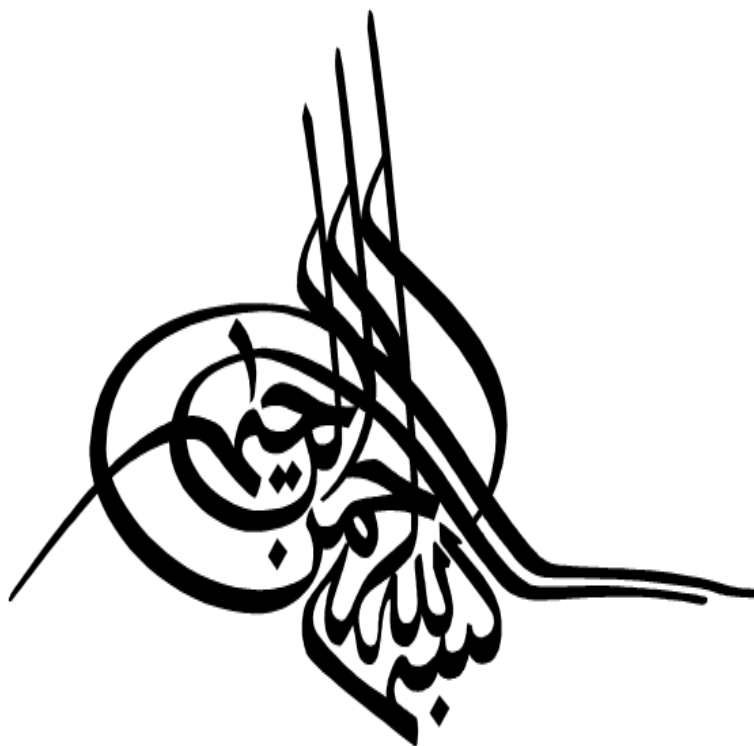
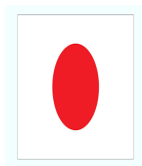






شناسایی تکنیک‌های مؤثر بر کاهش آب ورودی به مزرعه و بهره‌وری آب کشاورزی (در حوضه آبریز دریاچه ارومیه)

حسین دهقانی سانج

عضو هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

مجید میرلطیفی

عضو هیات علمی دانشگاه کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

حیدر طایفه رضایی

عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	۱
فصل اول – کلیات	۳
۱-۱- مقدمه.....	۳
۱-۲- تعریف مسأله.....	۴
۱-۳- فرضیات.....	۵
۱-۴- هدف.....	۵
فصل دوم – بهره‌وری آب	۷
۱-۲- بهره‌وری آب در کشاورزی.....	۷
۲-۲- روش‌های افزایش بهره‌وری آب.....	۸
۲-۲-۱- تأثیر تغییر ابعاد کرت بر عملکرد محصول و بهره‌وری آب.....	۹
۲-۲-۲- تأثیر رقم بر عملکرد محصول و بهره‌وری آب.....	۱۰
۲-۲-۳- تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر عملکرد محصول و بهره‌وری آب.....	۱۰
۲-۲-۴- تأثیر مدیریت تغذیه (رژیم کودی) بر عملکرد محصول و بهره‌وری آب.....	۱۲
۳-۲- اندازه‌گیری جریان ورودی به مزرعه.....	۱۲
۲-۳-۱- روش‌های اندازه‌گیری جریان آب در ورودی به مزرعه.....	۱۳
۲-۳-۲- روش‌های پایش رطوبت خاک.....	۱۳
۴-۲- اهمیت محاسبه‌ی پارامترهای بیلان آبی.....	۱۴
فصل سوم – روش‌شناسی	۱۵
۳-۱-۱- موقعیت استان آذربایجان غربی و کانون‌های هدف.....	۱۵
۳-۱-۲- موقعیت شهرستان ارومیه کانون‌های هدف.....	۱۶
۳-۱-۲-۱- موقعیت مزارع پایش در کانون نازلوچای و باراندوزچای ارومیه برای کشت بهاره.....	۱۹
۳-۱-۳- موقعیت شهرستان سلماس و کانون‌های هدف.....	۲۴
۳-۱-۳-۱- موقعیت مزارع پایش در روستای آغاسماعیل سلماس برای کشت پاییزه.....	۲۴
۳-۱-۳-۲- موقعیت مزارع پایش در روستای آغاسماعیل سلماس برای کشت بهاره.....	۲۵
۳-۱-۴- موقعیت شهرستان مهاباد و کانون‌های هدف.....	۲۷
۳-۱-۴-۱- موقعیت مزارع پایش در خورخوره.....	۲۷
۳-۱-۴-۲- مزارع تیمار و شاهد در خورخوره.....	۲۹
۳-۱-۵- موقعیت شهرستان میاندوآب و کانون هدف.....	۳۰

- ۳۱-۵-۱-۳- موقعیت مزارع در روستاهای شهرستان میاندوآب ۳۱
- ۳۲-۵-۱-۳- مزارع تیمار و شاهد در میاندوآب ۳۲
- ۳۷-۲-۳- آزمایش‌های انجام‌یافته در مزارع ۳۷
- ۳۷-۲-۱- نصب WSC فلوم در ورودی مزارع ۳۷
- ۴۰-۲-۳- نصب لوله‌های دستگاه تراپم در طول نوارهای آبیاری ۴۰
- ۴۱-۲-۳- روش‌های اندازه‌گیری جریان ورودی به مزرعه ۴۱
- ۴۲-۳-۲-۳-۱- فلوم ۴۲
- ۴۲-۳-۲-۳-۲- روش نیمرخ پرتابه‌ی افقی ۴۲
- ۴۴-۲-۳- محاسبه‌ی اعماق آبیاری ۴۴
- ۴۴-۲-۳-۵- انجام محاسبات تبخیر-تعرق پتانسیل (مرجع) ۴۴
- ۴۵-۲-۳- تهیه‌ی نقشه جانمایی مزارع ۴۵
- ۴۵-۲-۳-۱- اندازه‌گیری شیب کرت یا شیار ۴۵
- ۴۵-۲-۳-۲- روش تیسن Thiessen Method ۴۵
- ۴۶-۳- روشهای آزمایشگاهی ۴۶
- ۴۷-۳-۱- اندازه‌گیری بافت خاک ۴۷
- ۴۸-۳-۳-۲- اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی آب آبیاری ۴۸
- ۴۸-۳-۴- نیاز آبی مزارع ۴۸
- ۴۸-۳-۴-۱- اطلاعات هواشناسی موردنیاز برای محاسبه‌ی تبخیر-تعرق مرجع ۴۸
- ۵۰-۳-۴-۲- بارندگی ۵۰
- ۵۰-۳-۵- روش استخراج تبخیر-تعرق تجمعی گیاه در طول دوره‌ی رشد و راندمان کاربرد آب ۵۰
- ۵۰-۳-۵-۱- تبخیر-تعرق تجمعی در طول فصل کشت ۵۰
- ۵۰-۳-۵-۲- راندمان کاربرد آب ۵۰
- ۵۱-۳-۵-۳- بهره‌وری آب و کارایی مصرف آب ۵۱
- ۵۲-۳-۶- نرم‌افزارهای کامپیوتری مورد استفاده ۵۲
- ۵۲-۳-۶-۱- مدل Curve expert 1.3 ۵۲
- ۵۲-۳-۶-۲- مدل Soil Water Characteristics ۵۲
- ۵۲-۳-۶-۳- مدل ArcMap ۵۲
- ۵۲-۳-۶-۴- مدل Cropwat ۵۲
- ۵۲-۳-۷- واسنجی دستگاه تراپم ۵۲

فصل چهارم - اثربخشی تکنیک‌های کاهش کاربرد و مصرف آب در ارومیه ۵۴

۴-۱- نتایج میزان آب ورودی به مزارع و باغات کانون نازلوچای ارومیه ۵۴

۴-۲- نتایج میزان آب ورودی به مزارع و باغات کانون باراندوزچای ارومیه ۵۵

۴-۳- نتایج محاسبات تبخیر-تعرق پتانسیل و واقعی ۵۵

۴-۴- مقایسه مقدار آب کاربردی توسط زارعین در کانون نازلوچای با نیاز آبی واقعی محصولات ۵۶

۴-۵- مقایسه مقدار آب کاربردی توسط زارعین در کانون باراندوزچای با نیاز آبی واقعی محصولات ۵۷

فصل پنجم - اثربخشی تکنیک‌های کاهش کاربرد و مصرف آب در سلماس ۶۲

۵-۱- نتایج میزان آب ورودی به مزارع در سلماس ۶۲

۵-۲- نتایج محاسبات تبخیر-تعرق پتانسیل و واقعی در سلماس ۶۳

۵-۳- اثر تکنیک‌های به‌زراعی و به‌نژادی بر مقدار آب کاربردی گندم توسط زارعین در سلماس ۶۳

فصل ششم - اثربخشی تکنیک‌های کاهش کاربرد و مصرف آب در میاندوآب ۶۶

۶-۱- پایش آبیاری ۶۶

۶-۲- پایش رطوبت خاک کانون میاندوآب ۶۸

۶-۳- نتایج حاصل از نمودارهای رطوبت-زمان در کانون میاندوآب ۶۹

۶-۴- نیاز آبیاری (ETc) ۷۰

۶-۵- تبخیر-تعرق واقعی ۷۳

۶-۶- راندمان کاربرد آب ۷۴

۶-۶-۱- مقایسه‌ی در مزارع تیمار و شاهد ۷۴

۶-۷- مقدار تغذیه آبخوان برآورد شده ۷۶

۶-۸- بهره‌وری آب و کارایی مصرف آب کانون میاندوآب و مهاباد ۸۲

فصل هفتم - اثربخشی تکنیک‌های کاهش کاربرد و مصرف آب در مهاباد ۸۶

۷-۱- پایش آبیاری ۸۶

۷-۲- پایش رطوبت خاک کانون مهاباد ۸۷

۷-۳- نتایج حاصل از نمودارهای رطوبت-زمان در کانون مهاباد ۸۷

۷-۴- نیاز آبیاری (ETc) ۸۷

۷-۵- تبخیر-تعرق واقعی ۸۹

۷-۶- راندمان کاربرد آب ۸۹

۷-۶-۱- مقایسه‌ی E_a در مزارع تیمار و شاهد ۹۰

۷-۷- مقدار تغذیه آبخوان برآورد شده ۹۰

فصل هشتم - جمع‌بندی و توصیه‌ها.....	۹۴
۸-۱- جمع‌بندی.....	۹۴
۸-۲- توصیه‌ها.....	۹۵
۸-۳- چالش‌ها و درس آموخته‌ها.....	۹۶
منابع.....	۹۷

- شکل ۳-۱- استان آذربایجان غربی و موقعیت کانون های هدف در استان..... ۱۶
- شکل ۳-۲- شهرستان ارومیه و موقعیت کانون های هدف..... ۱۷
- شکل ۳-۳- مزارع انتخابی پایش در کانون نازلوچای ارومیه..... ۱۸
- شکل ۳-۴- مزارع انتخابی پایش در کانون باراندوزچای ارومیه..... ۱۸
- شکل ۳-۵- شهرستان سلماس و موقعیت کانون های هدف آن..... ۲۴
- شکل ۳-۶- مزارع انتخابی برای پایش در روستای آغ اسماعیل سلماس..... ۲۵
- شکل ۳-۷- شهرستان مهاباد و موقعیت کانون های هدف آن..... ۲۷
- شکل ۳-۸- مزارع انتخابی برای پایش در روستای خورخوره - کانون مهاباد..... ۲۹
- شکل ۳-۹- موقعیت شهرستان میاندوآب..... ۳۱
- شکل ۳-۱۰- مزارع انتخابی برای پایش در روستای للکلو-کانون میاندوآب..... ۳۱
- شکل ۳-۱۱- مزارع انتخابی برای پایش در روستاهای حاج حسن خالصه، حاج حسن علیا و نظام آباد-کانون میاندوآب..... ۳۲
- شکل ۳-۱۲- نصب دو دستگاه فلوم تیپ ۴ در مزرعه مرتضی خانتمر در روستای آغ اسماعیل سلماس..... ۳۸
- شکل ۳-۱۳- نصب فلوم تیپ ۴ در مزرعه آقای رحمانزاده - روستای خورخوره ی مهاباد..... ۳۸
- شکل ۳-۱۴- جریان آب از داخل WSC فلوم تیپ ۴، کانون سلماس..... ۳۹
- شکل ۳-۱۵- جریان آب از داخل WSC فلوم تیپ ۴ در مزرعه آقای محمدزاده، کانون میاندوآب..... ۳۹
- شکل ۳-۱۶- نصب لوله دستگاه تراپم در سلماس و تهیه نمونه خاک از عمق های خاک..... ۴۰
- شکل ۳-۱۷- دستگاه تراپم برای اندازه گیری رطوبت خاک در مزارع میاندوآب..... ۴۱
- شکل ۳-۱۸- نمونه ای از فلوم های کارگذاری شده در مزارع..... ۴۲
- شکل ۳-۱۹- نیمرخ پرتابه ی افقی..... ۴۳
- شکل ۳-۲۰- اندازه گیری دبی به روش نیمرخ پرتابه ی افقی در مزرعه H1 - کانون میاندوآب..... ۴۴
- شکل ۳-۲۱- روش تیسین..... ۴۶
- شکل ۳-۲۲- کیفیت آب آبیاری مورد استفاده در مزارع میاندوآب و مهاباد..... ۴۶
- شکل ۳-۲۳- واسنجی دستگاه تراپم PR2..... ۵۳
- شکل ۴-۱- تغییرات کاربرد آب در نتیجه کاربرد تکنیک های به زراعی در مزارع مختلف کانون نازلوچای ارومیه..... ۶۰
- شکل ۴-۲- تغییرات کاربرد آب در نتیجه کاربرد تکنیک های به زراعی در مزارع مختلف کانون باراندوزچای ارومیه..... ۶۰
- شکل ۴-۳- تغییرات بهره وری آب در نتیجه کاربرد تکنیک های به زراعی در مزارع مختلف کانون نازلوچای ارومیه..... ۶۱
- شکل ۴-۴- تغییرات بهره وری آب در نتیجه کاربرد تکنیک های به زراعی در مزارع مختلف کانون باراندوزچای ارومیه..... ۶۱
- شکل ۵-۱- تغییرات میزان کاربرد آب در نتیجه کاربرد تکنیک های به زراعی در مزارع مختلف کانون سلماس..... ۶۵
- شکل ۵-۲- تغییرات بهره وری آب در نتیجه کاربرد تکنیک های به زراعی در مزارع مختلف کانون سلماس..... ۶۵
- شکل ۶-۱- آبیاری مزرعه ی L3- میاندوآب..... ۶۷

- شکل ۶-۲- تغییرات رطوبت خاک در عمق ۰ تا ۶۰ سانتیمتری در مزارع گندم - کانون میاندوآب..... ۶۹
- شکل ۶-۳- ضرایب گیاهان (Kc) موردنظر طرح در دوره‌های مختلف رشد در مزارع منطقه مهاباد و میاندوآب..... ۷۰
- شکل ۶-۴- تغییرات نیاز خالص آبی (ETc) در مزارع منطقه میاندوآب..... ۷۱
- شکل ۶-۵- نمودار پراکنش بارندگی منطقه میاندوآب..... ۷۱
- شکل ۶-۶- تبخیر-تعرق تجمعی در طول دوره‌ی رشد مزارع چغندرقدن کانون میاندوآب..... ۷۳
- شکل ۶-۷- تغییرات ماهانه در تغذیه آبخوان، آبیاری، بارندگی، تبخیر-تعرق پتانسیل و واقعی - کانون میاندوآب..... ۷۷
- شکل ۶-۸- درصد تغذیه آبخوان در مزارع بر اساس طول کرت، عمق آبیاری تجمعی و بافت خاک از سبک به سنگین..... ۸۱
- شکل ۶-۹- میزان اثربخشی تکنیک‌های اعمال‌شده بر WP و WUE در مزارع تیمار و شاهد گندم کانون میاندوآب..... ۸۳
- شکل ۶-۱۰- میزان اثربخشی تکنیک‌های اعمال‌شده بر WP و WUE در مزارع تیمار و شاهد جو کانون میاندوآب..... ۸۴
- شکل ۶-۱۱- میزان اثربخشی تکنیک‌های اعمال‌شده بر WP و WUE در مزارع چغندرقدن، کانون میاندوآب..... ۸۵
- شکل ۷-۱- آبیاری مزرعه‌ی M3 - مهاباد..... ۸۶
- شکل ۷-۲- تغییرات رطوبت خاک در عمق ۰ تا ۶۰ سانتیمتری در مزارع گندم- کانون مهاباد..... ۸۸
- شکل ۷-۳- تبخیر-تعرق تجمعی در طول دوره‌ی رشد - کانون مهاباد..... ۸۹
- شکل ۷-۴- تغییرات ماهانه در تغذیه، آبیاری، بارندگی، تبخیر-تعرق پتانسیل و تبخیر-تعرق واقعی..... ۹۱
- شکل ۷-۵- میزان اثربخشی تکنیک‌های اعمال‌شده بر WP و WUE در مزارع تیمار و شاهد گندم کانون مهاباد..... ۹۳

جدول ۱-۳- مشخصات عمومی مزارع موردبررسی در کانون نازلوچای ارومیه.....	۲۰
جدول ۲-۳- مشخصات عمومی مزارع موردبررسی در کانون باراندوزچای ارومیه.....	۲۲
جدول ۳-۳- مشخصات عمومی مزارع کشت بهاره موردبررسی در روستای آغ اسماعیل سلماس.....	۲۶
جدول ۴-۳- مشخصات فنی مزارع گندم (کشت پاییزه) موردبررسی در روستای آغ اسماعیل سلماس.....	۲۶
جدول ۵-۳- مشخصات عمومی مزارع موردبررسی در روستای خورخوره مهاباد.....	۲۸
جدول ۶-۳- مشخصات فنی مزارع گندم موردبررسی در روستای خورخوره مهاباد.....	۳۰
جدول ۷-۳- نوع بافت خاک در مزارع مهاباد.....	۳۰
جدول ۸-۳- مشخصات فنی و عمومی مزارع موردبررسی در روستای للکلو و حاج حسن- کانون میاندوآب.....	۳۳
جدول ۹-۳- بافت خاک در مزارع میاندوآب.....	۳۶
جدول ۱۰-۳- کیفیت خاک مزارع میاندوآب و مهاباد.....	۴۷
جدول ۱۱-۳- اطلاعات هواشناسی ایستگاه میاندوآب.....	۴۹
جدول ۱-۴- خلاصه نتایج اندازه‌گیری آب ورودی به مزارع یا باغات کانون نازلوچای ارومیه.....	۵۴
جدول ۲-۴- خلاصه نتایج اندازه‌گیری آب ورودی به مزارع یا باغات کانون باراندوزچای ارومیه.....	۵۵
جدول ۳-۴- نیاز آبی پتانسیل و واقعی خالص نباتات زراعی و باغی در دو کانون نازلوچای و باراندوزچای ارومیه.....	۵۶
جدول ۴-۴- مقدار آب کاربردی توسط زارعین و نیاز آبیاری با راندمان‌های مختلف در کانون نازلوچای ارومیه.....	۵۸
جدول ۵-۴- مقدار آب کاربردی توسط زارعین و نیاز آبیاری با راندمان‌های مختلف در کانون باراندوزچای ارومیه.....	۵۹
جدول ۱-۵- خلاصه نتایج اندازه‌گیری آب ورودی به مزارع کانون سلماس.....	۶۲
جدول ۲-۵- مقدار آب کاربردی توسط زارعین، نیاز آبیاری با راندمان‌های مختلف در سلماس.....	۶۴
جدول ۱-۶- خلاصه نتایج اندازه‌گیری آب ورودی به مزارع کانون میاندوآب.....	۶۷
جدول ۲-۶- مقایسه‌ی تبخیر-تعرق در طول دوره (فصلی) گیاه (ET _{C-S}) با مجموع عمق آبیاری و بارش کانون میاندوآب.....	۷۲
جدول ۳-۶- راندمان کاربرد آب (Ea)، نفوذ عمقی و ts در کانون میاندوآب.....	۷۵
جدول ۴-۶- درصد تغذیه آبخوان از آب آبیاری و بارندگی کانون میاندوآب.....	۷۹
جدول ۵-۶- مقدار تغذیه آبخوان و پیشروی جبهه رطوبتی در پروفیل خاک، برآورد شده در کانون میاندوآب.....	۸۰
جدول ۶-۶- عملکرد محصول، کارایی و بهره‌وری آب مزارع گندم کانون میاندوآب.....	۸۳
جدول ۷-۶- عملکرد محصول، کارایی و بهره‌وری آب مزارع جو کانون میاندوآب.....	۸۳
جدول ۸-۶- عملکرد محصول، کارایی و بهره‌وری آب مزارع چغندرقد- کانون میاندوآب.....	۸۵
جدول ۱-۷- خلاصه نتایج اندازه‌گیری آب ورودی به مزارع کانون‌های مهاباد.....	۸۷
جدول ۲-۷- مقایسه‌ی تبخیر-تعرق در طول دوره (فصلی) گیاه (ETC-S) با مجموع عمق آبیاری و بارش کانون مهاباد.....	۸۹
جدول ۳-۷- راندمان کاربرد آب (Ea)، نفوذ عمقی و ts در مزارع گندم کانون مهاباد.....	۹۰
جدول ۴-۷- درصد تغذیه آبخوان از آب آبیاری و بارندگی کانون مهاباد.....	۹۱

جدول ۷-۵- مقدار تغذیه آبخوان و پیشروی جبهه رطوبتی در پروفیل خاک، برآورد شده در کانون مهاباد..... ۹۱

جدول ۷-۶- عملکرد محصول، کارایی و بهره‌وری آب مزارع گندم کانون مهاباد..... ۹۲

پیشگفتار

پروژه "همکاری در احیای دریاچه‌ی ارومیه از طریق مشارکت جوامع محلی در استقرار کشاورزی پایدار و حفاظت از تنوع زیستی" به‌عنوان یکی از فعالیت‌های طرح حفاظت از تالاب‌های ایران با همکاری فی مابین سازمان حفاظت محیط‌زیست کشور و وزارت جهاد کشاورزی و حمایت مالی کشور ژاپن تلاش نموده با ارتقای مسئولیت‌پذیری اجتماعی، توانمندسازی جوامع محلی، آموزش و مشارکت کشاورزان منطقه، تکنیک‌های کشاورزی پایدار را در سطح مزارع با هدف تأمین بخشی از حقایق دریاچه‌ی ارومیه اجرا نماید. این طرح ضمن توجه به حفظ منافع و درآمد کشاورزان تلاش در کاهش آب مصرفی در سطح مزرعه و افزایش بهره‌وری آب از طریق تغییراتی در شیوه‌ی کشاورزی رایج نموده است. در خصوص تکنیک‌ها می‌توان به تغییر در روش‌های خاک‌ورزی، اصلاح ابعاد کرت آبیاری، استفاده از بذورهای بوجاری شده و استفاده از بذور با دوره‌ی رشد کوتاه‌تر و اصلاح رژیم کودی اشاره نمود. به منظور سنجش میزان اثربخشی تکنیک‌ها در مزارع انتخابی برای تعیین مناسب‌ترین تکنیک‌ها، مزارع پایلوت در شهرستان‌های ارومیه، سلماس، میاندوآب و مهاباد انتخاب شدند.

اثربخشی تکنیک‌ها با استفاده از شاخص‌های راندمان کاربرد آب (Ea)، عملکرد محصول (Yc)، بهره‌وری آب (WP) و کارایی مصرف آب (WUE) مورد بررسی قرار گرفت. در مزارع انتخابی تکنیک‌های آبیاری نشتی حلقوی و آبیاری با لوله‌های کم‌فشار منجر به کاهش قابل توجه مقدار آب مصرفی در باغات سیب کانون باراندوزچای شد. در مزارع گوجه‌فرنگی، کاشت به روش نشایی حداقل یک نوبت آبیاری را کاهش داده و باقی مزارع گوجه‌فرنگی نیز از طریق ارتقای مدیریت مزرعه و به‌زراعی و همچنین رعایت توصیه‌های کارشناسان محلی و استفاده از روش آبیاری تیپ، آب کمتری بکار بردند.

عموم مزارع در قسمت انتهایی بسته و فاقد رواناب سطحی بودند. نفوذ عمقی آب در مزارع به دلیل مدیریت آبیاری زارعین و نوع بافت خاک متغیر بوده و بیشترین مقدار نفوذ عمقی در مراحل اولیه رشد اندازه‌گیری شد. بیشترین نفوذ عمقی به میزان ۲۸ درصد در کشت جو اندازه‌گیری شد. در دو مزرعه با کشت جو و میزان آبیاری تقریباً یکسان، مشاهده شد مقدار نفوذ عمقی در مزرعه‌ای که بافت خاک آن در ناحیه ریشه سبک‌تر است، بیشتر می‌باشد. میزان نفوذ عمقی در مزارع گندم ۲۴ تا ۲۶ درصد مقدار آبیاری و بارش تعیین شد. در مقایسه‌ی کاهش میزان آب ورودی به مزارع، روند یکنواختی بین مزارع تیمار و شاهد مشاهده نگردید و به‌طور متوسط صفر تا ۵۰ درصد کاهش مصرف آب ثبت گردید. در همین راستا مشاهده شد، تکنیک‌های اعمال‌شده در کلیه مزارع تیمار، منجر به افزایش عملکرد محصول نسبت به مزارع شاهد شده است. در بیشتر مزارع افزایش کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب اندازه‌گیری شد که به اقدامات طرح و به‌کارگیری تکنیک‌های معرفی‌شده ارتباط داده می‌شود. تکنیک‌های موثر بر کاهش آب ورودی به مزرعه و بهره‌وری آب کشاورزی عبارت بودند از: کشت فارویی، ابعاد طول و عرض کرت، محلول‌پاشی با کود زیستی، وجین به‌موقع، رژیم کودی، خاک ورزی، تسطیح نسبی زمین، بقایای گیاهی سال قبل، کشت نشایی، تشک گذاری در باغات، کشاورزی حفاظتی، نصب تله فرمونی.

این کتاب با حمایت طرح حفاظت از تالاب‌های ایران بر اساس نتایج فعالیت مشترک دفتر طرح حفاظت از تالاب‌های ایران، مؤسسه‌ی تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه تربیت مدرس و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ تدوین و ارائه شده است. در پایان مراتب سپاسگزاری خود را نیز از زحمات بی‌دریغ همکاران طرح حفاظت از تالاب‌های ایران اعلام می‌داریم.

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

دریاچه‌ی ارومیه به‌عنوان بزرگ‌ترین دریاچه‌ی دائمی کشور، بین دو استان آذربایجان غربی و شرقی واقع شده است؛ این دریاچه به لحاظ اکولوژیک و اقتصادی نقشی حیاتی در منطقه ایفا می‌کند. طی سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۴، ۳۰ میلیارد مترمکعب از حجم آب دریاچه کاهش یافته است. افت آب دریاچه در سال‌های اخیر، سبب به وجود آمدن مشکلات زیست‌محیطی و معیشتی برای مردم منطقه و ایجاد حساسیت در افکار عمومی کشور شده است. میزان خشکی دریاچه در شهریور ۱۳۹۳ به حدی رسید که قسمت جنوبی دریاچه با خشکی کامل مواجه گردید؛ اتفاقی که در شهریور ۱۳۹۴ نیز تکرار شد. مهم‌ترین عامل در ایجاد این مشکل، کاهش مقدار آب ورودی به دریاچه و به تبع آن به هم خوردن وضعیت تعادل در تبخیر و تغذیه‌ی دریاچه، تشخیص داده شده است. اگرچه شرایط اقلیمی، تأثیر غیرقابل‌انکاری در شرایط کنونی دریاچه‌ی ارومیه داشته است اما مهم‌ترین عامل در خشکی دریاچه مربوط به توسعه‌ی نامتوازن و ناپایدار در حوضه‌ی آبریز و برداشت بی‌رویه از منابع آب حوضه به‌ویژه در دو دهه‌ی اخیر می‌باشد. حدود ۹۰ درصد از مصارف آب شیرین در حوضه‌ی دریاچه‌ی ارومیه مربوط به کشاورزی است؛ کارشناسان این میزان مصرف را عامل اصلی بیلان منفی حوضه دانسته‌اند. کشاورزی در این حوضه طی دهه‌های اخیر با توسعه‌ی فزاینده‌ی روبرو بوده است. بعضی از مراجع برای بیان افزایش مصرف آب در بخش کشاورزی، کشت آبی را مثال زده‌اند که از ۱۵۰ هزار هکتار در سال ۱۳۵۸ به بیش از ۴۰۰ هزار هکتار در سال ۱۳۸۵ افزایش یافته است. ادامه‌ی این روند، با توجه به محدودیت منابع آبی به‌خصوص در بخش آب‌های زیرزمینی، پایداری کشاورزی منطقه و در نتیجه معیشت مردم منطقه در آینده مورد تهدید قرار می‌گیرد. انجمن علوم کشاورزی آمریکا^۱ (۱۹۸۹) تعریفی از کشاورزی پایدار ارائه نمود که عبارت است از فعالیتی که در بلندمدت، علاوه بر تولید غذای کافی بشر و بهبود کیفیت زندگی زارعین و جامعه، بهبود کیفیت محیط‌زیست و منابع طبیعی را به همراه داشته باشد.

با آغاز همکاری در سطوح عالی میان دولت‌های ایران و ژاپن در جهت پرداختن به مشکلات دریاچه‌ی ارومیه، پروژه‌ای در سال ۱۳۹۳ تحت عنوان "همکاری در احیای دریاچه‌ی ارومیه از طریق مشارکت جوامع محلی در استقرار کشاورزی پایدار و

¹ American Society of Agronomy

حفاظت از تنوع زیستی^۳ به‌عنوان یک فعالیت جدید به طرح حفاظت از تالاب‌های ایران اضافه شد. در این پروژه سازمان محیط‌زیست کشور با همکاری وزارت جهاد کشاورزی کوشش کرده تا با آموزش و مشارکت کشاورزان منطقه، اقدام به تغییراتی در شیوهی کشاورزی سنتی در راستای افزایش بهره‌وری آب در مزارع، ضمن حفظ منافع و درآمد کشاورزان منطقه نموده تا با صرفه‌جویی در آب کاربردی در سطح مزرعه به تأمین بخشی از حق‌آبه‌ی دریاچه‌ی ارومیه نیز کمک شود. در این زمینه می‌توان به تکنیک‌هایی از قبیل تغییر در روش‌های خاک‌ورزی^۴، اصلاح ابعاد کرت آبیاری، استفاده از بذره‌های بوجاری شده و استفاده از بذور با دوره‌ی رشد کوتاه‌تر و اصلاح رژیم کودی اشاره نمود که سنجش میزان اثربخشی آن‌ها در مزارع انتخابی برای تعیین مناسب‌ترین تکنیک‌ها نیاز است.

مزارع انتخابی در حوضه دریاچه‌ی ارومیه در شهرستان‌های ارومیه، نازلوچای، سلماس، میاندوآب و مهاباد در نظر گرفته شد. اثربخشی تکنیک‌های اجراشده در مزارع، تحت مدیریت کشاورزان بومی منطقه، بر اساس شاخص‌های راندمان کاربرد آب (Ea)^۵، عملکرد محصول (Yc)^۶، بهره‌وری آب (WP)^۷ و کارایی مصرف آب (WUE)^۸ را موردبررسی قرار گرفت.

۱-۲- تعریف مسأله

دریاچه ارومیه دومین دریاچه شور جهان است که در ۱۸ سال گذشته با بحران شدید کم‌آبی مواجه شده و از پهنه ۵۷۰۰ کیلومتری آن تنها حدود ۵ تا ۱۰ درصد باقی‌مانده است. حوضه آبریز دریاچه ارومیه با داشتن دشت‌هایی مانند دشت تبریز، ارومیه، مراغه، مهاباد، میاندوآب، نقده، سلماس، پیرانشهر، آذرشهر و اشنویه از کانون‌های ارزشمند زندگی و فعالیت به شمار می‌رود. مسئولین و کارشناسان امور آب اغلب معتقدند که دلایل اصلی خشک شدن دریاچه ارومیه، وقوع خشک‌سالی‌های طولانی‌مدت، افزایش نیازهای آبی جامعه و بالاخره برداشت از آب‌های زیرزمینی به علت توسعه کشاورزی است. درنتیجه آن منابع آب زیرزمینی حوضه دریاچه ارومیه تحت تنش آبی شدید قرارگرفته است، به‌طوری‌که در بعضی مناطق به علت خشک شدن چاه‌های بهره‌برداری اقدام به افزایش عمق چاه کرده‌اند.

بر اساس شواهد موجود و همچنین تجارب مرتبط با دریاچه‌هایی با وضعیت مشابه ارومیه در سطح جهان، بدون شک تداوم روند خشکی دریاچه ارومیه خسارات و آسیب‌های بسیاری را بر سلامت و بهداشت ساکنین حوضه و معیشت آن‌ها، تخریب اکوسیستم و بخش کشاورزی حوضه (تخریب اراضی و باغات) را به همراه خواهد داشت. به‌منظور جلوگیری از آسیب جدی به مردم و محیط‌زیست پیرامون دریاچه و با توجه به تداوم کاهش نزولات جوی، عدم جریان آب کافی به داخل دریاچه در سال‌های اخیر و همچنین مدت‌زمان طولانی موردنیاز جهت انتقال آب از حوضه‌های مجاور به دریاچه، تنها راهکار تثبیت شرایط کنونی دریاچه و جلوگیری از خشکی کامل آن، تأمین آب کافی از منابع داخلی حوضه می‌باشد. ازاین‌رو، راهکارهای افزایش حجم آب ورودی به دریاچه از طریق کاهش مصارف آب در بخش کشاورزی حوضه به‌عنوان محور اصلی اقدامات برای احیای دریاچه ارومیه

^۱ Contribution in Lake Urmia restoration via Modeling Local Community Engagement in Sustainable Agriculture Practices and Biodiversity Conservation of Critical Species (IPCM)

^۲ در ادامه گزارش برای ذکر نام این طرح از مخفف IPCM استفاده شده است.

^۳ Tillage

^۴ Application efficiency

^۵ Crop Yield

^۶ Water Productivity

^۷ Water Use Efficiency

مدنظر قرار گرفته است. با توجه به مصرف عمده 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 کاربرد و مصرف آب در این بخش می‌باشد.

۱-۳- فرضیات

در شرایط فعلی کشاورزان بیش از مقدار لازم، آب برداشت و مصرف می‌کنند و نیز مقداری از آب در مزارعی که آبیاری سطحی می‌شوند تلف شده و از دسترس خارج می‌گردد. استفاده از تکنیک‌هایی نظیر کشاورزی حفاظتی، افزایش ماده آلی خاک، اصلاح سیستم‌های آبیاری سطحی مرسوم، تعیین زمان دقیق آبیاری و آبیاری بر اساس نیاز واقعی گیاه، توصیه الگوی کشت مناسب، رقم گیاه زراعی، تاریخ کاشت، روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی، کاهش استفاده از کودهای شیمیایی، اصلاح شکل و ابعاد کرت‌ها و نوارها و ... می‌تواند منجر به مصرف کمتر آب و کاهش برداشت از منابع آب شود.

۱-۴- هدف

هدف از تدوین این کتاب ارائه نتایج بررسی تکنیک‌های مختلف به‌زراعی و به نژادی اجرا شده در کانون‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه و انتخاب مناسب‌ترین آنها برای کاهش کاربرد و مصرف آب آبیاری از طریق اندازه‌گیری میزان آب ورودی به مزارع و پایش تغییرات رطوبت و نفوذ عمقی در قطعاتی از مزارع انتخابی می‌باشد.

فصل دوم

بهره‌وری آب

شرایط خاص اقلیمی ایران، خشکی و پراکنش نامناسب زمانی- مکانی بارندگی، واقعیت گریزناپذیری است که هرگونه تولید مواد غذایی و کشاورزی پایدار را منوط به استفاده‌ی صحیح و منطقی از منابع محدود آب کشور نموده است (دهقانی سانج و حیدری، ۱۳۹۵). راندمان کاربرد آب پایین و عدم یکنواختی مناسب پخش آب در آبیاری، باعث کاهش عملکرد و کارایی مصرف آب می‌شوند (Dehghanisanij, 2012; Warrick and Yates, 1987; Mantovani et al., 1995; Letey et al., 1984). درمجموع با توجه به اهمیت اراضی فاریاب در تأمین غذایی، تلاش در جهت کاهش مصرف آب، افزایش تولید در واحد سطح و افزایش بهره‌وری این مزارع توجه جدی را می‌طلبد (Dehghanisanij, 2012).

۲-۱- بهره‌وری آب در کشاورزی

مولدن (۱۹۹۷) برای بررسی آب به‌کاررفته در بخش‌های مختلف زراعی، تعریف بهره‌وری آب را ارائه کرد که در آن بهره‌وری آب عبارت است از نسبت عملکرد و یا سود خالص حاصل از فعالیت‌هایی نظیر زراعت، جنگل‌داری، آبی‌پروری، دام‌پروری و یا یک سیستم ترکیبی کشاورزی به میزان آب به‌کاررفته، جهت رسیدن به سود یا تولید خالص. از دیدگاه مالی و اقتصادی بهره‌وری بیشتر آب کشاورزی به معنای سود بیشتر به ازای واحد حجم آب است؛ حال‌آنکه در دیدگاه امنیت غذایی، بهره‌وری بیشتر به معنای محصول بیشتر به ازای واحد حجم آب است و واحد سطح زیر کشت مطرح نیست.

بهره‌وری آب بر مبنای ارزش یا سود از آب از دید ذی‌نفعان تعریف می‌شود (Dehghanisanij et al., 2009; Molden et al., 2003; Van Dam et al., 2006; Zwart and Bastiaanssen, 2004). برداشت اکثر کشاورزان از افزایش بهره‌وری آب، مربوط به افزایش درآمد محصول است و به کاهش مصرف آب توجهی نمی‌کنند. به‌طورکلی در تعریف بهره‌وری آب استفاده از معیارهای اقتصادی نسبت به معیارهای مهندسی ملموس‌تر بوده و امکان بهتری برای ارزیابی از میزان تأثیر اقدامات

مدیریتی مانند زمان‌بندی آبیاری و یا اقدامات عملی مانند کارایی تجهیزات را فراهم می‌کند (Knox et al., 2012). وسلینگ و فیدز^۱ (۲۰۰۶) با تأکید بر اینکه هنگام استفاده از بهره‌وری آب به‌عنوان شاخص مقایسه، باید به‌طور مشخص واضح شود که منظور از بهره‌وری آب چیست؛ تعاریف مختلفی از بهره‌وری آب را به شرح زیر ارائه کردند:

- برای متخصصان کشاورزی که در مقیاس مزرعه، به تحقیقات می‌پردازند و عملاً جدا کردن تبخیر از تعرق سخت و غیرممکن است، بهره‌وری عبارت است از حاصل تقسیم عملکرد محصول برداشت‌شده (Y_c) بر مجموع تبخیر-تعرق تجمعی گیاه در طول فصل کشت (ET_{A-S}).

- کشاورزان عموماً بهره‌وری را نسبت Y_c به حجم آب آبیاری در نظر می‌گیرند.

- در مقیاس شبکه‌ی آبیاری، بهره‌وری عبارت است از نسبت Y_c به دبی آب کانال.

- بهره‌وری از منظر سیاست‌گذاران در مقیاس‌های حوضه‌ای عبارت است از نسبت درآمد مالی به میزان مصرف آب.

