهد گرفت. به منظور 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 به صورت 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)

اسخگویی به برخی پرسش‌های فنی در حوضه از طریق ایجاد مزارع پایلوت

(۴)

راحی و ارائه روش‌ها و مدیریت‌های مختلف آبیاری

(۵)

استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری در جهت پایش میزان مصرف آب

(۶)

رائه و تبلیغ مزارع نمونه پایلوت در سطح منطقه در جهت ترویج استفاده موثر از آب

(۷)

بررسی سناریوهای کیفی جهت دستیابی به محصولات با کیفیت بالا

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

- **هینه‌سازی ابعاد نوار (کاهش طول نوارها/جویچه‌های آبیاری و کاهش عرض/طول نوارها یا جویچه‌های آبیاری)**

- **اهش میزان جریان ورودی به هر نوار یا جویچه (مدیریت دبی جریان ورودی و مدت زمان جریان ورودی)**

- **سطیح دقیق و اصلاح شیب طولی نوارها/جویچه‌های آبیاری**

- **عمال دور و عمق آبیاری بهینه براساس اطلاعات زمان واقعی (Real time) و مانیتورینگ رطوبت خاک**

- **غیر روش آبیاری سطحی**

- **صلاح 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 از جمله رطوبت حد زراعی (FC) و پژمردگی دائم (PWP)
- مساحی و نقشه‌برداری از مزارع انتخابی به منظور تعیین ابعاد و هندسه آنها، شیب طولی نوارها، و ...
- جمع‌آوری اطلاعات هواشناسی و محاسبه زمان واقعی (Real time) نیاز آبی محصولات
- اندازه‌گیری آب ورودی به مزارع به وسیله فلوم WSC و یا مولینه مناسب
- اندازه‌گیری جریان آب خروجی مزارع در صورت وجود به وسیله فلوم WSC
- اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک بوسیله استوانه مضاعف و یا روش ورودی و خروجی جریان
- تعیین رطوبت نیم‌رخ خاک قبل و بعد از عملیات آبیاری
- اندازه‌گیری پیشروی و پسروی جریان آب جهت برآورد نفوذ آب در خاک
- 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 ...

۲-۴-۱ محاسبه بازده کاربرد آب در مزارع تحت پایش

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 از جمله: مناسب بودن هر آبیاری به مقدار آب ذخیره شده در ناحیه توسعه ریشه، تلفات نفوذ عمقی در زیر ناحیه ریشه، تلفات ناشی از رواناب سطحی، یکنواختی توزیع و کمبود یا کم آبیاری در نیمرخ خاک در هر آبیاری بستگی دارد. بازده کاربرد بیانگر تلفات در مزرعه بصورت نفوذ عمقی و رواناب انتهای مزرعه بوده و در هر نوبت آبیاری، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$AE = \frac{D_z}{D_{app}} \times 100 \quad (1)$$

که در آن AE بازده کاربرد آب (%)، D_z متوسط عمق آب ذخیره شده در ناحیه توسعه ریشه (mm) و D_{app} 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 در نتیجه درصد تلفات نفوذ عمقی از رابطه (۲) محاسبه گردید:

$$DP = 100 - AE \quad (2)$$

کفایت آبیاری یا بازده ذخیره آب (AD)، از رابطه (۳) برآورد شد.

$$AD = \frac{D_z}{SMD} \times 100 \quad (3)$$

که در آن SMD عمق آب مورد نیاز منطقه ریشه (mm) می‌باشد. در رابطه (۱) اگر D_{app} از SMD کمتر باشد، D_z برابر D_{app} خواهد بود، در غیر این صورت برابر SMD می‌باشد. در رابطه (۳)، اگر D_{app} از SMD بزرگتر باشد، کفایت برابر ۱۰۰ درصد بوده و اگر از SMD کمتر باشد، D_z برابر D_{app} می‌باشد. SMD از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

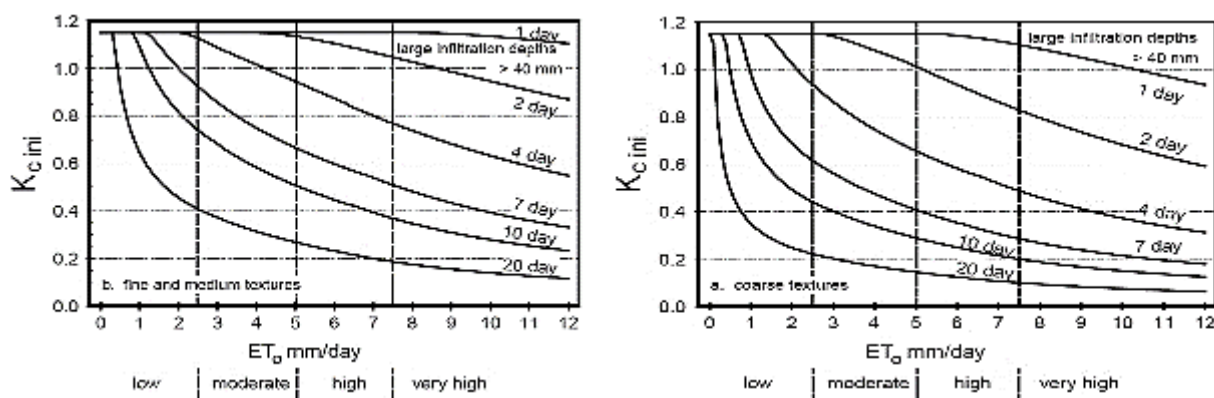
$$SMD = (\theta_{fc} - \theta_i) \times \rho_b \times D_r \quad (4)$$

که در آن θ_{fc} و θ_i به ترتیب رطوبت خاک قبل از آبیاری و حد ظرفیت زراعی ($gr\ gr^{-1}$)، ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک ($gr\ cm^{-3}$) و D_r عمق 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 اندازه گیری شد. برای آبیاری اول (خاک آب) که هنوز ریشه ای برای گیاه وجود ندارد ($D_r = 0$)، در این صورت آب مصرفی در آبیاری اول (خاک آب) از حاصل ضرب K_{cini} مربوط به مرحله اولیه رشد در تبخیر تعرق پتانسیل محاسبه شده به روش فائو پنمن- مانتیث تعیین می گردد. برای محاسبه تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع، از نرم افزار Aquacrop استفاده شد.

$$ET_c = K_{cini} \times ET_o \quad (5)$$

مطابق توصیه آلن و همکاران (۱۹۹۸)، ضریب گیاهی مرحله اولیه رشد (K_{cini}) ارائه شده در جداول نشریه فائو ۵۶، بایستی براساس شرایط اقلیمی، بافت خاک، عمق آبیاری و فرکانس آبیاری، اصلاح گردد. مطابق نشریه فائو ۵۶، برای خاک هایی که ارتفاع آب آبیاری در آنها از ۴۰ میلی متر بیشتر باشد، ضریب گیاهی مرحله اولیه رشد از گراف شکل ۵ اصلاح و محاسبه می گردد. 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 به عنوان عمق خالص می باشد. در این طرح، محاسبه راندمان کاربرد در آبیاری اول براساس توصیه سند ملی آب کشور و بر مبنای ۵۰ میلیمتر عمق خالص مورد نیاز آبیاری اول (خاک آب)، انجام شد.



شکل ۵- متوسط ضریب K_{cini} با توجه به مقدار ET و دور آبیاری در مرحله رشد اولیه برای خاک های با بافت درشت (a) و متوسط و ریز (b) که ارتفاع آب آبیاری در آنها ۴۰ میلی متر یا بیشتر صورت گیرد

۳-۴-۱ محاسبه بازده بهره‌وری آب کشاورزی

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

$$WP_T = \frac{Y(kg\ ha^{-1})}{T(m^3\ ha^{-1})} \quad (۶)$$

که در آن پارامترهای WP_T ، Y و T به ترتیب بهره‌وری تعرق، وزن خشک اندام هوایی گیاه (یا مقدار محصول قابل عرضه به بازار) و مقدار تعرق در طول فصل زراعی می‌باشد (Kijne et al., 2003). واحد WP_T کیلوگرم بر متر مکعب 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 به صورت زیر تعریف می‌شود:

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

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 به عنوان آب مورد استفاده گیاه در نظر گرفته شود، بهره‌وری مصرف آب با WP_{I+P} نشان داده شده و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$WP_{I+P} = \frac{Y(kg\ ha^{-1})}{[I + P](m^3\ ha^{-1})} \quad (۸)$$

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 به صورت ارزش عملکرد محصول تعریف می‌شود که در این صورت می‌توان بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری (WP_E) را به صورت رابطه زیر تعریف کرد (Kijne et al., 2003).

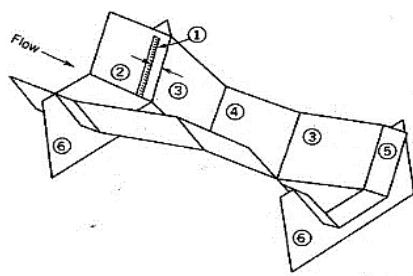
$$WP_E = \frac{Y(\$kg^{-1} \times kg\ ha^{-1})}{[I + P](m^3\ ha^{-1})} \quad (۹)$$

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 مورد مطالعه، بارش به عنوان یکی از منابع آب آبیاری محسوب می‌گردد. در این طرح شاخصهای WP_{ET} و WP_{I+P} جهت ارزیابی و اثربخشی گزینه‌ها و تکنیک‌های آبیاری، مورد نظر می‌باشند.

¹ - Agricultural Water Productivity

۴-۱ اندازه‌گیری جریان

مقدار جریان ورودی به مزارع به روش اندازه‌گیری و پایش گردید. روش اول براساس فلومهای WSC و روش دوم بر مبنای اندازه‌گیری جت جریان صورت گرفت. روش اول، دقیقتر بوده و در اکثر مزارع بکار گرفته شد. اما در برخی موارد از روش جت نیز استفاده گردید. دبی و دامنه‌های مناسب اندازه‌گیری برای تیپ‌های مختلف فلومهای WSC در شکل ۶ ارائه شده است. بر این اساس و مطابق دبی تقریبی چاه، فلوم مناسب جهت نصب و اندازه‌گیری در مزرعه انتخاب می‌گردد.



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

شکل ۶- دبی و دامنه‌های مناسب اندازه‌گیری برای تیپ‌های مختلف فلومهای WSC

(ارتفاع آب بر حسب سانتیمتر و دبی بر حسب لیتر بر ثانیه می‌باشد)

استفاده از خط کش جت جهت اندازه‌گیری جریان به این صورت که بازوی بلند خط کش جت بصورت تراز، روی لوله آبدار قرار می‌گیرد. سپس خط کش جابجا می‌شود تا بازوی کوتاه به آب مماس شود. عدد قرائت شده روی بازوی بلند عدد جت می‌باشد که می‌توان با استفاده از این عدد دبی را بر حسب مترمکعب بر ساعت طبق رابطه‌ی ۱ بدست آورد. در صورتی که لوله نیمه‌پر باشد از رابطه‌ی ۲ استفاده می‌کنیم.

$$Q = 0.0116 \times D^2 \times X \quad (10)$$

$$Q = 0.0116 \times D \times L \times X \quad (11)$$

که در آن D قطر داخلی لوله بر حسب سانتی‌متر و X فاصله افقی بر حسب سانتی‌متر و L فاصله عمودی بر حسب سانتی‌متر می‌باشد.

۵-۱ انتخاب و جانمایی مزارع پایلوت

انتخاب و جانمایی مزارع پایلوت در منطقه طرح بر اساس ملاحظات فنی، اجتماعی و اقتصادی صورت گرفت. به عنوان مثال امکان 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 در راه دستیابی به آبیاری موثر و با راندمان بالا مشخص می‌گردند، شروع گردید. مشکلات و محدودیت‌ها به عنوان پایه و مبنایی برای طراحی راه‌حل‌ها که از تکنیک مشارکتی بهره می‌برد، مورد استفاده قرار گرفت. روش‌های پیشنهادی در مزارع پایلوت مورد آزمایش و ارزیابی قرار می‌گیرند. با توجه به نتایج حاصل شده راه‌حل‌های پیشنهادی از طریق آموزش و ترویج اشاعه داده خواهد شد.

۱-۱- نیاز سنجی و برگزاری کارگاه‌های فنی و مشورتی

در این قرارداد مقرر گردیده است که بر اساس طرح پایش، راهکارهای اجرای عملی برای افزایش راندمان آب و کاهش میزان آب مصرفی که طبق سنوات گذشته ارایه گردیده، ادامه یافته و در مواردی هم بر اساس شرایط و امکانات موجود نسبت به اعمال تکنیک‌های جدید اقدام گردد.

دانش شرکت‌های مجری طرح در زمینه مکانیزاسیون و نقش آن در زمینه آماده سازی زمین و نقش آماده سازی زمین در افزایش راندمان آب، توزیع یکنواخت آب، تسریع در انتقال آب و ادوات اندازه گیری نسبت به سال‌های قبل رشد محسوسی داشته و امید می‌رود که اجرای فاز چهار نسبت به سال‌های قبل به صورت کامل‌تر و تکمیل‌تری به اجرا در بیاید.

هم‌چنان کمبود ادوات مورد نیاز برای اجرای کشت مکانیزه و خلاء استفاده از ماشین آلات کشاورزی در مراحل مختلف کاشت، داشت و برداشت اغلب مناطق و شهرستان‌های مجری طرح کاملاً محسوس است و امید می‌رود بر اساس نتایج اجرای این پروژه، از سوی مدیریت‌های اجرایی، اهتمام لازم جهت تأمین ادوات مورد نیاز شهرستان‌های استان صورت پذیرد.