در بررسی رابطه‌ی بین مصرف آب و عملکرد محصول، اساساً آب مصرفی گیاه به‌صورت تبخیر-تعرق در نظر گرفته می‌شود. از این‌رو وسلینگ و فیدز (۲۰۰۶) مفهوم کارایی مصرف آب را به‌صورت زیر تعریف کردند.

$$WUE(Kg/m^3) = \frac{Y_c}{ET_{A-S}} = \frac{Kg/ha}{m^3/ha} \quad (1-2)$$

که در این معادله WUE کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) Y_c عملکرد محصول (کیلوگرم) و ET_{A-S} میزان آب مصرف شده به‌صورت تبخیر-تعرق از گیاه (مترمکعب) است.

نظراتی در مورد ناکافی بودن شاخص بهره‌وری آب برای سنجش در کشاورزی مطرح است. برای مثال زوئلب^۲ (۲۰۰۶) اظهار داشته با توجه به اینکه آب تنها یکی از نیازهای رشد مطلوب گیاه و تضمین عملکرد بالاست و در محاسبه‌ی عملکرد بر اساس آب، عواملی مانند کارگر، زمین و سرمایه در نظر گرفته نمی‌شود؛ در نتیجه بهره‌وری آب شاخص معنی‌داری نیست. برخلاف سایر نهاده‌های کشاورزی آب آبیاری به‌وسیله‌ی کمپانی‌های خاص فروخته نمی‌شود. حتی اگر در ارزیابی بهره‌وری آب در مزارع گوناگون، منبع آب مشخص و برای مثال چاهی خاص باشد، بهره‌برداری از آن تابع شرایط محیطی یا مدیریت سیستم در زیر حوضه‌های مجاور است و برآورد دقیق در منشأ تفاوت در بهره‌وری دشوار است (Zoeb1, 2002).

۲-۲- روش‌های افزایش بهره‌وری آب

کاهش پیوسته‌ی آب در دسترس برای استفاده‌ی کشاورزی، افزایش بهره‌وری آب را لازم می‌سازد (Hatfield et al., 2001). تکنیک‌های صرفه‌جویی در مصرف آب، پتانسیل زیادی را برای بهبود مدیریت منابع آبی فراهم می‌کند. استفاده از این فناوری‌ها موجب بهبود در بهره‌وری آب و افزایش درآمد زارع می‌شود. این فناوری‌ها می‌تواند میزان آب از دسترس خارج‌شده‌ی غیرمفید را کاهش دهد، مانند کاهش سطح خیس شده در آبیاری قطره‌ای و یا اصلاح فاصله‌ی ردیف‌ها در گیاهان باغی (Reddy, 2016).

حوضه‌ی "های"^۳ در کشور چین مانند بسیاری از مناطق خشک جهان با کاهش شدید منابع آب، افت سطح آب زیرزمینی و آسیب جدی به محیط‌زیست روبروست. اقدامات بسیاری به‌منظور افزایش بهره‌وری آب و بازگرداندن تعادل به منابع آبی به

¹ Wesseling and Feddes

² Zoeb1

³ Hai Basin

حوضه از قبیل پوشش کانال‌ها، توسعه‌ی سیستم‌های لوله‌کشی و اجرای سامانه‌های پیشرفته‌ی آبیاری، صورت گرفته است. یان^۱ و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی این اقدامات، گزارش کردند که این فعالیت‌ها، چه در زمینه‌ی اقدامات سازه‌ای و چه در زمینه‌ی فعالیت‌های در مقیاس مزرعه به شکست انجامیده است. این در حالی است که تمهیدات متفاوتی در مقیاس مزرعه‌ای، مانند پوشش مالچ، بی‌خاکورزی، کم آبیاری، اصلاح الگوی کشت و استفاده از ارقام اصلاح‌شده^۲ و... نه تنها باعث افزایش عملکرد محصول و ترغیب زارع به استفاده از این تمهیدات گردید؛ بلکه ۲۵ درصد از مصرف بیش‌ازحد آب را نیز کاهش داد. آکودو^۳ و همکاران (۱۹۹۱) و گوتپا^۴ (۱۹۹۵) نیز بهبود کارایی مصرف را در گروهی افزایش میزان تعرق گیاه نسبت به تبخیر آزاد از سطح خاک دانستند.

در ادامه به بررسی مطالعات انجام‌گرفته در مورد اثر تکنیک‌های مختلف به‌منظور افزایش بهره‌وری و کاهش کاربرد و مصرف آب به‌طور جداگانه پرداخته‌شده است.

۲-۱- تأثیر تغییر ابعاد کرت بر عملکرد محصول و بهره‌وری آب

دور آبیاری، دبی جریان، زمان قطع جریان، طول و عرض زمین عواملی تأثیرگذار بر کارایی سیستم‌های آبیاری سطحی هستند که برای طراحی سیستم آبیاری، باید آن‌ها را در نظر گرفت (Walker and Skogerboe, 1987). جریان آب در مزرعه در ۳ فاز پیشروی^۵، نفوذ^۶ و پسروی^۷ اتفاق می‌افتد. عموماً فاز پیشروی از فاز پسروی کندتر است. دلیل آن این است که سرعت نفوذ آب در خاک خشک بیشتر است در نتیجه عموماً ابتدای مزرعه نسبت به انتها بانفوذ عمقی بیشتری مواجه است. حال اگر دبی ورودی جریان کم باشد، زمان رسیدن آب به انتهای مزرعه بسیار طولانی شده و در نتیجه بانفوذ عمقی بالایی در ابتدای زمین روبرو هستیم. درحالی‌که ممکن است انتهای مزرعه آب کافی دریافت نماید. از طرف دیگر اگر دبی جریان بالا باشد با تلفات سطحی آب^۸ روبرو هستیم (FAO, 2002). نارایانا^۹ و همکاران (۱۹۸۰) پیشنهاد کردند در مزارع کوچک با دبی محدود ۱۰ لیتر بر ثانیه، طول ۵۰ تا ۷۰ متر و عرض ۶ تا ۸ متر در نظر گرفته شود.

فائو (۲۰۰۲) بافت خاک، دبی جریان، عمق آبیاری، شیب، مساحت مزرعه و عملیات زراعی را به‌عنوان فاکتورهای مهم در طراحی طول و عرض کرت و یا طول شیار آبیاری معرفی کرد. اگرچه یکنواختی و راندمان کاربرد آب با کاهش طول شیار و کرت افزایش می‌یابد، اما به‌منظور کاهش هزینه‌های کارگری در کشاورزی مدرن قطعه‌ی آبیاری باید تا حد امکان بلند طراحی شود؛ بنابراین ایجاد تعادل بین این دو مقوله در این زمینه لازم است (FAO, 2002).

¹ Yan

² Cultivars

³ Acevedo

⁴ Gupta.

⁵ Advance

⁶ Infiltration

⁷ Retrogression

⁸ Runoff

⁹ Narayana

۲-۲-۲- تأثیر رقم بر عملکرد محصول و بهره‌وری آب

تورنت‌وایت^۱ (۱۹۴۸) مفهوم تبخیر-تعرق پتانسیل را به‌عنوان میزان مطلوب مصرف آب توسط گیاه تعریف کرد. امروزه تبخیر-تعرق پتانسیل به میزان آبی اطلاق می‌شود که گیاه مصرف می‌کند تا در شرایطی که هیچ تنش دیگری به آن وارد نمی‌شود، به بیشینه‌ی عملکرد خود برسد. نیاز آبی گیاه به‌صورت مستقیم با میزان تبخیر-تعرق گیاه مرتبط است. تبخیر-تعرق نیز به مجموعه‌ای از عوامل محیطی از قبیل نزولات جوی، شرایط آب و هوایی، فاکتورهای رطوبتی خاک و نوع گیاه مربوط است (Dunn and Mackay, 1995). استفاده از رقم‌های مقاوم به خشکی به‌طور چشمگیری باعث افزایش WP می‌شود. به‌عبارت‌دیگر زمانی که گیاه با تنش خشکی روبرو است، WP به‌طور مستقیم با مقاومت به خشکی گیاه ارتباط دارد (Zhang et al, 2011). با مقایسه بین روش‌های کشاورزی پیشنهاد شده به‌منظور برداشت کمتر از منابع آب، استفاده از ارقام اصلاح‌شده با عملکرد بالا و در نتیجه WP بالا، با کمترین سرمایه‌گذاری بیشترین بازده را داشته است (Shan et al., 2006).

ژانگ و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که ارقام اصلاح‌شده‌ی گندم در طول ۲۰ سال، در جلگه‌های شمالی چین، باعث افزایش Y_c و به‌تبع آن افزایش چشمگیر WP شده است. استردا^۲ و همکاران (۲۰۱۲) نیز با تحقیق بر زراعت دیم در اروپای مرکزی گزارش کردند که ارقامی با ۲۱ درصد سیستم ریشه‌ای^۳ بزرگ‌تر نسبت به سایر ارقام، موجب افزایش عملکرد ۴۲۰ کیلوگرم بر هکتار می‌شود.

ریچاردز^۴ (۲۰۰۶) توصیه می‌کند که در مناطقی که با خطر کمبود آب روبرو است، ارقام به‌گونه‌ای اصلاح شوند که WP بهبود یابد. بلوم^۵ (۲۰۰۹) نیز توصیه می‌کند بایستی در مناطق با خطر خشکی، بهبود رقم‌های بذر در مسیر به حداکثر رساندن توان جذب رطوبت گیاه از محیط خاک باشد تا افزایش تعرق و در نتیجه این امر کاهش تلفات تبخیر از سطح آزاد خاک را به همراه خواهد داشت.

خو رنک^۶ و همکاران (۲۰۱۳) اصلاح بذر با هدف افزایش WP را کافی ندانسته و بیان کردند که افزایش Y_c ناشی از اصلاح بذر، افزایش مصرف آب را به همراه دارد. در نتیجه نیاز است تا بذرها به‌گونه‌ای اصلاح شوند که علاوه بر افزایش تولید، کاهش مصرف آب را نیز به همراه داشته باشند.

۲-۲-۳- تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر عملکرد محصول و بهره‌وری آب

خصوصیات خاک یکی از نکات کلیدی در کشاورزی پایدار و تأثیرگذار بر مصرف آب است. تکنیک‌های خاک‌ورزی بر خصوصیات خاک^۷ و به‌تبع آن Y_c و میزان مصرف آب تأثیرگذار است. برای نمونه هو^۸ و همکاران (۲۰۱۲) گزارش نمودند که عملیات متناوب خاک‌ورزی^۹ باعث بهبود مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک شده و در نتیجه سبب افزایش Y_c و WP می‌گردد.

¹ Thornthwaite

² Stredaa

³ RSS : Root System Size

⁴ Richards

⁵ Blum

⁶ Xurong

⁷ Soil Properties

⁸ Hou

⁹ Rotational Tillage

جین^۱ و همکاران (۲۰۰۹) در اراضی با کشت متناوب ذرت و گندم پاییزه در شمال چین به مقایسه‌ی خاک‌ورزی حفاظتی و خاک‌ورزی مرسوم پرداختند و مشاهده کردند که خاک‌ورزی حفاظتی^۲، Yc و WP در گندم را به ترتیب ۶/۷ درصد و ۳۰/۱ درصد و Yc و WP در ذرت را به ترتیب ۸/۹ درصد و ۶/۸ درصد نسبت به خاک‌ورزی مرسوم بهبود بخشیده است.

برهه^۳ و همکاران (۲۰۱۳) طی بررسی‌هایشان در شرق اتیوپی بر روی ذرت مشاهده کردند که افزایش عمق شخم از ۱۵ سانتی‌متر به ۲۵ سانتی‌متر تأثیر مشخصی بر Yc، کیفیت دانه و WP در آبیاری ندارد. عبدالله^۴ (۲۰۱۴) در تحقیقی که بر روی کلزا در شمال عراق با اقلیمی نیمه‌خشک انجام داد گزارش نمود که کمینه‌ی خاک‌ورزی^۵ و مدیریت بقایای گیاهی باعث افزایش آب خاک^۶، ماده‌ی آلی خاک، عملکرد کلزا و میزان روغن دانه‌ی کلزا شده است. گوان^۷ و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقاتی تأثیر عملیات خاک‌ورزی بر توسعه‌ی ریشه و WP در گندم پاییزه‌ی دیم جلگه‌های شمال غرب چین را بررسی کردند و دریافتند که شخم به‌وسیله‌ی گاواهن نسبت به شخم با گاواهن دوار^۸ باعث کاهش چشمگیر چگالی ظاهری خاک و افزایش تراکم ریشه‌ها^۹ و در نتیجه تبخیر-تعرق بیشتر در فصل گلدهی شده است؛ که منجر به افزایش Yc و WP گردید.

وانگ^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی‌های خود بر روی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی در کشت ذرت دیم به این نتیجه رسیدند که بی‌خاک‌ورزی^{۱۱} در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم، ذخیره‌ی رطوبتی خاک را ۸ الی ۱۲ درصد افزایش داد که به تبع آن WP نیز افزایش یافت. موروکه^{۱۲} و همکاران (۲۰۱۱) در مقایسه بین سه نوع گیاه لوبیا چشم‌بلبلی، سورگوم و آفتابگردان به این نتیجه رسیدند که تأثیرپذیری WP از سیستم‌های خاک‌ورزی بستگی به نوع گیاه و شرایط اقلیمی دارد. میریتی^{۱۳} و همکاران (۲۰۱۲) در غرب کنیا در کشت متناوب ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی مشاهده کردند که خاک‌ورزی حفاظتی نسبت به خاک‌ورزی عمیق^{۱۴} باعث افزایش پارامترهایی مانند رطوبت قابل‌استفاده در خاک، عملکرد محصول و کارایی مصرف آب در هر دو گیاه شده است.

تاکنون مطالعات زیادی در ایران بر روی میزان و نحوه‌ی تأثیرات خاک‌ورزی بر Yc و WP صورت گرفته است. برای نمونه افضل‌ی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی‌های خود بر روی تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر WP و عملکرد ذرت در کرمان مشاهده نمودند که تیمار کم خاک‌ورزی بیشترین Yc را در مقایسه با سایر تیمارها داشته است. حیدری (۱۳۹۰) با مشاهده‌ی اینکه روش‌های مختلف خاک‌ورزی تأثیری معنی‌دار بر Yc گندم نداشته‌اند، نتیجه گرفت در مزارعی که به‌طور کامل آبیاری می‌شوند، زیرشکنی تأثیری در افزایش Yc ندارد. حیدری سلطان‌آبادی و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی تأثیرات خاک‌ورزی در عملکرد

^۱ Jin,

^۲ Conservation Tillage

^۳ Berhe.

^۴ Abdullah.

^۵ Minimum Tillage (Reduced Tillage)

^۶ Soil Water Content

^۷ Guan,

^۸ Rotary-Tillage

^۹ Root Density (Root Length Density-Root Weight Density-Root Surface Density)

^{۱۰} Wang

^{۱۱} No-tillage

^{۱۲} Moroke

^{۱۳} Miriti

^{۱۴} Subsoiling-Ripping

آفتابگردان روغنی نتیجه گرفت، با توجه به هزینه‌ی بالای اجرای عملیات زیرشکنی و همچنین عدم تأثیر آن بر Y_c ، استفاده از این عملیات در منطقه‌ی مورد مطالعه (کبوتر آباد) ضرورت پیدا نمی‌کند. نامبردگان همچنین اعلام نمودند روش‌های مختلف خاک‌ورزی در مقدار جرم مخصوص ظاهری خاک تفاوت معنی‌داری ایجاد نکردند. محمدی و همکاران (۱۳۹۲) نیز مشاهده کردند که آفتابگردان در خاک‌ورزی حداقل، بیشترین عملکرد محصول را دارا است. شم‌آبادی (۱۳۹۱) در بررسی اثر روش‌های کم‌خاک‌ورزی بر بهره‌وری مصرف انرژی و Y_c گندم دیم بیان کرده است که استفاده از گاواهن چيزل نسبت به گاواهن برگردان‌دار موجب افزایش معنی‌داری در Y_c گندم شده است. لویمی و همکاران (۱۳۹۰) به مطالعه‌ی Y_c گندم دیم در زمین‌های سنگلاخی پرداخته و ذکر نمودند که هر وسیله‌ای که بیشتر خاک را برگرداند Y_c را بالا می‌برد که دلیل آن زیرخاک بردن ریگ و قلوه‌سنگ بالاآمده در سطح خاک به دلیل بارندگی‌های فصل قبل و در نتیجه افزایش نسبت خاک به ریگ و قلوه‌سنگ است.

حیدرپور و همکاران (۱۳۸۹) که به بررسی تأثیر خاک‌ورزی بر خصوصیات خاک و Y_c در مناطق نیمه گرمسیری پرداختند، بیان کردند که اعمال تیمار خاک‌ورزی با گاواهن قلمی + هرس بشقابی موجب افزایش نسبی رطوبت خاک در عمق‌های مختلف نمونه‌برداری به میزان $7/3$ درصد نسبت به تیمار شاهد گردیده و برای اقلیم نیمه گرمسیری کشور و مناطق مشابه این اقدامات را توصیه نمودند.

۲-۴- تأثیر مدیریت تغذیه (رژیم کودی) بر عملکرد محصول و بهره‌وری آب

مهارت مدیر آبیاری با برنامه‌ریزی مناسب در سطح مزرعه آغاز می‌شود. این برنامه‌ریزی به‌وسیله‌ی فاکتورهای پیچیده‌ی مؤثر بر نیاز آبی مانند آب‌وهوا، الگوی کشت، روش آبیاری، فعالیت‌های کشاورزی و غیره، به‌شدت با عدم قطعیت روبروست (Hillel, 1990). یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های کشاورزی نوع، میزان، زمان و نحوه‌ی استفاده از کود است. این عوامل با تأثیر بر کیفیت و کمیت محصول، WP را نیز تغییر می‌دهند. لی^۱ و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقات میدانی در زمین‌های نیمه‌خشک چین مشاهده کردند که کود دهی ازت به اراضی دارای کمبود نیتروژن به‌طور قابل‌توجهی تبخیر از سطح خاک را کاهش داده و باعث افزایش تعرق شد و دلیل اصلی آن را افزایش رشد توده‌ی هوایی گیاه و شاخص سطح برگ گیاه دانستند. فرناندز^۲ و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که فسفر میزان مقاومت به تنش خشکی را در گیاه افزایش می‌دهد و در نتیجه در مناطق خشک، کمبود فسفر در دوره‌ی کشت خسارت‌زا است. رائو^۳ و همکاران (۲۰۱۶) در اراضی پنبه با آبیاری قطره‌ای مشاهده نمودند در زمین‌هایی که فسفر به‌وسیله‌ی باکتری‌ها تثبیت‌شده بود، بدون آنکه گیاه با کاهش Y_c روبرو شود، کاهش مصرف آب مشاهده شد. لی و همکاران (۲۰۱۵) نیز بیان نمود که استفاده از کود فسفر به‌طور قابل‌توجهی Y_c و WP را در زمین‌های دیم نیمه‌خشک افزایش می‌دهد.

۲-۳- اندازه‌گیری جریان ورودی به مزرعه

در برنامه‌ریزی مؤثر سیستم آبیاری، مدیر آبیاری باید از یک‌سو درک درستی از رفتار کشاورز در استفاده از آب داشته باشد (مدیریت آبیاری، عمق و دور آبیاری و ...) و از سوی دیگر نیز درآمد حاصل و بهره‌وری آب را نیز به‌خوبی پیش‌بینی کند (Lorite, et al., 2004). میزان جریان ورودی به مزرعه از اولین اطلاعات لازم برای برنامه‌ریزی مناسب آبیاری است. اداره‌ی

^۱ Li

^۲ Fernandez

^۳ Rao

احیای اراضی آمریکا^۱ (۲۰۰۱) گزارش نمود که اندازه‌گیری جریان ورودی به مزرعه علاوه بر محاسبه‌ی دقیق هزینه‌ی آب مورد استفاده، منافع زیاد دیگری نیز دارد؛ منفعه‌ی که در نگاه اولیه شاید پنهان بوده و به چشم نیایند. مانند:

- حسابرسی دقیق میزان آب اختصاص یافته به مزارع و کمک به ایجاد فضای رقابتی در بین زارعین به منظور بهره‌وری بیشتر؛
- تسهیل در اختصاص دقیق و منصفانه آب در مزارع که باعث کاهش مشکلات در حین عملیات زراعی می‌شود؛
- دقت در اندازه‌گیری آب، اطلاعات لازم به منظور تصمیم‌گیری در مورد سیستم را به گونه‌ای فراهم می‌کند که هم بهره‌وری آب آبیاری را افزایش دهد و هم کاهش اثرات منفی بر محیط زیست را همراه داشته باشد؛
- وسایل دائمی اندازه‌گیری جریان، امکان خودکارسازی در اندازه‌گیری و مدیریت سیستم‌های آبیاری را در آینده فراهم می‌کند؛
- اندازه‌گیری آب و پیرو آن مدیریت بهتر، رواناب و نفوذ عمقی را کاهش داده و سبب به حداقل رساندن صدمه به گیاه می‌شود. همچنین آلودگی کاهش زهاب حاوی آلاینده از آلوده‌تر شدن آبخوان‌ها جلوگیری می‌کنند؛
- فراهم شدن امکان اعمال صحیح‌تر سیاست‌های تشویقی و تنبیهی به منظور افزایش بهره‌وری و کاهش مصرف بی‌رویه آب.

۲-۳-۱- روش‌های اندازه‌گیری جریان آب در ورودی به مزرعه

برای اندازه‌گیری جریان در مزرعه عموماً از فلوم یا سرریز استفاده می‌شود. فلوم‌ها نسبت به سرریزها مزیت‌هایی دارند که از آن جمله می‌توان توانایی فلوم در تمیز کردن خود را ذکر کرد. فلوم‌ها عموماً وسایلی پیش‌ساخته می‌باشند که موقتاً یا به صورت دائمی در مسیر جریان قرار می‌گیرند. اساس کار فلوم‌ها بر قواعد ونتوری^۲ است. با کاهش سطح مقطع جریان سرعت افزایش یافته و عمق آب تغییر می‌کند. یک فلوم معمولاً از ۳ بخش همگرا^۳، گلوگاه^۴ و واگرا^۵ تشکیل شده است. انواع مختلفی از فلوم‌ها بر اساس نوع و شکل موجود است. برای محاسبه‌ی دقیق جریان، می‌بایست از منحنی‌های کالیبراسیون که سازندگان فلوم تهیه می‌کنند، استفاده شود.

۲-۳-۲- روش‌های پایش رطوبت خاک

با توجه به اهمیت رطوبت خاک (θ) در برآورد تبخیر-تعرق و به تبع آن Y_c ، اندازه‌گیری و تفسیر آن اهمیت زیادی دارد. رطوبت خاک به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم اندازه‌گیری می‌شود. در روش مستقیم، به وسیله‌ی مته از خاک نمونه‌برداری شده و سپس آن را به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه‌ی سانتی‌گراد داخل آون قرار داده و وزن می‌کنند. روش‌های غیرمستقیم انواع مختلفی دارد که هر کدام در ابتدا یک پارامتر وابسته به رطوبت خاک در محیط خاک را اندازه گرفته و سپس از روی آن میزان رطوبت خاک تعیین می‌شود. روش‌هایی مانند استفاده از دستگاه نوترون متر، دستگاه تابش گاما، TDR^۶ و بلوک گچی در این دسته قرار می‌گیرند. در این تحقیق از دستگاه رطوبت‌سنج مدل PR2 شرکت Delta-T که مبنای آن محاسبه‌ی رطوبت خاک

^۱ USBR: U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation

^۲ Venturi

^۳ Converging Section

^۴ Throat section

^۵ Diverging section

^۶ A time-domain reflectometer

با اندازه‌گیری شاخص دی‌الکتریک خاک می‌باشد، استفاده شد. در فصل ۳ (مواد و روش‌ها) به تشریح نحوه‌ی کار این دستگاه پرداخته شد.

۴-۲- اهمیت محاسبه‌ی پارامترهای بیلان آبی

میزان اندکی از آب جذب‌شده توسط گیاه برای سوخت‌وساز گیاه، ایجاد آماس برگ و آسمانه گیاهی، خنک کردن سطح برگ و جابجایی مواد مغذی استفاده می‌شود. بخش عمده‌ی آب کاربردی توسط گیاه به‌صورت تعرق تلف می‌شود (Monteith, 1993; Seckler et al., 2003).

گروهی از محققین بر این باورند که اقداماتی که باهدف بهبود راندمان کاربرد آب E_a و افزایش WP انجام‌گرفته، به‌تنهایی برای صرفه‌جویی مصرف آب و در نتیجه، کاهش فشار بر روی منابع آب کافی نمی‌باشند. برای مثال: پری^۱ و همکاران (۲۰۰۹) در نتیجه‌ی تحقیقات خود ذکر نمودند: که هرچند بهبود عملکرد سامانه‌های آبیاری موجب افزایش راندمان کاربرد آب، کاهش هدر رفت آب و افزایش عملکرد محصول می‌شود؛ اما با توجه به اینکه توانایی سامانه‌های آبیاری در کاهش میزان آب از دسترس خارج‌شده، در قالب مجموع تبخیر-تعرق در طول فصل رشد (ET_{A-S})، محدود می‌باشد و همچنین Y_c در شرایط بدون تنش با میزان آب مصرف شده توسط گیاه به‌صورت همبستگی خطی، نسبت مستقیم دارد. در نتیجه تأثیر افزایش راندمان کاربرد آب E_a ، در میزان صرفه‌جویی مصرف آب، مورد تردید است. در واقع از آنجاکه افزایش Y_c ، افزایش مصرف آب را به همراه خواهد داشت، در رسیدن به افزایش کارایی اقتصادی آب^۲ علاوه بر در نظر گرفتن درآمد و هزینه‌های سرمایه‌گذاری سیستم، در محاسبه‌ی سود و هزینه باید تأثیر مدیریت آبیاری بر معیشت مردم و تأثیرات اکولوژیکی در نظر گرفته شود (Molden et al., 2003). به عبارت دیگر هرچند مزیت‌های بهبود عملکرد سامانه‌های آبیاری قابل انکار نیست، اما توصیه می‌شود که اثرات هیدرولوژیکی این اقدامات مورد مطالعه قرار گیرد که این مهم نیازمند اندازه‌گیری دقیق آب در مقیاس محلی و برآورد آب از دسترس خارج‌شده می‌باشد (Perry, 2011).

باتچلور^۳ و همکاران (۲۰۱۴) به مطالعه بر روی تکنیک‌هایی که به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف آب در هند استفاده می‌شود، پرداختند. این محققین عنوان کردند که این اقدامات عمدتاً افزایش WP را به دنبال داشته است.

^۱ Perry

^۲ Economic Water productivity

^۳ Batchelor

فصل سوم

روش‌شناسی

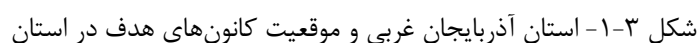
اطلاعات بر اساس فعالیت‌های صورت گرفته در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و برای دو کشت پاییزه و بهاره در کانون‌های هدف شامل میاندوآب (کشت پاییزه و بهاره)، سلماس (کشت پاییزه)، ارومیه (کشت بهاره) و مهاباد (کشت پاییزه) برداشت شد. زراعت‌های انتخابی در کشت پاییزه شامل گندم، جو و زراعت‌های انتخابی برای کشت بهاره شامل آفتابگردان، ذرت، کدو، سیب‌درختی، چغندر قند و گوجه‌فرنگی می‌باشد.

مزارع انتخابی با هماهنگی با کارفرما و با تأکید بر تنوع منبع تأمین آب (سطحی و زیرزمینی) و تکنیک‌های فنی کشاورزی، انتخاب گردید. هر مزرعه بر اساس تنوع تکنولوژی، شرایط مزرعه و همکاری زارع به دو بخش یا بیشتر تقسیم‌شده به‌طوری‌که امکان بررسی اثربخشی تکنیک‌ها (تیمارهای آزمایشی) با تیمار شاهد (مدیریت مرسوم کشاورز) ممکن باشد. مشخصات مزارع و تکنیک‌ها مربوط به هر یک در ادامه ارائه شده است. برای انتخاب مزارع مورد پایش برای انجام آزمایش‌ها ابتدا لیست تمامی مزارع هدف، از شرکت‌های فنی و مهندسی که در سطح استان فعال هستند اخذ گردید. پس از دریافت اطلاعات مزارع، از مزارع تحت فعالیت شرکت‌ها به‌صورت میدانی بازدید به‌عمل‌آمده و از بین آن‌ها برای انجام آزمایش‌ها پایش، انتخاب گردید.

۱-۳- منطقه مطالعاتی

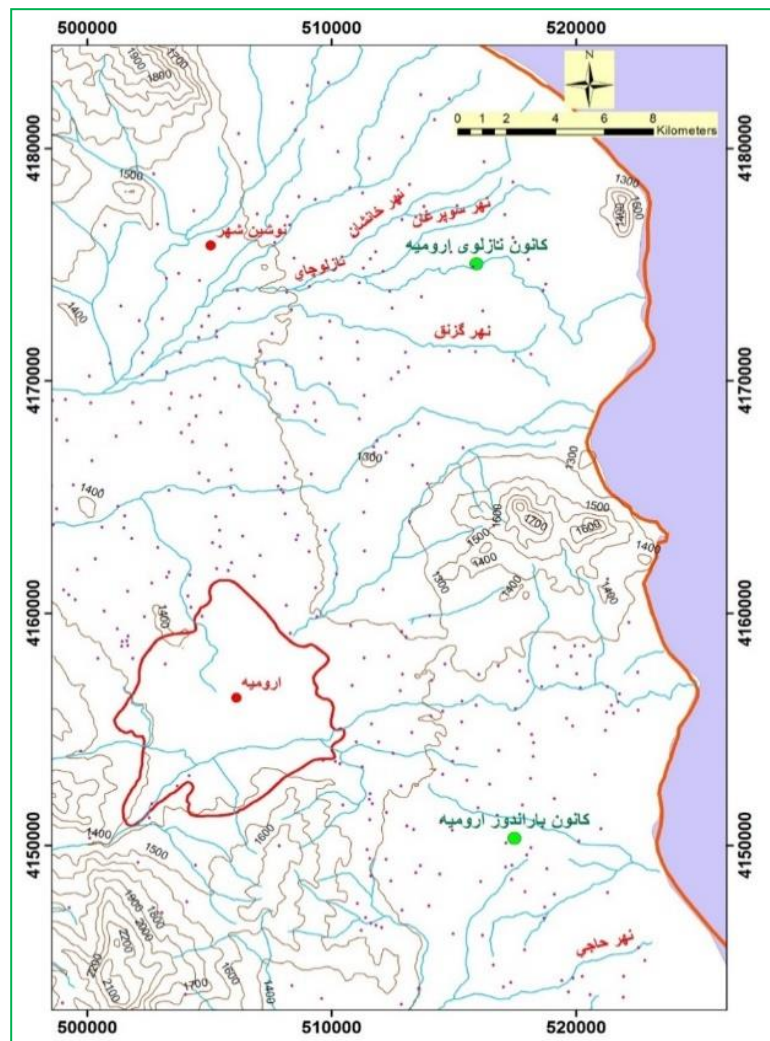
۱-۱-۳- موقعیت استان آذربایجان غربی و کانون‌های هدف

استان آذربایجان غربی در شمال غربی ایران واقع‌شده و بخش‌های مرکزی و جنوبی آن در حوضه آبریز دریاچه ارومیه واقع‌شده است. منابع آبی استان در مقایسه با منابع آبی کشور قابل‌توجه بوده و میزان بارندگی آن با ۳۴۰ میلی‌متر، یک و نیم برابر بارندگی کشور می‌باشد. در شکل ۱-۳ استان آذربایجان غربی نشان داده‌شده است. شهرستان‌های سلماس، ارومیه، اشنویه، نقدة، مهاباد، میاندوآب، شاهین‌دژ، بوکان و تکاب از این استان در حوضه آبریز دریاچه ارومیه واقع‌شده‌اند.

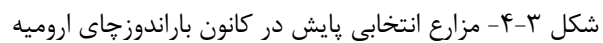
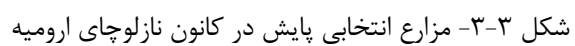


شهرستان ارومیه مرکز استان آذربایجان غربی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه است. اراضی زراعی و باغی آن در مقایسه با منابع آب آن متناسب بوده و شاهد افت شدید سطح آب چاه‌ها در این شهرستان نیستیم. نواحی و روستاهای مجاور رودخانه‌ها و انهار منشعب از رودخانه‌ها از نظر منابع آب سطحی و زیرزمینی در وضعیت مساعدی به سر می‌برند اما نواحی دور از آب‌های

سطحی نظیر اراضی حاشیه دامنه‌ها که دور از رودخانه و یا انهار هستند از نظر منابع آب آبیاری دچار مشکل شده‌اند. در شکل ۳-۲ موقعیت و توپوگرافی شهرستان ارومیه و کانون‌های هدف آن نشان داده است. در این شهرستان به علت وسعت و اهمیت کشت محصولات بهاره، تعداد ۶ روستا برای اعمال تکنولوژی‌ها انتخاب گردید. پس از انجام بررسی‌ها، روستاهای ساریجالو، اوصالو و آیبیلو در کانون نازلوچای و روستای ساری‌بیگلوی، معین و فقی‌بیگلو در کانون باراندوزچای برای پایش نتایج اقدامات ترویجی و اعمال تکنولوژی‌ها در نظر گرفته شد. در شکل‌های ۳-۳ و ۳-۴ موقعیت کانون‌های نازلوچای و باراندوزچای نسبت به شهر ارومیه و مزارع انتخابی در هر کانون نشان داده شده است.



شکل ۳-۲- شهرستان ارومیه و موقعیت کانون‌های هدف



۱-۲-۱-۳- موقعیت مزارع برای پایش در کانون نازلوچای و باراندوزچای ارومیه برای کشت بهاره

پایش شهرستان ارومیه در دو کانون نازلوچای و باراندوزچای چای با تعداد ۱۳ مزرعه و باغ صورت پذیرفت. تعداد ۷ مزرعه و باغ در کانون نازلوچای ارومیه برای انجام مطالعات پایش انتخاب گردید. مزارعی که برای انجام پایش انتخاب شدند عبارت از مزرعه آفتابگردان مهدی علیخانی، آقایان رضازاده و یوسف‌زاده با باغ الوان (درختان سیب و هسته‌دار)، آقایان صدقلی محمدی و نوری به ترتیب با باغ انگور ایستاده و خوابیده، آقای علی شوکتی با آفتابگردان رقم ۷۰۴ و آقای خسروزاده با مزرعه کدو بودند. مشخصات عمومی این مزارع در جدول ۱-۳ درج شده است.

همچنین تعداد ۶ مزرعه و باغ در کانون باراندوزچای ارومیه برای انجام مطالعات پایش انتخاب گردید. مزارعی که در کانون باراندوزچای ارومیه برای انجام پایش انتخاب شدند عبارت از باغ الوان (سیب و هسته‌دار) آقایان محمد محمدی و علی رضایی، باغ سیب آقای سلمانعلی محمدی، مزارع گوجه‌فرنگی با کاشت بذری و نشایی آقای غنی‌زاده و گوجه‌فرنگی با کاشت بذری با سیستم تیپ آقای چراغی بودند. مشخصات عمومی این مزارع در جدول ۲-۳ درج شده است.