در اجرای این پروژه کلیه عوامل بخش اجرایی سازمان جهاد کشاورزی استان به ویژه مدیریت هماهنگی ترویج همکاری موثری بایستی داشته باشند تا بتوان با اجرای این پروژه و نتایج حاصل از آن در جهت تغییر بعضی از روش‌های مرسوم کشاورزی در استان‌هایی که به عنوان حوضه آبریز دریاچه ارومیه محسوب می‌شوند، گام‌های اساسی برداشته شود.

در این راستا با آغاز فاز چهار، جهت اجرای بهینه پروژه کشاورزی پایدار در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، موارد زیر به صورت گام به گام توسط شرکت‌های مجری و گروه پایش انجام گردید:

۱- برگزاری جلسه معرفی پروژه در کار گروه مشترک، امور تالاب‌ها، مدیریت هماهنگی ترویج استان، سازمان آب منطقه‌ای و مسئولان محیط زیست استان در محل سازمان آب منطقه‌ای استان و رایزنی در مورد انتخاب سایت‌ها منتخب

۲- جلسه هماهنگی فاز ۴ با شرکت‌های فنی و مهندسی استان و عقد قرار داد با آن‌ها

۳- ورود به جوامع محلی و برگزاری جلسات تسهیل گری اغلب با موضوع کشت پاییزه

۴- برگزاری جلسات هماهنگی با کمیته اجرایی شهرستان‌های منتخب

۵- برگزاری دو مورد کارگاه آموزشی توسط محققان عضو گروه پایش و اعضای هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی تحت عناوین ذیل:

- کارگاه آموزشی با عنوان "معیارهای انتخاب مزارع پایش شرکت‌های فنی و مهندسی و شرح الزامات و اندازه‌گیری‌ها جهت پایش" در سایت‌های منتخب فاز چهارم پایش پروژه در مورخه ۹۶/۶/۱۶- مدرسان: آقایان حسین محمدی مزرعه، رامین نیکان فر و علی رشاد صدقی از اعضای هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی با همکاری کارشناسان مدیریت ترویج سازمان

- کارگاه آموزشی با عنوان "بازآموزی پایش فاز ۴ شامل نحوه اندازه‌گیری جریان ورودی به مزارع، تعیین میزان نفوذپذیری، آموزش نرم‌افزار و تعیین میزان نیاز آبی" برای شرکت‌های فنی و مهندسی مجری پروژه در مورخه ۹۶/۷/۱۵ توسط آقای رامین نیکان فر

- کارگاه آموزشی با عنوان "بازآموزی پایش فاز ۴ شامل آماده‌سازی زمین به صورت مکانیزه و عملیات کاشت" برای شرکت‌های فنی و مهندسی مجری پروژه در مورخه ۹۶/۷/۱۵ توسط آقای حسین محمدی مزرعه

- کارگاه آموزشی با عنوان "جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات پایش مصرف آب در مزارع منتخب پایش جهت کشت پاییزه" برای شرکتهای فنی و مهندسی مجری در مورخه ۹۶/۱۰/۲۱ توسط اعضای گروه پایش و ارایه نتایج حاصل از اجرای تیمارها در میزان آبیاری ها

در زمینه لزوم استفاده از لولر در استان و نقش آن در افزایش راندمان آب و کاهش مصرف آب نیاز است که یک کارگاه آموزشی در سطح کارشناسان شهرستان‌های مجری طرح اجرا گردد. تا نقش لولر در تسطیح و افزایش بهره‌وری آب برای کارشناسان منطقه توجیه گردد.

۶- انتخاب مزارع برای کشت پاییزه با حضور اعضای گروه پایش استان و ارایه راهنمایی‌های مورد نظر

۷- انجام موارد مربوطه نظیر مساحی و تعیین موقعیت جغرافیایی مزارع (اسکن محیطی)، نمونه برداری از خاک زراعی، آماده سازی زمین برای کشت (همراه با تکنیک‌های مورد نظر) و کشت

لازم به توضیح می‌باشد، در کلیه این موارد رابط طرح حفاظت از تالاب‌های ایران سرکار خانم پروز نیز حضور جدی و فعال داشته و در انجام کلیه فعالیت‌ها ایشان نقش پر رنگی داشتند.



شکل ۱: برگزاری کارگاه آموزشی در ساختمان شماره یک مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی

آذربایجان شرقی مورخه ۹۶/۶/۱۶ و ۹۶/۱۰/۲۱

۲- راهبری و نظارت شرکت‌های فنی و مهندسی

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، عجب شیر، بناب و ملکان و سایت‌های اختصاصی مرکز تحقیقات اعضای گروه پایش استانی حضور داشته و نسبت به ارایه نکته نظرات و راهنمایی‌ها لازم اقدام نمودند. در اشکال زیر بعضی از این موارد نشان داده شده است.



شکل ۲-۱- انتخاب مزارع آذرشهر



شکل ۲-۲- انتخاب مزارع بناب



شکل ۲-۳- انتخاب مزارع ملکان



شکل ۲-۴- انتخاب مزارع اسکو

۲-۱ پیشگفتار

از نظر بارندگی کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده است و از دیرباز کمبود آب در این کشور بحث اصلی و مشکل اساسی بشمار آمده است و با وقوع 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 داده شده و از تلفات آب و همچنین آلوده کردن آن جلوگیری گردد. واقعیت مشهود در سطح جهانی این است که غالب پروژه‌های آبیاری و زهکشی اجرا شده در دنیا به اهداف پیش‌بینی شده منجر نگردیده و در موارد بی‌شماری با شکست مواجه گردیده است. بطور کلی دلیل پایین بودن بازده آبیاری، می‌تواند در مدیریت و چگونگی بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری باشد (رضاءوردی‌نژاد 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، رو به زوال 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 (به نحوی که تنش بر محصول وارد نگردد) در راستای افزایش آب ورودی به دریاچه ارومیه و احقاق هدف مهم احیای آن می‌باشد که این مهم با بکارگیری 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 بکارگیری تکنیک‌های به زراعی و مدیریت آبیاری متناسب با شرایط هر مزرعه، گامی در جهت کاهش مصرف آب و ارتقاء بهره‌وری مصرف آب در حوزه کشاورزی به عنوان عمده‌ترین مصرف کننده، برداشته شود. در ادامه به پاره‌ای از تحقیقات صورت گرفته در این راستا و در هر دو بخش آبیاری سنتی و نوین، در ایران و گستره بین‌المللی پرداخته خواهد شد.

۲-۲ مطالعات صورت گرفته در ایران و گستره بین‌المللی

طبق آمار و گزارش‌های وزارت کشاورزی و وزارت نیرو میزان آب مورد استفاده در بخش کشاورزی قادر به تامین نیاز آبی کلیه اراضی تحت آبیاری نمی‌باشد. زیرا با احتساب متوسط نیاز سالانه ۱۴۳۷۰ مترمکعب در هکتار و توجه به راندمان آبیاری ۳۲/۵ درصد، بمنظور آبیاری ۷/۳ میلیون هکتار اراضی آبی کشور به بیش از ۱۰۰ میلیارد مترمکعب آب جهت مصرف در بخش کشاورزی نیاز می‌باشد در حالی که آب مورد استفاده در این بخش، حداکثر ۸۶ میلیارد مترمکعب است. به عبارتی ۲۳ درصد از اراضی آبی، با کمبود آب مواجه می‌شوند یعنی تنها ۵ میلیون هکتار از اراضی آبی کشور، آب کافی دریافت می‌کنند (سلامت منش، ۱۳۷۵). لذا در

توسعه پایدار باید به مفاهیم صرفه جویی یا حداکثر استفاده از هر قطره‌ی آب، پایان دادن به هجوم بی‌رحمانه به منابع آبی و اتلاف آن در مصارف بی‌رویه‌ی کشاورزی توجه وافر نمود و بایستی به کشاورزان برای آگاهی از ارزش آب و به کار بردن تکنولوژی‌های مناسب‌تر جهت افزایش راندمان، آموزش کافی ارائه گردد تا توسعه پایدار در بخش کشاورزی با روشن بینی و حمایت توده‌ی مردم امکان‌پذیر گردد. در این راستا ایجاد انگیزه‌ی اقتصادی در مصرف آب و افزایش راندمان آبیاری به‌عنوان معقول‌ترین و سریع‌ترین راه جهت نیل به این هدف می‌باشد. مشکل اصلی روش‌های آبیاری سطحی، پایین بودن راندمان کاربرد آبیاری است که به‌طور عمده از ضعف مدیریت و طراحی نامناسب ناشی می‌شود. با وجود توسعه روش‌های نوین آبیاری تحت فشار، هنوز آبیاری سطحی رایج‌ترین شیوه آبیاری در کشور است و حدود ۸۰ درصد از اراضی فاریاب با این روش آبیاری می‌شوند (رضاوودی‌نژاد و نور جو، ۱۳۹۲). با توجه به هزینه‌بر بودن سامانه‌های آبیاری تحت فشار، بهبود و اصلاح روش‌های آبیاری سطحی امری اجتناب‌ناپذیر است (تقی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱). محدود بودن منابع آب و خاک ایران موجب شده افزایش راندمان کاربرد آب در مزارع به‌عنوان یکی از اصول پایداری کشاورزی مطرح شود (کانونی، ۱۳۸۶). موضوع عملکرد محصول و بهره‌وری آب، به‌طور فزاینده‌ای مورد توجه محققین، مدیران و مصرف‌کنندگان آب قرار گرفته و بر این نکته تأکید شده است که شبکه‌های آبیاری می‌بایست به‌صورت دوره‌ای مورد ارزیابی قرار گیرند. آنالیز هر سیستم آبیاری که بر پایه اندازه‌گیری در شرایط واقعی مزرعه و در حین کار سیستم استوار باشد را ارزیابی گویند. راندمان کاربرد و بهره‌وری مصرف آب از مهم‌ترین فاکتورهای ارزیابی سیستم‌های آبیاری محسوب می‌گردند به نحوی که می‌توان در اتخاذ هر تصمیمی در جهت بهبود مدیریت مصرف از جمله ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری از این شاخص‌ها استفاده نمود. لذا مطالعه ارزیابی یک سیستم آبیاری از آن جهت ضروری است که برای مدیریت مشخص می‌سازد که سیستم اجرا شده کنونی از چه بازدهی برخوردار است تا بتوان با اعمال یک مدیریت صحیح، راندمان کاربرد واقعی سیستم را به حداکثر مقدار ممکن نزدیک نمود.

وظیفه دوست و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی بهره‌وری آب در مقیاس مزرعه در منطقه برخوار اصفهان نشان دادند که متوسط بهره‌وری برای محصول چغندر قند ۱/۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. توپاک و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری قطره‌ای در کشت چغندر قند را برای منطقه نیمه‌خشک قونیه در کشور ترکیه بررسی و گزارش کردند که عملکرد ریشه در تیمارهای ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب برابر با ۷۷/۳، ۷۰/۶ و ۵۰/۳ تن در هکتار است و تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی از نظر عملکرد ریشه و ماده خشک مشاهده نمی‌شود (Topak et al, 2010). بهمنش و نورجو (۱۳۹۴) طی آزمایشی در استان آذربایجان غربی نشان دادند که با تغییر آرایش کاشت چغندر قند از حالت یک ردیفه به

حالت کاشت دو ردیفه 40×50 سانتی متر، مقدار عملکرد محصول و میزان شکر قابل استحصال به ترتیب $15/6$ و $20/7$ درصد افزایش و میزان متوسط مصرف آب $20/3$ درصد کاهش یافت. اشرف منصوری و شریفی (۱۳۹۲) با انجام آزمایشی در منطقه سردسیر اقلید فارس بیان کردند که بیشترین عملکرد ریشه چغندر قند با $42/66$ تن در هکتار مربوط به تیمار آرایش کاشت با فاصله ردیف 50 سانتی متر و عرض پشته ها 50 سانتی متر و تحت آرایش کشت دو ردیفه بدست آمد.