جدول ۳-۱- مشخصات عمومی مزارع مورد بررسی در کانون نازلوچای ارومیه

ردیف	نام زارع	نام محصول	نام روستا	تیمار / شاهد	مساحت قطعه زراعی (ha)	مساحت قسمت آزمایشی (ha)	طول در جهت آبیاری (m)	طول نوارهای آبیاری (m)	عرض نوارها (m)	عمق چاه (m)	عمق آب در چاه (m)	دبی چاه (L/s)
۱	غلامرضا رضازاده	سیب و هسته‌دار	اوصالوی کاظم	شاهد	۰/۶۵	۰/۴۴۸	۱۱۷	۱۱۷	۴	۲۵	۱۲	۶
۲	الهوردی یوسف‌زاده	سیب و هسته‌دار	اوصالوی کاظم	تیمار	۰/۶۶	۰/۱۵	۸۰	۸۰	۶	۳۵	۱۵	۴/۵
۳	عادل خسرو زاده	کدو	ساریچالو	تیمار	۰/۵	۰/۵	۱۵۳	۳۸	۱	۲۵	۱۳	۵/۸
۴	علی شوکتی	ذرت ۷۰۴ کشت دوم	اوصالوی کاظم	شاهد	۰/۶۷	۰/۶۷	۱۱۲	۱۱۲	۴	۳۰	۱۲	۵/۷
۵	مهدی علیخانی	آفتابگردان	آییلو	شاهد	۱/۵	۱,۵	۱۳۷	۱۳۷	۶	۲۵	۱۵	۶/۷
۶	حسین نوری	انگور خوابیده	آییلو	شاهد	۰/۴۲	۰/۴۲	۴۰	۴۰	۱	۳۵	۱۵	۶/۷
۷	صدقعلی محمدی	انگور ایستاده	آییلو	تیمار	۰/۲	۰/۲	۷۰	۷۰	۳	۳۵	۱۵	۶/۵

ادامه جدول ۳-۱- مشخصات عمومی مزارع موردبررسی در کانون نازلوچای ارومیه

ردیف	نام زارع	کود دامی (گاوی) مصرفی (ton)	کود شیمیایی مصرفی (kg)	عملیات تهیه زمین			تکنولوژی‌های موردنظر برای مزرعه			
-	-	(ton)	(kg)	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۴
۱	غلامرضا رضا زاده	۴	اوره	بیل کاری پای درختان						
۲	الهوردی یوسف زاده	۱۰	اوره	بیل کاری پای درختان			استفاده از کود زیستی	نصب تله فرمونی		
۳	عادل خسرو زاده	۳	اوره	شخم با گاوآهن			کشت فارویی	کاهش طول و عرض کرت	محلول پاشی با کود زیستی	وجین به موقع
۴	علی شوکتی	۴	اوره	شخم با گاوآهن	شخم با چپزل	کاشت با خطی کار	کم کردن کود شیمیایی	استفاده از زنبور براکو	رقم ۷۰۴ ذرت	
۵	مهدی علیخانی	۶	اوره	شخم با گاوآهن	زدن کولتیاواتور	کشت فارویی	تسطیح نسبی زمین	استفاده از لوله‌های پلاستیکی		
۶	حسین نوری	۴	اوره	بیل کاری پای درختان			بقایای گیاهی سال قبل			
۷	صدقلی محمدی	۱۰	اوره	بیل کاری پای درختان	رتیواتور		کاهش مصرف کود شیمیایی	نصب تله‌های فرمونی	سله شکنی	

جدول ۳-۲- مشخصات عمومی مزارع موردبررسی در کانون باراندوزچای ارومیه

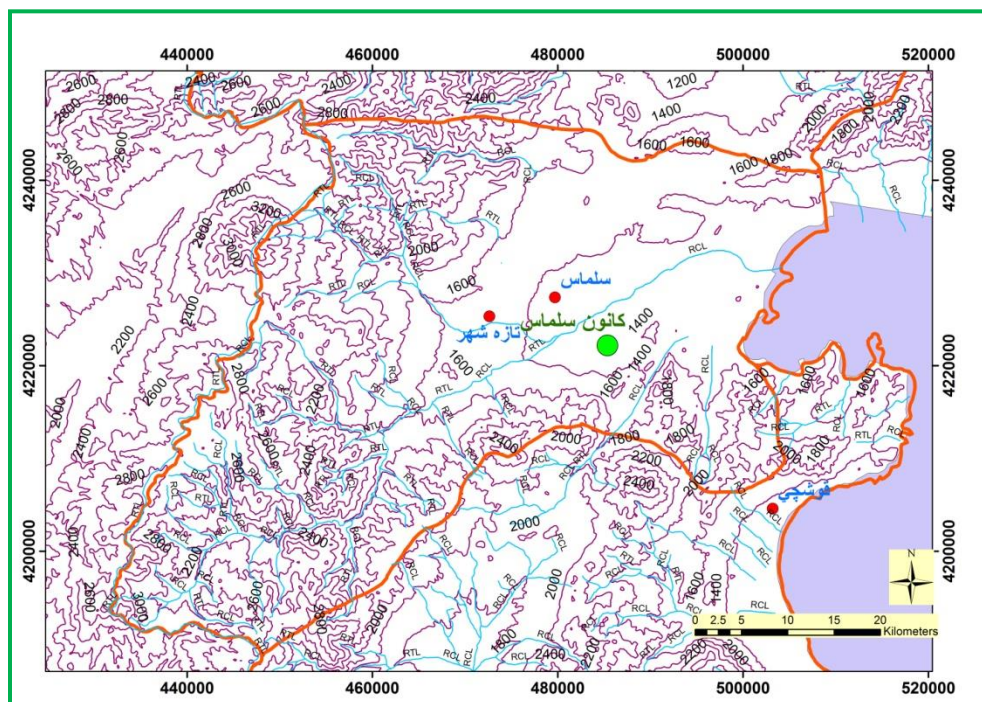
ردیف	نام زارع	نام محصول	نام روستا	تیمار/ شاهد	مساحت قطعه زراعی	طول در جهت آبیاری	طول نوارهای آبیاری	عرض نوارها	عمق چاه	عمق آب در چاه	دبی چاه
					(ha)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(L/s)
۱	علی رضایی	سیب و هسته‌دار	ساری بیگلوی معین	شاهد	۱/۸	۶۵	۶۵	۶	۳۵	۱۲	۹/۳
۲	محمد محمدی	سیب و هسته‌دار	ساری بیگلوی معین	تیمار	۱	۱۱۸	۵۹	۵	۳۵	۱۲	۵/۵
۳	سلمان محمدی	سیب	ساری بیگلوی معین	تیمار	۱	۱۱۰	۵۵	۶	۲۴	۱۲	۴/۸
۴	غلام غنی‌زاده	گوجه‌فرنگی با کشت بذری	ساری بیگلوی معین	شاهد	۰/۴۵	۱۱۰	۱۰	۱	۳۵	۱۲	۷/۵
۵	غلام غنی‌زاده	گوجه‌فرنگی با کشت نشایی	ساری بیگلوی معین	تیمار	۰/۴۱	۱۱۰	۱۰	۱	۳۵	۱۲	۷/۵
۶	محمد چراغی	گوجه‌فرنگی با کشت بذری و قطره‌ای نواری (تی تیپ)	فقی بیگلو	تیمار	۰/۱۴	۷۰	۷۰	۱	۱۸	۱۱	۲/۶

ادامه جدول ۳-۲- مشخصات عمومی مزارع موردبررسی در کانون باراندوزچای ارومیه

ردیف	نام زارع	کود دامی مصرفی (ton)	کود شیمیایی مصرفی (kg)	عملیات تهیه زمین			تکنولوژی‌های موردنظر برای مزرعه		
				۱	۲	۳	۱	۲	۳
۱	علی رضایی	۳	سوپر فسفات ۳۰۰	بیل کاری پای درختان	-	-	-	-	-
۲	محمد محمدی	۳		بیل کاری پای درختان	-	-	لوله گذاری سر ردیف‌ها	کاهش طول نوار آبیاری	تشتک گذاری
۳	سلمان محمدی	۳		بیل کاری پای درختان	-	-	لوله گذاری سر ردیف‌ها	کاهش طول نوار آبیاری	-
۴	غلام غنی زاده	۳		عدم استفاده از شخم برگردان دار	زیر شکن	روتیواتور	کشت بذری	کشت دوطرفه	-
۵	غلام غنی زاده	۳		عدم استفاده از شخم برگردان دار	زیر شکن	روتیواتور	کشت نشایی	کشت دوطرفه	-
۶	محمد چراغی	۰/۵	سوپر فسفات ۵۰	شخم کم عمق	شخم	-	کشت مستقیم	استفاده از نوار تیپ	خاک‌ورزی حفاظتی

۳-۱-۳- موقعیت شهرستان سلماس و کانون‌های هدف

شهرستان سلماس شمالی‌ترین شهرستان استان آذربایجان غربی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه است. پایش شهرستان سلماس با تعداد ۱۲ مزرعه و باغ صورت پذیرفت. اراضی زراعی و باغی آن در مقایسه با منابع آب آن بسیار زیاد بوده و هم‌اکنون وضعیت منابع آب زیرزمینی در دشت سلماس در وضعیت بحرانی است. عمق آب زیرزمینی در بیشتر نقاط دشت به بیش از ۴۰ متر رسیده و در برخی مناطق، دشت نشست کرده است. به علت سیلابی بودن دشت و وجود مسیل‌های زیاد در اطراف دشت، آبخوان دشت آبرفتی بوده و دبی چاه‌ها در اکثر نواحی بیش از ۲۰ لیتر در ثانیه است. در شکل‌های ۳-۵ و ۳-۶ موقعیت و توپوگرافی شهرستان سلماس و کانون هدف آن نشان داده است. در این شهرستان به علت بحران افت شدید سطح ایستابی، تعداد ۱۰ روستا برای اعمال تکنولوژی‌ها انتخاب گردیده است و پس از انجام بررسی‌ها، روستای آغ اسماعیل را برای پایش نتایج اقدامات ترویجی و اعمال تکنولوژی‌ها در نظر گرفته شد.

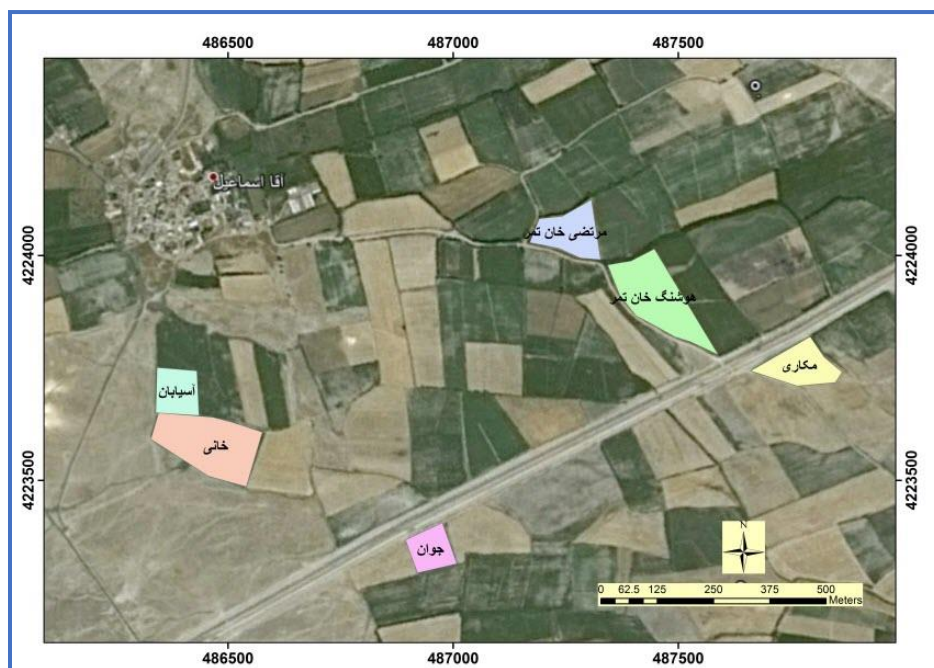


شکل ۳-۵- شهرستان سلماس و موقعیت کانون‌های هدف آن

۳-۱-۳-۱- موقعیت مزارع پایش در روستای آغ اسماعیل سلماس برای کشت پاییزه

تعداد ۶ مزرعه گندم در روستای آغ اسماعیل سلماس برای انجام مطالعات پایش انتخاب گردید. از این شش مزرعه، ۳ مزرعه تیمار و جهت مقایسه ۳ مزرعه به‌عنوان شاهد انتخاب شدند. مزارع انتخاب‌شده برای تشخیص میزان اثر تکنولوژی‌های اعمال‌شده بود و درواقع بعضی مزارع شاهد مزارعی نبودند که هیچ تکنولوژی در آن‌ها اعمال نشده باشد. لذا در مقام مقایسه با مزارعی که هیچ تکنولوژی در آن‌ها اجرا نشده است، نمی‌توان گفت که تکنولوژی‌ها به تفکیک به چه میزان در کاهش آب ورودی

به مزرعه و مصرف آب مؤثر بوده‌اند. مزارعی که برای انجام پایش انتخاب شدند عبارت از مزارع گندم آقایان آسیابان، خانی، جوان، مکاری و مرتضی و هوشنگ خان‌تمر بود. این مزارع به‌صورت جفت انتخاب‌شده و باهم مورد مقایسه قرار گرفتند (جدول ۳). تمامی مزارع فاقد آب از رودخانه بوده و از چاه مشاع با لوله خروجی ۶ اینچ و عمق ۷۰ متر برای آبیاری اراضی خود استفاده می‌کنند. آزمون بافت خاک فقط برای مزرعه آقای آسیابان انجام‌یافته و برای بقیه مزارع انجام‌نشده است.



شکل ۳-۶- مزارع انتخابی برای پایش در روستای آغ اسماعیل سلماس

۳-۱-۲- موقعیت مزارع پایش در روستای آغ اسماعیل سلماس برای کشت بهاره

تعداد ۶ مزرعه برای انجام آزمایش‌ها پایش کشت بهاره انتخاب گردیدند. این مزارع به نحوی انتخاب شدند که به‌صورت دوبه‌دو باهم قابل‌مقایسه بوده تا بتوان اثر اعمال تکنولوژی یا تفاوت در مزارع را از هم تشخیص داد. در مزارع ردیف ۱ و ۲ یعنی مزارع آقایان آسیابان و خانی مطابق جدول ۳، شخم برگردان و زدن روتیواتور مدنظر و ملاک مقایسه بوده است. در مزارع ردیف ۳ و ۴ در مزارع مرتضی و هوشنگ خان‌تمر طول نوارهای آبیاری از نظر زمان پیشروی آب در نوار و تلفات احتمالی نفوذ عمقی ملاک انتخاب بوده است. در مزارع کشت پاییزه ردیف ۵ و ۶ نیز نوع بذر مصرفی موردتوجه قرار گرفت و بنا بر تحقیقات انجام‌یافته بر روی ارقام زرین و پیشگام، رقم پیشگام با یک یا دو آب کمتر می‌تواند عملکرد محصولی برابر رقم زرین داشته باشد؛ بنابراین در جدول ۳-۳ و ۴-۳ ردیف‌های ۱، ۳ و ۵ تیمار و ردیف‌های ۲، ۴ و ۶ شاهد بوده‌اند.

جدول ۳-۳- مشخصات عمومی مزارع کشت بهاره موردبررسی در روستای آغ اسماعیل سلماس

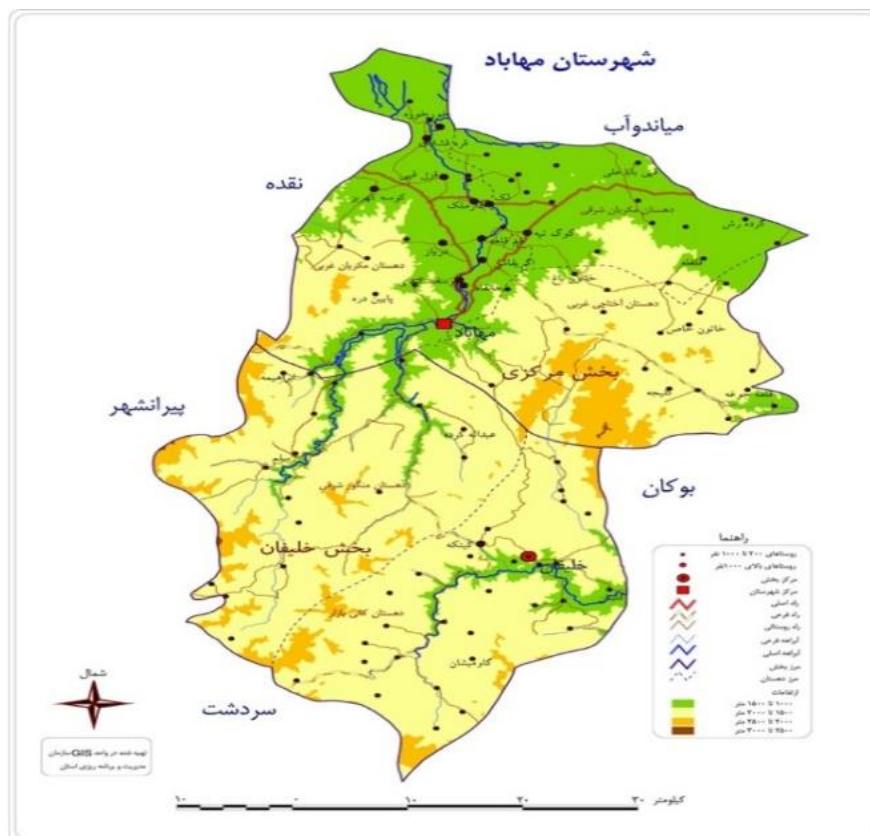
ردیف	نام زارع	اعمال تکنولوژی	مساحت قطعه زراعی (ha)	کشت سال قبل	طول در جهت آبیاری (m)	طول نوارهای آبیاری (m)	عرض نوارها (m)	کود دامی مصرفی (ton)	کود شیمیایی مصرفی (kg)	Xutm (m)	Yutm (m)
۱	یعقوب خانی	تیمار	۱/۶	کدو	۱۲۴	۶۲	۳	۶۰	اوره ۲۰۰	۴۸۶۴۵۶	۴۲۲۳۵۷۳
۲	قربانعلی آسیابان	شاهد	۱	آفتابگردان	۱۲۰	۶۰	۳	۳۵	اوره ۱۰۰	۴۸۶۳۸۷	۴۲۲۳۶۹۶
۳	هوشنگ خان‌تمر	تیمار	۲/۵	کدو	۱۵۰	۴۰ تا ۱۵۰	۴	۷۰	اوره ۲۵۰	۴۸۷۴۶۰	۴۲۲۳۹۰۱
۴	مرتضی خان‌تمر	شاهد	۱/۳۵	چغندرقد	۷۰	۷۰	۳	۶۰	اوره ۱۵۰	۴۸۷۲۵۵	۴۲۲۴۰۵۳
۵	محسن مکاری	تیمار	۱/۴۵	آفتابگردان	۲۱۸	۲۱۸	۳	۵۰	اوره ۲۰۰	۴۸۷۷۶۷	۴۲۲۳۷۵۸
۶	محمد جوان‌تمر	شاهد	۱	کدو	۸۰	۸۰	۳	۵۰	اوره ۱۵۰	۴۸۶۹۵۱	۴۲۲۳۳۴۷

جدول ۳-۴- مشخصات فنی مزارع گندم (کشت پاییزه) موردبررسی در روستای آغ اسماعیل سلماس

ردیف	نام زارع	اعمال تکنولوژی	عملیات تهیه زمین					تکنولوژی‌های موردنظر برای مزرعه		
			شخم	لولر	دیسک	بذر	کود زیستی	کشت با کمبینات	حفظ بقایا	شیب زمین
۱	یعقوب خانی	تیمار	برگردان-روتیواتور		—	زرین	—	پاندولی	موازی	۹۳/۸/۱۸
۲	قربانعلی آسیابان	شاهد	برگردان	—		زرین	بارور ۲	پاندولی	موازی	۹۳/۸/۱۵
۳	هوشنگ خان‌تمر	تیمار	برگردان	—	—	زرین	بارور ۲	دستی	مخالف	۹۳/۷/۲۵
۴	مرتضی خان‌تمر	شاهد	برگردان-روتیواتور		—	زرین	بارور ۲	پاندولی	موازی	۹۳/۸/۱۵
۵	محسن مکاری	تیمار	برگردان-روتیواتر	—	—	پیشگام	—	پاندولی	موازی	۹۳/۸/۲۰
۶	محمد جوان‌تمر	شاهد	برگردان-روتیواتور	—		زرین	—	پاندولی	موازی	۹۳/۸/۲۱

۴-۱-۳- موقعیت شهرستان مهاباد و کانون‌های هدف

مهاباد یکی از شهرستان‌های استان آذربایجان غربی در جنوب دریاچه‌ی ارومیه بوده و با ارتفاع ۱۳۳۰ متر از سطح دریا، میانگین بارش ۴۰۴ میلی‌متر در سال، دارای آب‌وهوایی معتدل می‌باشد (شکل ۳-۷). مزارع کشاورزی این شهرستان یکی از کانون‌های موردتوجه در طرح فوق بوده و تکنیک‌های پیشنهادی به زارعین، در تعدادی از مزارع روستاهای این شهرستان اجرا گردیده است. مزارعی که از مهاباد برای این تحقیق انتخاب شدند در روستای خورخوره قرار دارند.



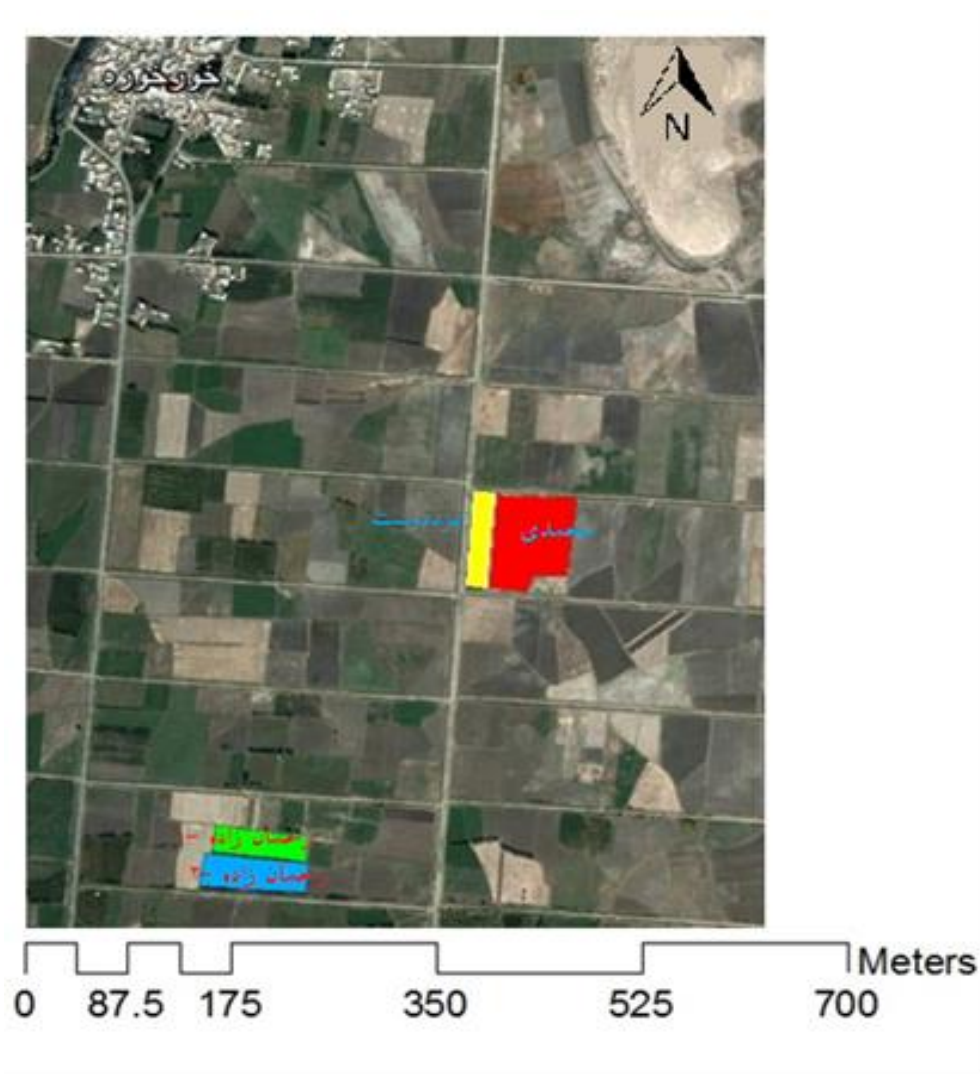
شکل ۳-۷- شهرستان مهاباد و موقعیت کانون‌های هدف آن

۳-۴-۱- موقعیت مزارع پایش در خورخوره

مزارعی در روستای خورخوره از توابع شهرستان مهاباد که تکنیک‌های مذکور در آن‌ها اعمال شده به‌عنوان تیمار و مزارعی بدون اعمال فن‌آوری‌ها، به‌عنوان شاهد جهت بررسی وضعیت کاربرد و مصرف آب انتخاب گردید. به این منظور ۴ مزرعه دارای کشت گندم با هماهنگی با کشاورزان و جهاد کشاورزی استان و با تأکید بر تنوع منبع تأمین آب (سطحی و زیرزمینی) انتخاب شدند (جدول ۳-۵). در شکل ۳-۸ موقعیت مزارع موردنظر برای پایش در روستای خورخوره نشان داده شده است.

جدول ۳-۵- مشخصات عمومی مزارع موردبررسی در روستای خورخوره مهاباد

ردیف	نام زارع	نوع محصول	اعمال تکنولوژی	منبع تأمین آب	مساحت قطعه زراعی (ha)	کشت سال قبل	X utm (m)	Y utm (m)	شیب زمین	کود دامی مصرفی (ton)	کود شیمیایی مصرفی (kg)
۱	رحمانزاده	گندم	تیمار	کانال	۰/۱۶	گندم	۳۸۵۶۴۵۰۳	۴۰۹۱۵۱۳	۰/۳۴	-	-
۲	رحمانزاده	گندم	شاهد	کانال	۱/۸۶	گندم	۳۸۵۶۴۴۸۷	۴۰۹۱۴۱۷	۰/۶۲	-	فسفات + ۱۰۰ کیلوگرم سایر
۳	ایزد دوست	گندم	تیمار	کانال	۰/۱	گندم	۳۸۵۶۵۰۳۳	۴۰۹۲۳۷۷	۰/۲	-	-
۴	محمدی	گندم	شاهد	کانال	۰/۲۱	گندم	۳۸۵۶۵۰۷۲	۴۰۹۲۴۳۲	۰/۲	-	۵۰ کیلوگرم اوره



شکل ۳-۸- مزارع انتخابی برای پایش در روستای خورخوره - کانون مهاباد

۳-۱-۴-۲- مزارع تیمار و شاهد در خورخوره

چهار مزرعه برای انجام آزمایش‌های پایش انتخاب گردیدند. این مزارع به نحوی انتخاب شدند که به صورت دوپه‌دو باهم قابل مقایسه بوده تا بتوان اثر اعمال تکنولوژی یا تفاوت در مزارع را از هم تشخیص داد. به این ترتیب مزرعه آقای ایزد دوست به عنوان تیمار و زمین آقای محمدی به عنوان شاهد انتخاب شدند. در این اینجا طول قطعه آبیاری به عنوان تکنیک در تیمار انتخاب گردیده است. مشخصات فنی این مزارع در جدول ۳-۶ ارائه شده است. بافت خاک در مزارع انتخاب شده در کانون مهاباد به قرار زیر است (جدول ۳-۷):

جدول ۳-۶- مشخصات فنی مزارع گندم موردبررسی در روستای خورخوره مهاباد

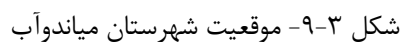
ردیف	نام زارع	کد مزارع	تیمار/ شاهد	عملیات تهیه زمین			بذر	حفظ بقایا	کود زیستی	طول		تاریخ کشت
				شخم	لولر	دیسک				نوارهای آبیاری (cm)	عرض نوارهای آبیاری (cm)	
۱	رحمان زاده	M1	تیمار	✓	✓	✓	پیشگام	-	-	۹۲	۷	۹۳/۳/۱
۲	رحمان زاده	M2	شاهد	✓	✓	✓	پیشگام	-	✓	۲۵۲	۸	۹۳/۳/۱
۳	ایزد دوست	M3	تیمار	✓	-	✓	زرین	✓	-	۱۷۸	۵	۹۳/۸/۱۳
۴	محمدی	M4	شاهد	✓	-	✓	زرین	✓	-	۲۷۶	۸	۹۳/۷/۱

جدول ۳-۷- نوع بافت خاک در مزارع مهاباد

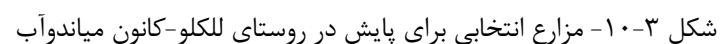
ردیف	نام زارع	عمق ۱۵ تا ۳۵ (cm)			عمق ۳۵ تا ۶۵ (cm)		عمق ۶۵ تا ۱۰۵ (cm)	
۱	رحمان زاده	Loam			Loam		Sandy Loam	
۲	رحمان زاده	Clay loam			Silty Clay Loam		Silty Clay Loam	
۳	ایزد دوست	Clay loam			Clay loam		Clay loam	
۴	محمدی	Clay loam			clay		Loam	

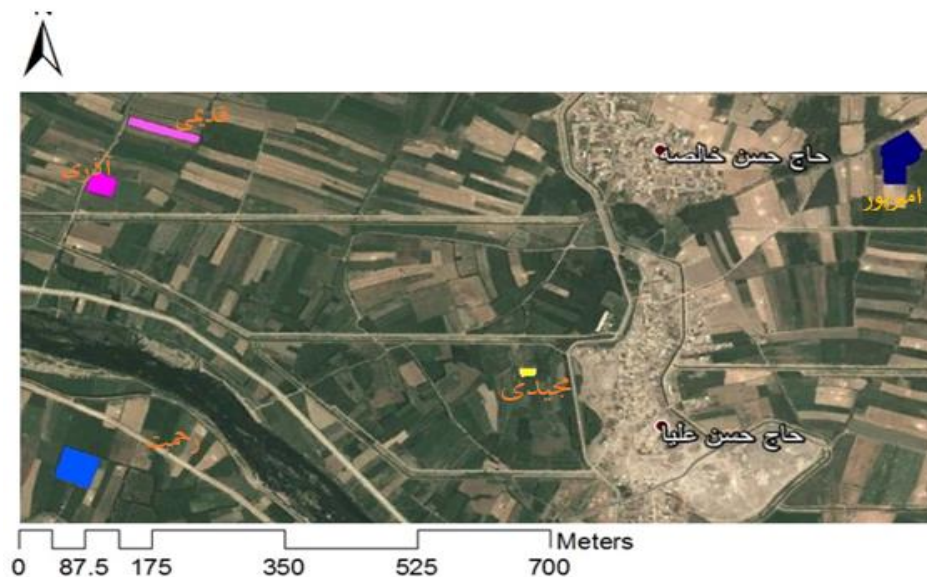
۵-۱-۳- موقعیت شهرستان میاندوآب و کانون هدف

میاندوآب یکی از شهرستان‌های استان آذربایجان غربی در جنوب دریاچه‌ی ارومیه و در مسیر ۲ رود زرينه‌رود و سيمينه‌رود می‌باشد (شکل ۳-۹). این شهر در ارتفاع ۱۳۱۴ متر از سطح دریا با میانگین بارش ۲۸۹ میلی‌متر در سال و آب‌وهوایی با تابستان‌های نسبتاً گرم و زمستان‌های نسبتاً سرد است. مزارع کشاورزی این شهرستان یکی از کانون‌های موردتوجه در طرح فوق بوده و تکنیک‌های پیشنهادی به زارعین، در تعدادی از مزارع روستاهای این شهرستان اجرا گردیده است. مزارعی که از میاندوآب برای این تحقیق انتخاب شده‌اند در روستاهای حاج حسن‌اولیا، حاج حسن‌خالصه، نظام‌آباد، للکلو و تازه‌کند للکلو قرار دارند.



تعداد ۷ مزرعه گندم در چهار روستای للکلو، نظام‌آباد و حاج حسن‌لو و حاج حسن‌خالصه، ۴ مزرعه جو و ۶ مزرعه چغندرقدن برای انجام مطالعات پایش انتخاب گردید. تمامی مزارع انتخاب‌شده برای تشخیص میزان اثر تکنولوژی‌های اعمال‌شده بود و درواقع مزارع شاهد مزارعی نبودند که هیچ تکنولوژی در آن‌ها اعمال نشده باشد.





شکل ۳-۱۱- مزارع انتخابی برای پایش در روستاهای حاج حسن خالصه، حاج حسن علیا و نظام آباد-کانون میاندوآب

۳-۱-۵-۲- مزارع تیمار و شاهد در میاندوآب

مشخصات عمومی و فنی مزارع پایش و بافت خاک آن‌ها در منطقه میاندوآب در جداول ۳-۸ و ۳-۹ ارائه شده است. همان‌طور که بیان شد تعداد مزارع مورد ارزیابی در این منطقه ۱۷ مزرعه بوده که ۷ مزرعه تحت کشت گندم و ۴ مزرعه تحت کشت جو و ۶ مزرعه چغندرقتند بوده است.

جدول ۳-۸- مشخصات فنی و عمومی مزارع مورد بررسی در روستای للکلو و حاج حسن- کانون میانندوآب

کشور	نام کشاورز	آب و هوا	مساحت قطعه زراعی (ha)	عملیات تهیه زمین	بذر		فاصله گیاه (مربوط به چغندر) (cm×cm)	ابعاد کرت	کود زیستی	کود شیمیایی مصرفی	تکنولوژی‌های اعمال شده					
					نوع بذر	تکنولوژی					اوره Kg/ha	سایر Kg/ha				
													طول کرت (m)	عرض کرت (m)	تون/هکتار ton/ha	نوع کود
گندم	مجیدی	H1	۰/۱۶	شخم- دیسک-لولر	زرین	بذر بوجاری شده	۱ تیمار	-	۸	۳۳	✓	-	۵۰	گوگرد گرانوله و بیوسولفور	بذر-ابعاد کرت-رژیم کودی	
	امین پور	H2	۱/۸۵	شخم- دیسک	زرین	-	۱ شاهد	-	۱۱	۱۰۰	✓	-	۱۵۰	-	-	
	رحمت	N1	۰/۸	شخم- دیسک	محلی	بذر بوجاری و ضد عفونی شده	۲ تیمار	-	۶	۵۴	✓	-	۱۰۰	گوگرد گرانوله و بیوسولفور	رژیم کودی	
		N2	۰/۰۴	شخم- دیسک	محلی	بذر بوجاری و ضد عفونی شده	۲ شاهد	-	۸	۵۴	-	-	-	سوپر فسفات		
	محمد زاده	L1	۰/۷۷	شخم-۲ بار دیسک	زرین	بذر بوجاری و ضد عفونی شده	۱ تیمار ۳	-	۵	۳۸	✓	-	۱۰۰	-	-	
		اسکندری (نزدیک)	L2	۰/۹۱	شخم- دیسک	زرین	بذر بوجاری و ضد عفونی شده	۳,۲ تیمار	-	۵	۱۵۹	✓	-	۱۵۰	گوگرد گرانوله و بیوسولفور سوپر فسفات	ابعاد کرت - رژیم کودی - خاک‌ورزی
			L3													
	اسکندری (دور)			۰/۹۴	شخم- دیسک	زرین	بذر بوجاری و ضد عفونی شده	۳ شاهد	-	۳	۲۷۴	✓	-	۱۷۵	سوپر فسفات	
														۱۵۰	سولفات پتاسیم	

ادامه جدول ۳-۸- مشخصات فنی و عمومی مزارع موردبررسی در روستای للکلو و حاج حسن- کانون میاندوآب

کشت	نام کشاورز	کد رهبری	مساحت قطعه زراعی (ha)	عملیات تهیه زمین	بذر		فاصله گیاه (مربوط به چغندر) (cm×cm)	ابعاد کرت		تیمار / شاهد	تکنولوژی	نوع بذر	کود شیمیایی مصرفی	تکنولوژی‌های اعمال شده
								عرض کرت (m)	طول کرت (m)				اوره Kg/ha	سایر Kg/ha
کشت	آذری	H3	۰/۵۵	لولر- دیسک	فجر	-	-	۶	۷۱	تیمار ۱	-	-	۱۵۰	بذر-ابعاد کرت-رژیم کودی
	قدیمی	H4	۰/۷	لولر- دیسک	محلی	-	-	۸	۲۴۹	شاهد ۱	-	-	۲۵۰	کود
	رحمت	N3	۰/۳	شخم- دیسک	محلی	بذر بوجاری و ضدعفونی شده	تیمار ۲	۱۲	۵۴	-	-	-	۱۰۰	کود
														رژیم کودی
														رژیم کودی
	رحمت	N4	۰/۰۵	شخم- دیسک	محلی	بذر بوجاری و ضدعفونی شده	شاهد ۲	۸	۵۸	-	-	-	-	-

ادامه جدول ۳-۸- مشخصات فنی و عمومی مزارع مورد بررسی در روستای للکلو و حاج حسن- کانون میاندوآب

کشت	نام کشاورز	کد مرزعه	مساحت قطعه زراعی (ha)	عملیات تهیه زمین	بذر		فاصله گیاه (مربوط به چغندر) (cm×cm)	ابعاد کرت		کود زیستی	کود شیمیایی kg/ha	کود شیمیایی مصرفی		تکنولوژی‌های اعمال شده		
					نوع بذر	تکنولوژی		عرض کرت (m)	طول کرت (m)			اوره kg/ha	سایر			
چغندر قند	رحمت	N5	۰/۹	پنجه غازی - شیپر و کاشت هم‌زمان	بذر مال اسید هیومیک	تیمار ۱	۶۰×۴۰	(فارو)	۱۳۰	-	۵	۱۷۵	گوگرد+باکتری تیوباسیلوس	۳۰۰	خاک‌ورزی - ابعاد کاشت - بذر	
													سولفات پتاسیم	۲۰۰		
													سوپر فسفات تریپل	۱۵۰		
	دیانتی	N7	۰/۳	شخم - دیسک - لور	دوروتی	-	شاهد ۱	۵۰×۵۰	۱۰	۵۰	-	-	ماکرو کامل	-	-	
	پیشوا	N6	۱	شخم - لولر	والنتینا	-	تیمار ۲	۵۰×۵۰	۹	۱۳۰	-	-	سوپر فسفات تریپل	۱۰۰	ابعاد کرت - رژیم کودی	
	موسی زاده	TL3	۱/۵	شخم - دیسک - لور	والنتینا	-	شاهد ۲	۵۰×۵۰	۶	۵۰	-	۴۰	-	-	-	
	جلیلود	TL1	۰/۸	شخم دیسک	والنتینا	-	تیمار ۳	۵۰×۵۰	۱۱	۱۲۰	✓	۸	-	اسید هیومیکا	۴ لیتر	ابعاد کرت - رژیم کودی
	قلی پور	TL2	۰/۶۵	شخم دیسک	والنتینا	-	شاهد ۳	۵۰×۵۰	۱۲	۲۲۳	-	-	-	-	-	

جدول ۳-۹- بافت خاک در مزارع میاندوآب

عمق خاک (cm)						کد مزرعه
۱۲۰-۱۰۰	۱۰۰-۸۰	۸۰-۶۰	۶۰-۴۰	۴۰-۲۰	۲۰-۰	
Loam	Loam	Sandy Loam	Sandy Loam	Loam	Loam	H1
Loam	Loam	Silty Clay Loam	Silty Clay Loam	Silty Clay Loam	Clay Loam	H2
Sandy Loam	Loamy Sand	Sandy Loam	Sandy Loam	Loam	Sandy Clay Loam	H3
Silty Clay Loam	Silty Clay Loam	Sandy Loam	Loam	Loam	Loam	H4
Silty Loam	Silty Loam	Silty Clay Loam	Clay Loam	Clay Loam	Clay Loam	L1
Silty Clay	Silty Clay	Silty Clay	Silty Clay	Silty Clay Loam	Silty Clay	L2
Silty Clay	Silty Clay Loam	Silty Clay Loam	Silty Clay Loam	Silty Clay	Silty Clay Loam	L3
Silty Clay Loam	Silty Loam	Silty Clay Loam	Loam	Silty Loam	Loam	N1-N2-N3-N4
Sandy Loam	Sandy Loam	Sandy Loam	Silty Loam	Silty Loam	Silty Loam	N5
Silty Loam	Silty Loam	Silt	Silty Loam	Silty Loam	Silty Loam	N6
Loamy Sand	Sandy Loam	Silty Loam	Sandy Loam	Sandy Loam	Silty Loam	N7
Silty Clay Loam	Silty Clay	Silty Clay	Silty Clay Loam	Silty Clay Loam	Silty Clay Loam	TL1
Silt	Silt	Silt	Silty Loam	Silty Loam	Silty Loam	TL2
Loamy Sand	Sandy Loam	Silty Loam	Silty Loam	Silty Loam	Silty Loam	TL3

۳-۲- آزمایش‌های انجام‌یافته در مزارع

اقدامات انجام‌شده به‌منظور تعیین مقدار آب کاربردی و مصرفی توسط زارعین و مقایسه آن با نیاز آبی پتانسیل شامل موارد زیر بود:

- نصب فلوم برای اندازه‌گیری مقدار آب ورودی به مزارع
- نصب لوله‌های دستگاه تراپم در طول نوارهای آبیاری
- تعیین رطوبت خاک در عمق‌های مختلف در ۳ الی ۸ نقطه از نوارهای آبیاری
- یادداشت‌برداری پیشروی آب در نوارهای آبیاری
- تعیین بافت خاک، میزان EC و PH عصاره اشباع خاک در عمق‌های مختلف مزرعه
- برداشت نمونه آب آبیاری در مزارع و تعیین پارامترهای مربوط
- پایش مراحل مختلف رشد
- تعیین تبخیر-تعرق پتانسیل و میزان آب کاربردی

۳-۲-۱- نصب WSC فلوم در ورودی مزارع

مزارع گندم به‌صورت نواری آبیاری می‌شوند. کشاورزان منطقه، نوارهای آبیاری را با انتهای بسته آبیاری کرده و به‌ندرت آب از انتهای نوارها خارج می‌شود. به همین منظور فلوم اندازه‌گیری WSC تیپ ۴ در ابتدای مزارع نصب گردید. اکثر مزارع در سطح استان آذربایجان غربی با دبی‌های کمتر از ۳۰ لیتر در ثانیه آبیاری می‌کنند اما در ضمن انجام آبیاری‌ها مشخص شد که مقدار آب آبیاری کاربردی در سلماس بسیار زیاد است و با توجه به شیب کم انهار و پس زدن آب، در ورودی هر مزرعه دو دستگاه فلوم نصب گردید. در شکل‌های ۳-۱۲ و ۳-۱۳ نصب فلوم در ابتدای مزارع توسط کارشناسان مرکز تحقیقات کشاورزی ارومیه ملاحظه می‌شود. همچنین در مزارع میاندوآب و مه‌آباد نیز فلوم‌های تیپ ۴ یا ۵ در ابتدای مزرعه بسته به دبی حدودی بیان‌شده توسط کشاورز و ارتفاع آب در کانال خاکی بالادست مزارع، نصب گردید. از آنجایی که کشاورزان منطقه نوارهای آبیاری را با انتهای بسته آبیاری می‌کردند، انتهای مزارع نیاز به نصب فلوم نبود.

فلوم‌ها در هنگام نصب در همه جهات تراز شده و به صورتی نصب شدند که از زیر و کناره‌ها آب‌بندی شده باشند. محل نصب فلوم باید به صورتی انتخاب شود تا فلوم مستغرق نباشد. برای ثبت اشل فلوم و زمان پیشروی آب در نوار آبیاری یک جدول تهیه و در اختیار گروه صحرایی قرار گرفت.



شکل ۳-۱۲- نصب دو دستگاه فلوم تیپ ۴ در مزرعه مرتضی خان تمر در روستای آغ اسماعیل سلماس



شکل ۳-۱۳- نصب فلوم تیپ ۴ در مزرعه آقای رحمانزاده - روستای خورخوره‌ی مهاباد



شکل ۳-۱۴- جریان آب از داخل WSC فلوم تیپ ۴، کانون سلماس



شکل ۳-۱۵- جریان آب از داخل WSC فلوم تیپ ۴ در مزرعه آقای محمدزاده، کانون میاندوآب

۳-۲-۲- نصب لوله‌های دستگاه ترایم در طول نوارهای آبیاری

برای اندازه‌گیری رطوبت خاک در طول نوار آبیاری از دستگاه ترایم و لوله‌های مربوطه استفاده شد. با استفاده از لوله نصب‌شده در خاک و با استفاده از این دستگاه می‌توان رطوبت خاک را در عمق‌های مختلف اندازه‌گیری کرد. در شکل ۱۶-۳ نصب لوله‌های دستگاه ترایم در مزارع سلماس توسط کارشناسان مرکز تحقیقات کشاورزی ارومیه نشان داده شده است. این لوله‌ها تا عمق یک متری زمین نصب‌شده و رطوبت خاک در فاصله‌های ۲۰ سانتی‌متری تا عمق ۱ متری یادداشت‌برداری شده است. مزارع مهاباد و میاندوآب نیز به لوله‌های ترایم مجهز شد. رطوبت خاک توسط دستگاه Delta-T device Cambridge England در عمق‌های ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۶۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری و به‌صورت ادواری در هر دور آبیاری اندازه‌گیری شد.

در ضمن نصب لوله‌های ترایم، از عمق‌های مختلف نمونه خاک تهیه، رطوبت و بافت خاک مزرعه تعیین گردید. از این لوله‌ها در طول نوارها به تعداد ۴ تا ۸ عدد نصب گردید تا توزیع رطوبت در طول نوار آبیاری و نحوه نفوذ آب به دست آید. در شکل ۱۷ دستگاه ترایم مورد استفاده در مزارع میاندوآب و مهاباد نشان داده شده است. هم‌زمان با اندازه‌گیری آب ورودی به نوار آبیاری، زمان رسیدن آب به محل‌های لوله‌های ترایم نیز یادداشت گردید. با داشتن زمان و منحنی پیشروی، زمان تماس آب با خاک و میزان نفوذ آب در خاک قابل محاسبه خواهد بود.



شکل ۱۶-۳- نصب لوله دستگاه ترایم در سلماس و تهیه نمونه خاک از عمق‌های خاک



شکل ۳-۱۷- دستگاه تراپم برای اندازه‌گیری رطوبت خاک در مزارع میاندوآب

۳-۲-۳- روش‌های اندازه‌گیری جریان ورودی به مزرعه

هیلل (۱۹۹۸) معادله بیلان آب در محیط ریشه را به صورت معادله‌ی ۳-۱ تعریف نمود.

$$\Delta S + \Delta V = R + I + U - (ru + dp + ET) \quad (3-1)$$

که در این معادله، ΔS میزان تغییرات رطوبت در خاک، ΔV میزان رطوبت تثبیت‌شده در بافت گیاهی، R بارش، I عمق آبیاری، U میزان رطوبتی که از طریق صعود شعریه^۱ به محیط ریشه باز می‌گردد، ru رواناب سطحی، dp نفوذ عمقی و ET میزان تبخیر-تعرق پوشش سطحی است. با توجه به ناچیز بودن میزان ΔV این پارامتر در این معادله منظور نمی‌شود. همچنین، با توجه به بسته بودن انتهای کرت تمامی مزارع تحقیق از معادله‌ی فوق ru نیز حذف گردید. همچنین با توجه به پایش دوره‌ای θ در عمق توسعه ریشه تغییرات θ که شامل U بود نیز مشخص گشت. برای مشخص شدن R از اطلاعات سازمان هواشناسی کشور استفاده شد. حجم آب آبیاری از ضرب مدت آبیاری در دبی جریان محاسبه گردید. دبی جریان ورودی به کلیه مزارع طرح، با استفاده از فلوم تیپ V یا IV اندازه‌گیری شد (شکل ۳-۱۸).

^۱Capillary Rises



شکل ۳-۱۸- نمونه‌ای از فلوم‌های کارگذاری شده در مزارع

۳-۲-۳-۱- فلوم

انواع مختلفی از فلوم‌ها به منظور اندازه‌گیری جریان آب ساخته شده‌اند طرز کار فلوم‌های WSC که در این تحقیق استفاده شد نیز مانند سایر فلوم‌ها بر مبنای تشکیل جریان بحرانی در مقطع میانی فلوم است. فلوم WSC به‌خصوص به‌عنوان یک وسیله‌ی قابل‌حمل برای اندازه‌گیری دبی کم در جریان‌های متلاطم^۱ کانال‌ها کاربرد دارد (Chamberlain, 1952). جنس این فلوم‌ها عموماً از فایبرگلاس یا ورق فولادی است. انواع مختلفی از WSC ساخته شده که در این طرح از دو فلوم تیپ VI و V استفاده شد که معادلات واسنجی آن‌ها به شرح زیر است (Adkins, 2006):

$$Q = 0.029H^{2.102} \quad \text{برای فلوم‌های تیپ (IV)} \quad (۲-۳)$$

$$Q = 0.0232H^{2.196} \quad \text{برای فلوم‌های تیپ (V)} \quad (۳-۳)$$

که در این معادلات Q دبی (لیتر بر ثانیه) و H قرائت اشل (سانتی‌متر) است.

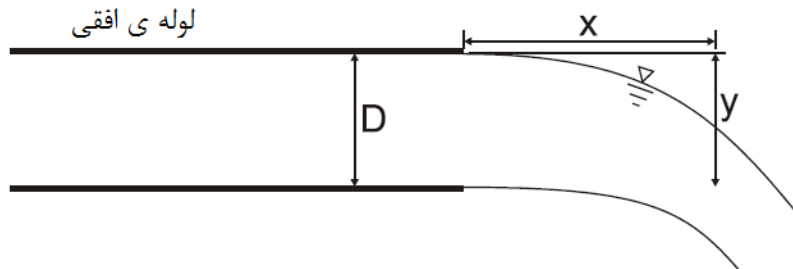
۳-۲-۳-۲- روش نیمرخ پرتابه‌ی افقی

معادله‌ی زیر بر طبق قانون دوم نیوتون و حرکت با شتاب ثابت استخراج شده است (Walker, 2007):

$$X = V_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (۴-۳)$$

^۱ Turbulent

که در آن: x = فاصله (متر)، v_0 = سرعت در ابتدای حرکت (متر بر ثانیه)، t = زمان (ثانیه) و a = شتاب (متر بر مجذور ثانیه) است. جریانی که از لوله‌ی افقی خارج می‌شود حرکتی دوبعدی در راستای طول (x) و ارتفاع (y) دارد (شکل ۳-۱۹).



شکل ۳-۱۹ - نیمرخ پرتابه‌ی افقی

جریان در راستای طول تقریباً شتابی نداشته و در راستای ارتفاع نیز سرعت اولیه ندارد. با توجه به شتاب ثقل زمین (9.81 متر بر مجذور ثانیه) می‌توان نوشت:

$$\xrightarrow{\text{معادله (۴-۴)}} x = v_0 t + \frac{at^2}{2} \xrightarrow{a_x=0} x = v_0 t \quad \text{در راستای افق} \quad (۵-۳)$$

$$\xrightarrow{\text{معادله (۴-۴)}} y = v_0 t + \frac{at^2}{2} \xrightarrow{a_y=g \text{ and } V_{0y}=0} y = \frac{gt^2}{2} \quad \text{در راستای عمود} \quad (۶-۳)$$

که x فاصله در راستای افق (متر)، y فاصله در راستای عمود (متر)، a شتاب (متر بر مجذور ثانیه)، t زمان طی شده از ابتدای حرکت (ثانیه)، a_x شتاب در راستای افق (متر بر مجذور ثانیه)، a_y شتاب در راستای عمود (متر بر مجذور ثانیه) و v_0 سرعت در ابتدای حرکت است (شکل ۳-۲۰).

با جایگذاری معادله‌های (۵-۳) و (۶-۳) در معادله‌ی اندازه‌گیری دبی بر طبق قانون پیوستگی ($Q=VA$) و با در نظر گرفتن مساحت لوله ($S=\pi D^2/4$) با معادله‌ی (۷-۳) استخراج می‌شود.

$$Q = \frac{\pi D^2 x}{4 \sqrt{\frac{2y}{g}}} \quad (۷-۳)$$

که D قطر لوله (متر) و Q دبی بر ثانیه است (Hussein et al., 2011).



شکل ۳-۲۰- اندازه‌گیری دبی به روش نیمرخ پرتابه‌ای افقی در مزرعه H۱ - کانون میاندوآب

۳-۴-۲- محاسبه‌ی اعماق آبیاری

با استفاده از دبی جریان ورودی و مدت‌زمان آبیاری، حجم آب ورودی به مزارع در هر نوبت آبیاری مشخص گردید (معادله ۳-۸). با تقسیم حجم آب ورودی بر مساحت مزارع نیز، I مشخص می‌گردد (معادله ۳-۹). در منطقه درمجموع ۵۰ آبیاری پایش شد.

$$V = \frac{Q \times t_i}{3.6} \quad (3-8)$$

$$I = 10^6 \times \frac{V}{A} \quad (3-9)$$

پارامترهای این معادلات عبارت‌اند از: V : حجم آب ورودی (مترمکعب)، Q دبی جریان ورودی (لیتر بر ثانیه)، t_i مدت آبیاری (ساعت)، I عمق آبیاری (سانتی‌متر) و A مساحت مزرعه (هکتار).

۳-۲-۵- انجام محاسبات تبخیر-تعرق پتانسیل (مرجع)

برای تعیین تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع از نرم‌افزار Cropwat8 و اطلاعات اقلیمی ایستگاه هواشناسی سلماس، میاندوآب و مهاباد استفاده شد. برای این کار از آمار دما، نم نسبی، ساعات آفتابی و سرعت باد اخذ و محاسبات توسط نرم‌افزار انجام گردید. در این روش ویژگی‌های سطح تبخیر شونده به‌گونه‌ای فرض می‌شود که با ویژگی‌های یک سطح چمن که در حد مطلوب به‌صورت هفتگی آبیاری می‌شود برابر باشد (گروه کار استفاده‌ی پایدار از منابع آب برای تولید محصولات کشاورزی، ۱۳۸۲). معادله‌ی پنمن مانیتث به‌صورت زیر است:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34u_2)} \quad (3-10)$$

پارامترهای این معادله عبارت‌اند از: ET_0 تبخیر تعرق مرجع (میلی‌متر بر روز)، R_n شار تشعشعات خالص (مگاژول بر مترمربع بر روز)، G شار حرارت خاک (مگاژول بر مترمربع بر روز)، T دمای میانگین هوا در ارتفاع دو متری (درجه‌ی سانتی‌گراد)، u_2 سرعت باد در ارتفاع دو متری (متر بر ثانیه)، e_s فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)، e_a فشار بخار واقعی (کیلو پاسکال)، Δ شیب منحنی فشار بخار اشباع، γ ثابت سایکرومتر.

برای تعیین تبخیر-تعرق پتانسیل لازم بود تا منحنی ضریب گیاهی (KC) تهیه شود. برای این کار، در مراحل مختلف رشد، درصد سبز و رشد آن در مزارع به‌صورت متوسط تهیه و بر اساس مدل‌های پیشنهادی فائو ۵۶ منحنی ضریب گیاهی رسم گردید. با ضرب ضریب گیاهی در مقدار تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع، مقدار تبخیر-تعرق واقعی (معادله ۱۱-۳) در دهه‌ها و ماه‌های مختلف به دست می‌آید.

$$ET_c = ET_0 \times KC \quad (3-11)$$

تبخیر-تعرق پتانسیل به این معنا است که رطوبت کافی در خاک برای انجام تعرق توسط گیاه و تبخیر از سطح خاک وجود دارد و گیاه کمبود رطوبت ندارد. چنانکه کشاورزان با دوره‌های بالا آبیاری کنند و سطح خاک به مدت زیادتری خشک باقی بماند، تبخیر-تعرق در حد پتانسیل نبوده و اصطلاحاً تبخیر-تعرق واقعی بیان می‌شود (ET_a).

۳-۲-۶- تهیه‌ی نقشه جانمایی مزارع

نقشه‌برداری به‌منظور تعیین حدود مالکیت‌ها انجام شد. در این طرح تهیه‌ی نقشه‌ی جانمایی دقیق هر مزرعه به دو علت نیاز بود: محاسبه‌ی عمق آبیاری (I) از تقسیم حجم آب کاربردی به مساحت مزرعه و امکان محاسبه‌ی تولید محصول به ازای هر واحد هکتار با تقسیم عملکرد بر مساحت مزرعه.

به این منظور با استفاده از دستگاه GPS ساخت شرکت مریدیان^۱، مختصات کلیه‌ی مزارع و کرت‌های مورد مطالعه به‌صورت جداگانه برداشت شدند. با پیاده کردن مختصات در نرم‌افزار ArcMap نقشه‌ها کشیده شد و مساحت مزارع محاسبه گردید.

۳-۲-۶-۱- اندازه‌گیری شیب کرت یا شیار

تسطیح مزارع یکنواختی پخش آب را افزایش داده و همچنین هزینه‌ی کارگری را کاهش می‌دهد (Walker and Skogerboe, 1987). با توجه به اهمیت شیب کرت یا شیار در یکنواختی پخش و راندمان کاربرد آب (E_a)، اندازه‌گیری شیب در هر مزرعه نیاز بود. از این‌رو با استفاده از وسایل نقشه‌برداری (میر، نیوو و ...) نقشه‌ی توپوگرافی برای کرت‌ها آماده و با استفاده از نقشه‌های مذکور شیب مزارع محاسبه گردید.

۳-۲-۶-۲- روش تیسن (Thiessen Method)

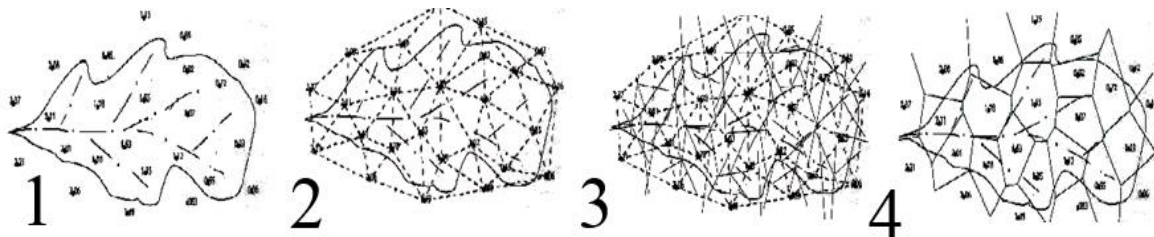
در این تحقیق در هر مزرعه بسته به ابعاد کرت تعداد متفاوتی لوله دسترسی تراپم در زمین کارگذاری شد. برای محاسبه‌ی E_a و dp مزرعه، لازم بود تا به هر لوله وزنی داده شود تا dp کل مزرعه محاسبه گردد. به این منظور از روش تیسن استفاده شد. مبنای روش تیسن به این‌گونه است که ابتدا نقاط پایش به هم متصل شده و سپس عمودمنصف هر خط رسم می‌شود.

^۱ Meridian

عمودمنصف‌ها تشکیل چندضلعی‌هایی می‌دهند که نماینده‌ی نقطه‌ی موردنظر است (شکل ۳-۲۱). نسبت مساحت چندضلعی به مساحت کل، وزن هر مورد را نشان می‌دهد (Fetter, 2001).

$$\omega_i = \frac{A_i}{A_t} \quad (3-12)$$

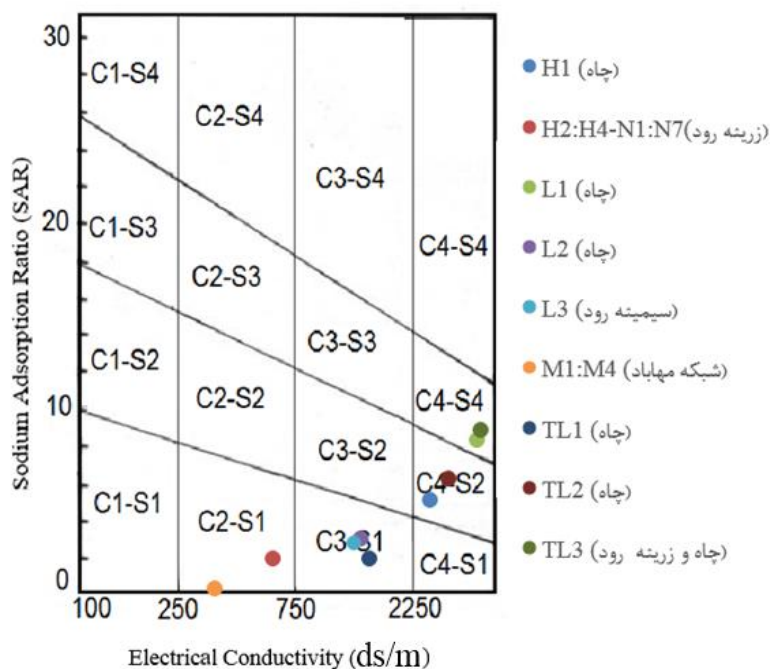
که پارامترهای این معادله عبارت‌اند از: ω_i وزن هر نقطه، A_i مساحت معرف هر نقطه و A_t مساحت کل مزرعه. با روش فوق وزن نسبی برای هر یک لوله‌های دسترسی در مزارع استخراج شد.



شکل ۳-۲۱- روش تیسن (DiVener, ۲۰۱۴)

۳-۳- روش‌های آزمایشگاهی

بافت، شوری و نسبت جذب سدیمی (SAR) خاک مزارع، شوری و SAR آب آبیاری مورد استفاده در مزارع طرح در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد (جدول ۳-۱۰ و شکل ۳-۲۲).



شکل ۳-۲۲- کیفیت آب آبیاری مورد استفاده در مزارع میاندوآب و مهاباد

جدول ۳-۱۰- کیفیت خاک مزارع میاندوآب و مهاباد

مزرعه	ECe (dS/m)	SAR	کلاس
H1	۳/۰	۱۰/۹	مناسب
H2	۱/۱۹	۲/۶	مناسب
H3	۰/۹۷	۶/۳	مناسب
H4	۵/۰۷	۹/۳	شور
L1	۵/۵۶	۱۶/۴	شور و سدیمی
L2	۲/۱۹	۶/۴	مناسب
L3	۱/۲۱	۰/۳	مناسب
N1:4	۱/۳۳	۶/۵	مناسب
N5	۳/۷۷	۷/۰	مناسب
N6	۲/۷۳	۷/۲	مناسب
N7	۳/۶۸	۵/۲	مناسب
TL1	۱/۵۳	۱۱/۱	مناسب
TL2	۴/۳۳	۸/۴	شور
TL3	۱/۹۸	۴/۲	مناسب
M1	۲/۹۰	۲۳/۷	سدیمی
M2	۲/۴۹	۱۸/۲	سدیمی
M3	۱/۲۲	۳/۲	مناسب
M4	۱/۹۶	۱۱/۸	مناسب

۳-۱-۳- اندازه‌گیری بافت خاک

اندازه‌ی نسبی ذرات خاک یا به عبارت دیگر مقدار نسبی شن (۰/۰۵ تا ۲ میلی‌متر)، سیلت (۰/۰۰۲ تا ۰/۰۵ میلی‌متر) و رس (کوچک‌تر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر) را اصطلاحاً بافت خاک گویند. به منظور مشخص کردن بافت خاک، از آزمایش هیدرومتری استفاده شد که مبنای آن قانون استوکس^۱ است. این قانون مربوط به سرعت سقوط ذرات کروی و سخت در مایع با لزجت و چگالی مشخص است. برای این آزمایش ابتدا مقدار مشخصی (۴۰-۵۰ گرم) از خاکی که از الک ۲ میلی‌متر (الک شماره ۱۰) عبور کرده بود با ۶۰ میلی‌لیتر محلول هگزامتافسفات سدیم ۵ درصد مخلوط گردید. این مایع با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر

^۱ Stocks low

رسانده شده و مخلوط حاصل به مدت ۱۶ ساعت در لرزاننده قرار داده شد. سپس مخلوط را در همزن قرار داده تا تمامی ذرات خاک متفرق^۱ شوند. مخلوط را در استوانه‌ی مدرج ریخته و با آب مقطر به حجم ۱ لیتر رسانده و سپس به وسیله‌ی همزن دستی آن را هم زده تا مخلوط کاملاً به هم بخورد. بلافاصله بعد از خارج نمودن همزن از استوانه، زمان سنج را روشن نموده و چگالی مخلوط در زمان‌های مشخص قرائت گردید. طبق قانون استوکس، قطر ذرات ته‌نشین شده با استفاده از زمان قرائت مشخص می‌گردد و چگالی محلول نیز درصد تجمعی ذرات معلق را مشخص می‌کند. با استفاده از این اطلاعات منحنی دانه‌بندی خاک^۲ را رسم نموده و همچنین درصد شن، سیلت و رس مشخص می‌گردد (ASTM, 2009).

۳-۳-۲- اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی آب آبیاری

ویلکاکس (۱۹۵۵)^۳ برای درجه‌بندی آب مورد استفاده در کشاورزی، نموداری برای طبقه‌بندی کیفیت آب آبیاری ارائه کرد. در این روش با اندازه‌گیری شوری و SAR آب آبیاری طبقه‌بندی هر نمونه مشخص می‌گردد. نمودار ویلکاکس برای مزارع طرح تهیه شد (جدول ۳-۱۰ و شکل ۳-۲۲).

۳-۴- نیاز آبی مزارع

با استفاده از معادله‌ی (۳-۱۳) نیاز آبی گیاه در طول فصل (ETC-S) کشت محاسبه شد.

$$ET_{C-S} = \sum_{\text{روز کشت}}^{\text{روز برداشت محصول}} (ET_c)_i \quad (3-13)$$

که در این معادله ETC-S نیاز آبی محاسبه‌شده در طول فصل کشت و ETC تبخیر-تعرق واقعی روزانه گیاه است.

۳-۴-۱- اطلاعات هواشناسی مورد نیاز برای محاسبه‌ی تبخیر-تعرق مرجع

برای محاسبه نیاز آبی از اطلاعات هواشناسی هر استان شامل ارومیه، سلماس، میاندوآب استفاده شد که به‌عنوان نمونه برای ایستگاه میاندوآب در جدول ۳-۱۱ آمده است. ایستگاه میاندوآب در مختصات جغرافیایی ۴۵,۹ شمالی و ۳۷,۰۶ شرقی و ارتفاع ۱۳۰۰ متر از آب‌های آزاد قرار گرفته است. همچنین با توجه به شرایط عدم دسترسی به اطلاعات هواشناسی مهاباد و همچنین نزدیکی روستای خورخوره به شهرستان میاندوآب، برای مزارع طرح در مهاباد نیز از اطلاعات این ایستگاه استفاده شد.

^۱ Disperse

^۲ Partial Soil Distribution Curve (PSDC)

^۳ L. V. Wilcox, 1955

جدول ۱۱-۳ - اطلاعات هواشناسی ایستگاه میاندوآب

طول دوره رشد	ماه از سال زراعی	دمای کمینه (°C)	دمای بیشینه (°C)	رطوبت نسبی %	سرعت باد در ۲ متری (m/sec)	ساعات آفتابی (hr)
دوره‌ی رشد جو	مهر ۹۳	۱۱/۵	۲۹/۹	۷۸	۱/۷	۱۲/۴
	آبان ۹۳	۰/۵	۱۲/۶	۴۶	۱/۳	۰/۲
	آذر ۹۳	۱/۲	۸/۰	۹۱	۱/۱	۳/۵
	دی ۹۳	-۲/۴	۸/۱	۸۵	۱/۸	۲/۵
	بهمن ۹۳	-۱/۱	۱۱/۱	۸۳	۱/۶	۶/۴
	اسفند ۹۳	-۰/۶	۱۲/۸	۸۱	۱/۹	۶/۵
	فروردین ۹۴	۴/۲	۱۷/۵	۸۱	۲/۳	۷/۸
	اردیبهشت ۹۴	۷/۵	۲۳/۴	۷۵	۳/۱	۹/۱
	خرداد ۹۴	۱۲/۸	۳۰/۸	۶۵	۱/۲	۱۱/۳
	تیر ۹۴	۱۷/۲	۳۵/۶	۶	۱/۳	۱۲/۲
دوره‌ی رشد چغندر قند	مرداد ۹۴	۱۶/۴	۳۵/۳	۶۲	۲/۰	۹/۵
	شهریور ۹۴	۱۵/۶	۳۵/۱	۶۷	۱/۹	۹/۵
	مهر ۹۴	۱۵/۳	۲۹/۱	۴۶	۱/۷	۴/۰
	آبان ۹۴	۱۲/۴	۲۵/۴	۵۳	۱/۷	۱/۵
	آذر ۹۴	۶/۸	۱۶/۱	۶۸	۲/۰	۳/۵

۳-۴-۲- بارندگی

بارندگی سهم عمده‌ای در تأمین نیاز آبی گیاهان دارد. به میزانی از بارش که در محیط ریشه باقی می‌ماند و می‌تواند به مصرف گیاه برسد باران مؤثر (E_r) گفته می‌شود (FAO, 2000) برای محاسبه‌ی E_r روش‌های متفاوتی توسعه‌یافته که در این تحقیق از روش دفتر حفاظت خاک اداره‌ی کشاورزی ایالات متحده‌ی آمریکا (NRCS) استفاده شد که عبارت است از:

$$E_r = R \frac{125 - 0.2R}{125} \quad (3-14) \quad \text{اگر بارش کمتر از } 250 \text{ میلی‌متر باشد.}$$

$$E_r = 125 + 0.1 \quad (3-15) \quad \text{اگر بارش بیش از } 250 \text{ میلی‌متر باشد.}$$

که در این معادلات: E_r بارش مؤثر و R بارندگی است.

۳-۵-۲- روش استخراج تبخیر-تعرق تجمعی گیاه در طول دوره‌ی رشد و راندمان کاربرد آب

۳-۵-۱- تبخیر-تعرق تجمعی در طول فصل کشت

تبخیر-تعرق روزانه واقعی گیاه (ET_{A-D}) بر اساس اطلاعات رطوبتی خاک که در طول فصل کشت پایش شد، با استفاده از معادله‌ی ۳-۱۶ محاسبه گردید. با توجه به اینکه پایش رطوبتی در کل فصل کشت صورت نگرفت، در دوره‌ای که برداشت اطلاعات صورت نگرفته بود، تبخیر-تعرق روزانه برابر تبخیر-تعرق محاسبه‌شده به وسیله‌ی نرم‌افزار Cropwat 8.0 در نظر گرفته شد. با استفاده از معادله‌ی ۳-۱۷، ET_{A-S} برای مزارع طرح محاسبه شد.

$$ET_{A-D} = \frac{WC_{n-1} - WC_n}{\Delta t} \quad (3-16)$$

$$ET_{A-S} = \sum_{\substack{\text{روز برداشت محصول} \\ \text{روز کاشت}}} (ET_{A-D})_i \quad (3-17)$$

که در معادله‌ی فوق: ET_{A-S} تبخیر-تعرق تجمعی در طول فصل رشد (میلی‌متر)، ET_{A-D} تبخیر-تعرق روزانه (میلی‌متر) و WC_n رطوبت خاک در قرائت n ، WC_{n-1} رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه در قرائت $n-1$ (سانتی‌متر)، Δt بازه‌ی زمانی بین دو قرائت n و $n-1$ (روز).

۳-۵-۲- راندمان کاربرد آب

E_a با استفاده از معادله‌ی (۳-۱۸) محاسبه شد (واکر و اسکوگر، ۱۹۸۷):

$$E_a = 100 \times \left(1 - \frac{dp}{I}\right) \quad (3-18)$$

که در آن E_a راندمان کاربرد آب (درصد)، I عمق آبیاری (سانتی‌متر)، dp نفوذ عمقی می‌باشد که با استفاده از معادله‌ی (۳-۱۹) و نمودارهای رطوبتی استخراج شد (شکل ۳-۲۲).

$$dp = WC_{ai} - FC - ET_{ai} \quad (3-19)$$

dp نفوذ عمقی (سانتی‌متر)، WC_{ai} رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه بلافاصله پس از آبیاری (سانتی‌متر)، FC رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه در ظرفیت زراعی (سانتی‌متر) و ET_{ai} تبخیر-تعرق تجمعی در دوره‌ای که رطوبت بالاتر از حد ظرفیت مزرعه‌ای می‌باشد.

۳-۵-۳- بهره‌وری آب و کارایی مصرف آب

مهم‌ترین هدف این تحقیق، تعیین میزان اثربخشی پروژه فوق برافزایش WP و WUE است. به این منظور با استفاده از تعاریف مربوط به WP و WUE (معادله‌های ۳-۲۰ و ۳-۲۱) پارامترهای مذکور کلیه مزارع محاسبه شدند.

$$WP = \frac{Y_c}{\sum I + \sum R_t} \quad (3-20)$$

$$WUE = \frac{Y_c}{ET_{A-S}} \quad (3-21)$$

که در این معادله‌ها WP بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)، Y_c عملکرد محصول (کیلوگرم)، $\sum I$ کل حجم آب آبیاری در طول فصل کشت (مترمکعب)، $\sum R_t$ کل حجم بارش مؤثر در طول فصل کشت (مترمکعب)، WUE کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) و ET_{A-S} حجم آب تبخیر-تعرق واقعی تجمعی گیاه در طول فصل کشت (مترمکعب). با استفاده از معادلات ۳-۲۲ و ۳-۲۳، WP و WUE بین مزارع تیمار و شاهد مقایسه شدند (جداول ۵-۶ تا ۷-۶).

$$\Delta WP = \frac{WP_t - WP_s}{WP_s} \times 100 \quad (3-22)$$

$$\Delta WUE = \frac{WUE_t - WUE_s}{WUE_s} \times 100 \quad (3-23)$$

که پارامترهای این معادلات عبارت‌اند از: ΔWP تفاوت بهره‌وری آب بین مزارع تیمار و شاهد (درصد)، WP_t بهره‌وری آب در مزارع تیمار (کیلوگرم بر مترمکعب)، WP_s بهره‌وری آب در مزارع شاهد (کیلوگرم بر مترمکعب)، ΔWUE تفاوت در کارایی مصرف آب بین مزارع تیمار و شاهد (درصد)، WUE_t کارایی مصرف آب در مزارع تیمار (کیلوگرم بر مترمکعب) و WUE_s کارایی مصرف آب در مزارع شاهد (کیلوگرم بر مترمکعب).

۳-۶- نرم‌افزارهای کامپیوتری مورد استفاده

۳-۶-۱- مدل Curve expert 1.3

این نرم‌افزار، برنامه‌ای جامع برای برآزش منحنی، در محیط دوبعدی است که به‌وسیله‌ی هایمس^۱ (۲۰۱۷) نوشته شده و توسعه یافته است. در مواردی که به تخمین رگرسیونی داده‌ها نیاز بود، از این مدل استفاده شد؛ که عبارت‌اند از:

۱. استخراج معادله‌ی کالیبراسیون برای دستگاه رطوبت‌سنج PR2؛
۲. تخمین رطوبت حجمی خاک (θ_{vol}) در زمان‌های قبل از بارندگی و آبیاری؛

۳-۶-۲- مدل Soil Water Characteristics

از این مدل برای تخمین پارامترهای نگهداری رطوبت خاک در حد آستانه‌های مختلف و جریان آب در خاک استفاده می‌شود. مهم‌ترین داده‌ی مورد نیاز این مدل، اطلاعات مربوط به بافت خاک به‌صورت درصد ماسه و رس است. علاوه بر اطلاعات مرتبط به بافت خاک ۴ پارامتر دیگر شامل درصد ماده‌ی آلی، شوری و تراکم نیز برای مدل نیاز است. این اطلاعات رسم منحنی رطوبت- پتانسیل- هدایت هیدرولیکی را امکان‌پذیر می‌کنند. این مدل بر اساس نتایج حاصل از ۱۷۲۲ نمونه‌ی خاک که به‌وسیله‌ی آزمایشگاه ملی طبقه‌بندی خاک وزارت کشاورزی ایالات متحده ارائه شده، توسعه یافته است. این روش برای خاک‌هایی که درصد رس آن‌ها کمتر از ۶۰ درصد است جواب قابل قبولی دارد (Saxton and Rawls, 2004).

۳-۶-۳- مدل ArcMap

ArcGIS Desktop مجموعه‌ای از نرم‌افزارهاست که توانایی فعالیت‌هایی از قبیل نقشه‌کشی، تحلیل‌های جغرافیایی، اصلاح و تلفیق، مدیریت، تجسم و پردازش جغرافیایی داده‌ها را برای کاربر فراهم می‌نماید (Booth and Mitchell, 1999). مهم‌ترین زیرمجموعه از ArcGIS، نرم‌افزار ArcMap است که به‌منظور تهیه، اصلاح و تحلیل اطلاعات مربوط به نقشه استفاده می‌شود. در این تحقیق از این نرم‌افزار برای رسم نقشه‌های جانمایی و نقشه‌ی ارتفاعی مزارع استفاده شد.

۳-۶-۴- مدل Cropwat

تبخیر-تعرق گیاه مرجع با نرم‌افزار Cropwat 8.0 محاسبه شد. این نرم‌افزار علاوه بر محاسبه‌ی نیاز آبی گیاه امکان برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس اطلاعات خاک، هوا و نوع گیاه را برای کاربر فراهم می‌کند همچنین این نرم‌افزار امکان برنامه‌ریزی آبیاری برای مدیریت‌های متفاوت و الگوی کشت‌های متفاوت را نیز فراهم می‌کند. مبنای محاسبه‌ی ET_0 در این مدل روش پیشنهادی فائو در نشریه شماره‌ی ۵۶ می‌باشد.

۳-۷- واسنجی دستگاه تراش

به‌منظور کاهش هزینه‌ی طرح به‌جای لوله‌های هادی مخصوص دستگاه از لوله‌های پلی‌اتیلن ۳۲ استفاده شد. به‌این ترتیب برای استخراج معادله‌ای که با آن بتوان قرائت‌های دستگاه به‌صورت ولتاژ (میلی‌ولت-mV) را به رطوبت حجمی (θ_{vol}) تبدیل نمود، ۲ سایت، یکی در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان و دیگری در دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

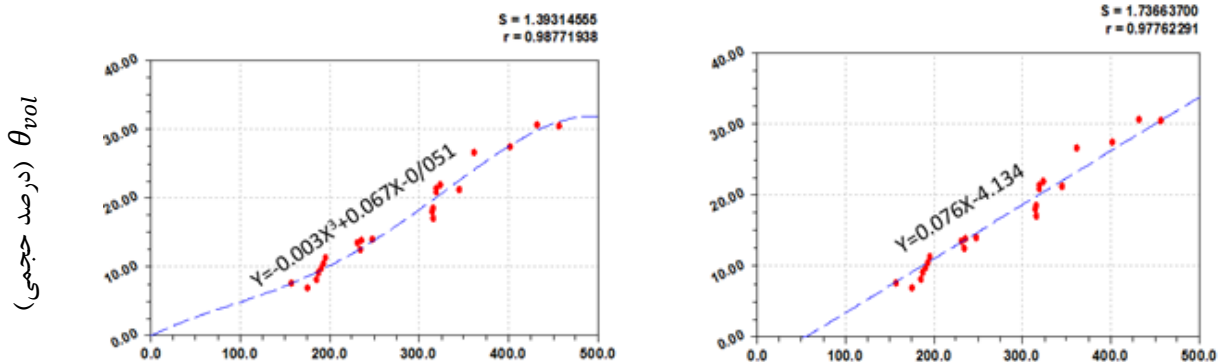
^۱Hyams

آماده شد. با استفاده از این داده‌ها و مدل‌سازی رگرسیونی در نرم‌افزار CurveExpert معادله‌های موردنیاز تهیه شدند. (شکل ۳-۳) و معادله‌های ۲۴-۳ و ۲۵-۳. لازم به ذکر است مبنای محاسبه‌ی رطوبت حجمی در این تحقیق معادله‌ی ۲۴-۳ است.

$$\theta_{vol} = 0.067RV - 4.134 \quad \text{معادله کالیبراسیون خطی دستگاه} \quad (24-3)$$

$$\theta_{vol} = -0.003RV^3 + 0.067RV - 0.051 \quad \text{معادله کالیبراسیون توانی دستگاه} \quad (25-3)$$

که در این معادلات RV قرائت دستگاه (میلی‌ولت) و θ_{vol} رطوبت حجمی خاک (٪) می‌باشد.



قرائت دستگاه (میلی‌ولت)

شکل ۳-۲۳- واسنجی دستگاه تراپم PR2

فصل چهارم

اثر بخشی تکنیک‌های کاهش کاربرد و مصرف آب در ارومیه

۱-۴- نتایج میزان آب ورودی به مزارع و باغات کانون نازلوچای ارومیه

نتایج آب ورودی به مزارع کانون نازلوچای ارومیه در پیوست ۱ درج شده است. همان‌طوری که ملاحظه می‌شود مزرعه آقای رضازاده با کاربرد آب ۶۴۲۵ مترمکعب در هکتار بیشترین مقدار کاربرد آب و آقای شوکتی با ۳۱۸۶ مترمکعب در هکتار کمترین مقدار کاربرد آب را داشته‌اند. در جدول ۱-۴ خلاصه نتایج اندازه‌گیری آب ورودی به مزارع و باغات کانون نازلوچای ارومیه درج شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود ارتباطی چندانی بین تعداد آبیاری‌ها و مجموع مقدار آب کاربردی وجود ندارد و باغ آقای رضازاده با ۱۳ آبیاری، ۶۴۲۵ مترمکعب در هکتار به‌کاربرده است. به علت بافت سنگین اراضی و آبدهی اندک آبخوان و پایین رفتن آب چاه‌ها، آبدهی تمامی چاه‌های مزارع و باغات مورد آزمایش کمتر از ۱۰ لیتر در ثانیه بوده است. جدول ۱-۴- خلاصه نتایج اندازه‌گیری آب ورودی به مزارع یا باغات کانون نازلوچای ارومیه

ردیف	نام مزرعه	نام محصول	نام روستا	تیمار/ شاهد	تعداد آبیاری‌ها	آب داده‌شده به مزرعه (m ³ /ha)
۱	غلامرضا رضازاده	سیب و هسته‌دار	اوصالوی کاظم	شاهد	۱۳	۶۴۲۵
۲	الهوردی یوسف‌زاده	سیب و هسته‌دار	اوصالوی کاظم	تیمار	۸	۵۸۶۰
۳	خسروزاده	کدو	ساری‌جالو	تیمار	۶	۴۶۷۷
۴	علی شوکتی	ذرت ۷۰۴ کشت دوم	اوصالوی کاظم	تیمار	۴	۳۱۸۶
۵	مهدی علیخانی	آفتابگردان	آیبلو	شاهد	۵	۴۵۸۶
۶	حسین نوری	انگور خوابیده	آیبلو	شاهد	۵	۳۸۱۱
۷	صدقلی محمدی	انگور ایستاده	آیبلو	تیمار	۵	۳۳۲۵

۲-۴- نتایج میزان آب ورودی به مزارع و باغات کانون باراندوزچای ارومیه

در جدول ۲-۴ خلاصه نتایج اندازه‌گیری آب ورودی به مزارع و باغات کانون باراندوزچای ارومیه درج شده است. همان‌طوری که ملاحظه می‌شود باغ سیب سلمان محمدی با کاربرد آب ۶۵۹۲ مترمکعب در هکتار بیشترین مقدار کاربرد آب و آقای غنی‌زاده با کشت نشایی گوجه‌فرنگی با ۵۲۹۱ مترمکعب در هکتار کمترین مقدار کاربرد آب را داشته‌اند.