تعیین مقادیر آب مصرفی برای زراعت های استراتژیک از اهمیت خاصی برخوردار است. زیرا استفاده درست و منطقی از منابع آب و خاک، افزایش سطح زیر کشت و بهبود عملکرد در واحد سطح را به دنبال خواهد داشت (گزارش تحقیقات خاک و آب). استون و همکاران (۱۹۷۶) تأثیر صرفه جویی در آب مصرفی برای گیاهان ردیفی را با استفاده از پشته های پهن (دو ردیف کاشت بر روی یک پشته) در امریکا مطالعه کردند. نتیجه این مطالعه بیانگر آن بود که به طور کلی در تیمار پشته های پهن، مقدار آب مصرفی تقریباً نصف آب مصرفی در تیمار جویچه معمولی (پشته های باریک با یک ردیف کاشت) بوده است (Stone et al., 1976 طالقانی (۱۳۸۰) در طی سه سال متوالی، تأثیر آرایش کاشت بر کارایی مصرف آب در چغندر قند را بررسی نمود. نتایج ایشان نشان داد که کاهش مصرف آب در تیمارهایی که به صورت پشته های پهن با دو ردیف کاشت آبیاری شده بودند، باعث کاهش عملکرد قند و ریشه نشده و در نتیجه کارایی مصرف آب به طور فراوانی افزایش یافت. تحقیقات نورجو و همکاران (۱۳۸۳) در خصوص تأثیر آرایش کاشت بر خصوصیات کمی و کیفی چغندر قند، نشان داد که در روش یک درمیان با فواصل جویچه های 50 سانتی متر، می توان به بیشترین کارایی مصرف آب دست یافت؛ لیکن به علت مشکلات اجرا و اعمال روش آبیاری یک در میان، آرایش کاشت 40×50 را توصیه نمودند. بر اساس این تحقیق، عملکرد ریشه $71/7$ تن در هکتار و مقدار مصرف آب 10599 مترمکعب در هکتار بود در حالی که در کاشت رایج منطقه (آرایش کاشت با فواصل 60 سانتی متر و آبیاری کامل شیارها) عملکرد $68/8$ تن در هکتار و مقدار آب مصرفی 13715 مترمکعب بر هکتار بود. بدین ترتیب در آرایش کاشت پیشنهادی، کارایی مصرف آب 48 درصد افزایش یافت. تحقیقات ترابی و جهاد اکبر (۱۳۸۳) نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار آب مصرفی به میزان 22693 و 15300 مترمکعب در هکتار به ترتیب از تیمار کاشت یک ردیفه با فاصله خطوط کاشت 50 سانتی متر و تیمار کاشت دو ردیفه 60×40 سانتی متر (فاصله خطوط کاشت در طرفین جویچه 60 سانتی متر و فاصله خطوط کاشت روی پشته 40 سانتی متر) است.

مطالعات و تحقیقات انجام شده در منطقه مغان برای آبیاری شیار نشان داد در صورتی که بهترین شیب برای شیارها (طول شیار 200 تا 250 متر) حدود 4 تا 8 در هزار انتخاب شود راندمان مصرف آب در مزرعه در

دامنه ۶۰ الی ۷۰ درصد به دست خواهد آمد (بهره‌بردار، ۱۳۷۳). منعم و همکاران (۱۳۷۹) عملکرد شبکه آبیاری قزوین را بوسیله مدل (PAIS: Performance Assessment Irrigation Model) ارزیابی کردند. مطابق نتایج بدست آمده، عملکرد سیستم از دیدگاه‌های مدیریتی، فنی، اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی به ترتیب ۶۲، ۸۲، ۶۴، ۸۴ و ۷۸ درصد می‌باشد که در طبقه خوب و بسیار خوب قرار می‌گیرد. ایشان همچنین راندمان کل پروژه را ۳۰ درصد گزارش نمودند و مهم‌ترین عامل پایین بودن آن را پایین بودن راندمان کاربرد آب در سطح مزرعه دانستند. احمدی در سال ۱۳۸۲ بعد از یک سال تلاش مستمر جهت اندازه‌گیری راندمان کاربرد آب به روش مستقیم (رطوبت خاک) در داخل مزارع شبکه آبیاری دشت قزوین حتی در اشل کوچک را بدون امکانات وسیع مقدور ندانست. لذا در سال ۱۳۸۲ با تغییر روش، این کار به روش غیرمستقیم (تعیین نیاز آبی گیاه به روش پنمن - مانتیث و اندازه‌گیری دبی آب ورودی به مزارع) انجام گرفت. خوش خواهش و سهرابی (۱۳۸۰) راندمان کاربرد آب در شبکه آبیاری گیلان و فومنات را در مناطق فومن، رشت و لاهیجان را برای مزارع برنج برای دو حالت بدون استفاده مجدد از رواناب و با استفاده مجدد از رواناب را به ترتیب (۷۳ و ۵۱)، (۷۳ و ۴۹) و (۷۲ و ۴۹) درصد بدست آوردند. همچنین دامنه راندمان واحد درجه ۳ (ترکیبی از راندمان توزیع و کاربرد آب در مزرعه) برای اراضی پایین دست سه دریاچه انتخابی (فرودگاه، کورانه و مافی) در دشت قزوین به ترتیب (صفر (خاک و آب) تا ۸۲، صفر (خاک و آب) تا ۷۸ و صفر (خاک و آب) تا ۷۳) درصد بدست آمد (مهندسین مشاور پندام، ۱۳۸۴). در تحقیقی که در تعدادی از شبکه‌های سنتی دشت‌های خوزستان، تبریز و کرمانشاه انجام شده، متوسط راندمان انتقال بین ۲۳ تا ۵۰ درصد، متوسط راندمان کاربرد آب در مزرعه بین ۴۵ تا ۶۰ درصد و متوسط راندمان کل آبیاری بین ۱۳/۵ تا ۲۲ درصد برآورد شده است (میر ابوالقاسمی، ۱۳۷۳).

بر اساس آمارهای ارائه شده توسط وزارت جهاد کشاورزی و وزارت نیرو، تا قبل از برنامه پنج ساله اول، راندمان آبیاری اراضی تحت کشت آبی ۳۱ درصد برآورد شده و برای شرایط فعلی ۳۴/۵ درصد برآورد می‌شود. گرچه ممکن است این آمار قدری دور از واقعیت باشد ولی مبین این حقیقت است که راندمان آبیاری بسیار پایین بوده و نیاز به اجرای طرح‌های تحقیقاتی به منظور بهبود راندمان و صرفه‌جویی در مصرف آب بیش از پیش احساس می‌شود (رضавردی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۴). استفاده از روش‌های نوین آبیاری یکی دیگر از روش‌های نیل به کاهش مصرف آب در حوزه کشاورزی و ارتقاء راندمان آبیاری است. کارشناسان و مسئولین معتقداند که استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار^۱ یکی از گزینه‌های موثر در بالا بردن راندمان آبیاری می‌باشد (حجازی و گرجی، ۱۳۸۶). سیستم‌های آبیاری تحت فشار به طور کلی به دو روش آبیاری بارانی و قطره-

¹ Pressurized Irrigation System

ای تقسیم می‌گردد. با وجود پیشرفت تکنولوژی ساخت تجهیزات و ارتقاء تجربه سازندگان لوازم، طراحان و مجریان این سیستم‌ها، غالباً به دلایل مختلفی از جمله طراحی و اجرای ناصحیح، بهره‌برداری و نگهداری نامناسب و غیرکافی و یا به طور کلی مدیریت ضعیف در زمینه‌های مختلف، فوائد 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 چندسال از اجرای این سیستم‌ها، لازم خواهد بود تا عملکرد این سیستم‌ها در شرایط واقعی و تحت نظارت کشاورزان مورد بررسی قرار گیرد تا بتوان پس از بررسی، راهکارهای کاربردی مناسبی در جهت مدیریت صحیح این سیستم‌ها ارائه کرد. از طرف دیگر اغلب سیستم‌های آبیاری بطور موثر و کارآمد کار نمی‌کنند و علت اصلی آن به خاطر مشکلات نگهداری و اجرای سیستم‌ها می‌باشد. هر ساله مقدار زیادی از زمین‌های تحت آبیاری به علت شور شدن خاک در اثر عملیات غیر اصولی آبیاری به زمین‌های غیر قابل استفاده تبدیل می‌شوند. به همین علت، ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری یکی از مسائل خیلی مهم در مزارع کشاورزی به حساب می‌آید. سهرابی و امیدوار (۱۳۸۱) بررسی عملکرد، مشکلات بهره‌برداری و فنی سیستم‌های آبیاری سنتریپوت را در منطقه جوبین خراسان را انجام دادند در این تحقیق از ۴ دستگاه آبیاری بارانی سنتریپوت استفاده شد که در نهایت مقدار متوسط یکنواختی توزیع (DU)، ضریب یکنواختی (CU_n) و بازده پتانسیل ربع پایین (PELQ) برای این ۴ دستگاه به ترتیب ۸۲/۷۹، ۹/۲ و ۷۰/۷ درصد به دست آمد و علت مقادیر نسبتاً کم DU و PELQ را عدم کارکرد صحیح سیستم و شرایط اقلیمی منطقه ذکر کردند. لم (۱۹۹۸) عوامل موثر بر یکنواختی توزیع در سنتریپوت را فاصله نازل‌ها، ارتفاع نازل و نوع نازل‌ها ذکر کرد (Lamm, 2000).

تارجلو و همکاران (۱۹۹۹) در منطقه نیمه خشک اسپانیا بر روی سیستم‌های آبیاری ثابت و متحرک تحقیقاتی انجام دادند و فاکتورهای اساسی موثر 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 (CU_s) و یکنواختی توزیع سیستم (DU_s) را به ترتیب ۸۲/۴ و ۷۲/۸ درصد بدست آوردند. در مورد سیستم‌های متحرک، ۵۸ سیستم سنتریپوت مورد ارزیابی قرار گرفت و متوسط یکنواختی توزیع و ضریب یکنواختی را به ترتیب ۷۷/۸ و ۸۵/۶ درصد ذکر کردند (Tarjuelo et al, 1999).

آسکوف و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیقی که در آفریقای شمالی روی سیستم‌های آبیاری سنتریپوت، Dragline، آبیاری میکرو و Floppy and Semi Permanent Sprinkler انجام دادند، متوسط یکنواختی توزیع در ربع پائین (DU_{Lq}) 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 (Ascough et al, 2002). ارتگا آلوارز و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیقی که در منطقه نیمه خشک 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 (Ortega Alvarez et al, 2004). کلیزی و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیقی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای SDI (Subsurface Drip Irrigation) و سیستم آبیاری سنتریپوت از نوع LEPA و سیستم آبیاری سنتریپوت با آبیاش اسپریر (Spray Sprinkler) را با هم مقایسه کردند. برای مقایسه این سیستم‌ها فاکتورهائی چون وزن دانه، تلفات نفوذ عمقی، مقدار آب مصرفی در طی فصل، راندمان آب مصرفی (WUE : Water Use Efficiency) و راندمان کاربرد آب آبیاری ($IWUE$: Irrigation Water Use Efficiency) را مورد مقایسه قرار دادند. این تحقیق در طی سه سال در تکزاس و در خاک لوم رسی و برای تیمارهای ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد مقدار تبخیر و تعرق گیاه سرگوم انجام شد. نتیجه نهائی اینکه در هر سه سال SDI بیشترین محصول، WUE و $IWUE$ را برای تیمار ۵۰ درصد نسبت به سیستم‌های دیگر داشته است (Colazzi et al, 2004).

روش آبیاری در راندمان آبیاری مزرعه تأثیر مهمی دارد. مقادیر راندمان در روش‌های مختلف آبیاری در جدول ۹ بصورت خلاصه ارائه گردیده است.

جدول ۹- راندمان آبیاری مزرعه در روش‌های مختلف آبیاری (دورنباس و پریوت، ۱۹۹۷)

گروه	میانگین	Ea در چهار روش آبیاری مزرعه			
		کرتی	شیاری	نواری	بارانی
۱ ^۳	۰/۵۳	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۴۷	-
۴ ^{۱۱}	۰/۳۲	۰/۳۲	-	-	-
۵ ^{۱۱۱}	۰/۶۰	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۶۸
۶ ^{۱۷}	-	-	-	-	۰/۶۶
میانگین گروه‌های I، III و					
	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۵۳	۰/۵۳	۰/۶۷

۱- ۳ اندازه‌گیری‌های میدانی

آبیاری اول (خاک آب) تمام مزارع در طول ماه آبان، انجام گردید و تمام عوامل و پارامترهای ارزیابی سیستم آبیاری، مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. آبیاری دوم مزارع پاییزه از فروردین ماه سال ۹۷ شروع گردید. با توجه به بارشهای منظم و بی سابقه در ۴۹ سال اخیر در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، خوشبختانه بخش عمده‌ای از نیاز آبی محصولات پاییزه و نیز بهار در فروردین، اردیبهشت و تا اوایل خرداد ماه، از بارش تامین گردید. لذا آبیاریها در این مدت به حداقل ممکن رسید. متوسط بارش حوضه آبریز دریاچه ارومیه تا ۲ خرداد ماه ۹۷، حدود ۳۸۰/۹ میلیمتر بوده در حالیکه متوسط درازت مدت ۴۹ ساله در این حوضه تا ۲ خرداد حدود ۳۱۰/۶ میلیمتر بوده است.

^۳ - گروه I - (مجموعاً ۲۸ منطقه) - مناطق با کمبود شدید بارندگی و رشد نباتات متکی به آبیاری می‌باشد و محصول عمده باغ‌ها و در درجه دوم برنج، پنبه و چغندر قند

^۴ - گروه II - (مجموعاً ۲۲ منطقه) - کمبود باران محدودتر بوده و محصول عمده در تمام مناطق برنج است

^۵ - گروه III - (مجموعاً ۳۲ منطقه) - فصل آبیاری کوتاه‌تر و محصول عمده غلات و نباتات علوفه‌ای، میوه و سبزیجات

^۶ - گروه IV - (مجموعاً ۱۰ منطقه) - اقلیم سرد و معتدل و فصل آبیاری نسبتاً کوتاه‌تر

۱-۳ 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 مورد استفاده قرار گرفتند. 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 به موازات یکدیگر باشند و از کارگذاری فلوم در سرپیچ‌ها و محل‌هایی که احتمالاً تلاطم جریان وجود داشت، خودداری گردید. دو طرف و کف فلوم کاملاً بستر سازی شد تا در هنگام عبور جریان از جریان‌های جانبی جلوگیری شود و همچنین در حین آزمایش تراز فلوم بهم نخورد. در مدخل ورودی جریان به فلوم، پس از کارگذاری فلوم یک تبدیل خاکی به نحوی ایجاد گردید که خطوط جریان از داخل نهر به موازات یکدیگر به دهانه ورودی فلوم برسد (این عمل از تلاطم جریان در محل قرائت جلوگیری می‌نماید). فلوم WSC در محل استقرار به وسیله تراز کاملاً هم سطح شد. بدین معنی که بوسیله یک تراز به طور 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 پایین دست در تمام مزارع بصورت انتها بسته بوده و فاقد رواناب خروجی بوده و اندازه‌گیری آب خروجی انجام نگردید. در اشکال ۵۷ و ۵۸ تصاویری از اندازه‌گیری جریان ورودی به وسیله فلوم و در شکل ۵۹ تصاویری از اندازه‌گیری پیشروی جریان در مزارع تحت پایش دانشگاه و شرکت‌های فنی و مهندسی ارائه گردیده است.