جدول ۲-۴- خلاصه نتایج اندازه‌گیری آب ورودی به مزارع یا باغات کانون باراندوزچای ارومیه

ردیف	نام کشاورز	نام محصول	نام روستا	تیمار/ شاهد	تعداد آبیاری‌ها	آب داده شده به مزرعه (m ³ /ha)
۱	علی رضایی	سیب و هسته‌دار	ساری بیگلوی معین	شاهد	۷	۶۴۷۳
۲	محمد محمدی	سیب و هسته‌دار	ساری بیگلوی معین	تیمار	۷	۵۷۷۳
۳	سلمان محمدی	سیب	ساری بیگلوی معین	شاهد	۷	۶۵۹۲
۴	غلام غنی‌زاده	گوجه‌فرنگی با کشت بذری	ساری بیگلوی معین	شاهد	۱۲	۵۹۰۷
۵	غلام غنی‌زاده	گوجه‌فرنگی با کشت نشایی	ساری بیگلوی معین	تیمار	۱۱	۵۲۹۱
۶	چراغی	گوجه‌فرنگی با کشت بذری و آبیاری قطره‌ای نواری (تی تیپ)	ساری بیگلوی معین	تیمار	۲۰	۵۳۰۰

۳-۴- نتایج محاسبات تبخیر-تعرق پتانسیل و واقعی

با استفاده از داده‌های اقلیمی دما، نم نسبی، ساعات آفتابی و سرعت باد که از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک فرودگاه ارومیه اخذ گردید، مجموع تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع در ارومیه برای سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۴ از مهر تا شهریور سال بعد برابر ۱۰۴۰۰ مترمکعب بر هکتار می‌باشد. همچنین نیاز آبی خالص زراعت‌های آفتابگردان، گوجه‌فرنگی، کدو، انگور، درختان هسته‌دار، سیب و هسته‌دار با یونجه در جدول ۳-۴ درج شده است که با استفاده از ضرایب گیاهی ارائه توسط سازمان خواربار جهانی (فائو) تعیین شده است.

جدول ۴-۳- نیاز آبی پتانسیل و واقعی خالص نباتات زراعی و باغی در دو کانون نازلوچای و باراندوزچای ارومیه

محصول	نیاز آبی پستانسیل در ماه‌های مختلف (m^3/ha)						نیاز آبی واقعی خالص سالانه (m^3/ha)
	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	
یونجه	۴۲	۱۳۰۰	۱۶۲۲	۱۶۲۷	۱۳۳۸	۷۴۸	۶۳۴۹
آفتابگردان	-	۱۲۵۳	۱۸۶۵	۱۶۷۳	۵۶۸	-	۴۸۲۴
ذرت	-	۹۳۷	۱۷۸۵	۱۸۰۱	۱۳۳۶	۲۳۶	۵۴۸۵
گوجه‌فرنگی	-	۹۳۷	۱۷۸۵	۱۸۰۱	۱۳۳۶	۲۳۶	۵۴۷۶
کدو	-	۷۹۵	۱۵۰۳	۱۵۱۳	۱۱۲۹	-	۴۴۴۶
انگور	-	۶۸۱	۱۳۶۳	۱۳۹۹	۱۱۰۲	۲۱۱	۴۲۸۱
آلو، شلیل و هلو (هسته‌دار)	-	۶۶۵	۱۴۰۱	۱۴۶۴	۱۱۷۷	۲۶۸	۴۴۷۸
سیب	-	۸۸۱	۱۵۰۹	۱۵۴۶	۱۲۱۶	۲۳۶	۴۸۴۸
سیب و یونجه	۴۲	۱۳۸۸	۱۷۷۳	۱۷۸۲	۱۴۶۰	۷۷۲	۶۴۹۴
هسته‌دار و یونجه	۴۲	۱۳۶۷	۱۷۶۲	۱۷۷۳	۱۴۵۶	۷۷۵	۶۴۵۸

۴-۴- مقایسه مقدار آب کاربردی توسط زارعین در کانون نازلوچای با نیاز آبی واقعی محصولات

در جداول ۴-۴ مقدار آب کاربردی توسط زارعین در کانون نازلوچای با مقدار آب آبیاری مبتنی بر راندمان‌های مختلف و در شرایط کم آبیاری مورد مقایسه قرار گرفته است. ملاک مقایسه آب برداشت‌شده توسط کشاورز و اندازه‌گیری شده سر مزرعه بود. همان‌گونه که در جدول ۴-۴ ملاحظه می‌شود، باغ سیب یوسف‌زاده به علت رعایت توصیه‌های کارشناسان و کاهش طول نوار، مقدار آب کمتری نسبت به آقای رضازاده به مزرعه وارد کرده است. البته هردوی این کشاورزان در حد نیاز واقعی گیاه آب مصرف نموده و مصرف آن‌ها بسیار کمتر از مصرف با راندمان‌های اندک است. به عبارت دیگر در این باغ‌ها کم آبیاری انجام یافته است.

در باغات انگور خوابیده نوری و ایستاده محمدی، باغ انگور ایستاده محمدی به علت امکان زدن رتیواتور و سله‌شکنی و مصرف کود زیستی، آب کمتری در مزرعه مورد استفاده قرار گرفته است. کاربرد آب در این دو باغ نیز در حد کم آبیاری بوده است. مزارع شوکتی، علیخانی و خسروزاد نیز کمتر از نیاز پتانسیل گیاه آب مورد استفاده قرار داده‌اند. در کل می‌توان گفت کاربرد آب در گروه هدف شرکت‌های فنی و مهندسی و همچنین در گروه شاهد کمتر از نیاز آبی بوده و کشاورزان سعی کرده‌اند توصیه‌های این شرکت‌ها را به کار بگیرند. اگر کاربرد آب با راندمان ۶۰ درصد و میزان ۱۰۸۲۳ مترمکعب در هکتار را ملاک کاربرد آب در شرایط فعلی دشت ارومیه نازلوچای در نظر بگیریم، کشاورزان واقع در پروژه «همکاری در احیاء دریاچه ارومیه از طریق مشارکت جوامع محلی در استقرار کشاورزی پایدار و حفاظت از تنوع زیستی» در کانون نازلوچای با انجام کم آبیاری و با کاربرد ۶۴۲۵ مترمکعب در هکتار، ۴۰ درصد در کاربرد آب صرفه‌جویی کرده‌اند.

۴-۵- مقایسه مقدار آب کاربردی توسط زارعین در کانون باراندوزچای با نیاز آبی واقعی محصولات

در جداول ۴-۵ مقدار آب کاربردی توسط زارعین در کانون باراندوزچای با مقدار آب آبیاری مبتنی بر راندمان‌های مختلف و در شرایط کم آبیاری مورد مقایسه قرار گرفته است. همان‌گونه که در جدول ۴-۵ ملاحظه می‌شود، باغ سیب محمد محمدی به علت رعایت توصیه‌های کارشناسان و کاهش طول نوار، ایجاد تشتک در اطراف درخت و آبیاری با لوله‌های کم‌فشار و کاهش طول شیارهای آبیاری، مقدار آب کمتری نسبت به آقایان علی رضایی و سلمان محمدی مورد استفاده قرار داده است. البته هر سه این کشاورزان در حد نیاز واقعی گیاه آب بکار برده‌اند و کاربرد آن‌ها بسیار کمتر از کاربرد در شرایط راندمان‌های پایین است. به عبارت دیگر در این باغ‌ها کم‌آبیاری صورت گرفته، لیکن تکنولوژی باعث کاربرد مؤثر آب کاربردی در شرایط کم آبیاری شده است.

در مزارع گوجه‌فرنگی نیز کاشت به روش نشایی آقای غنی‌زاده حداقل یک نوبت در آبیاری صرفه‌جویی نموده و بقیه مزارع گوجه‌فرنگی نیز به لحاظ رعایت توصیه‌های کارشناسان و استفاده از روش آبیاری تیپ آب کمتری در مزرعه بکار برده‌اند. در کل می‌توان گفت کاربرد آب در گروه هدف شرکت‌های فنی و مهندسی و همچنین در گروه شاهد نسبت به نیاز آبیاری کمتر بوده و کشاورزان سعی کرده‌اند توصیه‌های این شرکت‌ها را به کار بگیرند. برای مثال در باغ سیب اگر کاربرد آب با راندمان ۶۰ درصد و به میزان ۱۰۸۳۲ مترمکعب در هکتار را ملاک کاربرد آب در شرایط فعلی دشت ارومیه باراندوزچای در نظر بگیریم، کشاورزان واقع در پروژه «همکاری در احیاء دریاچه ارومیه از طریق مشارکت جوامع محلی در استقرار کشاورزی پایدار و حفاظت از تنوع زیستی» در کانون نازلوچای با انجام کم آبیاری و با کاربرد ۶۴۷۳ مترمکعب در هکتار، ۴۰ درصد در آب کاربردی و یا آب ورودی به مزرعه صرفه‌جویی کرده‌اند. این نتایج برای سایر مزارع با درصدهای متفاوت قابل‌دستیابی است.

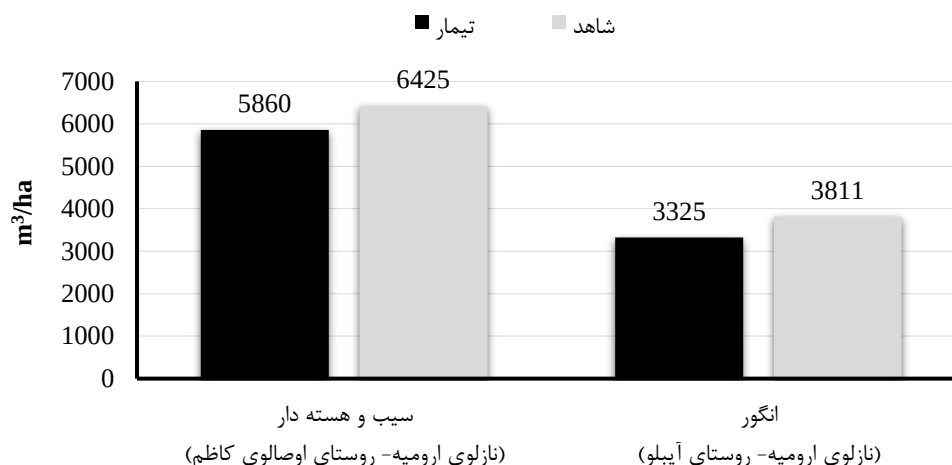
جدول ۴-۴- مقدار آب کاربردی توسط زارعین و نیاز آبیاری با راندمان‌های مختلف در کانون نازلوچای ارومیه

نام زارع	محصول	تیمار/ شاهد	عملکرد محصول (kg/ha)	مقدار کاربرد آب توسط زارع (m ³ /ha)	نیاز خالص (m ³ /ha)	حجم آبیاری با درصدهای مختلف کم آبیاری (m ³ /ha)							حجم آبیاری با راندمان‌های مختلف برداشت از منبع (m ³ /ha)		
						۹۰٪	۸۰٪	۷۰٪	۶۰٪	۶۰٪	۸۰٪	۹۰٪	۹۰٪	۸۰٪	۶۰٪
غلامرضا رضازاده	سیب و هسته‌دار	شاهد	۲۵۰۰۰	۶۴۲۵	۶۴۹۴	۵۸۴۵	۵۱۹۵	۴۵۴۶	۳۸۹۶	۱۰۸۲۳	۸۱۱۸	۷۲۱۶			
الهوردی یوسف‌زاده	سیب و هسته‌دار	تیمار	۲۴۰۰۰	۵۸۶۰	۶۴۹۴	۴۵	۵۱۹۵	۴۵۴۶	۳۸۹۶	۱۰۸۲۳	۸۱۱۸	۷۲۱۶			
عادل خسروزاده	کدو	تیمار	۱۹۰۰	۴۶۷۷	۴۴۴۶	۴۰۰۱	۳۵۵۷	۳۱۱۲	۲۶۶۸	۷۴۱۰	۵۵۵۸	۴۹۴۰			
علی شوکتی	ذرت ۷۰۴ (کشت دوم)	تیمار	۳۶۰۰۰	۳۱۸۶	۵۴۸۵	۴۹۳۷	۴۳۸۸	۳۸۴۰	۳۲۹۱	۹۱۴۲	۶۸۵۶	۶۰۹۴			
مهدی علیخانی	آفتابگردان	شاهد	۲۱۰۰	۴۵۸۶	۴۸۲۴	۴۳۴۲	۳۸۵۹	۳۳۷۷	۲۸۹۴	۸۰۴۰	۶۰۳۰	۵۳۶۰			
حسین نوری	انگور خوابیده	شاهد	۱۶۰۰۰	۳۸۱۱	۴۲۸۱	۳۸۵۳	۳۴۲۵	۲۹۹۷	۲۵۶۹	۷۱۳۵	۵۳۵۱	۴۷۵۷			
صدقلی محمدی	انگور ایستاده	تیمار	۱۹۰۰۰	۳۳۲۵	۴۲۸۱	۳۸۵۳	۳۴۲۵	۲۹۹۷	۲۵۶۹	۷۱۳۵	۵۳۵۱	۴۷۵۷			

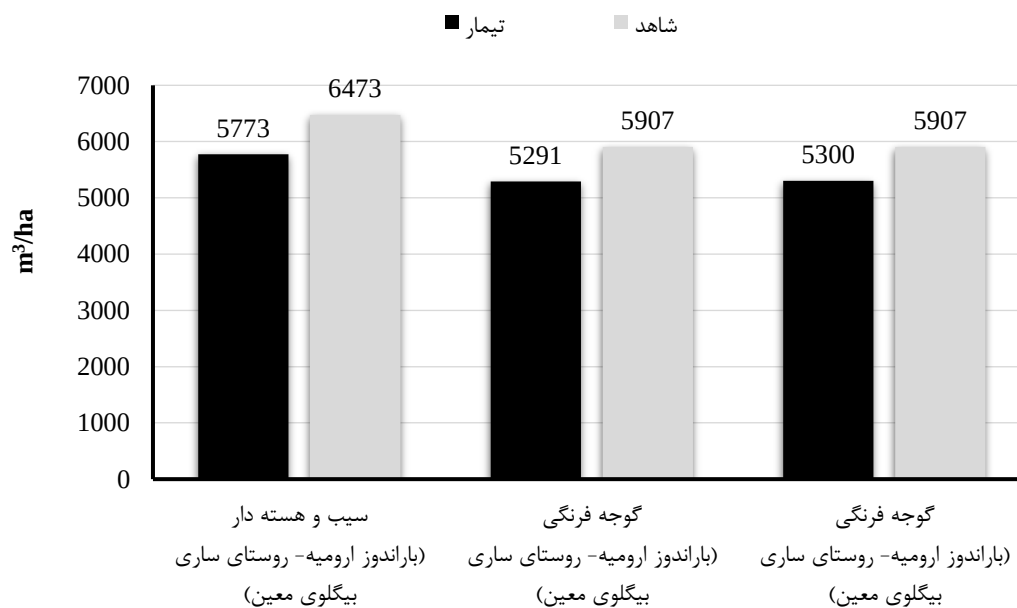
جدول ۴-۵- مقدار آب کاربردی توسط زارعین و نیاز آبیاری با راندمان‌های مختلف در کانون باراندوزچای ارومیه

نام زارع	محصول	عملکرد محصول (kg/ha)	تیمار/ شاهد	مقدار کاربرد آب توسط زارع (m3/ha)	نیاز خالص (m3/ha)	حجم آبیاری با درصدهای مختلف کم آبیاری (m ³ /ha)			حجم آبیاری با راندمان‌های مختلف برداشت از منبع (m ³ /ha)		
						%۹۰	%۸۰	%۷۰	%۶۰	%۶۰	%۹۰
علی رضایی	سیب و هسته‌دار	۲۴۰۰۰	شاهد	۶۴۷۳	۶۴۹۴	۵۸۴۵	۵۱۹۵	۴۵۴۶	۳۸۹۶	۱۰۸۲۳	۷۲۱۶
محمد محمدی	سیب و هسته‌دار	۱۸۰۰۰	تیمار	۵۷۷۳	۶۴۹۴	۵۸۴۵	۵۱۹۵	۴۵۴۶	۳۸۹۶	۱۰۸۲۳	۷۲۱۶
سلیمان محمدی	سیب	۲۶۰۰۰	شاهد	۶۵۹۲	۶۴۹۴	۵۸۴۵	۵۱۹۵	۴۵۴۶	۳۸۹۶	۱۰۸۲۳	۷۲۱۶
غلام غنی‌زاده	گوجه‌فرنگی با کشت بذری	۲۸۰۰۰	شاهد	۵۹۰۷	۵۴۷۶	۴۹۲۸	۴۳۸۱	۳۸۳۳	۳۲۸۶	۹۱۲۷	۶۰۸۴
غلام غنی‌زاده	گوجه‌فرنگی با کشت نشایی	۲۹۰۰۰	تیمار	۵۲۹۱	۵۴۷۶	۴۹۲۸	۴۳۸۱	۳۸۳۳	۳۲۸۶	۹۱۲۷	۶۰۸۴
چراغی	گوجه‌فرنگی با کشت بذری و آبیاری قطره‌ای نواری (تی‌تیپ)	۱۶۰۰۰	تیمار	۵۳۰۰	۵۴۷۶	۴۹۲۸	۴۳۸۱	۳۸۳۳	۳۲۸۶	۹۱۲۷	۶۰۸۴

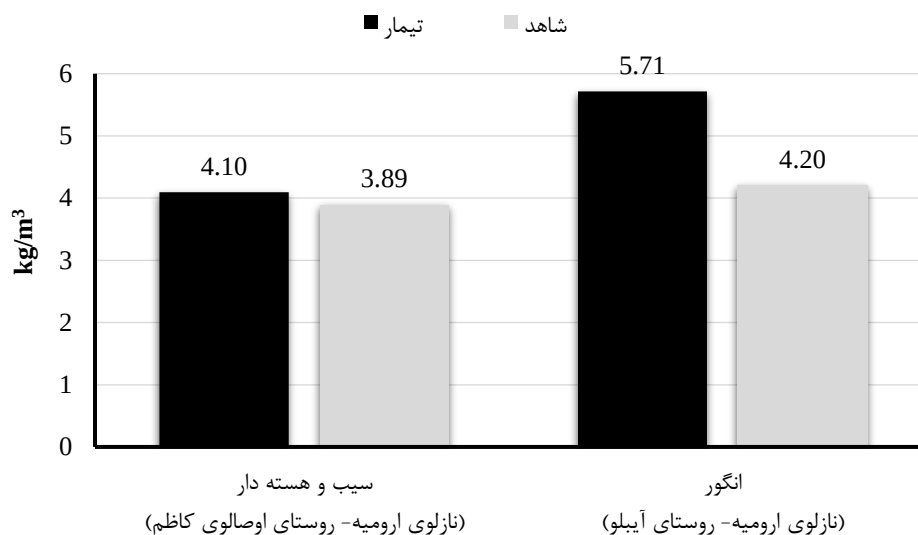
با توجه به شکل‌های ۱-۴ و ۳-۴، انجام فعالیت‌های به‌زراعی در باغات کانون نازلوچای ارومیه منجر به کاهش ۸ تا ۱۳ درصدی کاربرد آب و افزایش ۵ تا ۲۷ درصدی بهره‌وری آب شده است. همچنین با توجه به شکل‌های ۲-۴ و ۴-۴ انجام فعالیت‌های به‌زراعی انجام‌شده در مزارع و باغات کانون باراندوزچای ارومیه منجر به کاهش حدود ۱۲ درصدی کاربرد آب شده است. در کشت گوجه‌فرنگی کشت نشایی نسبت به کشت بذری منجر به کاهش ۱۲ درصدی کاربرد آب و افزایش ۱۶ درصدی بهره‌وری شده است همچنین آبیاری تیپ کشت بذری گوجه‌فرنگی منجر به کاهش ۱۱ درصدی آب شده است هرچند به دلیل کاهش عملکرد بهره‌وری کاهش یافته است.



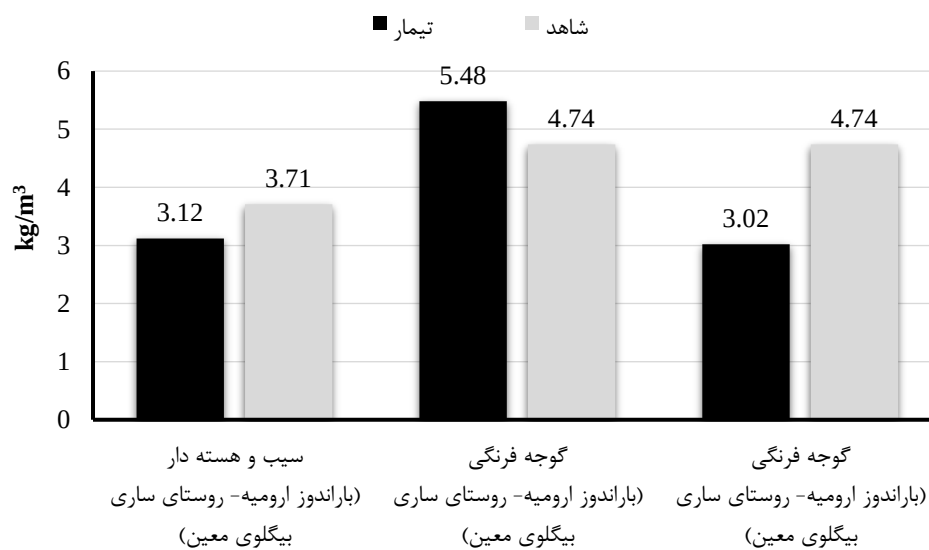
شکل ۱-۴ - تغییرات کاربرد آب در نتیجه کاربرد تکنیک‌های به‌زراعی در مزارع مختلف کانون نازلوچای ارومیه



شکل ۲-۴ - تغییرات کاربرد آب در نتیجه کاربرد تکنیک‌های به‌زراعی در مزارع مختلف کانون باراندوزچای ارومیه



شکل ۳-۴- تغییرات بهره‌وری آب در نتیجه کاربرد تکنیک‌های به‌زراعی در مزارع مختلف کانون نازلوچای ارومیه



شکل ۴-۴- تغییرات بهره‌وری آب در نتیجه کاربرد تکنیک‌های به‌زراعی در مزارع مختلف کانون باراندوزچای ارومیه

فصل پنجم

اثر بخشی تکنیک‌های کاهش کاربرد و مصرف آب در سلماس

۱-۵- نتایج میزان آب ورودی به مزارع در سلماس

در جدول ۱-۵ خلاصه نتایج آب برداشت‌شده توسط کشاورز و اندازه‌گیری شده در ورودی مزرعه ارائه شده است. همان‌طوری که ملاحظه می‌شود مزرعه آقای آسیابان با کاربرد آب ۱۱۵۷۶ مترمکعب در هکتار بیشترین مقدار کاربرد آب را داشته است. از سه مزرعه تیمار مزارع خانی و مکاری نسبت به مزارع شاهد خود کمتر آب را بکار برده اند و مزرعه مرتضی خان-تمر بیشتر از شاهد آب استفاده کرده است. جهت آبیاری مزرعه خان‌تمر در جهت خطوط تراز بود و به علت عدم تسطیح مناسب و شیب کم، سرعت پیشروی کمتر بوده و به همین دلیل مقدار آب کاربردی افزایش یافته است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود ارتباطی بین تعداد آبیاری‌ها و مجموع مقدار آب کاربردی وجود ندارد و مزرعه آقای جوان با دو آبیاری، آب بیشتری به کار برده است. دبی آب در آبیاری زارعین متفاوت بوده و از ۲۰ تا ۴۳ لیتر بر ثانیه تغییر می‌کرد.

جدول ۱-۵- خلاصه نتایج اندازه‌گیری آب ورودی به مزارع کانون سلماس

ردیف	نام مزرعه	تیمار/ شاهد	تعداد آبیاری‌ها	آب داده شده به مزرعه (m ³ /ha)
۱	یعقوب خانی	تیمار	۳	۴۵۳۸
۲	قربانعلی آسیابان	شاهد	۴	۱۱۵۷۶
۳	هوشنگ خان‌تمر	تیمار	۴	۵۳۷۱
۴	مرتضی خان‌تمر	شاهد	۴	۹۰۸۹
۵	محسن مکاری	تیمار	۵	۴۳۰۹
۶	محمد جوان‌تمر	شاهد	۲	۷۵۹۳

۵-۲- نتایج محاسبات تبخیر-تعرق پتانسیل و واقعی در سلماس

با استفاده از داده‌های اقلیمی دما، نم نسبی، ساعات آفتابی و سرعت باد که از ایستگاه سینوپتیک سلماس اخذ گردید، مجموع تبخیر-تعرق پتانسیل گندم در سلماس برای یک سال زراعی از زمان کاشت در پاییز تا زمان برداشت در اوایل تیرماه برابر ۳۶۲۰ مترمکعب بر هکتار تعیین گردید. با احتساب باران مؤثر، نیاز واقعی گندم در سلماس ۲۵۸۰ مترمکعب بر هکتار تعیین گردید.

۵-۳- اثر تکنیک‌های به‌زراعی و به‌نژادی بر مقدار آب کاربردی گندم توسط زارعین در سلماس

در جدول ۵-۲ مقدار آب کاربردی توسط زارعین با نیاز آبیاری برای راندمان‌های مختلف مورد مقایسه قرار گرفت. بر اساس نتایج فعالیت‌ها و تلاش‌های شرکت فنی و مهندسی واقع در سلماس در دو مزرعه آقای خانی و مکاری متمر ثمر بوده و کشاورزان توانسته‌اند با راندمان حدود ۸۰ درصد مزرعه خود را آبیاری نمایند. مزرعه آقای هوشنگ خان‌تمر نیز با راندمان ۶۰ درصد آبیاری شده که حاکی از تأثیرپذیری مزرعه شاهد از فعالیت‌های شرکت مزبور در سطح منطقه است.

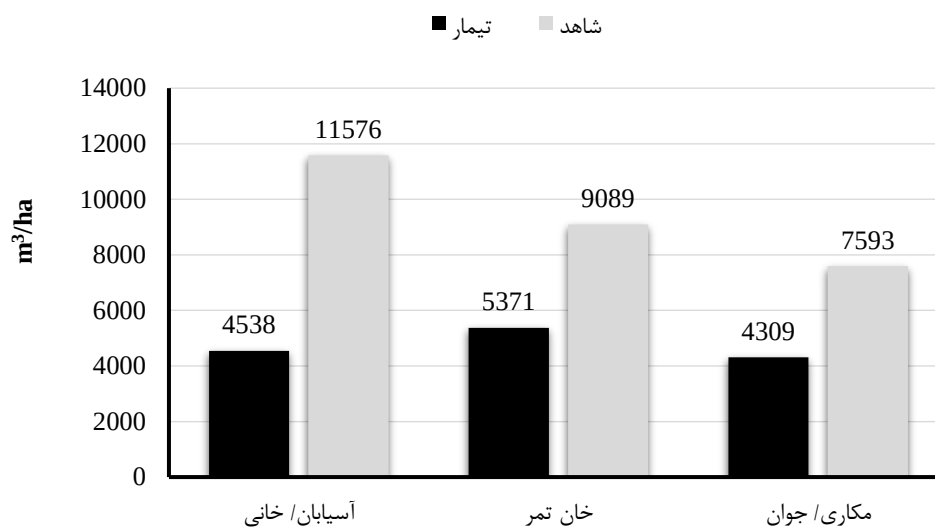
اگرچه در سلماس نتایج نویدبخشی در خصوص کاهش آب ورودی به مزارع مشاهده شده است. لیکن در تمامی آن‌ها امکان شناسایی اثربخشی تکنیک‌ها ممکن نمی‌باشد. در مزرعه ۱ کاربرد برگردان‌دار و روتیواتور باعث می‌شود قدرت نگهداری رطوبت در خاک کاهش یابد. عدم انجام آبیاری در زمان کاشت باعث شده است تا تعداد آبیاری در این مزرعه نسبت به مزرعه ۲ کمتر باشد. بر اساس نتایج قدرت پمپ، برداشت آب در مزرعه شماره ۲ بیش از مزرعه ۱ بوده است؛ بنابراین بالا بودن کاربرد آب در مزرعه ۲ به قدرت آبیاری و ساعت آبیاری بالا ارتباط داده می‌شود. علاوه بر این ورود تکنیک‌ها باعث شده است تا کشاورز در هر نوبت آبیاری ساعت آبیاری را کاهش دهد.

در مزرعه ۴ در مقایسه با مزرعه ۵ کاهش میزان آب ورودی به مزرعه به طول نوار آبیاری ارتباط داده می‌شود. ارائه زمان رسیدن آب به انتهای نوار می‌تواند تعیین‌کننده این فرضیه باشد که در گزارش تکمیلی ارائه می‌شود. در مزرعه ۵ ورود بذر پیشگام مدیریت آبیاری مناسب‌تری را ارائه داشته است به‌نحوی که مقدار آب آبیاری در هر نوبت آبیاری در مقایسه با تیمار و شاهد به‌مراتب کمتر بوده است و اگرچه طول نوار آبیاری بلند بوده است و کشاورز ۵ نوبت آبیاری داشته است، لیکن مقدار آب در هر نوبت آبیاری کنترل شده بوده است. بر اساس نتایج جدول ۵-۲، در مزرعه شماره ۲ راندمان برداشت آب از منبع بسیار پایین بوده و کمتر از ۲۲ درصد محاسبه شده است که در مزرعه شماره ۱ به حدود ۶۰ درصد ارتقا یافته است. در مزرعه شماره ۳ و ۴ نیز نتایج تقریباً مشابه است و در مزرعه شماره ۵ به حدود ۶۰ درصد ارتقا یافته است؛ بنابراین در پایلوت مزارع سلماس به‌طور متوسط بین ۲۴ تا ۴۰ درصد راندمان برداشت از منابع ارتقا یافته است.

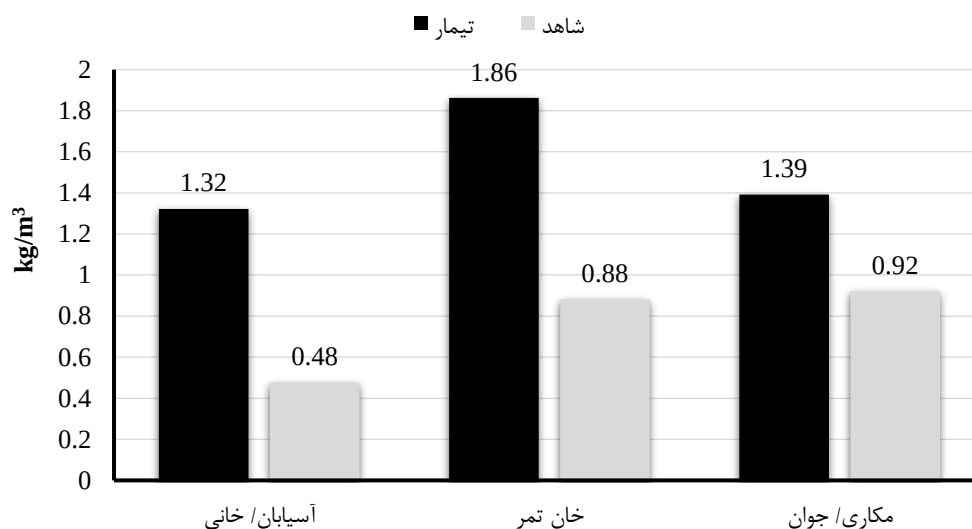
جدول ۵-۲- مقدار آب کاربردی توسط زارعین، نیاز آبیاری با راندمان‌های مختلف در سلماس

نام مزرعه	محصول	تیمار/ شاهد	مقدار کاربرد آب توسط زارع (m ³ /ha)	عملکرد (ton/ha)	نیاز خالص (m ³ /ha)	حجم آبیاری با درصدهای مختلف کم آبیاری (m ³ /ha)						حجم آبیاری با راندمان‌های مختلف برداشت از منبع (m ³ /ha)		
						% ۹۰	% ۸۰	% ۷۰	% ۶۰	% ۶۰	% ۶۰	% ۸۰	% ۸۰	% ۹۰
یعقوب خانی	گندم	تیمار	۴۵۳۸	۶	۲۵۸۰	۲۳۲۲	۲۰۶۴	۱۸۰۶	۱۵۴۸	۴۳۰۰	۳۲۲۵	۲۸۶۷	۲۸۶۷	۲۸۶۷
قربانعلی آسیابان	گندم	شاهد	۱۱۵۷۶	۵/۵	۲۵۸۰	۲۳۲۲	۲۰۶۴	۱۸۰۶	۱۵۴۸	۴۳۰۰	۳۲۲۵	۲۸۶۷	۲۸۶۷	۲۸۶۷
هوشنگ خان‌تمر	گندم	تیمار	۵۳۷۱	۱۰	۲۵۸۰	۲۳۲۲	۲۰۶۴	۱۸۰۶	۱۵۴۸	۴۳۰۰	۳۲۲۵	۲۸۶۷	۲۸۶۷	۲۸۶۷
مرتضی خان‌تمر	گندم	شاهد	۹۰۸۹	۸	۲۵۸۰	۲۳۲۲	۲۰۶۴	۱۸۰۶	۱۵۴۸	۴۳۰۰	۳۲۲۵	۲۸۶۷	۲۸۶۷	۲۸۶۷
محسن مکاری	گندم	تیمار	۴۳۰۹	۶	۲۵۸۰	۲۳۲۲	۲۰۶۴	۱۸۰۶	۱۵۴۸	۴۳۰۰	۳۲۲۵	۲۸۶۷	۲۸۶۷	۲۸۶۷
محمد جوان‌تمر	گندم	شاهد	۷۵۹۳	۷	۲۵۸۰	۲۳۲۲	۲۰۶۴	۱۸۰۶	۱۵۴۸	۴۳۰۰	۳۲۲۵	۲۸۶۷	۲۸۶۷	۲۸۶۷

با توجه به شکل ۱-۵ و ۲-۵ انجام فعالیت‌های به‌زراعی انجام‌شده در مزارع گندم سلماس منجر به کاهش ۴۰ تا ۶۰ درصدی در کاربرد آب و افزایش ۳۳ تا ۶۴ درصدی بهره‌وری آب در مزارع گندم شده است. با توجه به نتایج فعالیت‌های به‌زراعی در منطقه سلماس اثرات مثبتی در کاهش کاربرد آب و افزایش بهره‌وری آب گندم داشته است.



شکل ۱-۵- تغییرات میزان کاربرد آب در نتیجه کاربرد تکنیک‌های به‌زراعی در مزارع مختلف کانون سلماس



شکل ۲-۵- تغییرات بهره‌وری آب در نتیجه کاربرد تکنیک‌های به‌زراعی در مزارع مختلف کانون سلماس

فصل ششم

اثر بخشی تکنیک‌های کاهش کاربرد و مصرف آب در میاندو آب

۶-۱- پایش آبیاری

میزان آب آبیاری در مزارع مورد پایش در میاندو آب در جدول ۶-۱ ارائه شده است. در کشت گندم بیشترین عمق آبیاری (I) مربوط به مزرعه L1 با عمق ۳۲/۷ سانتی‌متر که منبع آب آن چاه و کمترین I مربوط به مزرعه N1 و N2 با عمق ۱۲ سانتی-متر که آب آن از رودخانه زرينه‌رود تأمین می‌شود، بود. دلیل عمده‌ی عمق زیاد آبیاری در مزرعه L1 را می‌توان دبی کم پمپ و طولانی شدن فاز پیشروی در کرت ذکر نمود. در کشت جو بیشترین I در مزرعه H4 برابر با ۲۱ سانتی‌متر و کمترین میزان در مزرعه H3 برابر با ۹/۸ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. منبع آب هر دو مزرعه زرينه‌رود بود و دبی جریان ورودی نسبتاً بالایی داشتند؛ تفاوت عمق آبیاری (I) در این دو مزرعه نیز مربوط به طول بلند کرت در مزرعه‌ی H4 بوده که باعث طولانی شدن فاز پیشروی می‌شود. همچنین زارع در این مزرعه با توجه به شوری خاک، با اعمال I زیاد قصد شستن نمک‌ها در محیط ریشه را نیز داشت. در مزارع چغندر طرح بیشترین و کمترین I به ترتیب در مزارع TL1 با ۲۹/۷ سانتی‌متر آبیاری و مزرعه N5 با ۹/۲ مشاهده شد. منبع آب مزرعه‌ی TL1 چاه و منبع آب مزرعه N5 زرينه‌رود بود (شکل ۶-۱).



شکل ۶-۱- آبیاری مزرعه‌ی L3- میاندوآب (۹۴/۱/۱۸)

جدول ۶-۱- خلاصه نتایج اندازه‌گیری آب ورودی به مزارع کانون میاندوآب

محصول	کد مزرعه	تیمار/ شاهد	مدت آبیاری (hr)	حجم آب کاربردی (m ³)
گندم	H1	تیمار	۷۲	۷۷۷/۶
	H2	شاهد	۱۰۲	۸۳۲۸
	N1	تیمار	۱۱	۲۰۵۰/۴
	N2	شاهد	۰/۵	۹۲/۲
	L1	تیمار	۲۳۷	۶۹۴۴/۷
	L2	تیمار	۱۶۵	۵۰۶۷/۸
جو	L3	شاهد	۵۹/۴۵	۴۷۲۲/۲
	H3	تیمار	۵۵	۲۹۵۵/۷
	H4	شاهد	۳۱	۴۷۴۶/۸
	N3	تیمار	۷	۱۳۰۴/۸
چغندر قند	N4	شاهد	۰/۵	۹۲/۲
	N5	تیمار	۴۴/۲۵	۹۱۲۲/۵
	N6	تیمار	۷۰	۱۳۰۷۹/۱
	N7	شاهد	۷۳/۳	۵۰۶۲/۸
	TL1	تیمار	۲۵۴	۱۳۱۹۵/۱
	TL2	شاهد	۲۵۰	۱۱۱۷۶/۸
	TL3	شاهد	۲۶۵	۱۹۵۲۰/۶

شروع اندازه‌گیری عمق آبیاری‌ها در دهه‌ی سوم فروردین آغاز گردید. در اکثر مزارع گندم و جو به دلیل نزول باران در فصل پاییز، آبیاری جهت سبز شدن بذر انجام‌نشده بود؛ اما در مزارعی که در پاییز آبیاری شده بودند و اطلاعات آن در دسترس نبود، مقادیر عمق اولین آبیاری که پایش شده بود، به‌عنوان عمق آبیاری اول استفاده گردید؛ لیکن در مزارع چغندرقد، I در مواردی که پایش نشده بود بر اساس مدت‌زمان آبیاری در هر نوبت که توسط زارعین اعلام گردید محاسبه شد. در این محاسبات دبی جریان ورودی به مزرعه در طول دوره‌ی کشت با توجه به آبدهی نسبتاً ثابت پمپ، یکسان فرض شد.

۶-۲- پایش رطوبت خاک کانون میان‌دوآب

رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه (WC) ۶۰ سانتی‌متر (به‌عنوان عمق فعالیت ریشه برای زراعت‌های مورد مطالعه) بر اساس معادله‌ی ۶-۱ محاسبه گردید:

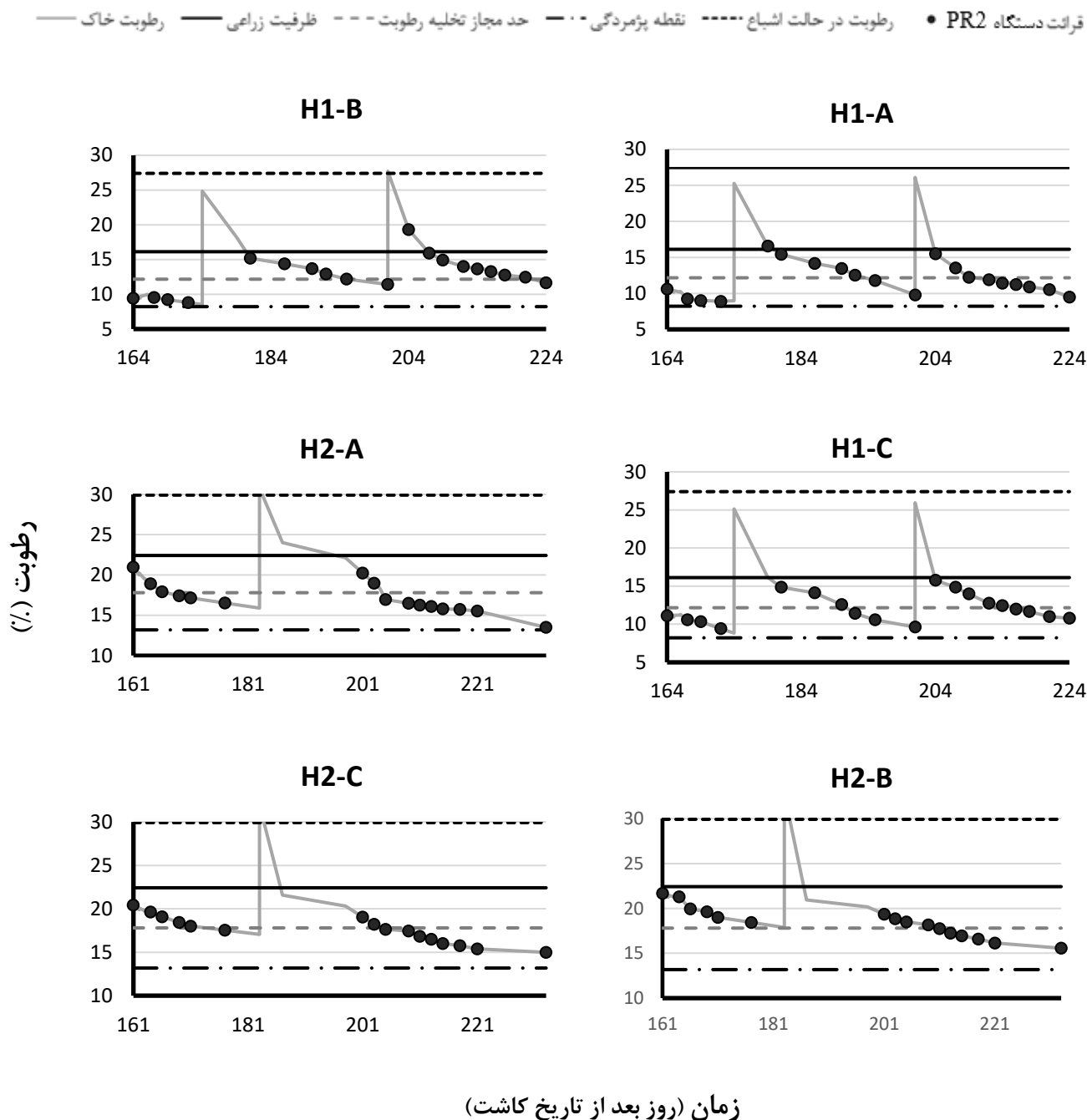
$$WC = DR_{20} \times 25 + DR_{30} \times 10 + DR_{40} \times 15 + DR_{60} \times 10 \quad (۶-۱)$$

در معادله‌ی فوق DR_{20} ، DR_{30} ، DR_{40} و DR_{60} به ترتیب رطوبت حجمی (θ_{vol}) بر اساس اندازه‌گیری با دستگاه PR2 است. درمجموع (۳۰ لوله دسترسی) در مزارع گندم، (۱۶ نقطه) در مزارع جو و (۲۳ نقطه) در مزارع با کشت چغندرقد کارگذاری و نمودارهای رطوبتی برای آن‌ها تهیه شد. نمونه‌ای از این نمودارها در شکل ۶-۲ ارائه شده است. در این شکل‌ها دو حرف اول از سمت چپ، مشخص‌کننده‌ی مزرعه و حروف آخر (سمت راست) مشخص‌کننده لوله‌ی دسترسی می‌باشد. برای مثال L1-A بیانگر لوله‌ی دسترسی A در مزرعه L1 است.

مزارع H1 و L1 با ۳ نقطه و مزرعه L1 با ۸ نقطه بیشترین تعداد نقاط پایش را در مزارع گندم داشتند. لوله‌های دسترسی در نقاط 'L3-A'، 'L3-A'' و 'L3-A''' مدتی بعد از سایر لوله‌های مزرعه L3 کارگذاری شده و برخلاف سایر نقاط این مزرعه که پایش رطوبت از روز ۱۵۷ ام بعد از کشت شروع شد، اطلاعات این نقاط از روز ۱۷۰ ام برداشت شد.

مزارع H3 و H4 به ترتیب با ۳ و ۵ لوله‌ی دسترسی، کمترین و بیشترین تعداد نقاط پایش رطوبت در مزارع با کشت جو را داشتند. بافت خاک مزرعه‌ی H3 بسیار سبک بود و ظرفیت نگهداشت آب در محیط ریشه نیز کمتر از سایر مزارع طرح بود. بافت سبک این خاک به همراه عمق نسبتاً زیاد آبیاری منجر به افزایش نفوذ عمقی در (dp) در مزرعه مذکور شد.

مزارع TL1، TL3 و N7 با ۳ نقطه کمترین و مزرعه‌ی TL2 با ۶ نقطه بیشترین تعداد نقاط پایش را در مزارع چغندرقد داشتند. نقطه‌ی ماکزیمم منحنی در مزارع N5 و N6 که بیانگر میزان آب خاک بلافاصله پس از آبیاری است، نسبت به سایر منحنی‌ها از میزان کمتری برخوردار می‌باشد. دلیل این امر آن است که عمق آبیاری که نمودار رطوبت-زمان مزارع مذکور بر اساس آن رسم شده‌اند، برآورد تخمینی از حداقل آبیاری اعمال‌شده در این مزارع است. مزارع TL1 و TL2 به‌طور بسیار سنگین (عمق آبیاری زیاد) آبیاری شدند، به‌صورتی که رطوبت خاک تا حد اشباع افزایش یافت که منجر به نفوذ عمقی (dp) زیاد در این دو مزرعه گردید. dp، Ea و تعداد روزهایی که رطوبت خاک در خاک از آستانه‌ی حد سه‌ل‌الوصول کمتر بود (ts) برای تمامی لوله‌های دسترسی محاسبه شد.



شکل ۶-۲- تغییرات رطوبت خاک در عمق ۰ تا ۶۰ سانتی متری در مزارع گندم - کانون میاندوآب

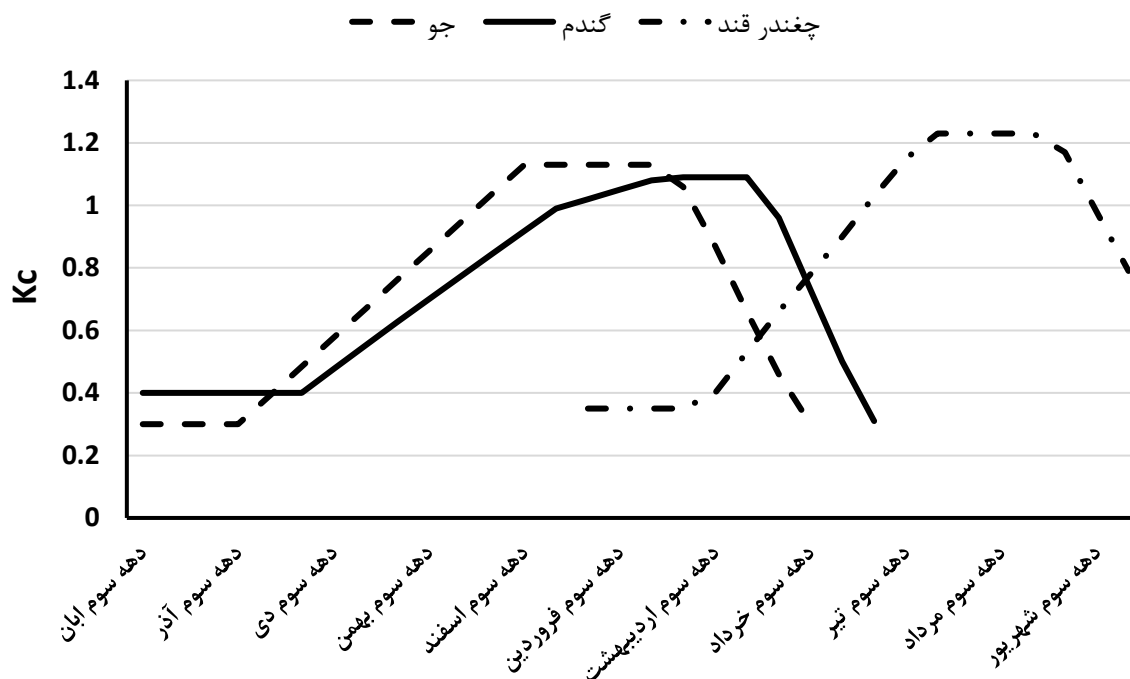
۶-۳- نتایج حاصل از نمودارهای رطوبت-زمان در کانون میاندوآب

مقادیر ts (مدت زمانی که رطوبت خاک از حد آستانه سهل الوصول کمتر است)، نفوذ عمقی (dp) و راندمان کاربرد (E_a) کلیه مزارع طرح با استفاده از نمودارهای رطوبت-زمان محاسبه شد (شکل ۶-۲). بر اساس این نتایج خشکی محیط ریشه در آبیاری دوم مزارع H1 و H2 مانع از نفوذ عمقی (dp) زیاد در این دو مزرعه شد. دبی کم پمپ مزرعه‌ی L1 سبب طولانی شدن فاز پیشروی و افزایش dp در ابتدای کرت گردید. بافت سنگین خاک (رس سیلتی) در L2 و L3 مانع از وقوع dp زیاد در این

مزارع شد. لوله‌های دسترسی L3-A'، L3-A'' و L3-A'''، ۱۳ روز پس از سایر لوله‌ها در مزرعه‌ی L3 کارگذاری شدند و وزن-دهی به لوله‌های این مزرعه ۲ بار صورت گرفت (با در نظر گرفتن و بدون در نظر گرفتن این نقاط). عمق مناسب آبیاری، خشکی محیط ریشه در زمان آبیاری، بافت لومی خاک با ظرفیت نگهداشت رطوبتی بالا در مزارع N1، N2، N3 و N4 باعث کاهش dp و افزایش راندمان کاربرد آب (Ea) گردید. بافت سبک خاک (لوم ماسه‌ای) در مزرعه‌ی H3 سبب افزایش dp در این مزرعه شد. راندمان آبیاری مزارع N5 و N6 با استفاده از عمق آبیاری‌های تخمین زده‌شده محاسبه گردید. تسطیح نامناسب کرت آبیاری در مزرعه‌ی N6 منجر به افزایش dp در ابتدای کرت شد. عمق آبیاری در مزارع H4، TL1، TL2 و TL3 از ظرفیت اشباع خاک بیشتر بود و سبب افزایش dp گردید.

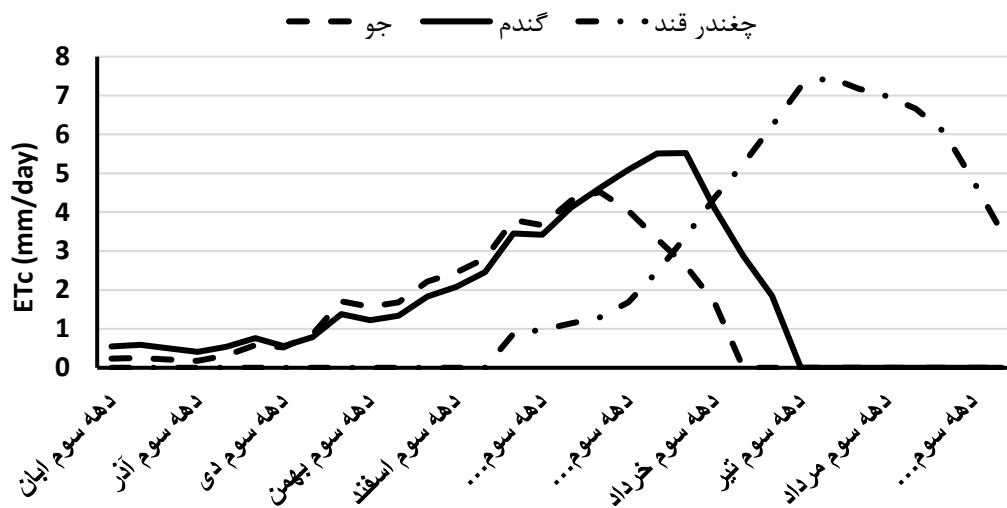
۴-۶- نیاز آبیاری (ETc)

نیاز آبیاری گیاه متأثر از نوع گیاه، شرایط اقلیمی، هواشناسی و میزان بارندگی در منطقه است. ضریب گیاهی (Kc) گندم، جو و چغندر قند مطابق روش پیشنهادی نشریه‌ی فائو ۳۳ محاسبه شد (شکل ۳-۶).

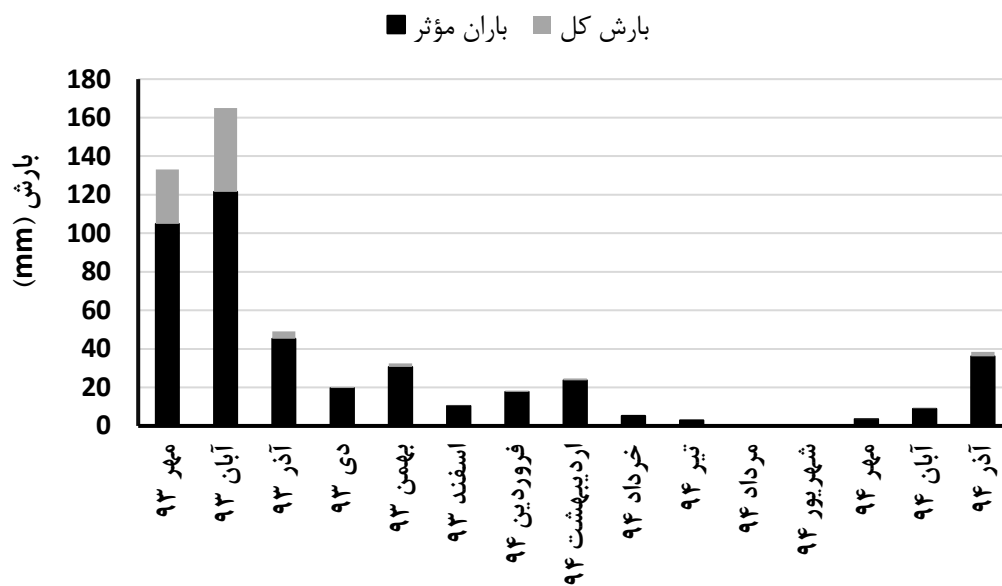


شکل ۳-۶- ضرایب گیاهان (Kc) موردنظر طرح در دوره‌های مختلف رشد در مزارع منطقه مهاباد و میاندوآب

با استفاده از ضرایب گیاهی، اطلاعات هواشناسی و طول دوره‌ی رشد، تبخیر-تعرق گیاه برای کلیه‌ی مزارع با استفاده از مدل Cropwat محاسبه شد (شکل ۴-۶). با استفاده از اطلاعات تبخیر-تعرق گیاه در طول دوره‌ی رشد (ETc-s)، مجموع بارش مؤثر در دوره‌ی رشد ($\sum R$) (شکل ۵-۶) و مجموع عمق آبیاری اعمال‌شده به مزارع ($\sum I$) کفایت عمق آبیاری ($\frac{\sum I + \sum R}{ETc-s}$) برای هریک از مزارع محاسبه شد (جدول ۲-۶).



شکل ۶-۴- تغییرات نیاز خالص آبی (ETc) در مزارع منطقه میاندوآب



شکل ۶-۵- نمودار پراکنش بارندگی منطقه میاندوآب

جدول ۶-۲- مقایسه‌ی تبخیر-تعرق در طول دوره (فصلی) گیاه (ET_{C-S}) با مجموع عمق آبیاری و بارش کانون میاندوآب

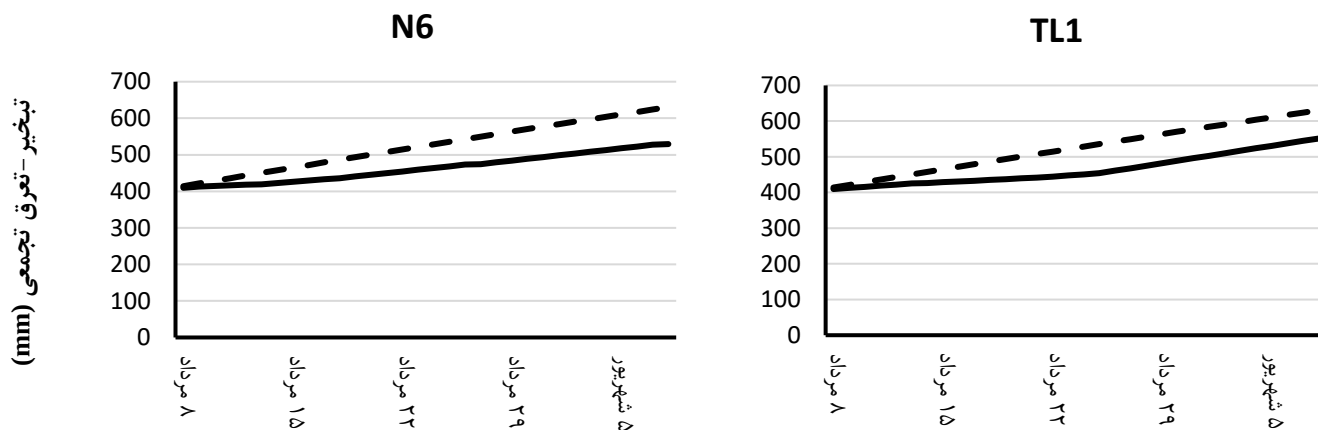
محصول	مزرعه	تیما ^ر / شاهد	مجموع آبیاری (mm)	مجموع بارش (mm)	ETC-S (mm)	مساحت (m ²)	نیاز خالص برای مزرعه (m ³)	آب ورودی به مزرعه (m ³)	کفایت عمق آبیاری (%)	اختلاف بین تیمار و شاهد (cm)
گندم	H1	تیمار	۴۸۹	۳۸۲	۵۲۹	۱۵۸۹	۸۴۱	۱۳۸۴	۱۶۵	۱/۴
	H2	شاهد	۴۴۸	۳۸۲	۵۲۹	۱۸۵۸۰	۹۸۳۷	۱۵۴۲۰	۱۵۷	
	N1	تیمار	۲۴۰	۳۸۲	۵۲۹	۸۵۵۶	۴۵۳۰	۵۳۱۶	۱۱۷	۰
	N2	شاهد	۲۴۰	۳۸۲	۵۲۹	۳۸۵	۲۰۴	۲۳۹	۱۱۷	
	L1	تیمار	۶۷۵	۳۸۲	۵۲۹	۷۵۹۵	۴۰۲۱	۸۰۲۳	۲۰۰	
	L2	تیمار	۵۶۰	۳۸۲	۵۲۴	۹۰۴۸	۴۷۴۴	۸۵۲۱	۱۸۰	۵/۸
	L3	شاهد	۵۰۲	۳۸۲	۵۲۴	۹۳۹۹	۴۹۲۸	۸۳۱۰	۱۶۹	
گندم	H3	تیمار	۵۲۹	۳۷۹	۳۲۸	۵۵۹۵	۱۸۳۵	۵۰۷۷	۲۷۷	۸/۶-
	H4	شاهد	۶۱۵	۳۷۹	۳۲۸	۷۷۱۸	۲۵۳۱	۷۶۶۹	۳۰۳	
	N3	تیمار	۳۰۵	۳۷۹	۳۲۴	۴۲۷۳	۱۳۸۵	۲۹۲۳	۲۱۱	۱/۳
	N4	شاهد	۲۹۲	۳۷۹	۳۲۴	۳۱۶	۱۰۲	۲۱۲	۲۰۷	
گندم	N5	تیمار	۱۰۰۳	۹۸	۷۸۷	۹۰۹۹	۷۱۶۵	۱۰۰۱۵	۱۴۰	۷۲/۲-
	N7	شاهد	۱۲۷۵	۹۸	۷۸۷	۴۱۶۳	۳۲۷۸	۵۷۱۸	۱۷۴	
	N6	تیمار	۱۳۹۲	۹۸	۷۸۷	۹۷۰۲	۷۶۳۹	۱۴۴۵۴	۱۸۹	۴۸/۳-
	TL3	شاهد	۱۸۷۵	۹۸	۷۸۷	۱۰۴۱۳	۸۱۹۹	۲۰۵۴۲	۲۵۱	
	TL1	تیمار	۱۶۳۸	۹۸	۷۸۷	۸۳۰۶	۶۵۴۰	۱۴۴۲۳	۲۲۱	۱۵/۴-
	TL2	شاهد	۱۷۹۵	۹۸	۷۸۷	۶۲۲۸	۴۹۰۴	۱۱۷۸۸	۲۴۰	

در کشت گندم و جو، بارندگی درصد عمده‌ای از نیاز آبی گیاهان مذکور را در پاییز و زمستان تأمین نمود. کفایت عمق آبیاری در هریک از مزارع متفاوت به دست آمد که دلیل اصلی تفاوت اعمال عمق‌های متفاوت آبیاری در مزارع به‌وسیله‌ی کشاورزان طرح بود. بیشترین و کمترین کفایت عمق آبیاری به ترتیب در مزارع H4 با ۳ برابر نیاز آبی و مزارع N1 و N2 با ۱/۲ برابر نیاز آبی بود. مقایسه کفایت آبیاری بین تیمار و شاهد در ستون آخر جدول حاکی از آن است که در مزارع تیمار عملاً کاهش کاربرد آب رخ نداده است.

۶-۵- تبخیر-تعرق واقعی

ET_{A-S} با استفاده از معادله‌ی ۴-۲۰ برای کلیه مزارع محاسبه شد (پیوست ۴ شکل‌های ۱ تا ۳). در تمامی مزارع، ET_{A-S} از ET_{C-S} کمتر بود که بیانگر شرایط واقعی مزرعه در مقایسه با شرایط پتانسیل می‌باشد. تفاوت در مدیریت‌های مزارع منجر به تفاوت در ET_{A-S} و ET_{C-S} می‌گردد. مدل Cropwat که از آن برای محاسبه‌ی ET_{C-S} استفاده گردید، تبخیر-تعرق گیاه را با فرض وجود شرایط مطلوب محاسبه می‌نماید. در مزارع گندم، بیشترین و کمترین ET_{A-S} برابر با ۴۸۶ و ۳۵۴ میلی‌متر مربوط به مزارع L2 و H2 بود. برخلاف مزارع گندم، در کشت جو مقادیر ET_{A-S} تفاوت کمتری با مقادیر متناظر ET_{C-S} داشت. در مزارع گندم و جو با توجه به این امر که پایش رطوبت در کل فصل کشت انجام نشد و تنها در بهار میسر گردید، ET_{A-D} در دوره‌ای که اطلاعات رطوبتی برداشت نشد، برابر میزان ET_{C-D} فرض گردید. در مزارع چغندر، بیشترین و کمترین میزان ET_{A-S} را مزارع TL1 با ۷۵۲ و N6 با ۶۸۷ میلی‌متر داشتند. در مزارع چغندر قند نیز مانند مزارع گندم و جو ET_{A-D} برای دوره‌ی زمانی که اطلاعات برداشت نشده بود، برابر با ET_{C-D} فرض شد. ET_{A-S} به‌منظور تعیین بهره‌وری آب در مزارع، برای تمامی مزارع محاسبه شد (شکل ۶-۶).

ETC-S - - - - - ETA-S —



شکل ۶-۶- تبخیر-تعرق تجمعی در طول دوره‌ی رشد مزارع چغندر قند کانون میاندوآب

۶-۶-۶- راندمان کاربرد آب

راندمان کاربرد آب (Ea) در هر نوبت آبیاری با استفاده از معادله‌ی ۱۹ محاسبه شد (جدول ۶-۳). اطلاعات مربوط به ts و کمترین و بیشترین مقادیر dp در لوله‌های دسترسی مورد پایش نیز به‌منظور مقایسه‌ی مزارع تیمار و شاهد در جدول ۶-۳ آورده شده است.

۶-۶-۱- مقایسه‌ی در مزارع تیمار و شاهد

با استفاده از اطلاعات جدول ۲۰ شرایط آبیاری مزارع تیمار و شاهد مقایسه شدند که عبارت‌اند از:

سایت ۱- کانون میاندوآب: در مزارع H1 (تیمار) و H2 (شاهد) با شیب ۰/۳۴ و ۰/۶۴ درصد و تسطیح نسبتاً خوب، به ترتیب Ea ۵۶ و ۵۱ درصد به دست آمد. مقادیر ts در مزرعه‌ی H2 (۴۰ روز) بسیار بیشتر از مزرعه‌ی H1 (۱۳ روز) بود که دلیل اصلی آن را می‌توان زمان نامناسب آبیاری در مزرعه‌ی H2 دانست.

سایت ۲- کانون میاندوآب: در مزارع گندم روستای للکلو (L1 (تیمار)، L2 (تیمار) و L3 (شاهد)) که خاک نسبتاً سنگین با ظرفیت نگهداشت بالای رطوبت در خود داشتند (به ترتیب ۱۶، ۱۵ و ۱۶ سانتی‌متر در متر)، Ea به ترتیب ۴۲/۷، ۵۷ و ۴۵ درصد محاسبه شد. راندمان کاربرد آب (Ea) کم در مزرعه‌ی L1 مربوط به دبی کم پمپ و طولانی شدن فاز پیشروی در این مزرعه بود. طول بلند کرت آبیاری و تسطیح نامناسب مزرعه‌ی L3، سبب افزایش نفوذ عمقی (dp) در ابتدای مزرعه شد.

سایت ۳- کانون میاندوآب: در مزارع N1 (تیمار) و N2 (شاهد) به ترتیب Ea ۸۱ و ۸۲ درصد محاسبه شد. علل اصلی مطلوب بودن راندمان کاربرد در مزارع مذکور عمق آبیاری (I) مناسب (۱۲ سانتی‌متر)، خشکی محیط ریشه در زمان آبیاری و ظرفیت نگهداشت بالای رطوبت در محیط ریشه (۱۷ سانتی‌متر) بود.

سایت ۴- کانون میاندوآب: در مزارع جو روستای حاج حسن‌اولیا (H3 (تیمار) و H4 (شاهد)) Ea به ترتیب ۴۹ و ۳۱ درصد بود. دلیل عمده‌ی راندمان کاربرد کم در مزرعه‌ی H4 بافت سبک خاک با ظرفیت کم نگهداشت رطوبت (۱۱ سانتی‌متر) در مزرعه‌ی فوق بود. ts در این دو مزرعه نیز به ترتیب ۱۴ و ۱۹ روز بود. در انتهای مزرعه‌ی H4 یک باغ قرار داشت و رواناب حاصل از آبیاری آن باغ به مزرعه‌ی H4 وارد می‌شد که باعث کاهش ts در آن قسمت مزرعه شد.

سایت ۵- کانون میاندوآب: تفاوت قابل‌توجهی در مقادیر Ea در مزارع N3 (تیمار) و N4 (شاهد) نیز مشاهده نگردید. علت مشاهده‌ی مذکور شرایط یکسان دو مزرعه در I، ابعاد کرت و بافت خاک می‌باشد. Ea در دو مزرعه به ترتیب ۶۶ و ۷۰ درصد بود.

جدول ۶-۳- راندمان کاربرد آب (Ea)، نفوذ عمقی و ts در کانون میاندوآب

سایت	نام کشاورز	مزرعه	Ea	متوسط نفوذ عمقی	بیشینه نفوذ عمقی	کمینه نفوذ عمقی	ts	طول دوره‌ی پایش رطوبتی
			(%)	(cm)	(cm)	(cm)	(day)	(day)
سایت ۱	مجیدی	H1	۵۶/۵۰	۸/۸۵	۱۱/۶۵	۷/۱۵	۱۳	۶۰
گندم	امین پور	H2	۵۱	۷/۳۰	۹/۵۰	۵/۵	۴۰	۶۰
سایت ۲	محمد زاده	L1	۴۲/۵۰	۱۱/۸۵	۱۳/۷۵	۱۰/۷۵	۵	۶۱
گندم	اسکندری (نزدیک)	L2	۵۷	۷/۱۰	۸/۲۵	۵/۹۵	۳۱	۶۱
	اسکندری (دور)	L3	۴۵/۵۰	۸/۹۵	۱۲/۰۵	۶/۵	۳۳	۶۱
سایت ۳	رحمت	N1	۷۱/۵۰	۳/۴۵	۵/۳۵	۱/۷	۲۴	۶۰
گندم	رحمت	N2	۸۲	۲/۲	۳/۷	۱	۲۷	۵۷
سایت ۴	آذری	H3	۵۳/۵۰	۵/۹۵	۶/۹۰	۵/۱۵	۱۴	۶۱
جو	قدیمی	H4	۳۱	۱۴/۵	۱۶/۲۰	۱۲/۸۰	۱۹	۶۱
سایت ۵	رحمت	N3	۶۶	۵/۳	۵/۹	۴/۸	۲۸	۶۰
جو	رحمت	N4	۷۰	۴/۴	۵/۸	۳/۴	۳۶	۵۷
سایت ۶	رحمت	N5	۵۹/۵	۴/۳	۸/۱۵	۶/۰۵	۱۰	۳۲
چغندر قند	دیانتی	N7	۴۷	۶/۸	۹/۶	۵/۵	۹	۳۴
سایت ۷ چغندر قند	پیشوا	N6	۸۲/۵	۲/۹۵	۴/۶	۲/۴	۱۴	۳۴
	موسی زاده	TL3	۳۹	۱۱/۸	۱۳/۵	۸/۹۵	۸	۳۲
سایت ۸	جلیوند	TL1	۵۰	۱۴/۸	۱۸/۶	۱۱/۸	۱۷	۳۲
چغندر قند	قلی پور	TL2	۵۱/۵	۱۰/۸	۱۳/۱	۷/۷۵	۱۳	۳۴

سایت ۶- کانون میاندوآب: Ea در مزارع N5 و N7 به ترتیب ۶۰ و ۴۷ درصد به دست آمد. با توجه به اینکه عمق آبیاری (I) برای مزرعه‌ی N5 تخمینی از حداقل عمق آبیاری اعمال شده است، Ea محاسبه شده برابر بیشینه‌ی راندمان کاربرد ممکن در مزرعه خواهد بود.

سایت ۷ - کانون میاندوآب: در مزارع N6 (تیمار) و TL3 (شاهد)، Ea به ترتیب ۸۲ و ۳۲ درصد محاسبه شد. هرچند I مزرعه‌ی N6 نیز مانند مزرعه‌ی N5 تخمینی از حداقل عمق آبیاری اعمال شده بود و Ea محاسبه شده برابر بیشینه راندمان کاربرد ممکن در مزرعه می‌باشد. در مزرعه‌ی TL3 عمق نسبتاً زیاد آبیاری (۱۸ سانتی‌متر) سبب کاهش Ea شد. ts در N6، ۱۸ و در TL3، ۸ روز بود.

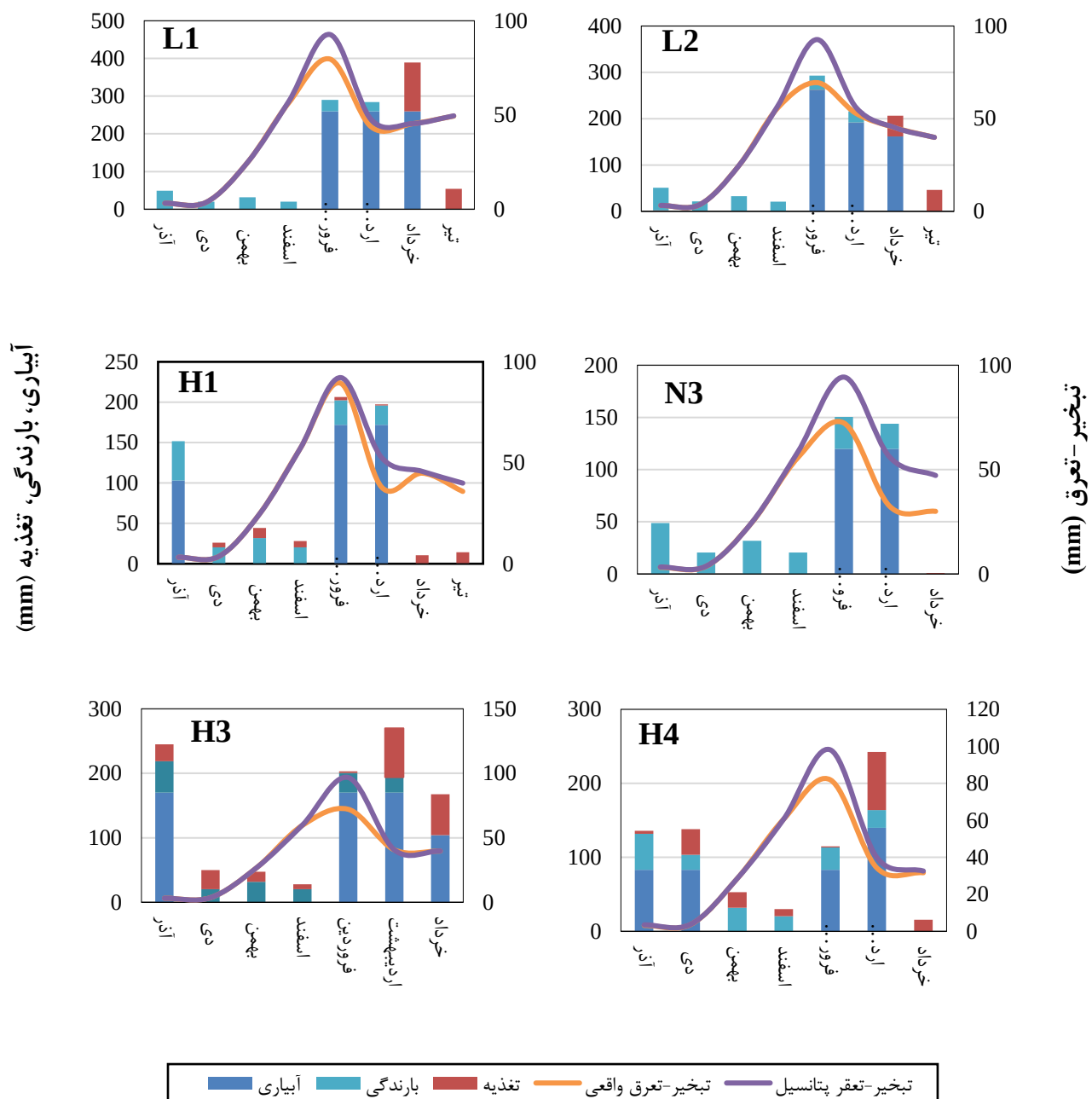
سایت ۸- کانون میاندوآب: Ea در مزارع TL1 (تیمار) و TL2 (شاهد) نسبتاً یکسان و برابر ۵۰ درصد به دست آمد، درحالی‌که عمق آبیاری در مزارع فوق نسبتاً زیاد بود (به ترتیب ۲۹/۷۴ و ۱۹/۹ سانتی‌متر). البته ظرفیت نگهداشت رطوبتی بالای دو مزرعه (۱۶ و ۲۲ سانتی‌متر در متر) به همراه تسطیح مناسب کرت از افزایش dp جلوگیری نمود. ts در مزرعه‌ی TL1، ۱۷ و در مزرعه TL2، ۱۳ روز بود.

۷-۶- مقدار تغذیه آبخوان برآورد شده

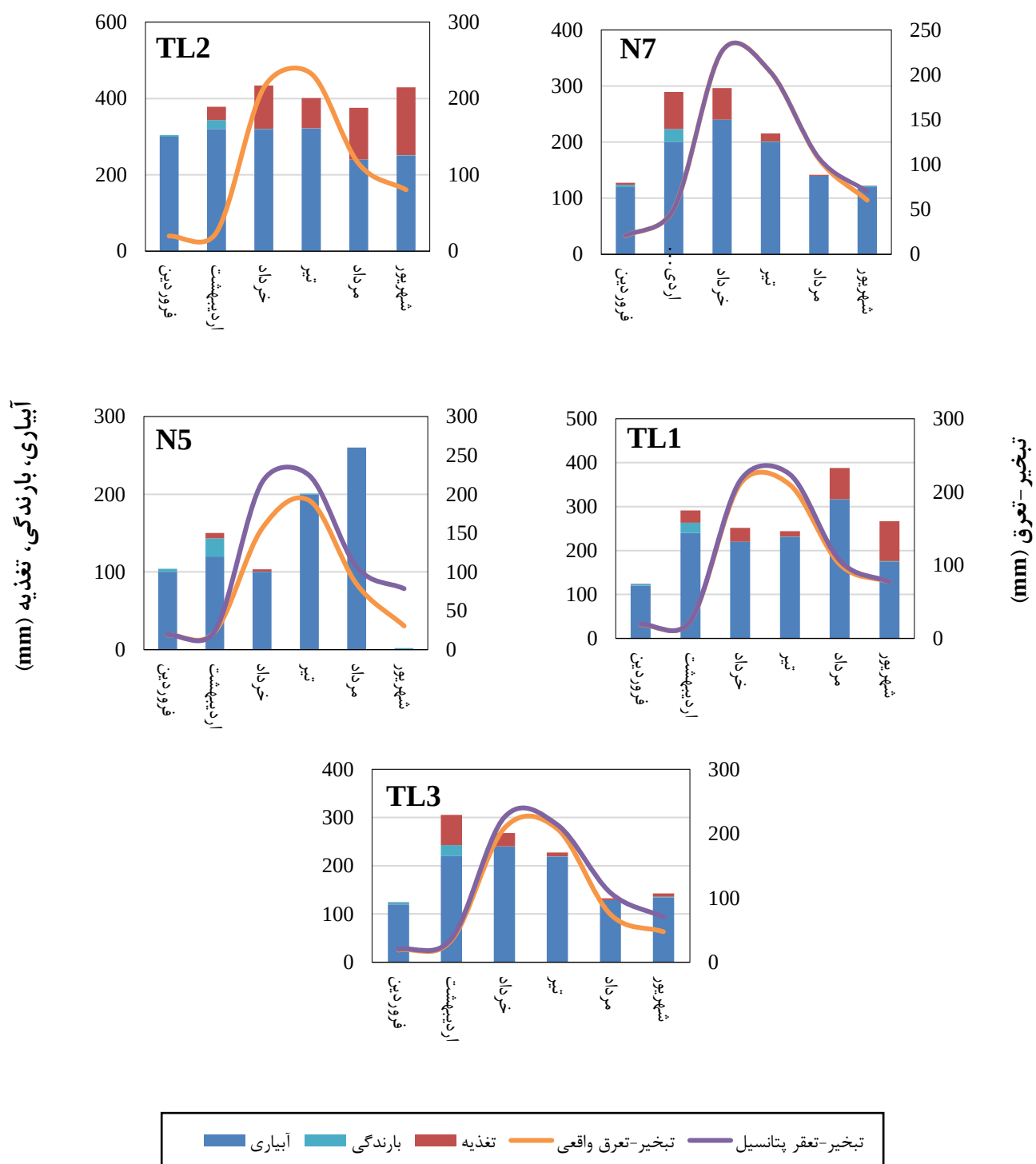
شکل ۷-۶ میزان تغذیه ناشی از آبیاری و بارندگی را در مزارع مورد مطالعه نشان می‌دهد. در این شکل تبخیر-تعرق واقعی و پتانسیل گیاه، تغذیه آبخوان و آبیاری و بارندگی، به صورت ماهانه نمایش داده شده است. منظور از تغذیه آبخوان مقدار آبی است که از محدوده ریشه خارج شده است و دیگر برای تبخیر-تعرق قابل استفاده نیست. مقدار تبخیر-تعرق واقعی و پتانسیل گیاه، از مدل فدس و همکاران (۱۹۹۰) که مدلی درون مدل HYDRUS-1D می‌باشد، به دست آمد. اختلاف بین میزان تبخیر-تعرق واقعی و پتانسیل نشان دهنده تنش وارد شده به گیاه می‌باشد.