شکل ۵۷- اندازه‌گیری آب آبیاری به وسیله فلوم WSC در مزرعه W1 تا W3 (پایش اصلی)



شکل ۵۸- اندازه‌گیری آب آبیاری به وسیله فلوم WSC در مزارع پایش شرکت‌های فنی مهندسی





شکل ۵۹- اندازه گیری پیشروی آب در مزارع پایش شرکت ها و مزارع پایش اصلی

۲-۱-۳ اندازه گیری نفوذپذیری خاک

روش های متعددی برای اندازه گیری نفوذ وجود دارد که انتخاب آن بسته به نوع روش آبیاری است. تمام روش ها بر اساس اندازه گیری نفوذ واقعی بر حسب زمان است، آب یا روی خاک ایستاده و یا روی آن جریان دارد. بنابراین نفوذ آب در خاک عمودی است. برای روش های آبیاری کرتی یا نواری، روش اندازه گیری سرعت نفوذ، استوانه های مضاعف بکار گرفته شد (شکل ۶۰). نفوذ در جویچه و محاسبه زمان لازم برای نفوذ مقدار مشخص آب در جویچه با سیستم های دیگر آبیاری سطحی متفاوت است. زیرا در جویچه نفوذ فقط از محیط خیس شده صورت می گیرد. برای آبیاری جویچه ای 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 می گردید. بعد از تثبیت سطح آب در کانال بالادست و پیدا کردن دبی غیر فرسایشی در مزرعه، دبی مورد نظر و جریان معینی وارد جویچه خواهد شد. در ابتدای جویچه و در فاصله مورد نظر و جریان پس از رسیدن آب به آن نقطه اندازه گیری می گردد. معمولاً جریان ورودی و خروجی در فواصل زمانی ۱، ۲، ۳، ۵ و ۱۰ دقیقه ای تا حدود ۲ ساعت اندازه گیری می شود. اختلاف بین جریان های ورودی و خروجی در هر فاصله زمانی میزان نفوذ را در آن فاصله و در سطح جویچه نشان می دهد. از این داده ها عمق نفوذ و سرعت نفوذ محاسبه می گردد. اگر اختلاف بین دو جریان ورودی و خروجی: q و جویچه ها به فواصل w متر از یکدیگر باشند، سرعت نفوذ در جویچه به طول L متر از فرمول زیر به دست می آید:

$$f = \frac{q \times 360}{W \times L} \quad (۱۲)$$



شکل ۶۰- اندازه‌گیری نفوذ به روش استوانه‌های مضاعف در مزارع مورد مطالعه

۳-۱-۳ 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 ۶۱ ارائه شده است.



شکل ۶۱- نقشه‌برداری و تعیین ابعاد، شیب و توپوگرافی در مزارع مورد مطالعه

۴-۱-۳ اندازه گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و کیفیت آب آبیاری مزارع پاییزه

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 در جداول زیر ارائه شده است.

۳- مشخصات مزارع پایش پاییزه و بهاره بخش تحقیقات فنی و مهندسی و نتایج حاصل از اعمال تیمارها

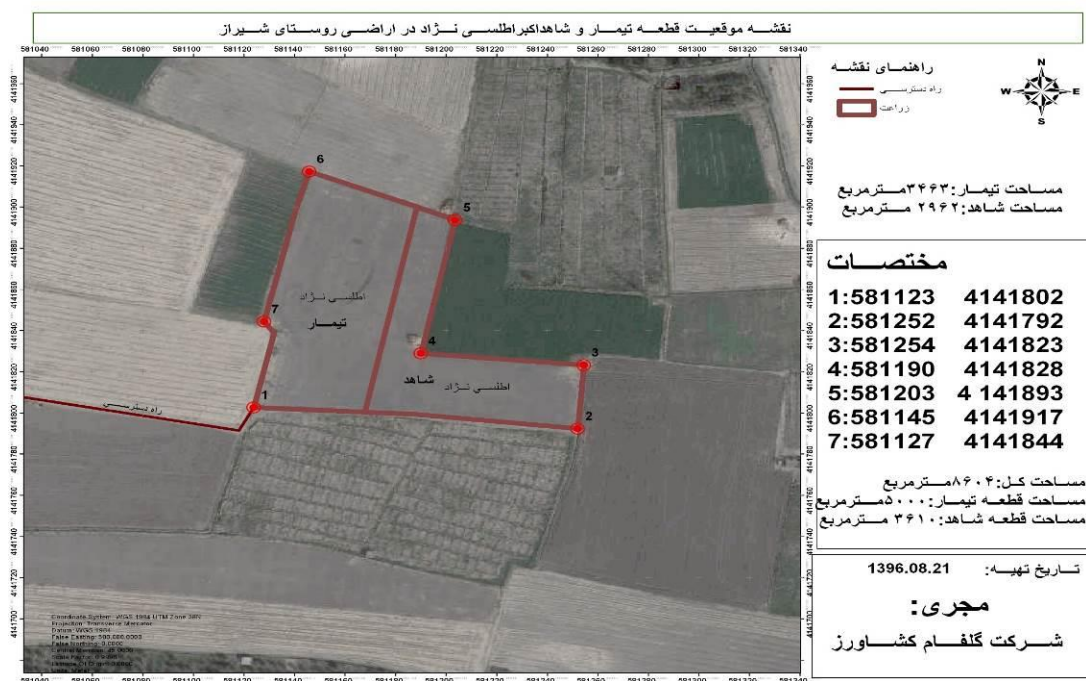
مقرر گردیده که در راستای پایش مستمر و یکسان سازی پایش سایت‌های منتخب شرکت‌های فنی و مهندسی، در سطح شهرستان عجب شیر در دو منطقه (روستای شیراز و روستای گوراوان) ۶ سایت انتخاب گردد که عملیات پایش آن توسط محققین بخش تحقیقات فنی و مهندسی آ شرقی صورت می‌پذیرد.

جدول ۳-۱-۱- مشخصات مزارع پایش

نام و نام خانوادگی		روستا	نوع محصول	مساحت (هکتار)	
				تیمار	شاهد
اکبراطلسی نژاد	شیراز	گندم	۰,۵	۰,۴	
رضا کریمی آذر	گوراوان	گندم	۰,۹	۰,۳	
حبیب آقازاده	شیراز	باغ بادام	۰,۲۲	۰,۱۲	
غلامحسین غلامزاده	گوراوان	باغ بادام	۰,۱۵	۰,۳۶	
اسماعیل نوازی	شیراز	سیب زمینی	۱	۰,۲	

۰,۲	۰,۵	سیب زمینی	گوروان	اکبر جهانی
-----	-----	-----------	--------	------------

۳-۱- شیراز، مزرعه آقای اطلسی نژاد

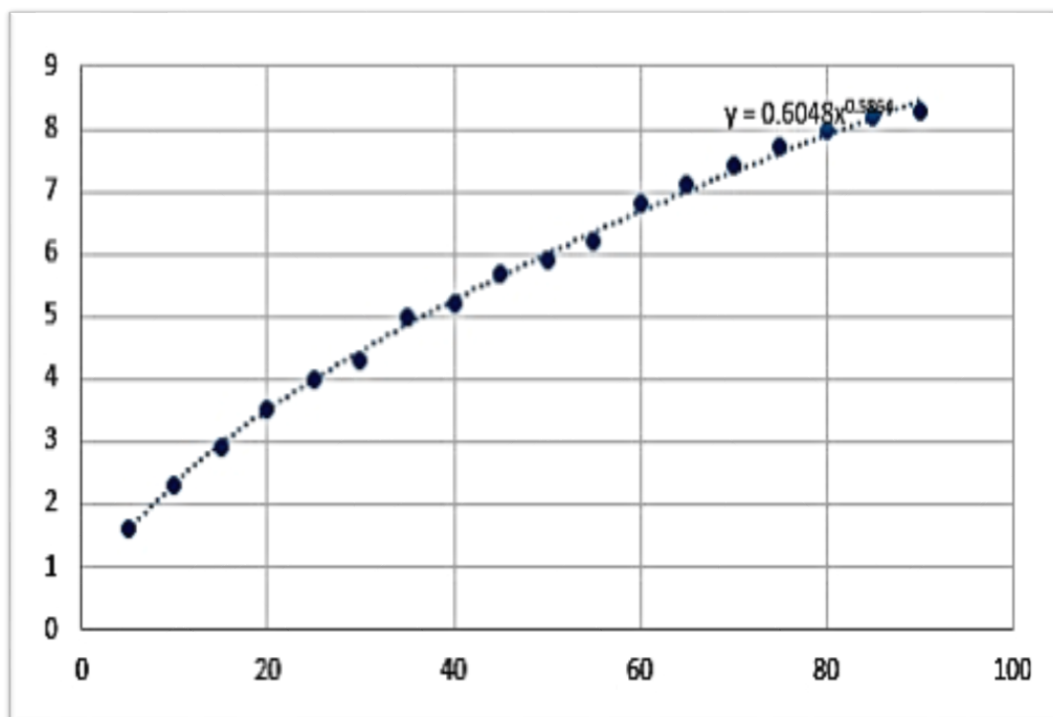


شکل ۳-۱-۱- کروکی زمین تیمار و شاهد اطلسی نژاد

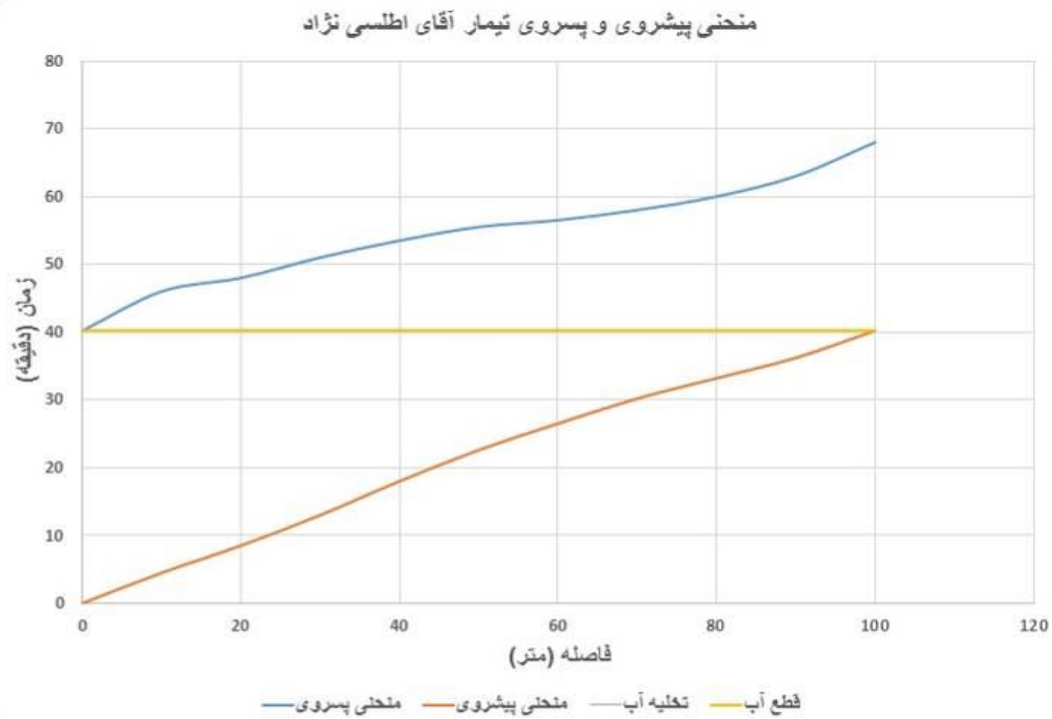
جدول ۳-۱-۲- تکنیک های اعمال شده

تکنیک های اعمال شده	تیمار	شاهد
خاک ورزی	خاک ورز حفاظتی	گاو آهن برگرداندار
تسطیح	لولر	
بذر مال		
کاشت (دست پاش، بذر کار)	کاشت با کف کار	دستی
رقم بذر	پیشگام	پیشگام
مقدار بذر (کیلو گرم در هکتار)	۲۲۰	۲۵۰
کود	-	خود کشاورز