با توجه به میزان تغذیه آبخوان در مزارع، در ماه‌هایی که تبخیر-تعرق زیاد بوده، میزان تغذیه کاهش پیدا کرده و بالعکس در ماه‌هایی که بارش زیاد و تبخیر-تعرق کم بوده؛ میزان تغذیه افزایش پیدا کرده است. نفوذ از طریق آب آبیاری، به روش آبیاری، دانه‌بندی خاک، وضعیت کرت بندی مزرعه بستگی دارد. با توجه به رویدادهای آبیاری برای زراعت‌های گندم و جو، تغذیه در مزارع L1، L2، H1، H2، H3 در ماه‌های خرداد و تیر مشاهده شد. از آنجایی که بافت خاک در مزرعه H3 سبک بود، باوجود عمق آبیاری تقریباً مشابه با مزرعه H2 (زراعت در هر دو مزرعه، جو) میزان تغذیه بیشتر از مزرعه H2 بود (۲۲۱ میلی‌متر در مقابل ۱۶۵ میلی‌متر در فصل کشت جو).

میزان تغذیه آبخوان در مزارع N3 و N5 بسیار ناچیز بود که این به دلیل کم آبیاری زارعیین بوده که مجموع آبیاری آن‌ها از نیاز آبی محصول کمتر بوده است (عمق خالص آبیاری برای محصول گندم، جو و چغندر قند در منطقه میاندوآب به ترتیب ۳۰۸، ۲۷۳ و ۷۳۶ میلی‌متر در فصل کشت به دست آمد). بیشترین مقدار تغذیه در مزرعه T2 مشاهده شد. از آنجایی که خاک منطقه ریشه، در این مزرعه سبک بود، طبیعی به نظر می‌رسد که زارع ساعات آبیاری خود را برای به انتها رسیدن جبهه رطوبتی آب در مزرعه خود افزایش دهد و در نتیجه میزان نفوذ عمقی افزایش یافته است. با توجه به نیاز خالص و آب کاربردی گندم در مزرعه N3، راندمان آبیاری این مزرعه ۷۰ درصد برآورد شد؛ بنابراین نفوذ عمقی و در نتیجه تغذیه به آبخوان بسیار ناچیز بود.



شکل ۶-۷- تغییرات ماهانه در تغذیه آبخوان، آبیاری، بارندگی، تبخیر-تعرق پتانسیل و تبخیر-تعرق واقعی - کانون میاندوآب



ادامه شکل ۶-۷- تغییرات ماهانه در تغذیه آبخوان، آبیاری، بارندگی، تبخیر-تعرق پتانسیل و تبخیر-تعرق واقعی کانون میاندوآب

در جدول ۴-۶ درصد آب آبیاری که منجر به تغذیه آبخوان شده است مشخص شده است. همان‌طور که در جدول مشخص است بیشترین درصد تغذیه مربوط به مزرعه TL2 و H3 می‌باشد که به ترتیب ۲۸ و ۲۷ درصد از آب آبیاری و بارندگی را شامل می‌شود. بافت سبک در ناحیه ریشه یکی از دلایل مقدار نفوذ عمقی زیاد و در نتیجه تغذیه در این دو مزرعه می‌باشد.

جدول ۴-۶- درصد تغذیه آبخوان از آب آبیاری و بارندگی کانون میاندوآب

مزرعه	نوع کشت	تغذیه آبخوان (mm)	آبیاری و بارندگی (mm)*	تغذیه آبخوان (%)
L2	گندم	۹۶	۷۴۶	۱۳
L1	گندم	۲۳۹	۹۰۲	۲۶
N3	جو	۱	۴۱۶	۰/۲۴
H1	جو	۵۶	۶۵۶	۹
H4	جو	۱۶۵	۷۰۰	۲۴
H3	جو	۲۲۱	۷۸۹	۲۸
N7	چغندر قند	۱۴۳	۱۰۵۰	۱۴
TL2	چغندر قند	۵۴۰	۲۰۰۲/۲	۲۷
TL1	چغندر قند	۲۳۳	۱۳۳۲	۱۷
N5	چغندر قند	۱۰	۶۰۰/۴	۲
TL3	چغندر قند	۱۰۸/۴	۱۰۹۲	۱۰

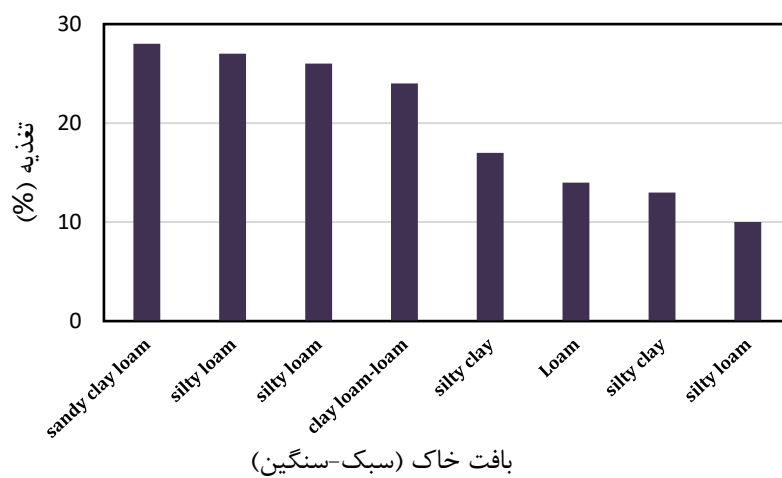
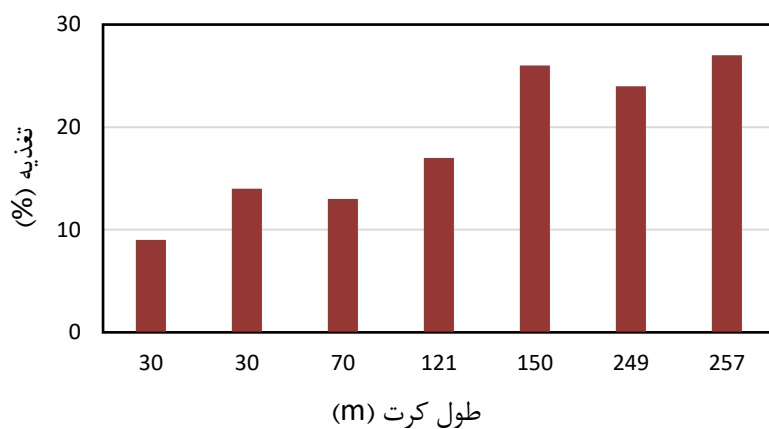
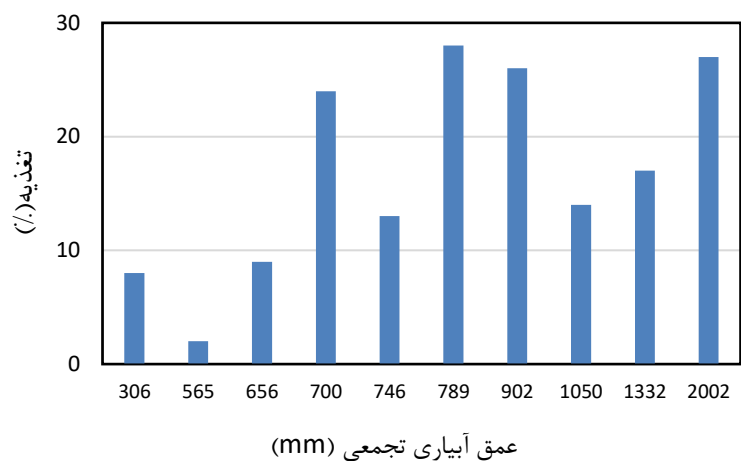
* عمق آبیاری تجمعی برای هر مزرعه.

با پایش عمق آبیاری هر مزرعه در کشت‌های مختلف، تعیین بافت خاک مزارع و اندازه‌گیری رطوبت خاک در طول فصل کشت گیاه با استفاده از مدل HYDRUS-1D تخمین بهتری از مقدار تغذیه ناشی از آبیاری و بارندگی انجام شد. در این مطالعه تأثیر آبیاری بر بالا آمدن سطح آبخوان در مزارع مورد بررسی قرار گرفت. تأثیر آبیاری بر بالا آمدن سطح آبخوان در برخی مزارع قابل توجه بود. در ادامه، مقدار تغذیه ناشی از آبیاری در هر مزرعه توسط مدل برآورد شد. مقادیر تغذیه با توجه به نوع کشت، مدیریت آبیاری زارع و نوع خاک، متفاوت است. نتایج نشان داد که بافت خاک در ناحیه ریشه تأثیر زیادی در میزان تغذیه دارد. به‌طوری‌که دو مزرعه در کشت جو با میزان آبیاری تقریباً یکسان، مقدار تغذیه در مزرعه‌ای که بافت خاک ناحیه ریشه در آن سبک‌تر بود، بیشتر بود. مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در میزان تغذیه، بافت خاک در عمق توسعه ریشه گیاه می‌باشد (مزرعه H4 و H3). هم‌چنین طولانی بودن کورت آبیاری در مزرعه T2 دلیل مؤثر در نفوذ عمقی زیاد و در نتیجه تغذیه زیاد به آبخوان بود. در جدول ۴-۵ مقدار تغذیه و پیشروی آب در پروفیل خاک برآورد شده توسط مدل، ارائه شده است.

جدول ۶-۵- مقدار تغذیه آبخوان و پیشروی جبهه رطوبتی در پروفیل خاک، برآورد شده توسط مدل HYDRUS-1D کانون میاندوآب

ردیف	کد مزرعه	تیمار/ شاهد	نوع کشت	پیشروی آب آبیاری تا عمق (m)	مقدار تغذیه (mm/season)	درصد تغذیه (%)	عامل مؤثر در تغذیه
۱	L2	تیمار	گندم	۲/۹	۹۶	۱۳	مدیریت زارع
۲	L1	تیمار	گندم	۳/۹	۲۳۹	۲۶	
۳	N3	تیمار	جو	۱/۶	۱	۰/۲۴	
۴	H1	تیمار	گندم	۳/۶	۵۶	۹	بافت خاک
۵	H4	شاهد	جو	۴/۳	۱۶۵	۲۴	
۶	H3	تیمار	جو	۳/۵	۲۲۱	۲۸	
۷	N7	تیمار	چغندر قند	۴/۷	۱۴۳	۱۴	طول کرت
۸	TL2	شاهد	چغندر قند	۶	۵۴۰	۲۷	
۹	TL1	شاهد	چغندر قند	۵	۲۳۳	۱۷	
۱۰	N5	تیمار	چغندر قند	۰/۷۵	۱۰	۲	
۱۱	TL3	شاهد	چغندر قند	۱/۶	۱۰۸/۴	۱۰	

سه عامل تأثیرگذار بر میزان تغذیه شامل طول کرت، عمق آب آبیاری و بافت خاک بود که در شکل ۶-۸ بر اساس عوامل تأثیرگذار، درصد تغذیه از آب آبیاری، نمایش داده شده است. همان‌طور که در این شکل مشخص است روند منطقی در تأثیر افزایش طول کرت و بافت خاک بر روی تغذیه مشاهده شد، به‌طوری‌که هر چه طول کرت آبیاری در مزارع بیشتر بود میزان نفوذ عمقی و در نتیجه تغذیه به آبخوان افزایش پیدا کرد. هم‌چنین هر چه بافت خاک ناحیه ریشه سبک‌تر بود میزان تغذیه بیشتر بود که در شکل نیز مشخص است. شکل ۶-۸ نشان می‌دهد فقط عمق آبیاری بر تغذیه تأثیر ندارد بلکه عواملی مانند بافت خاک و طول کرت نقش دارند. مثلاً در مزرعه TL1 عمق آب کاربردی زیاد است اما بافت خاک سنگین می‌باشد.



شکل ۶-۸- درصد تغذیه آبخوان در مزارع بر اساس طول کرت، عمق آبیاری تجمعی و بافت خاک از سبک به سنگین

۸-۶- بهره‌وری آب و کارایی مصرف آب کانون میاندوآب و مهاباد

بهره‌وری (WP) و کارایی مصرف (WUE) از معادلات ۳-۲۰ و ۳-۲۱ برای کلیه مزارع محاسبه شد (جدول ۶-۶ تا ۶-۸). به‌منظور مقایسه‌ی این دو پارامتر در مزارع شاهد و تیمار از معادلات ۳-۲۲ و ۳-۲۳ استفاده شد (شکل‌های ۶-۹ تا ۶-۱۱). عملکرد محصول (Yc) در مزرعه‌ی N5 به دلیل آلودگی محصول به بیماری قارچی به‌شدت کاهش پیدا کرد و Yc از میزان مورد انتظار کمتر بود. در این تحقیق به‌طور میانگین WUE مزارع گندم برابر ۱/۱۴ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. در تمامی مزارع گندم، میزان تولید (Yc) در مزارع تیمار بیش از مزارع شاهد بود. به همین دلیل بهره‌وری (WP) و کارایی مصرف (WUE) در کلیه مزارع تیمار در مقایسه با مزارع شاهد بیشتر بود.

سایت ۱- کانون میاندوآب: دو مزرعه‌ی H1 (تیمار) و H2 (شاهد)، تکنیک‌های مورد مطالعه در این مزارع عبارت بودند از: ۱. ابعاد کرت ۲. بوجاری شدن بذر مورد استفاده ۳. رژیم کودی. WP و WUE مزرعه‌ی تیمار به ترتیب ۲۶ و ۱۰ درصد از مزرعه‌ی شاهد بیشتر بود (جدول ۶-۶ و شکل ۶-۹). WUE بیشتر مزرعه‌ی تیمار در این سایت در حالی رخ داد که علاوه بر Yc بیشتر در مزرعه‌ی تیمار (در مزرعه‌ی H1 ۵/۷ و در H2 ۳/۷ تن در هکتار)، مزرعه‌ی H1، تبخیر-تعرق بیشتری در طول دوره‌ی رشد (ET_{A-S}) نسبت به مزرعه‌ی H2 داشته و گیاه رطوبت بیشتری از محیط ریشه استحصال کرد.

سایت ۲ کانون میاندوآب: سه مزرعه‌ی L1 (تیمار)، L2 (تیمار) و L3 (شاهد)، تکنیک‌های مورد مطالعه در این مزارع عبارت بودند از: ۱. ابعاد کرت ۲. عملیات خاک‌ورزی ۳. رژیم کودی. WP و WUE هر دو مزرعه‌ی تیمار از مزرعه‌ی شاهد بیشتر بود. به‌منظور مقایسه‌ی کلی از مزارع L2 و L3 که شرایط نزدیک‌تری به هم داشتند (زارع هر دو مزرعه یک نفر بود) استفاده شد. WP و WUE در مزرعه‌ی تیمار نسبت به مزرعه‌ی شاهد ۳۳ و ۳۵ درصد بیشتر بود (جدول ۶-۶ و شکل ۶-۹). با توجه به مجموع عمق آبیاری در طول دوره‌ی رشد ($\sum I$) و ET_{A-S} نسبتاً یکسان در این دو مزرعه (به ترتیب ۵۳ و ۴۷ میلی‌متر)، مهم‌ترین عامل تفاوت در WP و WUE، عملکرد بیشتر محصول (Yc) در مزرعه‌ی L2 می‌باشد (۵/۷ در مزرعه تیمار و ۴/۲ تن در هکتار در مزرعه شاهد).

سایت ۳- کانون میاندوآب: دو مزرعه‌ی N1 (تیمار) و N2 (شاهد)، فناوری مورد مطالعه در این مزارع رژیم کودی بود. WP و WUE مزرعه‌ی تیمار به ترتیب ۱۷ و ۲۶ درصد بیش از مزرعه‌ی شاهد بود. با توجه به شرایط یکسان این دو مزرعه در بافت خاک و $\sum I$ عامل تفاوت در WP و WUE در این سایت نیز، Yc بیشتر مزرعه‌ی تیمار نسبت به مزرعه‌ی شاهد است (۶/۱ در مزرعه‌ی N1 و ۵ تن در هکتار در مزرعه‌ی N2). در مزارع جو بهره‌وری آب (WP) و کارایی مصرف آب (WUE) مزارع تیمار از مزارع شاهد بیشتر بود (جدول ۶-۶ و شکل ۶-۹).

سایت ۴- کانون میاندوآب: در مزارع H3 (تیمار) و H4 (شاهد)، تکنیک‌های مورد مطالعه در آن‌ها عبارت بودند از: ۱- ابعاد کرت ۲- بوجاری شدن بذر مورد استفاده ۳- رژیم کودی: WP و WUE مزرعه‌ی تیمار به ترتیب ۳۰ و ۲۴ درصد از مزرعه‌ی شاهد بیشتر بود (جدول ۶-۷ و شکل ۶-۱۰). کیفیت پایین خاک مزرعه‌ی H4 با شوری $EC_e=5.07$ dS/m سبب عملکرد کمتر محصول این مزرعه نسبت به مزرعه‌ی شاهد شد. (۴/۵ در H3 و ۳/۸ تن در هکتار در مزرعه‌ی H4)

جدول ۶-۶- عملکرد محصول، کارایی و بهره‌وری آب مزارع گندم کانون میاندوآب

سایت	علامت سایت	تیمار/ شاهد	مجموع آبیاری (cm)	مجموع بارش و آبیاری (cm)	مساحت مزرعه (m ²)	حجم آب ورودی به زمین (m ³)	ETA-S (cm)	Yc (ton)	WP (kg/m ³)	WUE (kg/m ³)
۳ :۱ -	H1	تیمار	۴۸/۹	۸۷/۱	۱۵۸۹	۱۳۸۵	۴۲/۴	۰/۸	۰/۵۸	۱/۱۹
	H2	شاهد	۴۴/۸	۸۳/۰	۱۸۸۵۹	۱۵۴۲	۳۵/۴	۷/۱	۰/۴۶	۱/۰۸
۳ :۱ ۲	L1	تیمار	۶۷/۵	۱۰۵/۷	۷۵۹۵	۸۰۲۵	۳۸/۴	۳/۵	۰/۴۴	۱/۲۰
	L2	تیمار	۵۶/۰	۹۴/۲	۹۰۴۸	۸۵۲۴	۴۸/۶	۵/۲	۰/۶۱	۱/۱۸
	L3	شاهد	۵۰/۲	۸۸/۴	۹۳۹۹	۸۳۱۳	۴۶/۰	۳/۸	۰/۴۶	۰/۸۸
۳ :۱ ۳	N1	تیمار	۲۴/۰	۶۲/۲	۸۵۵۶	۵۳۲۲	۴۲/۳	۵/۲	۰/۹۸	۱/۴۴
	N2	شاهد	۲۴/۰	۶۲/۲	۳۸۵	۲۳۹	۴۵/۵	۰/۲	۰/۸۴	۱/۱۴

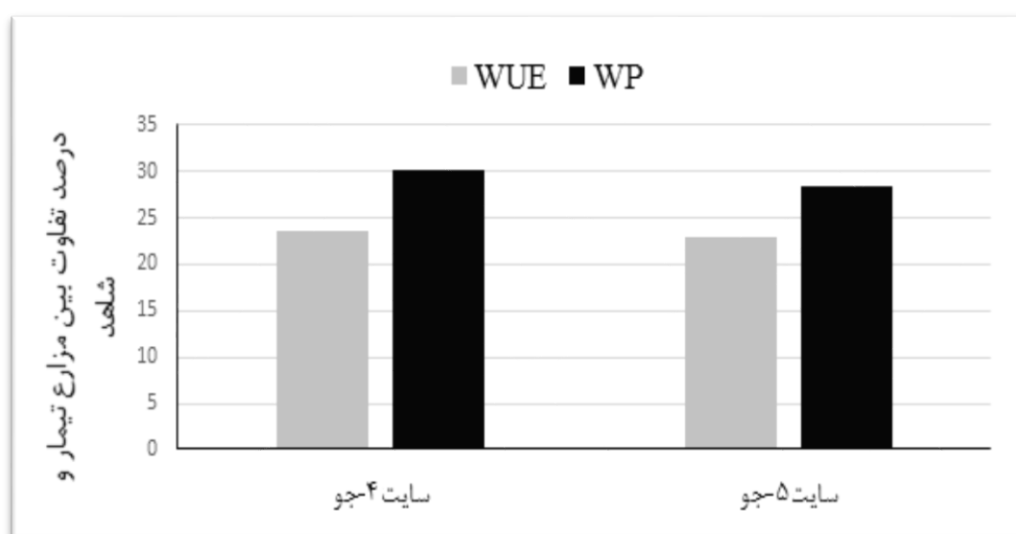


شکل ۶-۹- میزان اثربخشی تکنیک‌های اعمال شده بر WP و WUE در مزارع تیمار و شاهد گندم کانون میاندوآب

سایت ۵-کانون میاندوآب: مزارع N3 (تیمار) و N4 (شاهد)، فناوری مورد مطالعه در این مزارع رژیم کودی بود. WP و WUE مزرعه‌ی تیمار به ترتیب ۲۸ و ۲۳ درصد بیشتر از مزرعه‌ی شاهد بود (جدول ۶-۷ و شکل ۶-۱۰). با توجه به شرایط یکسان این دو مزرعه در بافت خاک و مجموع آب دریافتی به صورت بارش و آبیاری ($\sum I + \sum R$)، علت اصلی تفاوت WP و WUE در این سایت، عملکرد بیشتر محصول (Yc) در مزرعه‌ی تیمار نسبت به مزرعه‌ی شاهد بود (۵/۴ در مزرعه‌ی N3 و ۴/۱ تن در هکتار در مزرعه‌ی N4). در این تحقیق به طور میانگین WUE مزارع جو برابر ۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد.

جدول ۶-۷- عملکرد محصول، کارایی و بهره‌وری آب مزارع جو کانون میاندوآب

علامت	مجموع	مجموع بارش	مساحت	حجم آب ورودی	ETA-S	Yc	WP	WUE	سایت
سایت	آبیاری	و آبیاری	مزرعه	به زمین	(cm)	(ton)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	
H3	۵۲/۹	۹۰/۸	۵۵۹۵	۵۰۷۸	۲۷/۷	۲/۵	۰/۴۹	۱/۶۲	۳
H4	۶۱/۵	۹۹/۴	۷۷۱۸	۷۶۷۱	۲۸/۷	۲/۹	۰/۳۸	۱/۳۱	۶
N3	۳۰/۵	۶۸/۴	۴۲۷۳	۲۹۲۴	۳۲/۴	۲/۳	۰/۷۹	۱/۶۶	۳
N4	۲۹/۲	۶۷/۱	۳۱۶	۲۱۲	۳۰/۵	۰/۱۳	۰/۶۱	۱/۳۵	۴



شکل ۶-۱۰- میزان اثربخشی تکنیک‌های اعمال شده بر WP و WUE در مزارع تیمار و شاهد جو کانون میاندوآب

سایت ۶-کانون میاندوآب: مزارع چغندر قند N5 (تیمار) و N7 (شاهد)، تکنیک‌های مورد مطالعه در این مزارع عبارت بودند از: ۱. نحوه‌ی کاشت ۲. رژیم کودی ۳. نوع بذر. بهره‌وری آب (WP) و کارایی مصرف آب (WUE) مزرعه‌ی تیمار از مزرعه‌ی شاهد به ترتیب ۴۰ و ۵۳ درصد کمتر بود. بیماری قارچی مزرعه‌ی تیمار منجر به کاهش کیفیت و کمیت محصول مزرعه‌ی N5 گردید که سبب شد WP و WUE این مزرعه از مزرعه‌ی شاهد کمتر شود (۴۶ تن در هکتار در مزرعه‌ی N5 و ۹۰ تن در هکتار در مزرعه‌ی N7).

سایت ۷-کانون میاندوآب: مزارع N6 (تیمار) و TL3 (شاهد)، تکنیک‌های مورد مطالعه در این مزارع عبارت بودند از: ۱. ابعاد کرت ۲. رژیم کودی. با توجه به برآورد تخمینی عمق آبیاری برای مزرعه‌ی N6، از مقایسه‌ی WP در این سایت صرف نظر شد. در این سایت WUE مزرعه‌ی تیمار نسبت به مزرعه‌ی شاهد ۱۰ درصد کمتر بود. ETA-S نسبتاً برابری برای این دو مزرعه مشاهده شد (۶۹ و ۷۱ سانتی‌متر). عملکرد مزرعه‌ی N6 کمتر از مزرعه‌ی TL3 بود (۶۷ تن در هکتار در مزرعه‌ی تیمار و ۷۷ تن در هکتار در مزرعه‌ی شاهد).

سایت ۸-کانون میاندوآب: مزارع TL1 (تیمار) و TL2 (شاهد)، تکنیک‌های مورد مطالعه در این مزارع عبارت بودند از: ۱. ابعاد کرت ۲. رژیم کودی. WP و WUE مزرعه‌ی تیمار نسبت به مزرعه‌ی شاهد به ترتیب ۶۳ و ۳۹ درصد بیشتر بود (جدول ۶-۸ و

شکل ۶-۱۱). مجموع عمق آبیاری در دوره‌ی رشد ($\sum I$) مزرعه‌ی TL1 ۱۷ سانتی‌متر از مزرعه‌ی TL2 کمتر بود (۱۶۴ در مزرعه‌ی تیمار و ۱۸۰ سانتی‌متر در مزرعه‌ی شاهد). عملکرد محصول در مزارع تیمار و شاهد به ترتیب ۷۲ و ۴۸ تن در هکتار بود. در این تحقیق به‌طور میانگین WUE مزارع چغندر قند برابر ۹/۵ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد.

جدول ۶-۸- عملکرد محصول، کارایی و بهره‌وری آب مزارع چغندر قند- کانون میاندوآب

سایت	علامت سایت	مجموع آبیاری	مجموع بارش و آبیاری	مساحت مزرعه	حجم آب ورودی به زمین	ETA-S	Yc	WP	WUE
		(cm)	(cm)	(m ²)	(m ³)	(cm)	(ton)	(kg/m ³)	(kg/m ³)
سایت ۶	N5	۱۰۰/۳	۱۱۰/۱	۹۰۹۹	۱۰۰۱۵	۷۲/۰	۴۲	۴/۱۹	۶/۴۱
	N7	۱۲۷/۵	۱۳۷/۳	۴۱۶۳	۵۷۱۸	۶۹/۹	۴۰	۷/۰۰	۱۳/۷۵
سایت ۷	N6	۱۳۹/۲	۱۴۹/۰	۹۷۰۲	۱۴۴۵۴	۶۸/۷	۶۵	۴/۵۰	۹/۷۵
	TL3	۱۸۷/۵	۱۹۷/۳	۱۰۴۱۳	۲۰۵۴۲	۷۰/۸	۸۰	۳/۸۹	۱۰/۸۵
سایت ۸	TL1	۱۶۳/۸	۱۷۳/۸	۸۳۰۶	۱۴۴۲۳	۷۵/۲	۶۰	۴/۱۶	۹/۶۱
	TL2	۱۷۹/۵	۱۸۹/۳	۶۲۲۸	۱۱۷۸۸	۶۹/۵	۳۰	۲/۵۵	۶/۵۱



شکل ۶-۱۱- میزان اثربخشی تکنیک‌های اعمال‌شده بر WP و WUE در مزارع چغندر قند، کانون میاندوآب

فصل هفتم

اثر بخشی تکنیک‌های کاهش کاربرد و مصرف آب در مهاباد

۱-۷- پایش آبیاری

میزان آب آبیاری در مزارع مورد پایش در مهاباد در جدول ۱-۷ و اطلاعات آبیاری آن‌ها با جزئیات کامل در پیوست ۵ ارائه شده است. در کشت گندم مزارع مهاباد کمترین عمق آبیاری (I) مربوط به مزرعه M1 با عمق ۶/۶ سانتی‌متر (منبع آب رودخانه و شبکه مهاباد) و بیشترین عمق آبیاری (I) مربوط به مزرعه M4 با عمق ۱۸/۸ سانتی‌متر (منبع آب رودخانه و شبکه مهاباد) بود (شکل ۱-۷).

شروع اندازه‌گیری عمق آبیاری‌ها در دهه‌ی دوم اردیبهشت ماه آغاز گردید. در مزارع گندم به دلیل نزول باران در فصل پاییز، آبیاری جهت سبز شدن بذر انجام نشده بود.



شکل ۱-۷- آبیاری مزرعه‌ی M3 - مهاباد (۹۴/۲/۱۶)

جدول ۷-۱- خلاصه نتایج اندازه‌گیری آب ورودی به مزارع کانون‌های مهاباد

محصول	کد مزرعه	تیمار/ شاهد	مدت آبیاری (hr)	حجم آب کاربردی (m ³)
گندم	M1	تیمار	۷۲	۷۰۸۷/۴
	M2	شاهد	۳۰	۵۰۵۸/۳
	M3	تیمار	۱۹/۵	۲۴۸۵/۸
	M4	شاهد	۹/۵۱	۱۱۸۹

۷-۲- پایش رطوبت خاک کانون مهاباد

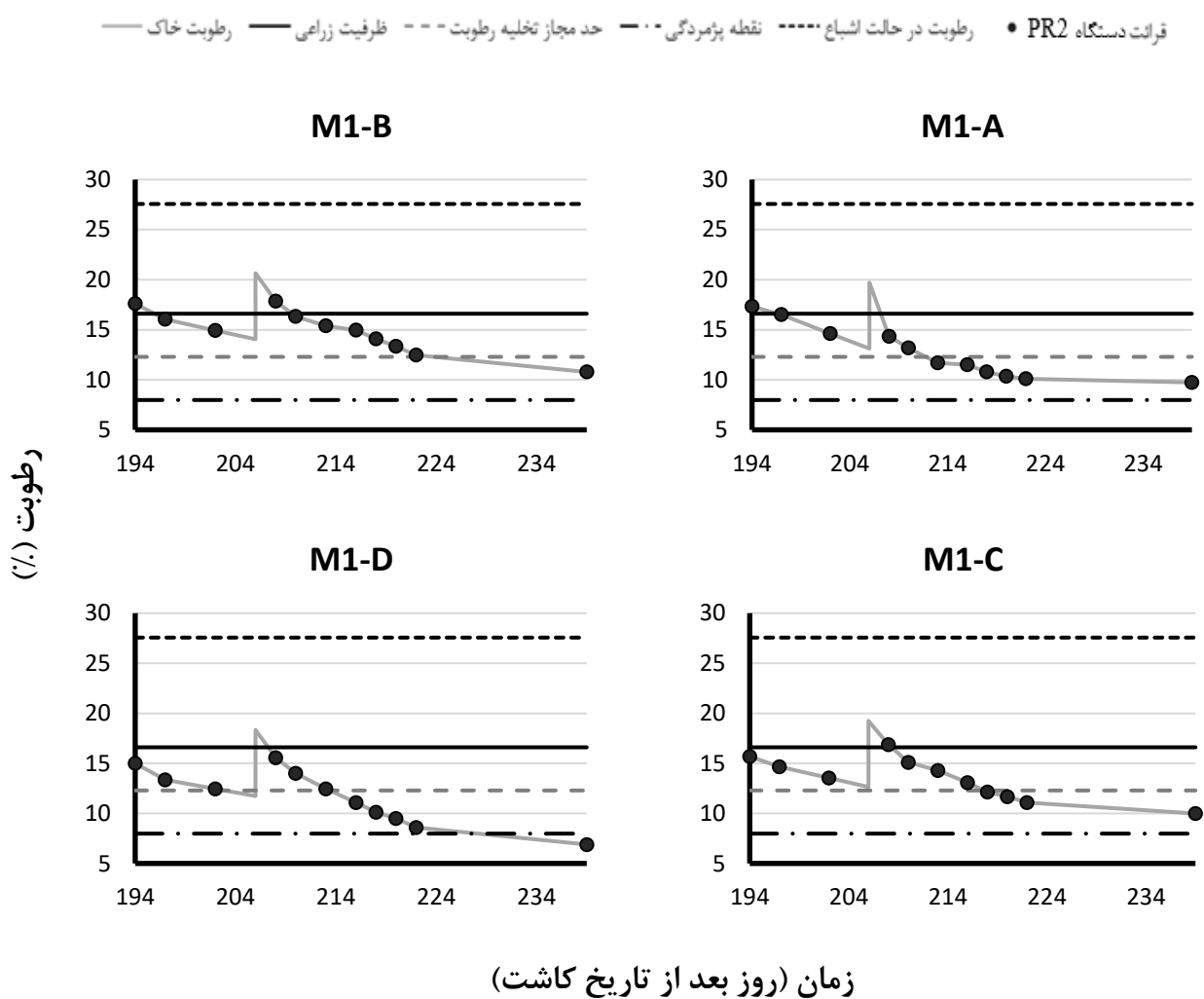
رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه (WC) ۶۰ سانتی‌متر (به‌عنوان عمق فعالیت ریشه برای زراعت‌های مورد مطالعه) بر اساس معادله‌ی ۲۷ محاسبه گردید. در مجموع (۳۰ لوله دسترسی) در مزارع گندم مهاباد کارگذاری و نمودارهای رطوبتی برای آن‌ها تهیه شد. نمونه‌ای از این نمودارها در شکل ۷-۲ ارائه شده است. در این شکل‌ها دو حرف اول از سمت چپ، مشخص‌کننده‌ی مزرعه و حروف آخر (سمت راست) مشخص‌کننده لوله‌ی دسترسی می‌باشد. برای مثال M1-A بیانگر لوله‌ی دسترسی A در مزرعه M1 است. مزارع M1 و M2 با ۴ نقطه و مزرعه M4 با ۸ نقطه به ترتیب کمترین و بیشترین تعداد نقاط پایش را در مزارع گندم کانون مهاباد داشتند.

۷-۳- نتایج حاصل از نمودارهای رطوبت-زمان در کانون مهاباد

مقادیر ts (مدت زمانی که رطوبت خاک از حد آستانه سهل‌الوصول کمتر است)، نفوذ عمقی (dp) و راندمان کاربرد (Ea) کلیه مزارع طرح با استفاده از نمودارهای رطوبت-زمان محاسبه شد (شکل ۷-۲). بر اساس این نتایج عمق مناسب آبیاری، خشکی محیط ریشه در زمان آبیاری، بافت لومی خاک با ظرفیت نگهداشت رطوبتی بالا در مزارع M1 و M2 باعث کاهش dp و افزایش راندمان کاربرد آب (Ea) گردید. عمق بیشتر آبیاری در مزرعه M4 سبب افزایش نفوذ عمقی و کاهش راندمان کاربرد آب نسبت به مزارع دیگر شده است.

۷-۴- نیاز آبیاری (ETc)

ضریب گیاهی (Kc) گندم مطابق با کانون میاندوآب با روش پیشنهادی نشریه‌ی فائو ۳۳ محاسبه شد (شکل ۶-۵). با استفاده از ضرایب گیاهی، اطلاعات هواشناسی و طول دوره‌ی رشد، تبخیر-تعرق گیاه برای کلیه‌ی مزارع با استفاده از مدل Cropwat محاسبه شد. به دلیل یکسان بودن ایستگاه هواشناسی انتخاب شده در کانون میاندوآب و مهاباد نتایج مربوط به کانون مهاباد نیز مشابه شکل ۶-۴ و ۶-۳ می‌باشد. با استفاده از اطلاعات تبخیر-تعرق گیاه در طول دوره‌ی رشد (ET_{C-S})، مجموع بارش مؤثر در دوره‌ی رشد ($\sum R$) (شکل ۶-۳) و مجموع عمق آبیاری اعمال شده به مزارع ($\sum I$) کفایت عمق آبیاری ($\frac{\sum I + \sum R}{ET_{C-S}}$) برای هریک از مزارع محاسبه شد که نتایج مربوط به کانون مهاباد در جدول ۷-۲ مشاهده می‌شود. با توجه به این که عمق آبیاری در مزرعه M4 نسبت به مزارع دیگر بالاتر است، بیشترین درصد کفایت آبیاری در این مزرعه اتفاق افتاده است.



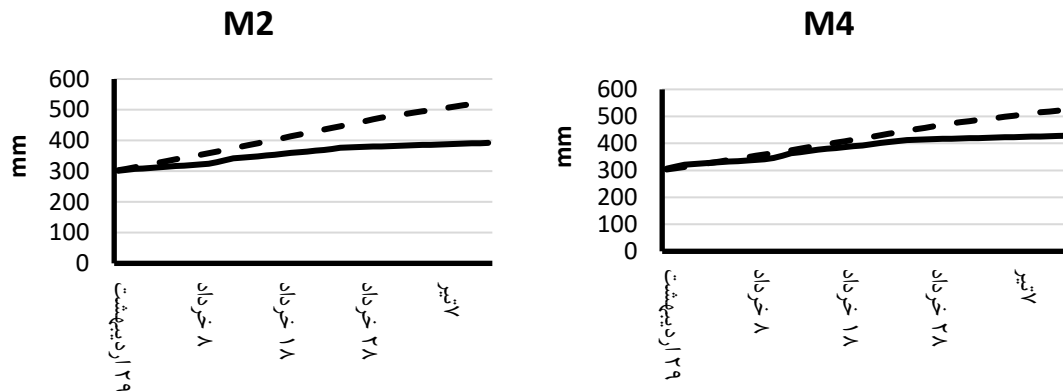
شکل ۷-۲- تغییرات رطوبت خاک در عمق ۰ تا ۶۰ سانتی متری در مزارع گندم- کانون مهاباد

جدول ۷-۲- مقایسه‌ی تبخیر-تعرق در طول دوره (فصلی) گیاه (ETC-S) با مجموع عمق آبیاری و بارش کانون مهاباد

محصول	مزرعه	تیمار / شاهد	مجموع آبیاری (mm)	مجموع بارش (mm)	ETC-S (mm)	مساحت (m ²)	نیاز خالص برای مزرعه (m ³)	آب ورودی به مزرعه (m ³)	کفایت عمق آبیاری (%)	اختلاف بین تیمار و شاهد (cm)
گندم	M1	تیمار	۲۶۳	۳۸۲	۵۲۴	۲۶۸۵۰	۱۴۰۶۱	۱۷۳۲۰	۱۲۳	۱/۰
	M2	شاهد	۲۵۳	۳۸۲	۵۲۴	۱۹۹۷۰	۱۰۴۵۸	۱۲۶۸۱	۱۲۱	
	M3	تیمار	۲۶۸	۳۸۲	۵۲۴	۹۲۵۹	۴۸۴۹	۶۰۲۰	۱۲۴	-۲۹/۴
	M4	شاهد	۵۶۲	۳۸۲	۵۲۴	۲۱۱۶	۱۱۰۸	۱۹۹۷	۱۸۰	

۷-۵- تبخیر-تعرق واقعی

همان‌طور که در کانون میاندوآب بیان شد، ETC-S با استفاده از معادله‌ی ۴-۲۰ برای کلیه مزارع محاسبه شد. در مزارع گندم مهاباد، بیشترین و کمترین ETC-S برابر با ۴۲۸ و ۳۹۲ میلی‌متر مربوط به مزارع M4 و M2 بود. (شکل ۳-۷).



شکل ۷-۳- تبخیر-تعرق تجمعی در طول دوره‌ی رشد - کانون مهاباد

۷-۶- راندمان کاربرد آب

Ea در هر نوبت آبیاری با استفاده از معادله‌ی ۱۹ محاسبه شد (جدول ۷-۲). اطلاعات مربوط به ts و کمترین و بیشترین مقادیر dp در لوله‌های دسترسی مورد پایش نیز به‌منظور مقایسه‌ی مزارع تیمار و شاهد در جدول ۷-۲ آورده شده است.

۷-۶-۱- مقایسه‌ی Ea در مزارع تیمار و شاهد

با استفاده از اطلاعات جدول ۷-۳ شرایط آبیاری مزارع تیمار و شاهد مقایسه شدند که عبارت‌اند از:

سایت ۱- کانون مهاباد: در مزارع M1 (تیمار) و M2 (شاهد)، Ea ۷۵ و ۶۲ درصد به دست آمد. عمق کم آبیاری (۶/۶ و ۸/۴ سانتی‌متر) و ظرفیت نگهداشت بالای رطوبت در محیط ریشه (۱۵ سانتی‌متر) در مزارع مذکور منجر به افزایش Ea گردید. شیوه‌ی آبیاری مزرعه‌ی M2 با سایر مزارع طرح متفاوت بود. کشاورز مزرعه را به‌گونه‌ای تسطیح نموده بود تا نقطه‌ی پست مزرعه در وسط کرت باشد تا بتواند مزرعه را از هر دو سمت آبیاری کند.

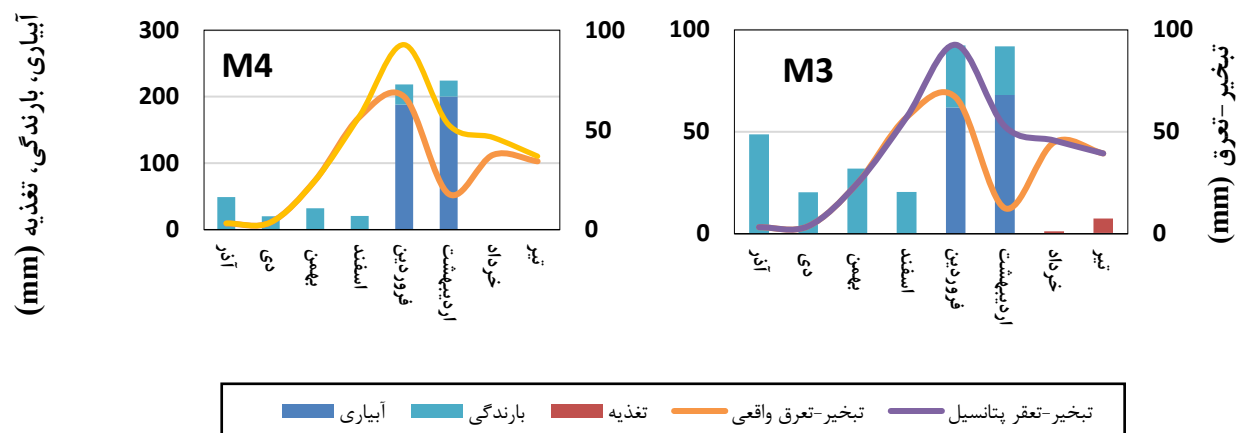
سایت ۲- کانون مهاباد: Ea در مزارع M3 (تیمار) و M4 (شاهد) به ترتیب ۶۰ و ۳۰ درصد مشاهده شد. دلیل تفاوت Ea در این دو مزرعه، I زیاد در مزرعه‌ی M4 (۱۸/۸ سانتی‌متر) و I نسبتاً کم در مزرعه‌ی M3 (۹/۲ سانتی‌متر) بود. کرت طولانی مزرعه‌ی M4 و تسطیح نامناسب این زمین سبب افزایش dp در ابتدای کرت و خشک ماندن انتهای مزرعه گردید. ts در هر دو مزرعه ۲۶ روز بود.

جدول ۷-۳- راندمان کاربرد آب (Ea)، نفوذ عمقی و ts در مزارع گندم کانون مهاباد

سایت	نام کشاورز	مزرعه	Ea (%)	متوسط نفوذ عمقی (cm)	بیشینه نفوذ عمقی (cm)	کمینه نفوذ عمقی (cm)	ts (day)	طول دوره‌ی پایش رطوبتی (day)
سایت ۱	رحمان‌زاده	M1	۷۵	۱/۷	۳/۱	۰/۲	۲۵	۴۵
	رحمان‌زاده	M2	۶۲	۲/۳	۳/۹	۱	۲۳	۴۵
سایت ۲	ایزد دوست	M3	۶۰	۳/۷	۵/۱	۲/۹	۲۶	۴۵
	محمدی	M4	۳۷	۱۱/۸	۱۳/۹	۸/۵	۲۶	۴۵

۷-۷- مقدار تغذیه آبخوان برآورد شده

شکل ۷-۴ میزان تغذیه ناشی از آبیاری و بارندگی را در مزارع مورد مطالعه نشان می‌دهد. در این شکل تبخیر-تعرق واقعی و پتانسیل گیاه، تغذیه آبخوان و آبیاری و بارندگی، به‌صورت ماهانه نمایش داده شده است. در کانون مهاباد نیز همانند میاندوآب، مقدار تبخیر-تعرق واقعی و پتانسیل گیاه، از مدل فدس و همکاران (۱۹۹۰) که مدلی درون مدل HYDRUS-1D می‌باشد، به دست آمد.



شکل ۴-۷- تغییرات ماهانه در تغذیه، آبیاری، بارندگی، تبخیر-تعرق پتانسیل و تبخیر-تعرق واقعی

میزان تغذیه آبخوان در مزارع M3 و M4 نسبت به کانون میاندوآب بسیار ناچیز است که این به دلیل کم آبیاری زارعین بوده که مجموع آبیاری آن‌ها از نیاز آبی محصول کمتر بوده است. در جدول ۴-۷ درصد آب آبیاری که منجر به تغذیه آبخوان شده است مشخص شده است.

جدول ۴-۷- درصد تغذیه آبخوان از آب آبیاری و بارندگی کانون مهاباد

مزرعه	نوع کشت	تغذیه آبخوان (mm)	آبیاری و بارندگی (mm)*	تغذیه آبخوان (%)
M3	گندم	۸	۳۰۶	۳
M4	گندم	۲	۵۶۴	۰/۳۵

* عمق آبیاری تجمعی برای هر مزرعه.

همان‌طور که در نتایج کانون میاندوآب بیان شد، با پایش عمق آبیاری مزارع، تعیین بافت خاک و اندازه‌گیری رطوبت خاک در طول فصل کشت گیاه با استفاده از مدل HYDRUS-1D تخمین بهتری از مقدار تغذیه ناشی از آبیاری و بارندگی انجام شد. در جدول ۵-۷ مقدار تغذیه و پیشروی آب در پروفیل خاک برآورد شده توسط مدل، ارائه شده است.

جدول ۵-۷- مقدار تغذیه آبخوان و پیشروی جبهه رطوبتی در پروفیل خاک، برآورد شده توسط مدل HYDRUS-1D کانون مهاباد

ردیف	کد مزرعه	تیمار/شاهد	نوع کشت	عمق پیشروی آب آبیاری (m)	مقدار تغذیه (mm/season)	درصد تغذیه (%)
۱	M3	تیمار	گندم	۰/۷	۸	۳
۲	M4	شاهد	گندم	۰/۷	۲	۰/۳۵

۷-۸- بهره‌وری آب و کارایی مصرف آب کانون مهاباد

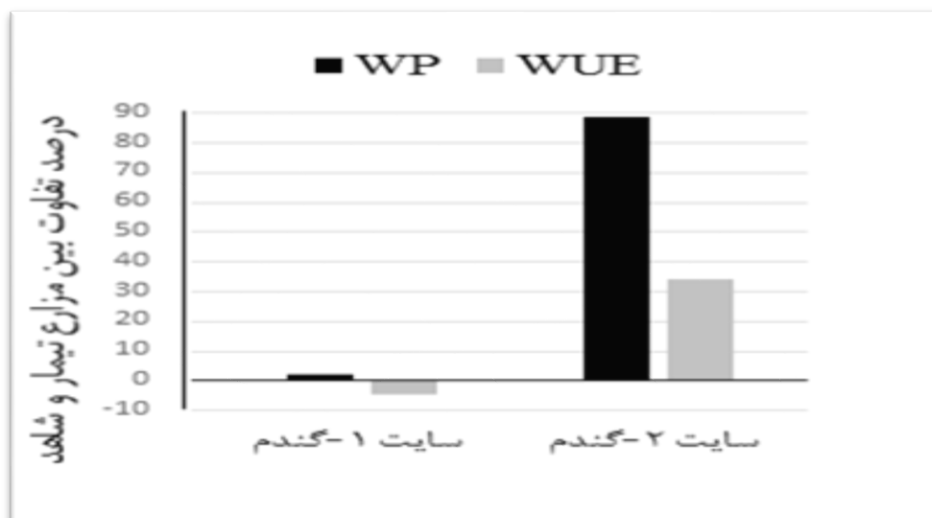
بهره‌وری (WP) و کارایی مصرف (WUE) از معادلات ۳-۲۰ و ۳-۲۱ برای کلیه مزارع محاسبه شد (جدول ۷-۶). به‌منظور مقایسه‌ی این دو پارامتر در مزارع شاهد و تیمار از معادلات ۳-۲۲ و ۳-۲۳ استفاده شد (شکل ۷-۵) در تمامی مزارع گندم، میزان تولید (Yc) در مزارع تیمار بیش از مزارع شاهد بود. به همین دلیل بهره‌وری (WP) و کارایی مصرف (WUE) در کلیه مزارع تیمار در مقایسه با مزارع شاهد بیشتر بود.

سایت ۱- کانون مهاباد: دو مزرعه‌ی M1 (تیمار) و M2 (شاهد)، تکنیک‌های مورد مطالعه در این مزارع: ۱. ابعاد کرت ۲. رژیم کودی بودند. در سایت ۴ برخلاف سایر سایت‌های تحقیق تفاوتی بین بهره‌وری آب (WP) و کارایی مصرف آب (WUE) مزرعه‌ی تیمار و شاهد مشاهده نشد. یک نوبت آبیاری بیشتر در مزرعه‌ی M1 نسبت به مزرعه‌ی M2 (۲۸ اردیبهشت) سبب افزایش مجموع آب دریافتی به‌صورت بارش و آبیاری ($\sum I + \sum R$) و همچنین افزایش تبخیر-تعرق در طول دوره‌ی رشد (ET_{A-S}) با بهبود شرایط رطوبتی خاک در مزرعه‌ی تیمار گردید. عملکرد محصول (Yc) در مزرعه‌ی M1 بیشتر بود (۵/۵) در مزرعه‌ی تیمار و ۵ تن در هکتار در مزرعه‌ی شاهد).

سایت ۲- کانون مهاباد: در مزارع M3 (تیمار) و M4 (شاهد)، تکنیک‌های مورد مطالعه در این مزارع: ۱. ابعاد کرت ۲. رژیم کودی بودند. WP و WUE مزرعه‌ی تیمار به ترتیب ۸۹ و ۳۴ درصد از مزرعه‌ی شاهد بیشتر بود. عمق آبیاری (I) زیاد اعمال شده در مزرعه‌ی M4 (۵۶/۲ سانتی‌متر)، منجر به افزایش نفوذ عمقی در این مزرعه (dp) شد. ET_{A-S} در دو مزرعه تفاوت چندانی نداشت (۴۲ سانتی‌متر). عملکرد محصول (Yc) در مزرعه‌ی M3 بیش از مزرعه‌ی M4 بود (۴/۲) در مزرعه‌ی M3 و ۳/۲ تن در هکتار در مزرعه‌ی M4).

جدول ۷-۶- عملکرد محصول، کارایی و بهره‌وری آب مزارع گندم کانون مهاباد

سایت	علامت سایت	تیمار/ شاهد	مجموع آبیاری	مجموع بارش و آبیاری	مساحت مزرعه	حجم آب ورودی به زمین	ETA-S	Yc	WP	WUE
			(cm)	(cm)	(m ²)	(m ³)	(cm)	(ton)	(kg/m ³)	(kg/m ³)
۱	M1	تیمار	۲۶/۳	۶۴/۵	۲۶۸۵۰	۱۷۳۲۸	۴۲/۶	۱۴/۸	۰/۸۵	۱/۲۹
۱	M2	شاهد	۲۵/۳	۶۳/۵	۱۹۹۷۰	۱۲۶۸۷	۳۹/۲	۱۰/۶	۰/۸۴	۱/۳۵
۲	M3	تیمار	۲۶/۸	۶۵/۰	۹۲۵۹	۶۰۲۳	۴۱/۵	۳/۹	۰/۶۵	۱/۰۲
۲	M4	شاهد	۵۶/۲	۹۴/۴	۵۵۵۵	۵۲۴۴	۴۲/۸	۱/۸	۰/۳۸	۰/۷۶



شکل ۷-۵- میزان اثربخشی تکنیک‌های اعمال شده بر WP و WUE در مزارع تیمار و شاهد گندم کانون مهاباد

فصل هشتم

جمع‌بندی و توصیه‌ها

۸-۱- جمع‌بندی

اجرای طرح «همکاری در احیاء دریاچه ارومیه از طریق مشارکت جوامع محلی در استقرار کشاورزی پایدار و حفاظت از تنوع زیستی در معرض خطر» و حضور کارشناسان شرکت‌های مجری طرح توانسته است در ارتقا مدیریت به‌زراعی و به‌نژادی در مزارع گندم در پایلوت سلماس، میاندوآب و مهاباد مؤثر باشد، لذا اجرا و توسعه آن در مناطق شرق و غرب دریاچه ارومیه توصیه می‌شود. جمع‌بندی‌ها نشان داد:

- در کانون باراندوزچای باغات سیب به علت رعایت توصیه‌های کارشناسان و کاهش طول نوار، ایجاد تشتک در اطراف درخت و آبیاری با لوله‌های کم‌فشار و کاهش طول شیارهای آبیاری، مقدار آب کاربردی کاهش نشان می‌دهد.
- در مزارع گوجه‌فرنگی نیز کاشت به روش نشایی حداقل یک نوبت در آبیاری صرفه‌جویی نموده و بقیه مزارع گوجه‌فرنگی نیز به لحاظ رعایت توصیه‌های کارشناسان و استفاده از روش آبیاری تیپ آب کمتری مورد استفاده قرار گرفته است.
- تکنیک‌های اعمال‌شده در کلیه مزارع تیمار منجر به افزایش عملکرد محصول (Yc) در مزارع تیمار نسبت به مزارع شاهد شده است. برای مثال در شهرستان‌های میاندوآب و مهاباد، محصول تولیدی در مزارع تیمار گندم در مقایسه با مزارع شاهد در سایت ۲، ۳٪ و در سایت ۴، ۴۲٪ بیشتر بود. در مزارع جو، عملکرد مزارع تیمار نسبت به شاهد در سایت‌های ۶ و ۷ به ترتیب ۱۹ و ۳۱ درصد بیشتر بود. در مزارع چغندر قند نسبت عملکرد مزارع تیمار و شاهد متغیر بود و تا ۵۰ درصد محصول بیشتر در مزرعه‌ی تیمار نسبت به مزرعه‌ی شاهد در سایت ۱۰ مشاهده شد.
- در مزارع گندم تکنیک‌های اعمال‌شده باعث بهبود کارایی مصرف آب (WUE) شد. کارایی مصرف آب در مزارع تیمار از ۳۴٪ در سایت‌های ۲ و ۵ تا ۱۰٪ در سایت ۱ نسبت به مزارع شاهد بیشتر بود. در مزارع جو نیز کارایی مصرف آب در مزارع تیمار ۲۴ درصد بیشتر از مزارع شاهد بود. در سایت ۱۰ (چغندر قند)، کارایی مصرف آب در مزرعه‌ی تیمار ۴۷٪ بیشتر از مزرعه‌ی شاهد بود.
- کاهش طول کرت‌ها، بسته به شرایط مزرعه، باعث بهبود راندمان کاربرد آب (Ea) شد. عوامل مؤثر بر اثربخشی این فناوری بر راندمان کاربرد آب عبارت‌اند از: ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک، عمق آبیاری، نحوه‌ی تسطیح مزرعه و دبی آب آبیاری.

برای مثال در سایت ۵ در میاندوآب طول کرت آبیاری در مزارع M3 و M4 به ترتیب ۱۷۸ و ۲۷۶ متر بود؛ با توجه به آبیاری سنگین مزرعه‌ی M4 (عمق آبیاری زیاد)، راندمان کاربرد آب آبیاری در مزرعه‌ی M3، ۲۳ درصد بیشتر از مزرعه‌ی M4 بود. این در شرایطی بود که آبیاری در مزرعه‌ی M4 با دبی نسبتاً زیادی انجام شد و زمان پیشروی آب در این مزرعه کم بود. این در حالی است که در مزارع L2 و L3 (سایت ۲ میاندوآب) که طول کرت آن‌ها به ترتیب ۱۷۹ و ۲۷۴ متر بود، میزان تفاوت راندمان کاربرد آب آن‌ها تنها ۱٪ بود. دبی کم ورودی به مزرعه‌ی L1 (۸ لیتر بر ثانیه) و در نتیجه طولانی شدن مدت پیشروی منجر به افزایش نفوذ عمقی در ابتدای این مزرعه گردید. به‌طور کلی در تمامی مقایسه‌ها بین مزارع تیمار و شاهد که وجه مقایسه طول کرت بود، بهبود نسبی راندمان کاربرد آب مشاهده شد.

- از منظر مقایسه‌ی، میزان آب ورودی روند خاصی بین مزارع تیمار و شاهد مشاهده نگردید و به‌طور متوسط صفر تا ۵۰ درصد کاهش در آب کاربردی مشاهده شد که به ورود شرکت‌های فنی و مهندسی و به‌کارگیری تکنیک‌های معرفی‌شده توسط طرح نیز می‌تواند ارتباط داده شود.
- در کلیه مزارع گندم در میاندوآب بهره‌وری آب (WP) مزارع تیمار بیشتر از مزارع شاهد بود. کمترین و بیشترین میزان افزایش بهره‌وری آب به ترتیب ۵ درصد در سایت ۴ و ۷۰٪ در سایت ۵ بود. در مزارع جو بهره‌وری آب مزارع تیمار ۲۹٪ از مزارع شاهد بیشتر بود؛ که علت آن، عملکرد (YC) مطلوب‌تر مزارع تیمار نسبت به مزارع شاهد بود. در سایت ۱۰ مقدار بهره‌وری آب مزرعه‌ی تیمار نسبت به مزرعه‌ی شاهد ۶۳٪ بیشتر از مزرعه‌ی شاهد محاسبه شد.
- کفایت آبیاری در مزارع میاندوآب حاکی از کاربرد آب تا ۳ برابر بیش از نیاز آبی در مزارع مورد پایش بود که نشان‌دهنده کاربرد بیش‌ازحد آب در مزارع تیمار و شاهد است.
- میزان تغذیه آبخوان در اثر آبیاری و بارندگی، در مزارع مختلف بسته به نوع خاک، نوع کشت و مدیریت آبیاری متفاوت بود. در همه کشت‌ها، بیشترین مقدار تغذیه زمانی بود که تبخیر-تعرق گیاه کمتر بود. بیشترین درصد تغذیه از آبیاری و بارندگی ۲۸ درصد در کشت جو بود. بافت خاک در ناحیه ریشه (۱۰۰ سانتی‌متری) تأثیر زیادی در میزان تغذیه دارد. به‌طوری‌که دو مزرعه در کشت جو با میزان آبیاری تقریباً یکسان، مقدار تغذیه در مزرعه‌ای که بافت خاک ناحیه ریشه در آن سبک‌تر بود، بیشتر بود.
- میزان تغذیه آبخوان در مزارع گندم L1، L2، N1، M1 و M2 ۲۴/۰ تا ۲۶ درصد مقدار آبیاری و بارندگی برآورد شد. متغیر بودن تغذیه در مزارع ناشی از مدیریت آبیاری زارعین و نوع بافت خاک بود.

۸-۲- توصیه‌ها

مقادیر کفایت آبیاری و تغییرات بهره‌وری آب نشان داده است که بعضی از تکنیک‌ها مانند کاربرد کود زیستی، اگرچه منجر به کاهش در کاربرد آب نسبت به شاهد نشده است، اما در افزایش تولید کاملاً مؤثر بوده است. لذا ضرورت دارد در سال‌های آتی تمرکز بیشتری بر تکنیک‌های مؤثرتر بر کاهش مصرف و کاربرد آب شود. زمان آبیاری، مدت‌زمان آبیاری و مقدار آب ورودی به مزرعه از شاخص‌های مهم در مدیریت آبیاری است. متفاوت بودن این شاخص‌ها در مزارع تیمار و شاهد که ناشی از مسائل فرهنگی و دیدگاه‌های تجربی است اثربخشی تکنیک‌ها را تحت تأثیر قرار داده است. آشنایی با زمان و مقدار برای هر مکان آبیاری تحت عنوان مدیریت آبیاری از تکنیک‌های مهم در صرفه‌جویی آب می‌باشد. لذا ضرورتاً توصیه می‌شود توسعه آموزش و کاربرد آن در سال دوم پروژه موردتوجه قرار گیرد. بر همین اساس اجرای دوره آموزشی مدیریت آبیاری برای کلیه شرکت‌های منطقه غرب و شرق دریاچه توصیه می‌شود.

عدم اجرای تمامی تکنیک‌های موردنظر در یک مزرعه گاهی باعث شده است اثر سایر تکنیک‌ها ظاهر نشود. بر همین اساس شناسایی تکنیک‌های مختلف و موردنیاز یک مزرعه و کاربرد هم‌زمان آن‌ها توصیه می‌شود. مدیریت تخصیص آب در شبکه‌های آبیاری از عوامل مؤثر بر اثربخشی تکنیک‌ها می‌باشد که در برنامه‌های منطقه‌ای باید موردتوجه باشد. در مزارع مورد پایش زمان آبیاری و مقدار آب آبیاری در هر نوبت، تابعی از مراحل رشد گیاه نمی‌باشد. این امر باعث می‌شود حتی در شرایطی که معادل نیاز واقعی، آب به مزرعه وارد شده است، نیاز آبی گیاه تأمین نشده و شاهد تلفات نفوذ عمقی و کاهش بهره‌وری باشیم. آموزش و توجه به مدیریت آبیاری در این مزارع منجر به اثربخشی بیشتر تکنیک‌ها و اطمینان از تأمین نیاز واقعی گیاه و افزایش راندمان کاربرد آب در مزرعه می‌شود.

۳-۸- چالش‌ها و درس آموخته‌ها

- ۱- عدم امکان شناسایی مزارع شاهد و تیمار تحت مدیریت یک بهره‌بردار باعث شد امکان شناسایی روندها در مزارع تیمار و شاهد ممکن نگردد.
- ۲- محدودیت در انتخاب مزارع تیمار و شاهد امکان تعمیم نتایج را به کل هر روستا، شهرستان و یا منطقه نمی‌دهد. لازم است مطالعه‌ای در این خصوص توسط گروه پایش انجام شود تا در سال‌های بعدی هدفمندتر اقدام شود.
- ۳- شرکت‌های فنی و مهندسی از توان کارشناسی در تخصص‌های مختلف برخوردار نیستند و همین امر باعث شده است در مواردی تکنیک‌ها به‌طور کامل اجرا نشوند.
- ۴- تکنیک‌های بکار رفته در مزرعه عموماً بر کاهش کاربرد آب توسط بهره‌بردار تأثیر زیادی نداشته ولی بیشتر بر تولید مؤثر هستند. لازم است در ادامه پروژه تکنیک‌های مؤثرتر شناسایی، آموزش و توسعه یابند.
- ۵- مفاهیم نیاز آبی، نیاز آبیاری، کفایت آبیاری و... در طرح شناخته‌شده نیست لذا کاربرد آب در مزرعه تابع اصول مدیریت خاصی نیست و برنامه‌ای هم برای آن دیده نمی‌شد. لازم است ضمن آموزش آن‌ها، تکنیک‌های به‌کارگیری آن‌ها نیز شناسایی، آموزش و توسعه یابد.
- ۶- مدیریت ضعیف در تخصیص منابع آب سطحی و دسترسی آسان به منابع آب زیرزمینی اثربخشی اقدامات طرح را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد که باید موردتوجه مدیریت تخصصی منابع آب در منطقه قرار گیرد.

Preface

The project "Contribution to Lake Urmia restoration via local community participation in sustainable agriculture and biodiversity conservation" as one of the Conservation of Iranian Wetlands Project (CIWP) with cooperation of Iran's Department of Environment and Ministry of Jihad Agriculture and financial support of the Government of Japan has attempted to provide part of Lake Urmia's water requirement through social responsibility promotion, local communities empowerment, training and participation of local farmers and establishment of sustainable agricultural techniques at farm level. While paying attention to preserving the interests and income of farmers, the project has attempted to reduce water consumption at farm level and increase water productivity through changes in common agricultural practices. Techniques such as change in tillage methods, plots size correction, application of winnowed seeds and seeds with a shorter growth period and modification of crop fertilizer management can be considered. In order to measure the effectiveness of the techniques and determine the most appropriate ones, selected farms were choosed in Urmia, Nazluchai, Salmas, Miandoab and Mahabad.

The effectiveness of techniques was evaluated using farm water efficiency (Ea), yield (Yc), water productivity (WP) and water use efficiency (WUE). Techniques of irrigation pan around the trees and irrigation with low pressure tubes reduced the applied water use significantly in the apple orchards of Barandoz Chai focal area. In tomato fields using transplant method irrigation number decreased at least one time during the crop growth period and inn other tomato fields, less water applied due to the changes in irrigation systems through application of surface to drip-tape and improvement in on-farm management recommended by local experts.

The fields were closed at the end and didn't have surface runoff. Penetration of water in farms is varied based on farmer irrigation management and soil texture and the highest amount of penetration was measured in the early stages of growth. The highest percentage of penetration depth was measured 28% in barley farm. In two fields of barley with the same irrigation levels, the depth of penetration was higher in a field where the soil texture of the root zone was sandier. The penetration level in wheat fields was measured 24 to 26 percent of irrigation and rainfall. In comparison of water entrance level to farms, there was no a specific trends between treatments and control fields and an average of zero to 50 percent decrease in applied water was observed. Techniques applied in all treatment fields have led to an increase in the yield compared to the control ones. In most of the fields, increase in water use efficiency and water productivity were measured which is linked to the design and implementation of the techniques proposed. Effective techniques for reducing water entrance to fields and improving agricultural water productivity were as follows: furrow planting installing traps, adjustment of plots length and width, spraying with bio-fertilizer, weed control, fertilizer regime, no/low tillage, land leveling, crop residue from previous year, transplant planting, irrigation pan around the trees, conservation agriculture and pheromone trap.

The book publication is supported by Conservation Iranian Wetlands Project based on the results of the joint activities by the Conservation Iranian Wetlands Project Office, Agricultural Engineering Research Institute, Irrigation and Drainage Department of Tarbiat Modarres University and Agricultural and Natural Resources Research Center of West Azerbaijan during 2014 -2015. We also would like to express gratitude to our colleagues in the Conservation Iranian Wetlands Project Office who provided insight and expertise that greatly assisted us.

منابع

- افضلی گروه، ه. آسودار، م. ا. و خدارحم پور، ز. ۱۳۹۱. تأثیر روش آبیاری و سطوح خاک‌ورزی بر کارایی مصرف آب و عملکرد ذرت در کرمان. دانش آب‌و خاک، ۲۲ (۳): ۴۷-۵۸.
- حیدرپور، ن.، واعظی، ب. و احمدی خواه، ا. ۱۳۸۹. اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک در تناوب آیش - گندم در شرایط دیم نیمه گرمسیری، مجله پژوهش‌های حفاظت آب‌و خاک، جلد هفدهم شماره چهارم.
- حیدری، ا. ۱۳۹۰. تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر ویژگی‌های فیزیکی خاک و عملکرد گندم آبی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی علوم آب‌و خاک سال پانزدهم شماره پنجاه و هفتم.
- حیدری سلطان‌آبادی، م.، سالمی، ح.، و میران زاده، م. ۱۳۹۳. تأثیر زیرشکنی و روش‌های خاک‌ورزی بر برخی از خصوصیات فیزیکی خاک و عملکرد آفتابگردان، نشریه پژوهش‌های خاک (علوم آب‌و خاک) / الف / جلد ۲۸ شماره ۲.
- دهقانی سانج، ح. و حیدری، ن.، ۱۳۹۵. کارایی مصرف و بهره‌وری آب کشاورزی. ص ۶۰-۲۳. در مدیریت تقاضا و مصرف آب کشاورزی در ایران. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۲۹۲ صفحه.
- شم آبادی، ز. ۱۳۹۱. بررسی اثر روش‌های کم خاک‌ورزی بر بهره‌وری مصرف انرژی و عملکرد گندم دیم. نشریه حفاظت منابع آب‌و خاک (علمی-پژوهشی)، ۱ (۳): ۶۹-۷۸.
- لویمی، ن.، صفری، م.، و حیدرپور، ن. ۱۳۹۰. مقایسه تأثیر روش‌های بی خاک‌ورزی، کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم بر عملکرد گندم دیم در زمین دارای سنگلاخ منطقه گرمسیری. نشریه ماشین‌های کشاورزی جلد ۱ شماره ۲ نیمسال دوم ص ۱۱۰-۱۲۱.
- محمدی خ.، حیدری غ.، جواهری م. و آقاعلیخانی م. ۱۳۹۲، تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و کود دهی بر توده‌ی زنده میکروبی و فعالیت آنزیمی. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار جلد سوم، شماره دوم.
- Abdullah, A.S.** 2014. Minimum tillage and residue management increase soil water content, soil organic matter and canola seed yield and seed oil content in the semiarid areas of Northern Iraq. *Soil and Tillage Research*, 144: 150-155.
- Adkins G. B.** 2006. Flow measurement devices. Division of Water Rights. Pp.29.
- Acevedo, E., Harris, H.C. and Cooper, P.** 1991. Crop architecture and water use efficiency in Mediterranean environments. Paper presented at the Soil and Crop Management for Improved Water Use Efficiency in Rainfed Areas, Ankara (Turkey), 15-19 May 1989.
- American Society of Agronomy**, 1989. "Decision reached on sustainable ag." *Agronomy News*. January, pg 15, Madison, Wisconsin.
- ASTM.** 2009. D6913-04(2009)e1 Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis.
- Batchelor C., Reddy V.R., Linstead C., Dhar M., Roy S. and May R.** 2014. Do water-saving technologies improve environmental flows? *Journal of Hydrology*, 518: 140-149.
- Berhe, F., Fanta, A., Alamirew, T. and Melesse, A.** 2013. The effect of tillage practices on grain yield and water use efficiency. *Catena*, 100: 128-138.
- Booth B. and Mitchell A.**, 1999. Getting start with GIS. ESRI. 250pp.

- Blum, A.** 2009. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. *Field Crops Research*, 112 (2): 119-123.
- Chamberlain A.R.** 1952. Measuring water in small channels with WSC flume. Stations Circular 200, State College of Washington.
- Dunn, S. and Mackay, R.** 1995. Spatial variation in evapotranspiration and the influence of land use on catchment hydrology. *Journal of Hydrology*, 171 (1): 49-73.
- Dehghanisanij H.** 2012. Current agricultural water and soil resources and productivity in the Iranian highlands: measures and Improvements. *Journal of Agriculture, Biotechnology & Ecology*. Volume 5, issue 1, 1-14.
- Dehghanisanij H., Nakhjavani M.M. Tahir A.Z., Anyoji H.** 2009. Assessment of wheat and maize water productivity and production function for cropping system decisions in arid and semiarid regions. *Irrigation and Drainage Journal (ICIDJ)*. Irrigation and Drainage Journal (ICIDJ). Volume 58, Issue 1, Pages: 105-115.
- FAO.** SAFR. 2002. Surface Irrigation Systems: Planning, Design, Operation and Maintenance. Savva. A. P., Frenken, K., Madyiwa. S., Chigura. P., Tirivamwe. L., Mthamo. V. Irrigation Manual. Module 7. Planning, Development, Monitoring and Evaluation of Irrigated Agriculture with Farmer Participation. Food and Agriculture Organisation (FAO) of the United Nations Sub-Regional Office for Eastern and Southern Africa (SAFR). Harare.
- Fernández, L.A., Zalba, P., Gómez, M.A. and Sagardoy, M.A.** 2007. Phosphate-solubilization activity of bacterial strains in soil and their effect on soybean growth under greenhouse conditions. *Biology and Fertility of Soils*, 43 (6): 805-809.
- Fetter C.W.** 2001. Applied hydrogeology. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ
- Guan, D., Zhang, Y., Al-Kaisi, M.M., Wang, Q., Zhang, M. and Li, Z.** 2015. Tillage practices effect on root distribution and water use efficiency of winter wheat under rain-fed condition in the North China Plain. *Soil and Tillage Research*, 146: 286-295.
- Gupta, U.** 1995. Role of humidity in dryland crop production. Production and improvement of crops for drylands.: 271-295.
- Hatfield, J.L., Sauer, T.J. and Prueger, J.H.** 2001. Managing soils to achieve greater water use efficiency. *Agronomy journal*, 93 (2): 271-280.
- Hillel, D.** 1990. Role of irrigation in agricultural systems. *Agronomy* (30): 5-30.
- Hyams D.G.** 2017. CurveExpert Basic Documentation. 125pp.
- Hou, X., Li, R., Jia, Z., Han, Q., Wang, W. and Yang, B.** 2012. Effects of rotational tillage practices on soil properties, winter wheat yields and water-use efficiency in semi-arid areas of north-west China. *Field Crops Research*, 129: 7-13.
- Hussaina A., Ahmada Z., Asawab G.L.** 2011. Flow through sharp-crested rectangular side orifices under free flow condition in open channels. *Agricultural Water Management*. 98(10):1536-1544.
- Jin, H., Qingjie, W., Hongwen, L., Lijin, L. and Huanwen, G.** 2009. Effect of alternative tillage and residue cover on yield and water use efficiency in annual double cropping system in North China Plain. *Soil and Tillage Research*, 104 (1): 198-205.

- Knox, J., Kay, M. and Weatherhead, E.** 2012. Water regulation, crop production, and agricultural water management—understanding farmer perspectives on irrigation efficiency. *Agricultural Water Management*, 108: 3-8.
- Letey, J., Vaux, H. and Feinerman, E.** 1984. Optimum crop water application as affected by uniformity of water infiltration. *Agronomy journal*, 76 (3): 435-441.
- Li, S., Wang, Z., Li, S. and Gao, Y.** 2015. Effect of nitrogen fertilization under plastic mulched and non-plastic mulched conditions on water use by maize plants in dryland areas of China. *Agricultural Water Management*, 162: 15-32.
- Lorite, I., Mateos, L. and Fereres, E.** 2004. Evaluating irrigation performance in a Mediterranean environment. *Irrigation Science*, 23 (2): 77-84.
- Mantovani, E., Villalobos, F., Organ, F. and Fereres, E.** 1995. Modelling the effects of sprinkler irrigation uniformity on crop yield. *Agricultural Water Management*, 27 (3): 243-257.
- Miriti, J., Kironchi, G., Esilaba, A., Heng, L., Gachene, C. and Mwangi, D.** 2012. Yield and water use efficiencies of maize and cowpea as affected by tillage and cropping systems in semi-arid Eastern Kenya. *Agricultural Water Management*, 115: 148-155.
- Molden, D.** 1997. Accounting for water use and productivity: Iwmi.
- Molden, D., Murray-Rust, H., Sakthivadivel, R. and Makin, I.** 2003. A water-productivity framework for understanding and action. *Water productivity in agriculture: Limits and opportunities for improvement* (1).
- Monteith, J.** 1993. The exchange of water and carbon by crops in a Mediterranean climate. *Irrigation Science*, 14 (2): 85-91.
- Moroke, T., Schwartz, R., Brown, K. and Juo, A.** 2011. Water use efficiency of dryland cowpea, sorghum and sunflower under reduced tillage. *Soil and Tillage Research*, 112 (1): 76-84.
- Narayana, V.D., Kalra, V. and Singh, O.** 1980. Design of a farm layout for irrigation with limited discharges. *Agricultural Water Management*, 3 (2): 143-151.
- Perry, C.** 2011. Accounting for water use: Terminology and implications for saving water and increasing production. *Agricultural Water Management*, 98 (12): 1840-1846.
- Perry, C., Steduto, P., Allen, R.G. and Burt, C.M.** 2009. Increasing productivity in irrigated agriculture: agronomic constraints and hydrological realities. *Agricultural Water Management*, 96 (11): 1517-1524.
- Rao, S.S., Tanwar, S.P.S. and Regar, P.L.** 2016. Effect of deficit irrigation, phosphorous inoculation and cycocel spray on root growth, seed cotton yield and water productivity of drip irrigated cotton in arid environment. *Agricultural Water Management*, 169: 14-25.
- Reddy, V.R.** 2016. *Regulatory Instruments and Demand Management of Water: Potential and Prospects Indian Water Policy at the Crossroads: Resources, Technology and Reforms* (pp. 153-178): Springer.
- Richards, R.A.** 2006. Physiological traits used in the breeding of new cultivars for water-scarce environments. *Agricultural Water Management*, 80 (1): 197-211.

- Saxton, K.E. and Rawls W.J.** 2004. Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions. Proc. , Soil Sc i. Soc. Amer. International Conference, Seattle, WA Nov. 1-3, 2004.
- Seckler, D., Molden, D. and Sakthivadivel, R.** 2003. The concept of efficiency in water resources management and policy. Water productivity in agriculture: Limits and opportunities for improvement: 37-51.
- Shan, L., Deng, X. and Zhang, S.** 2006. Advances in biological water-saving research: Challenge and perspectives. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 20 (2): 66-71.
- Středa, T., Dostál, V., Horáková, V. and Chloupek, O.** 2012. Effective use of water by wheat varieties with different root system sizes in rain-fed experiments in Central Europe. Agricultural Water Management, 104: 203-209.
- Thorntwaite, C.W.** 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geographical review, 38 (1): 55-94.
- USBR.** 2001. Water measurment manual. A water resources tecchnical publication.
- Van Dam, J., Singh, R., Bessembinder, J., Leffelaar, P., Bastiaanssen, W., Jhorar, R., Kroes, J. and Droogers, P.** 2006. Assessing options to increase water productivity in irrigated river basins using remote sensing and modelling tools. Water resources development, 22 (1): 115-133.
- Walker J.** 2007. Fundamental of physics. Halliday and Resnick, 2011. John Wiley & Sons. 1363p.
- Walker, W.R. and Skogerboe, G.V.** 1987. Surface irrigation. Theory and practice: Prentice-Hall.
- Wang, X., Dai, K., Zhang, D., Zhang, X., Wang, Y., Zhao, Q., Cai, D., Hoogmoed, W. and Oenema, O.** 2011. Dryland maize yields and water use efficiency in response to tillage/crop stubble and nutrient management practices in China. Field Crops Research, 120 (1): 47-57.
- Warrick, A. and Yates, S.** 1987. Crop yield as influenced by irrigation uniformity. Advances in irrigation (USA).
- Wesseling, J. and Feddes, R.A.** 2006. Assessing crop water productivity from field to regional scale. Agricultural Water Management, 86 (1): 30-39.
- Wilcox, L.** 1955. Classification and use of irrigation waters.
- Xurong, M., Xiu-li, Z., Vincent, V. , Xiao-ying, L.** 2013. Improving Water Use Efficiency of Wheat Crop Varieties in the North China Plain: Review and Analysis Journal of Integrative Agriculture 12(7):1243–1250
- Yan, N., Wu, B., Perry, C. and Zeng, H.** 2015. Assessing potential water savings in agriculture on the Hai Basin plain, China. Agricultural Water Management, 154: 11-19.
- Zhang, X., Wang, T. and Li, C.** 2005. Different responses of two contrasting wheat genotypes to abscisic acid application. Biologia Plantarum, 49 (4): 613-616.
- Zoebl, D.** 2002. Crop water requirements revisited: The human dimensions of irrigation science and crop water management with special reference to the FAO approach. Agriculture and Human Values, 19 (3): 173-187.
- Zwart, S.J. and Bastiaanssen, W.G.** 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. Agricultural Water Management, 69 (2): 115-133.