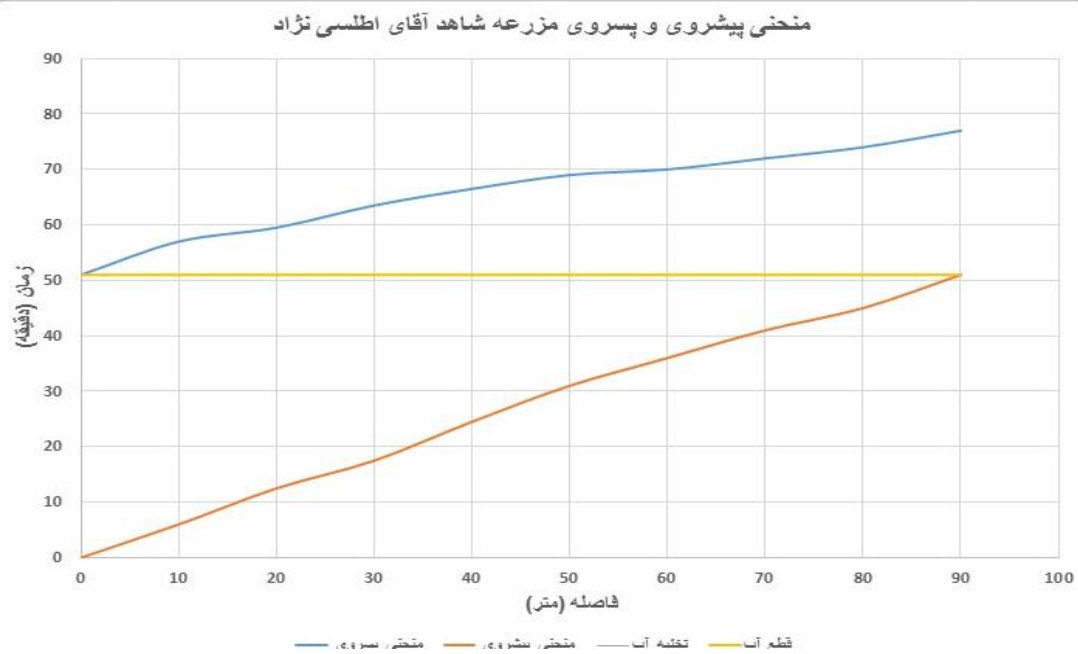
نواری	فاروئر (نشتی)	روش آبیاری
-------	---------------	------------



شکل ۳-۱-۲- داده های نفوذ سنجی (استوانه مضاعف) به صورت گراف



شکل ۳-۱-۳- منحنی های پیشروی و پسروی در تیمار



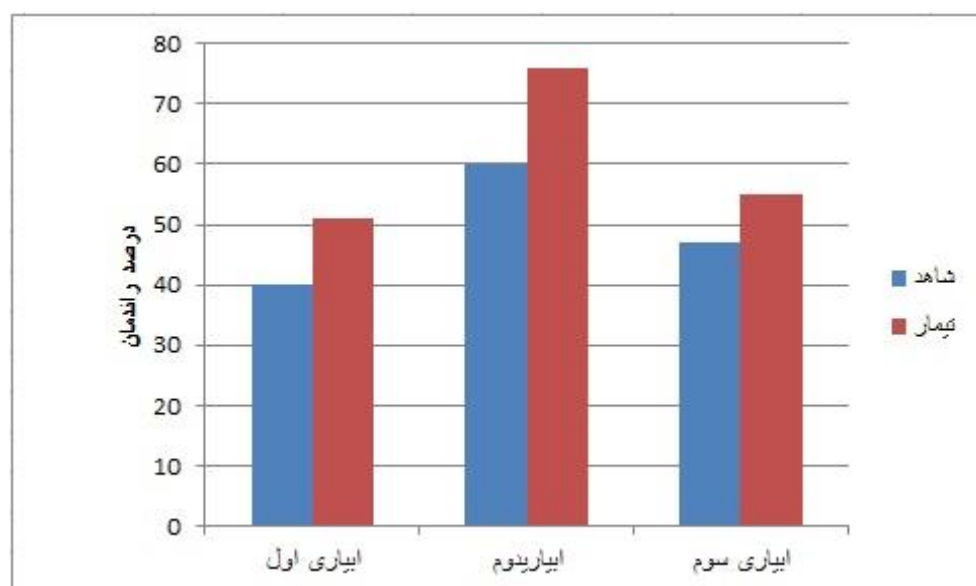
شکل ۴-۱-۳- منحنی های پیشروی و پسروی در شاهد

جدول ۳-۱-۳- میزان حجم آب مصرفی

نوبت آبیاری	تاریخ آبیاری	تیمار (متر مکعب در هکتار)	شاهد (متر مکعب در هکتار)	اختلاف (متر مکعب در هکتار)	درصد (کاهش مصرف آب)
۱	۹۶،۸،۱۸	۷۳۵،۸۴	۱۱۰۳،۷۶	۳۶۷،۹۲	۳۳،۳۳
۲	۹۷،۲،۸	۸۴۱،۱۷	۱۲۰۰	۳۵۹	۲۹
۳	۹۷،۳،۲۰	۹۰۰	۱۱۸۸،۲	۲۹۲	۲۴
جمع کل		۲۴۴۶	۳۴۹۱،۹۶	۱۰۴۵،۹۲	۲۹

جدول ۳-۱-۴- درصد راندمان کاربرد

نوبت آبیاری	تیمار %	شاهد %	درصد افزایش راندمان
آبیاری اول	۵۱	۴۰	۲۱
آبیاری دوم	۷۶	۶۰	۲۲,۳۶
آبیاری سوم	۵۵	۴۸	۱۴

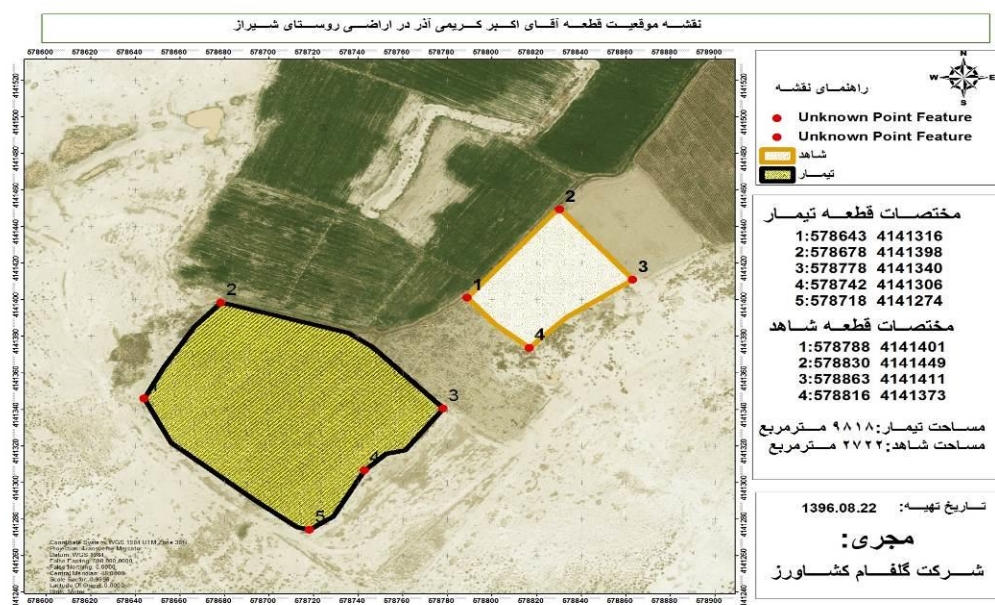


شکل ۳-۱-۵- نمودار درصد راندمان در تیمار و شاهد مزرعه آقای اطلسی نژاد

جدول ۳-۱-۵- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد

میزان عملکرد در مزرعه تیمار	میزان مصرف آب در مزرعه تیمار	بهره‌وری	میزان عملکرد در مزرعه شاهد	میزان مصرف آب در مزرعه شاهد	بهره‌وری آب
کیلوگرم بر هکتار	مترمکعب	مزرعه تیمار	کیلوگرم بر	مترمکعب	مزرعه شاهد
۹۴۰۰	۲۴۴۶	۳,۸۴	۶۸۰۰	۳۴۹۱,۹۶	۱,۹۴

۳-۲- گوراوان، مزرعه آقای کریمی آذر

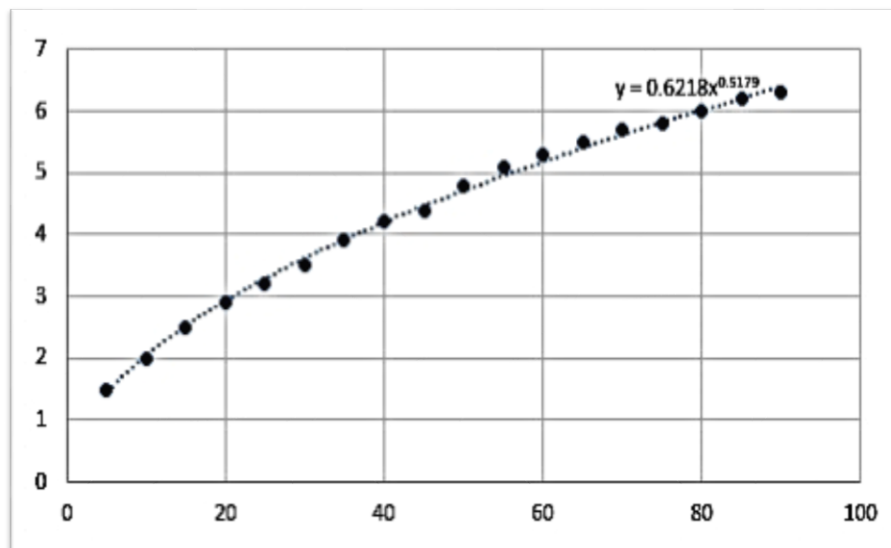


شکل ۳-۲-۱- کروکی زمین تیمار و شاهد کریمی آذر

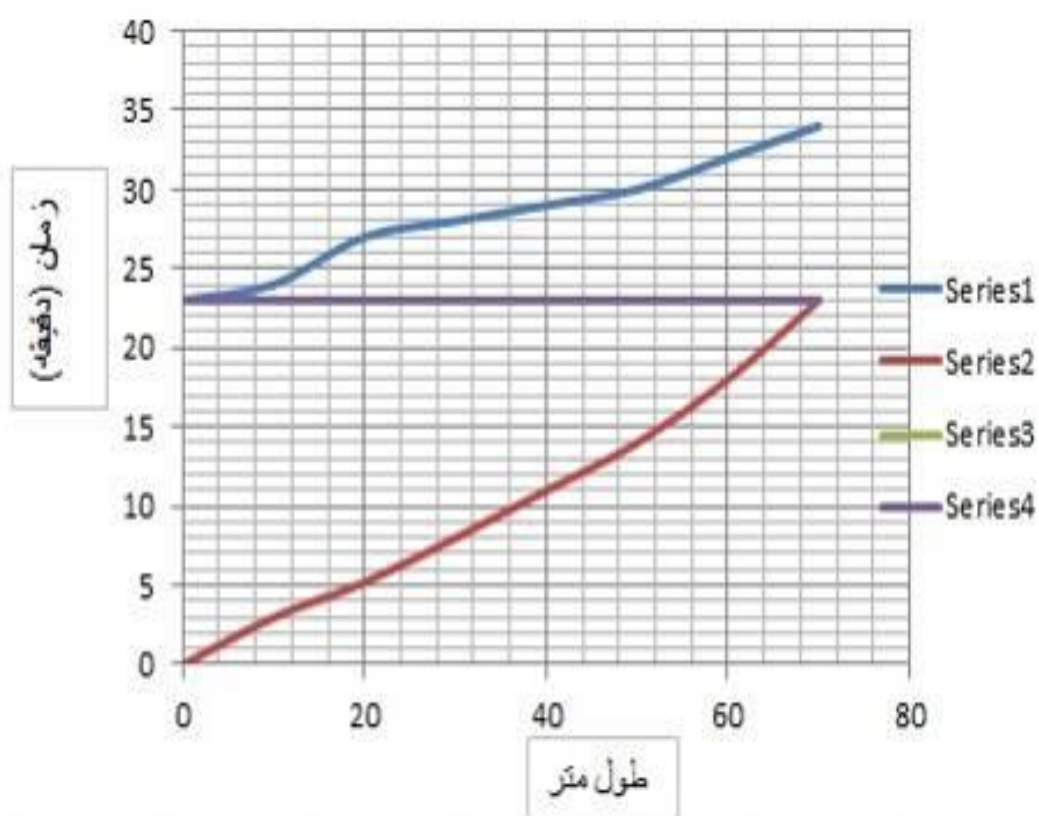
جدول ۳-۲-۱- تکنیک های اعمال شده

تکنیک های اعمال شده	تیمار	شاهد
خاک ورزی	خاک ورز حفاظتی	گاو آهن بر گردان دار
تسطیح	لولر	-
بذر مال	-	-
کاشت (دست پاش، بذر کار)	کاشت با دستگاه کف کار	دستی
رقم بذر	پیشگام	
مقدار بذر (کیلو گرم در هکتار)	۲۲۲	۲۶۰

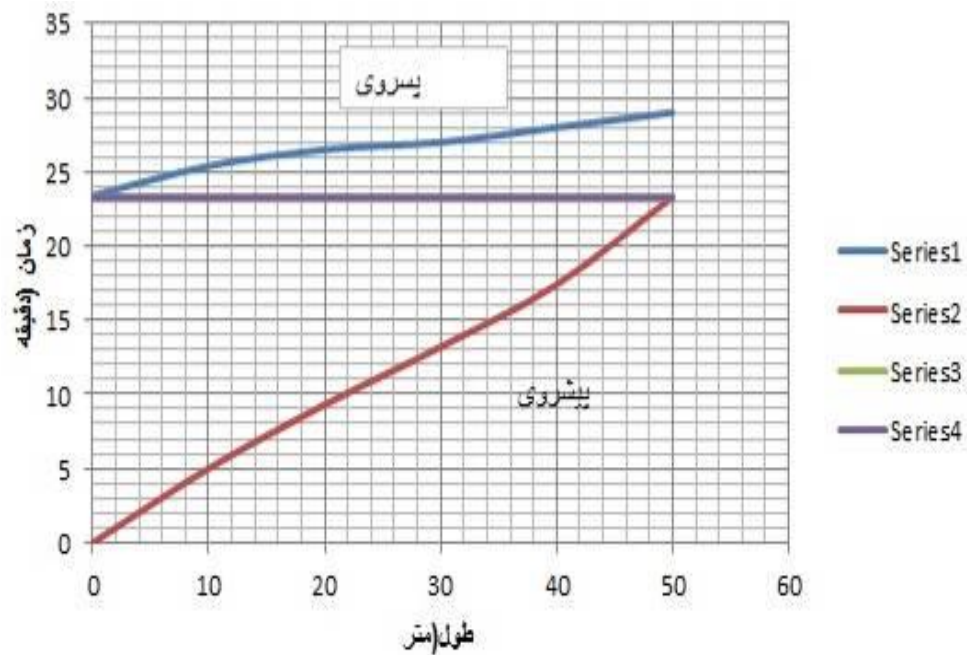
دستی	فاروئر (نشتی)	روش آبیاری
------	---------------	------------



شکل ۳-۲-۲- داده های نفوذ سنجی (استوانه مضاعف) به صورت گراف



شکل ۳-۲-۳- منحنی های پیشروی و پسروی در تیمار



شکل ۳-۲-۴- منحنی های پیشروی و پسروی در شاهد

جدول ۳-۲-۲- میزان حجم آب مصرفی

نوبت آبیاری	تاریخ آبیاری	تیمار (متر مکعب در هکتار)	شاهد (متر مکعب در هکتار)	اختلاف (متر مکعب در هکتار)	درصد (کاهش مصرف آب)
۱	۹۶,۸,۱۸	۸۱۶,۸۵	۱۰۸۹,۱	۲۷۲,۲۵	۲۵
۲	۹۷,۲,۱۷	۷۵۸	۱۰۴۱	۲۸۳	۲۶
۳	۹۷,۳,۲۰	۸۵۳	۱۱۳۷	۲۸۴	۲۴
جمع کل		۲۴۲۷,۸۵	۳۲۶۷,۱	۸۳۹,۲۵	۲۶

جدول ۳-۲-۳- درصد راندمان کاربرد

نوبت آبیاری	تیمار %	شاهد %	درصد افزایش راندمان
آبیاری اول	۶۱	۴۳	۲۹
آبیاری دوم	۸۱	۶۰	۲۴
آبیاری سوم	۶۶	۴۸	۲۷



شکل ۳-۲-۵- نمودار درصد راندمان در تیمار و شاهد مزرعه آقای کریمی آذر

جدول ۳-۲-۴- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد

میزان عملکرد در مزرعه تیمار	میزان مصرف آب در مزرعه تیمار	بهره‌وری	میزان عملکرد در مزرعه شاهد	میزان مصرف آب در مزرعه شاهد	بهره‌وری آب
کیلوگرم بر هکتار	مترمکعب	مزرعه تیمار	کیلوگرم بر	مترمکعب	مزرعه تیمار
۷۳۵۰	۲۴۲۷٫۸۵	۳٫۰۳	۶۳۱۰	۳۲۶۷٫۱	۱٫۹۳

در اشکال ۳-۲-۶ تا ۳-۲-۱۰ نمونه‌ای از ادوات بکار رفته برای آماده سازی زمین و کاشت و تصاویری از مزارع انتخابی در روستاهای شیراز و گوراوان، نشان داده شده است. ادوات کاشت ما در این مزارع از نوع کف کار می‌باشد که در آن ردیف‌های کاشت بجای اینکه بر روی پشته کاشته شوند در کف فارو کاشته می‌شوند و به نوعی با این روش کاشت، شوری احتمالی که روی پشته‌ها تجمع می‌یابد، به ردیف‌های کف فارو آسیب چندانی وارد نخواهد کرد.



شکل ۳-۲-۶- بخشی از ادوات بکار رفته برای آماده سازی زمین‌های منتخب در روستای شیراز و گوراوان



شکل ۳-۲-۷- بذرکار کف برای کاشت زمین‌های منتخب در روستای شیراز و گوراوان



شکل ۳-۲-۸- نمایی از مزرعه انتخابی در روستای شیراز



شکل ۳-۲-۹- نمایی از مزرعه انتخابی در روستای گوراوان

در این مزارع مراحل آماده سازی زمین، تنظیم ادوات و کلیه اندازه گیری های صحرائی نظیر میزان آب ورودی به مزارع توسط محققین بخش صورت خواهد پذیرفت.



شکل ۳-۲-۱۰- نمونه ای از تنظیم ادوات و اندازه گیری های صحرائی

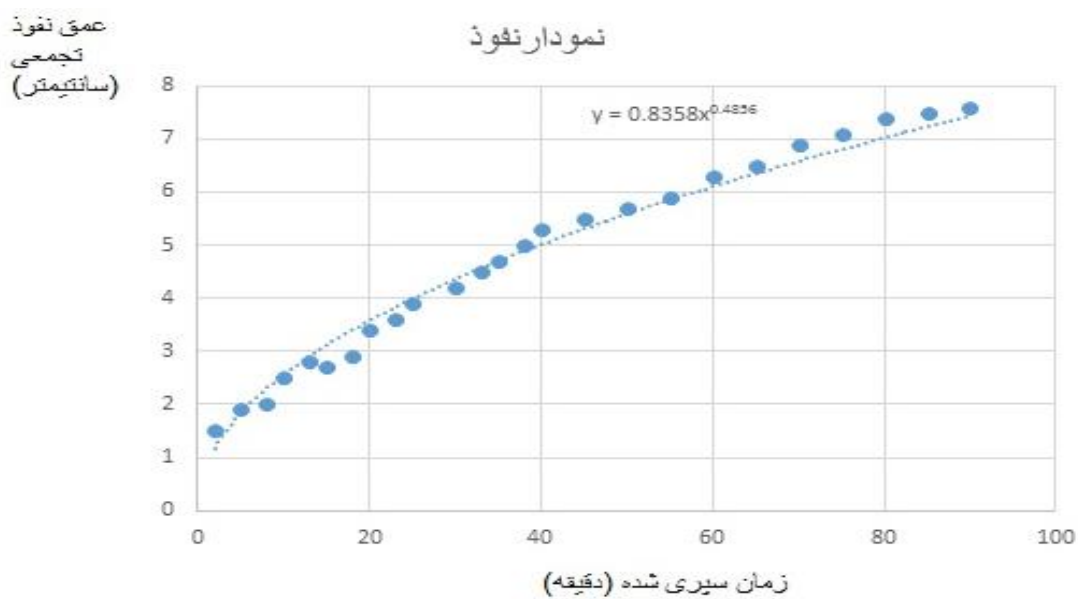
۳-۳- شیراز، باغ آقای حبیب آقازاده



شکل ۳-۳-۱- کروکی زمین تیمار و شاهد آقای حبیب آقازاده

جدول ۳-۳-۱- تکنیک های اعمال شده

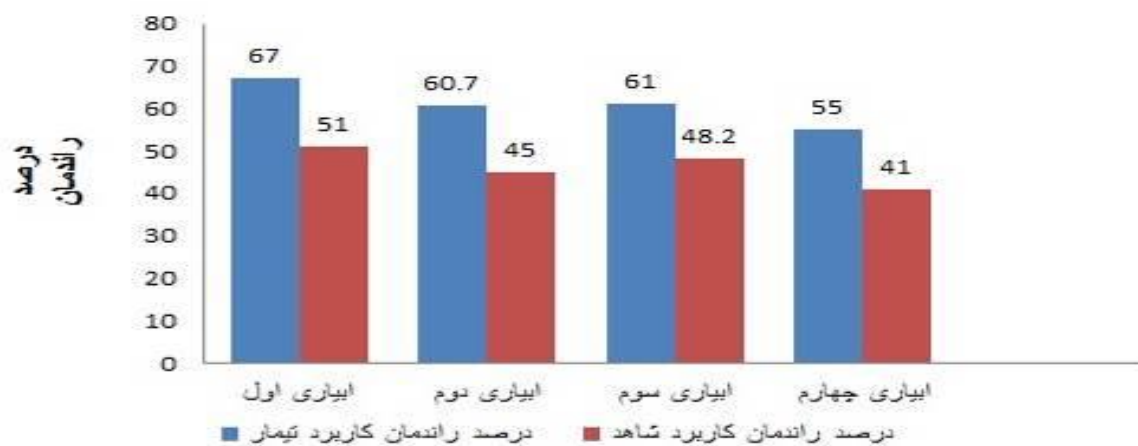
تکنیک های اعمال شده	تیمار	شاهد
آبیاری	شیاری یک طرفه	کرت بندی
کوددهی	چالکود	دستپاشی
کنترل درختان	حذف درختان بیمار	-
هرس	هرس	-
تراک کشت	۳*۳	۳*۳
نوع محصول	بادام	بادام
نوع رقم	محلی	محلی
تاریخ احداث باغ	۱۳۸۶	۱۳۸۶



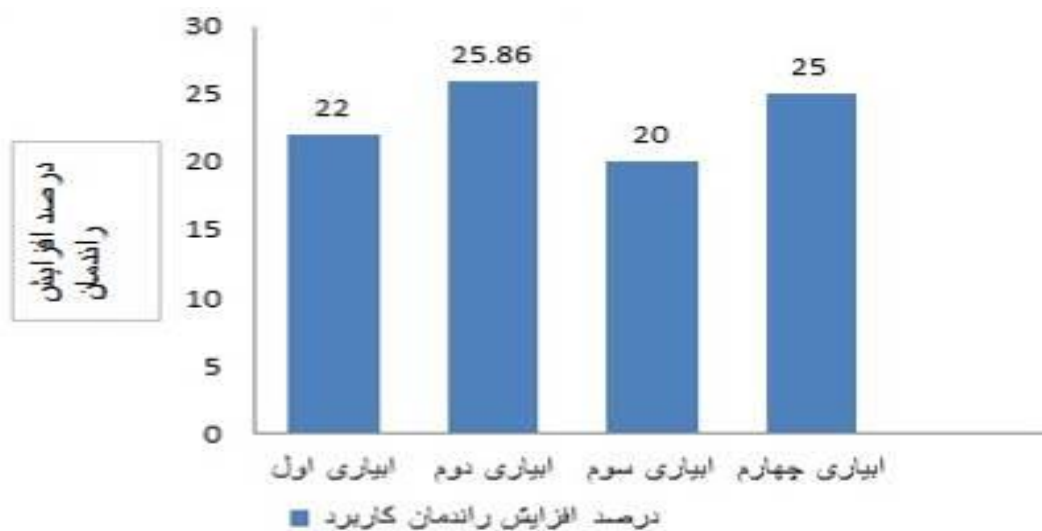
شکل ۳-۳-۲- داده های نفوذ سنجی (استوانه مضاعف) به صورت گراف

جدول ۳-۳-۲- میزان حجم آب مصرفی

نوبت آبیاری	تاریخ آبیاری	تیمار (متر مکعب در هکتار)	شاهد (متر مکعب در هکتار)	اختلاف (متر مکعب در هکتار)	درصد (کاهش مصرف آب)
۱	۹۷۰۳۱۸	۷۱۴	۹۰۷	۱۹۸	۲۱
۲	۹۷۰۴۰۳	۸۵۸	۱۰۰۱,۴	۱۴۴	۱۵
۳	۹۷۰۴۲۳	۹۵۳	۱۲۵۲	۲۹۹	۲۳
۴	۹۷۰۵۱۰	۹۷۳	۱۲۵۲	۲۷۹	۲۲
جمع کل		۳۴۹۸	۴۴۱۲,۴	۹۲۰	۲۰



شکل ۳-۳-۳- نمودار درصد راندمان در تیمار و شاهد مزرعه آقای حبیب آقازاده



شکل ۳-۳-۳- نمودار درصد افزایش راندمان در تیمار و شاهد مزرعه آقای حبیب آقازاده

جدول ۳-۳-۳- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد باغ

میزان عملکرد در باغ تیمار	میزان مصرف آب در باغ تیمار	میزان عملکرد در باغ شاهد	میزان مصرف آب در باغ تیمار	میزان بهره‌وری آب	میزان عملکرد در باغ شاهد
کیلوگرم بر هکتار	مترمکعب	کیلوگرم بر	کیلوگرم بر	کیلوگرم بر	مترمکعب
۹۰۰	۳۴۹۸	۰٫۲۶	۹۰۰	۴۴۱۲٫۴	۰٫۲

۳-۴- گوراوان، باغ بادام آقای غلامحسین غلامزاده

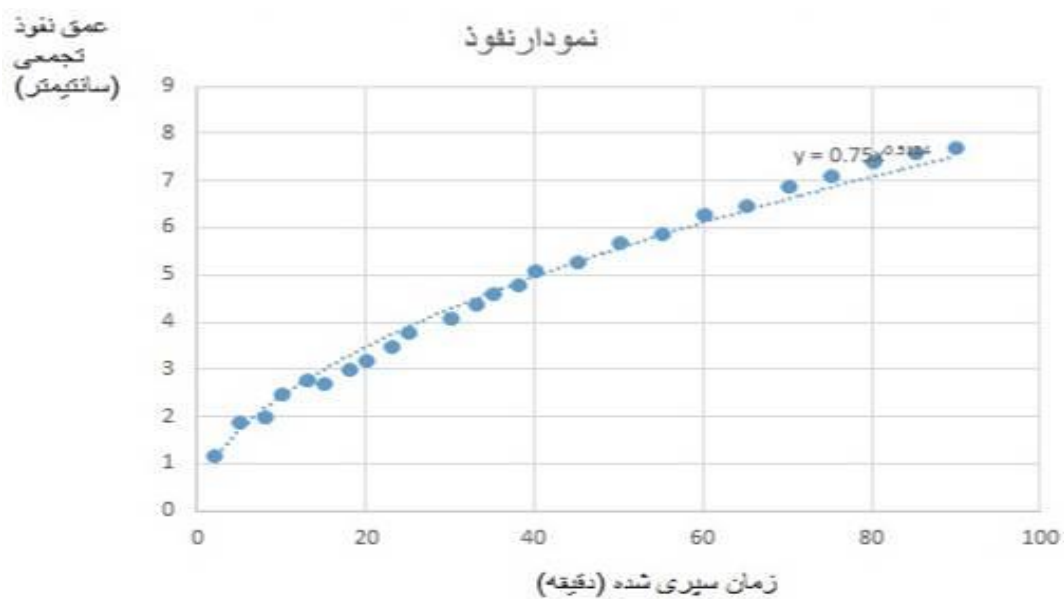


شکل ۳-۴-۱- کروکی زمین تیمار و شاهد آقای غلامحسین غلامزاده

جدول ۳-۴-۱- تکنیک های اعمال شده

تکنیک های اعمال شده	تیمار	شاهد
آبیاری	نشتی حلقوی	کرت بندی
کودهی	چالکود	دستپاشی
کنترل درختان	حذف درختان بیمار	-
تراکم کشت	۳*۳	۳*۳
نوع محصول	بادام	بادام
نوع رقم	محلی	محلی

۱۳۸۴	۱۳۸۴	تاریخ احداث باغ
------	------	-----------------

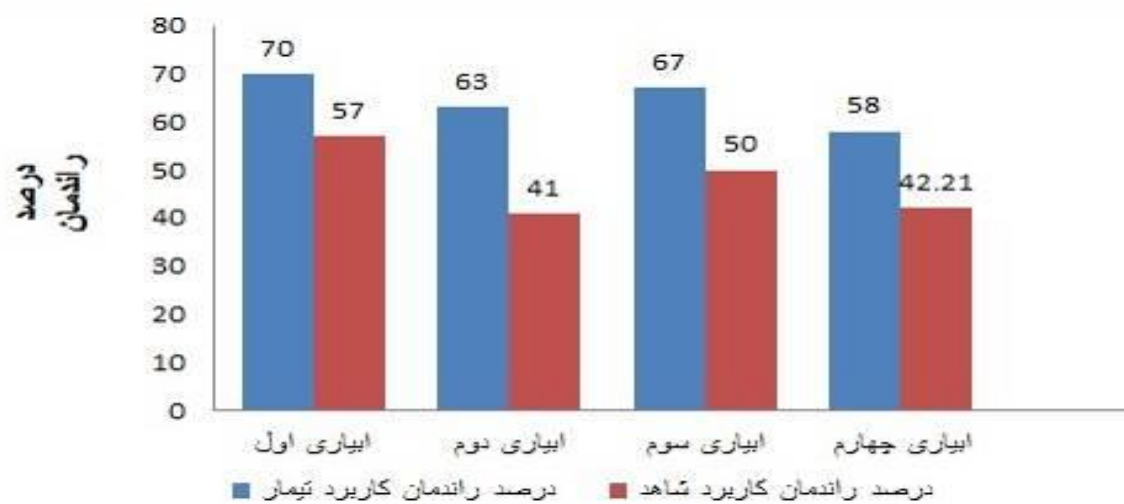


شکل ۳-۴-۲- داده های نفوذ سنجی (استوانه مضاعف) به صورت گراف

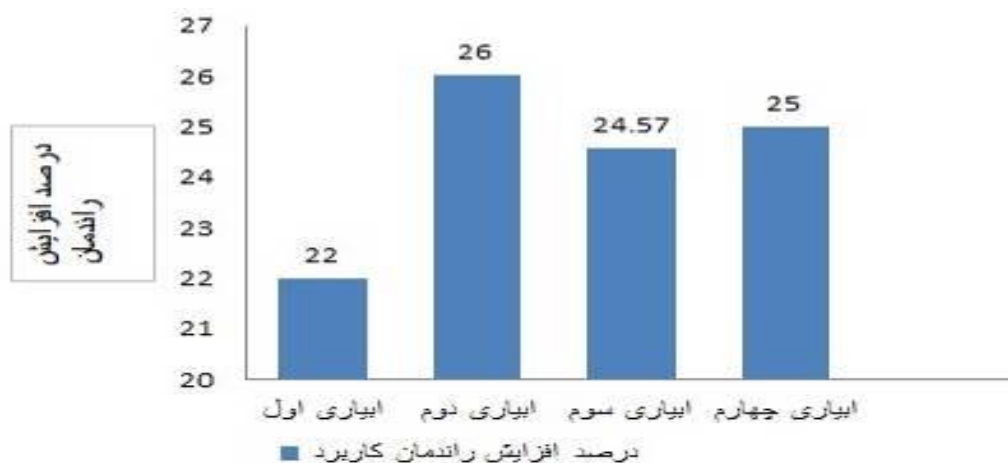
جدول ۳-۴-۲- میزان حجم آب مصرفی

نوبت آبیاری	تاریخ آبیاری	تیمار (متر مکعب در هکتار)	شاهد (متر مکعب در هکتار)	اختلاف (متر مکعب در هکتار)	درصد (کاهش مصرف آب)
۱	۹۷,۳,۸	۷۵۸,۳۶	۹۵۳,۴	۱۹۵,۰۴	۲۱
۲	۹۷,۳,۲۸	۸۱۷,۲	۱۰۲۱,۵	۲۰۴,۳	۲۰
۳	۹۷,۴,۱۵	۸۹۵,۶۲	۱۱۰۳	۲۰۸	۱۹
۴	۹۷,۵,۱	۹۷۰,۲۶	۱۲۲۸,۳۳	۲۵۸,۳۳	۲۳

جمع کل	۳۴۴۱,۴	۴۳۰۶,۲	۸۶۵,۷	۲۰
--------	--------	--------	-------	----



شکل ۳-۴-۳- نمودار درصد راندمان در تیمار و شاهد مزرعه آقای غلامحسین غلامزاده

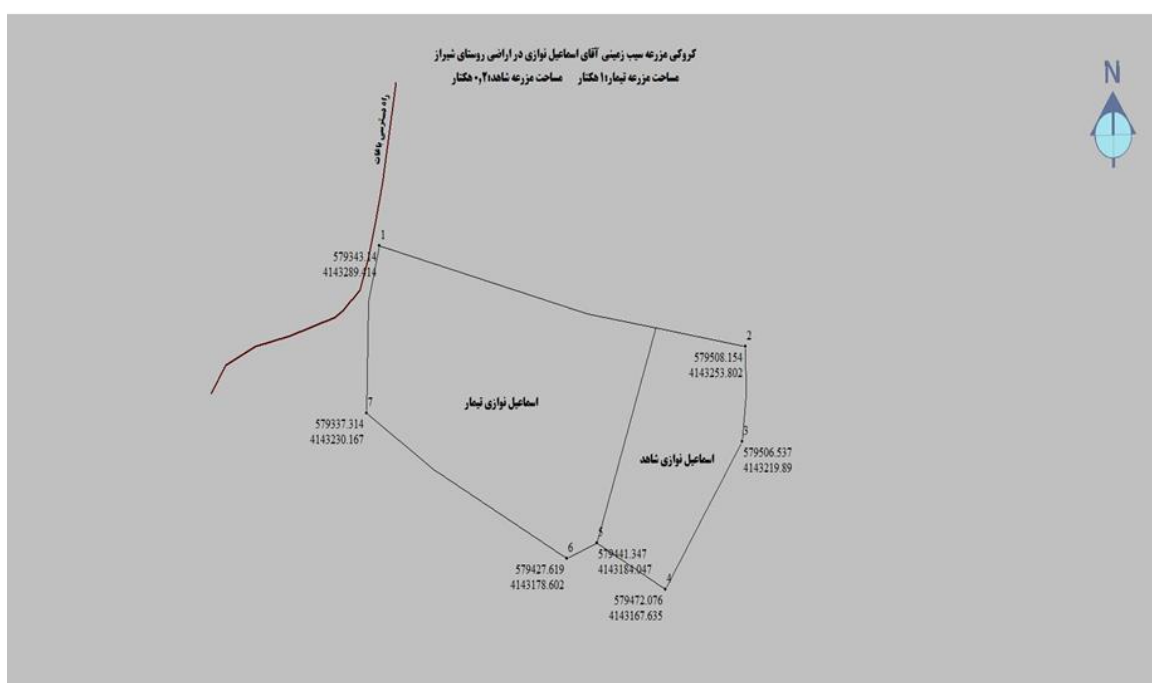


شکل ۳-۴-۳- نمودار درصد افزایش راندمان در تیمار و شاهد مزرعه آقای غلامحسین غلامزاده

جدول ۳-۴-۳- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد باغ

میزان عملکرد در	میزان مصرف	بهره‌وری آب	میزان عملکرد در	میزان مصرف	بهره‌وری آب در باغ
باغ تیمار	آب در باغ تیمار	در باغ تیمار	باغ شاهد	آب در باغ	تیمار کیلو گرم بر
کیلو گرم بر هکتار	مترمکعب	کیلو گرم بر	کیلو گرم بر	شاهد	مترمکعب
به علت	۳۴۴۱,۴	-	به علت	۴۳۰۶,۲	-
سانگ			سانگ		

۳-۵- شیراز، مزرعه سیب زمینی اسماعیل نوازی

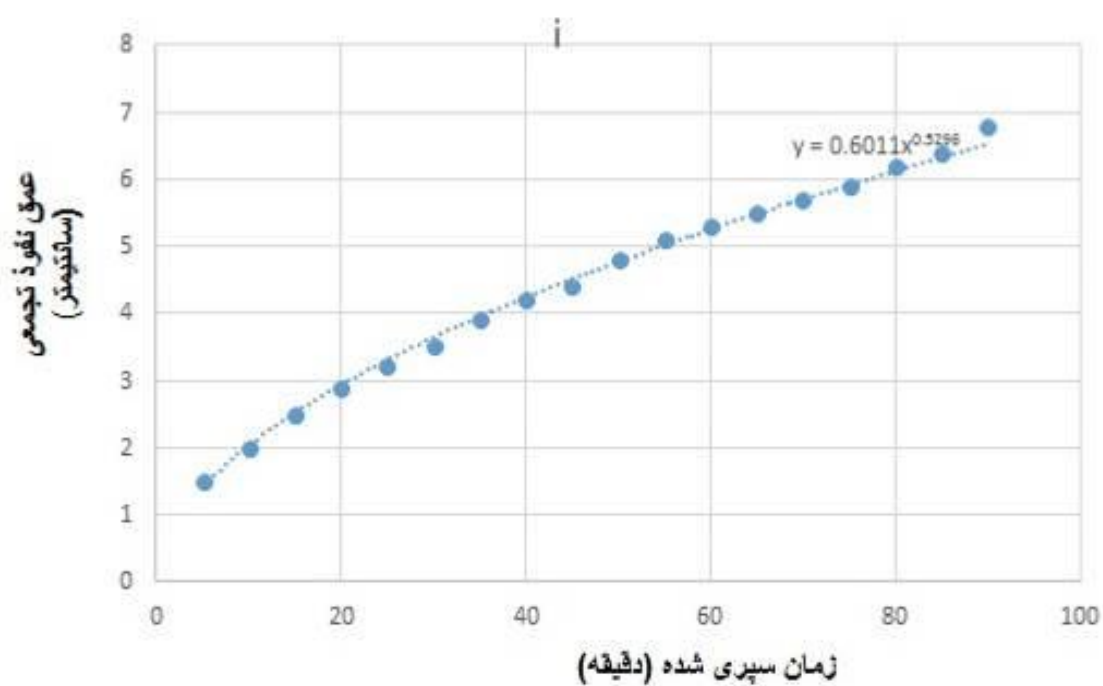


شکل ۳-۵-۱- کروکی زمین تیمار و شاهد آقای اسماعیل نوازی

جدول ۳-۵-۱- تکنیک های اعمال شده

تکنیک های اعمال شده	تیمار	شاهد
خاک ورزی	خاک ورزی حفاظتی	گاو آهن برگرداندار
تسطیح	لولر	-

دستی	با غده کار	کاشت
اگر یا	اگر یا	رقم بذر
۶,۵ تن در هکتار	۶ تن در هکتار	میزان بذر



شکل ۳-۵-۲- داده های نفوذ سنجی (استوانه مضاعف) به صورت گراف

جدول ۳-۵-۲- میزان حجم آب مصرفی

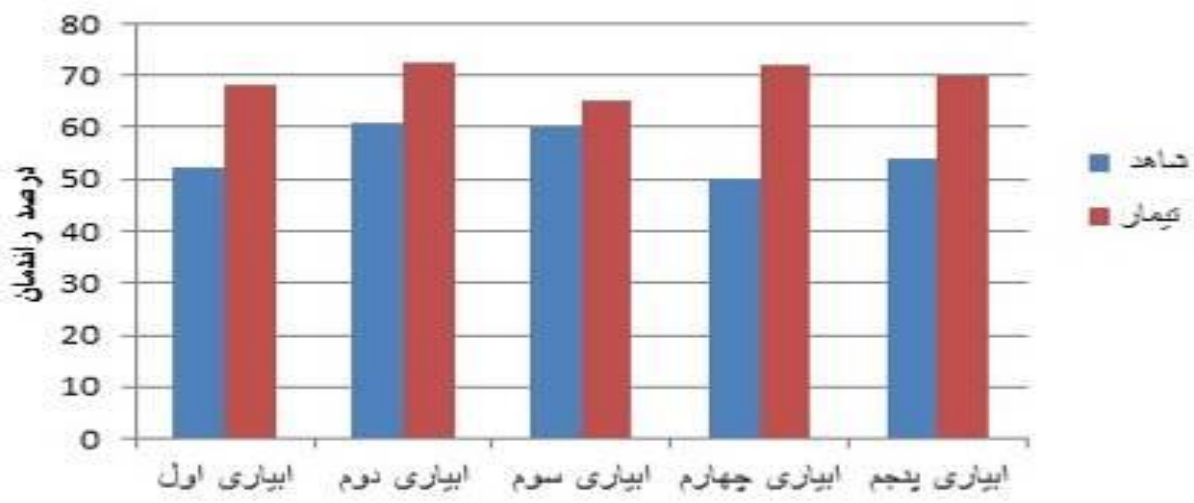
نوبت	تاریخ	تیمار	شاهد	اختلاف	درصد
آبیاری	آبیاری	(متر مکعب در هکتار)	(متر مکعب در هکتار)	(متر مکعب در هکتار)	(کاهش مصرف آب)

۲۲	۲۱۸	۹۵۳	۷۳۵,۵	۹۷,۲,۲۳	۱
۲۶	۲۷۷	۸۸۵	۶۵۳,۳۷	۹۷,۲,۳۰	۲
۲۳	۲۱۲	۹۰۷	۶۹۴,۳۱	۹۷,۳,۷	۳
۲۱	۱۹۴,۳۳	۹۳۰	۷۳۵,۵	۹۷,۳,۱۴	۴
۲۰	۱۹۹	۹۷۵	۷۷۶,۶	۹۷,۳,۲۴	۵
۲۳	۱۱۰۰,۳	۴۶۵۰,۰	۳۵۹۵,۳	جمع کل	

جدول ۳-۵-۳- درصد راندمان کاربرد

نوبت آبیاری	تیمار %	شاهد %	درصد افزایش راندمان
آبیاری اول	۶۸,۰۲	۵۲,۴۶	۲۳
آبیاری دوم	۷۲,۴	۶۱	۱۶
آبیاری سوم	۶۵	۶۰	۷
آبیاری چهارم	۷۲	۴۹	۳۰
آبیاری پنجم	۷۰	۵۴	۲۲

راندمان

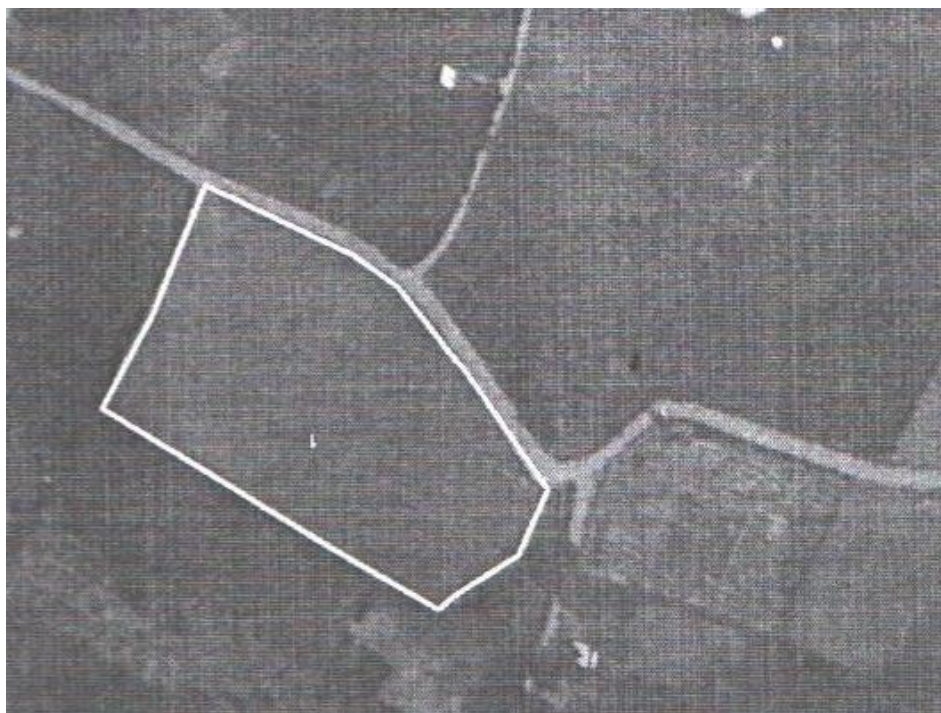


شکل ۳-۵-۳- نمودار درصد راندمان در تیمار و شاهد مزرعه آقای اسماعیل نوازی

جدول ۳-۵-۴- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد

میزان عملکرد در مزرعه تیمار	میزان مصرف آب در مزرعه تیمار	بهره‌وری	میزان عملکرد در مزرعه شاهد	میزان مصرف آب در مزرعه شاهد	بهره‌وری آب در مزرعه تیمار
کیلوگرم بر هکتار	مترمکعب	مزرعه تیمار	کیلوگرم بر	مترمکعب	مزرعه تیمار
۵۵۰۰۰	۳۵۹۵,۳	۱۵,۳	۴۹۰۰۰	۴۶۵۰,۰	۱۰,۵۴

۳-۶- گوراوان، مزرعه سیب زمینی آقای اکبر جهانی

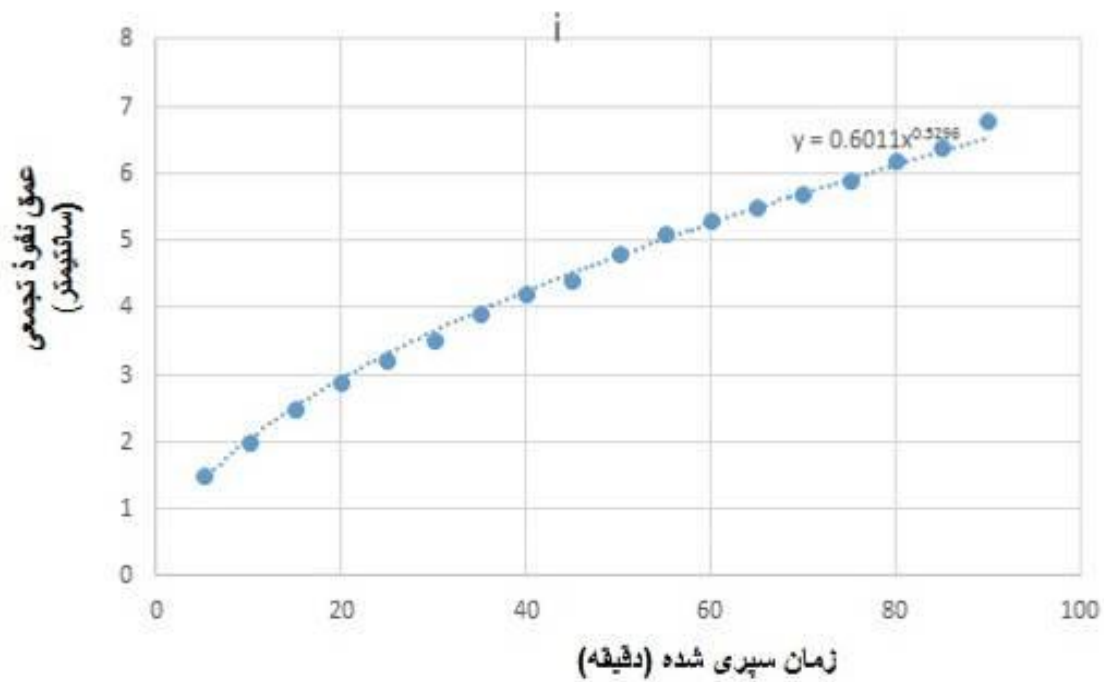


شکل ۳-۶-۱- کروکی زمین تیمار و شاهد آقای اکبر جهانی

جدول ۳-۶-۱- تکنیک های اعمال شده

تکنیک های اعمال	تیمار	شاهد
-----------------	-------	------

شده		
خاک ورزی	خاک ورزی حفاظتی	گاو آهن برگرداندار
تسطیح	ماله	-
کاشت	با غده کار	دستی
رقم بذر	اگر یا	اگر یا
میزان بذر	۶ تن در هکتار	۶/۵ تن در هکتار



شکل ۳-۶-۲- داده های نفوذ سنجی (استوانه مضاعف) به صورت گراف

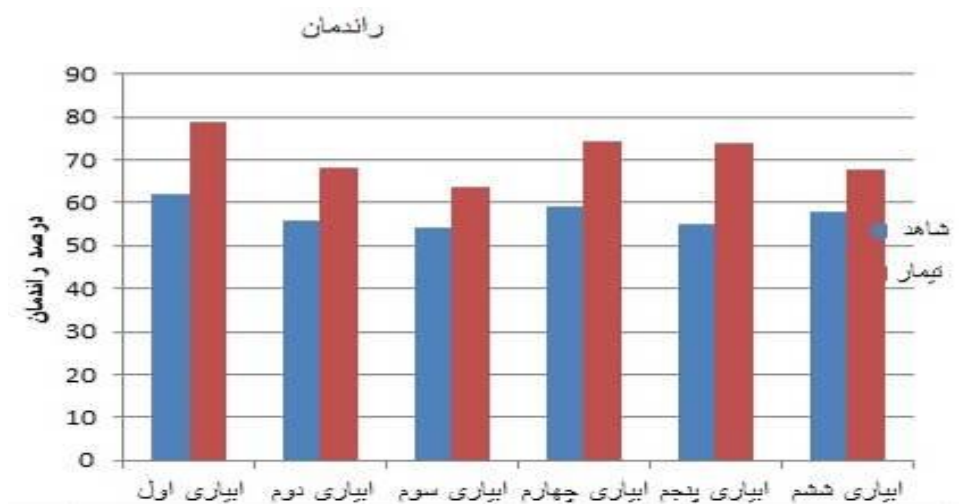
جدول ۳-۶-۲- میزان حجم آب مصرفی

نوبت	تاریخ	تیمار	شاهد	اختلاف	درصد
------	-------	-------	------	--------	------

آبیاری	آبیاری	(متر مکعب در هکتار)	(متر مکعب در هکتار)	(کاهش مصرف آب)
۱	۹۷,۲,۲۱	۶۳۳,۷۴	۷۹۲,۱۸	۱۵۸,۴۲
۲	۹۷,۳,۴	۶۶۹	۸۸۰,۲	۲۱۱,۲
۳	۹۷,۳۱۵	۷۱۳	۱۰۰۳,۳۲	۲۹۰
۴	۹۷,۳,۲۴	۷۳۶	۹۴۷	۲۱۱,۲۳
۵	۹۷,۳,۲۹	۸۰۳	۱۰۰۳	۲۰۰
۶	۹۷,۴,۶	۸۵۷	۱۰۴۵	۲۰۹
جمع کل		۴۴۱۱,۷۴	۵۶۷۰,۷	۱۲۷۹,۸۵

جدول ۳-۶-۳- درصد راندمان کاربرد

نوبت آبیاری	تیمار.٪	شاهد.٪	درصد افزایش راندمان
آبیاری اول	۷۹	۶۲	۲۲
آبیاری دوم	۶۸,۲۴	۵۶	۱۸
آبیاری سوم	۶۳,۷	۵۴,۴۲	۱۷
آبیاری چهارم	۷۴,۳۳	۵۹	۲۰,۶۲
آبیاری پنجم	۷۴	۵۵	۲۶
آبیاری ششم	۶۷,۶۳	۵۸	۱۵



شکل ۳-۶-۳- نمودار درصد راندمان در تیمار و شاهد مزرعه آقای اکبر جهانی

جدول ۳-۵-۴- مقادیر عملکرد محصول و بهره‌وری آب در تیمار و شاهد

میزان عملکرد در مزرعه تیمار	میزان مصرف آب در مزرعه تیمار	بهره‌وری	میزان عملکرد در مزرعه شاهد	میزان مصرف آب در مزرعه شاهد	بهره‌وری آب
کیلوگرم بر هکتار	مترمکعب	مزرعه تیمار	کیلوگرم بر	مترمکعب	مزرعه شاهد

۸,۱۱	۵۶۷۰,۷	۴۶۰۰۰	۱۱,۷۹	۴۴۱۱,۷۴	۵۲۰
------	--------	-------	-------	---------	-----