

جمهوری اسلامی ایران

وزارت نیرو

## شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان لرستان

کمیته تحقیقات

( طرح تحقیقات کاربردی )

گزارش نهایی

# تعیین بهره‌وری آب محصولات بهاره در استان لرستان (مطالعه موردی: دشت چغلوئندی)

سازمان مجری: مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان

پژوهشگر مجری: مراد سپه‌وند

پژوهشگران همکار: موحد سپه‌وند، شهرام امیدواری، نیازعلی ابراهیمی پاک و عباس

عبدشاهی

زمان انتشار: ۱۳۹۳

بسمه تعالی

این پروژه تحقیقاتی با حمایت مالی کمیته تحقیقات شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان لرستان تحت قرارداد شماره ۶۴۰۵/۸۰۰ مورخ ۹۱/۰۴/۲۰ با کد LOW-۹۰۰۷ به انجام رسیده است.

چکیده

منابع آب و انرژی در دنیا دارای محدودیت بوده و به علت افزایش جمعیت و تقاضای غذا، مصرف آب و انرژی برای تولید محصولات کشاورزی نیز افزایش خواهد داشت. از طرفی با توجه به تجارت آب مجازی که به عنوان راهکاری نوین به منظور مقابله با کم آبی مطرح است، تولید محصولاتی که با نیاز آبی و نیز مصرف انرژی زیاد تولید می‌شوند، در مناطقی که با بحران آب مواجه هستند معقول به نظر نمی‌رسد. این تحقیق باهدف تعیین بهره‌وری آب محصولات بهاره در استان لرستان انجام شد. شاخص های بهره‌وری با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده در ۱۵ مزرعه کشاورز برای محصولات لوبیا قرمز، خیار و یونجه در دشت چغلوندی و در طی سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ تعیین گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که بهره‌وری آب (آب مصرفی کل) در تولید لوبیا قرمز، خیار و یونجه به ترتیب ۰/۱۸، ۱/۲۶ و ۱/۶۹ کیلوگرم بر مترمکعب بود. بر اساس هزینه‌های تولید و آب و قیمت فروش محصول، بهره‌وری اقتصادی آب (سود خالص) به ازای واحد آب مصرفی برای لوبیا قرمز، خیار و یونجه به ترتیب ۱۴۹۰، ۳۲۰۰ و ۳۶۸۰ ریال بر متر مکعب محاسبه گردید. شاخص نسبت انرژی در تولید این محصولات به ترتیب ۰/۴۱، ۰/۱۵ و ۳/۳۱ بود، همچنین بر این اساس شاخص بهره‌وری آب-انرژی در تولید لوبیا قرمز، خیار و یونجه به ترتیب ۰/۰۵، ۰/۱۹ و ۰/۳۱ گرم بر مترمکعب بر کیلووات ساعت محاسبه گردید. نتایج نشان داد که مدیریت آب و انرژی به منظور افزایش سود در محصولات کشاورزی امری مهم و تاثیرگذار است.

کلمات کلیدی: بهره‌وری آب، بهره‌وری اقتصادی آب، مدیریت آب و انرژی، محصولات بهاره، دشت

چغلوندی

## فصل اول: مقدمه

۱-۱ ضرورت و اهمیت موضوع ..... ۲

فصل دوم: پیشینه تحقیق ..... ۴

۱-۲ تحقیقات انجام شده در داخل و خارج از کشور ..... ۵

۲-۲ علل پایین بودن راندمان آبیاری در ایران ..... ۱۶

۳-۲ راه کارهای افزایش راندمان آبیاری ..... ۱۷

فصل سوم: مواد و روش ها ..... ۱۹

۱-۳ تعیین نیاز آبی گیاهان ..... ۲۱

۲-۳ نرم افزار Cropwat ..... ۲۳

۳-۳ بهره‌وری آب ..... ۲۸

۴-۳ اندازه‌گیری دبی جریان ..... ۲۹

۵-۳ محاسبه انرژی مصرفی ..... ۳۰

۶-۳ شاخص‌های آب و انرژی ..... ۳۳

فصل چهارم: نتایج و بحث ..... ۳۵

۱-۴ تعیین نیاز آب محصولات بهاره با استفاده از نرم افزار Cropwat ..... ۳۶

۲-۴ میزان آب آبیاری اندازه‌گیری شده، آب مصرفی کل و بهره‌وری آب محصولات بهاره ..... ۳۸

۳-۴ انرژی ورودی، انرژی خروجی و سهم هر یک از نهاده‌های انرژی در تولید لویا قرمز ..... ۳۹

۴-۴ انرژی ورودی، انرژی خروجی و سهم هر یک از نهاده‌های انرژی در تولید خیار ..... ۴۲

۵-۴ انرژی ورودی، انرژی خروجی و سهم هر یک از نهاده‌های انرژی در تولید یونجه بهاره ..... ۴۵

۶-۴ شاخص‌های آب و انرژی در تولید محصولات بهاره ..... ۴۸

۷-۴ شاخص‌های اقتصادی در تولید محصولات بهاره ..... ۴۹

نتیجه‌گیری و پیشنهادها ..... ۵۰

منابع ..... ۵۴

## فهرست اشکال

- شکل ۱-۳ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه..... ۲۰
- شکل ۲-۳ نحوه ورود پارامترهای هواشناسی..... ۲۳
- شکل ۳-۳ ورود آمار میزان بارندگی..... ۲۴
- شکل ۴-۳ ورود پارامتر مربوط به محصول..... ۲۵
- شکل ۵-۳ ورود پارامتر مربوط به خاک..... ۲۶

## فهرست جداول

- جدول ۱-۲ ضریب گیاهی، نیاز آبی، بارش موثر و نیاز خالص آبیاری یونجه در طول فصل رشد ..... ۹
- جدول ۲-۲ خروجی مدل Cropwat برای محصولات در منطقه ایلام ..... ۱۰
- جدول ۳-۲ مقادیر میانگین چهار ساله تبخیر و تعرق با روش های مختلف و ضریب گیاهی ..... ۱۱
- جدول ۱-۳ خلاصه اطلاعات و آمار مناطق، محصول، روش آبیاری، منبع و تعداد مزارع انتخابی ..... ۲۱
- جدول ۲-۳ خصوصیات فیزیکی خاک ..... ۲۷
- جدول ۳-۳ هم ارز نهاده های انرژی در تولید محصولات بهاره ..... ۳۱
- جدول ۱-۴ نیاز آبی، بارش موثر و نیاز خالص آبیاری لوبیا قرمز در طول فصل رشد ..... ۳۶
- جدول ۲-۴ نیاز آبی، بارش موثر و نیاز خالص آبیاری خیار در طول فصل رشد ..... ۳۷
- جدول ۳-۴ نیاز آبی، بارش موثر و نیاز خالص آبیاری یونجه بهاره در طول فصل رشد ..... ۳۷
- جدول ۴-۴ میزان آب آبیاری اندازه گیری شده، آب مصرفی کل و بهره وری آب محصولات بهاره ..... ۳۸
- جدول ۵-۴ انرژی ورودی، انرژی خروجی و سهم هر یک از نهاده های انرژی در تولید لوبیا قرمز ..... ۳۹
- جدول ۶-۴ انرژی ورودی، کل، مستقیم، غیر مستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در تولید لوبیا قرمز ..... ۴۱
- جدول ۷-۴ شاخص های انرژی در تولید لوبیا قرمز ..... ۴۱
- جدول ۸-۴ انرژی ورودی، انرژی خروجی و سهم هر یک از نهاده های انرژی در تولید خیار ..... ۴۲
- جدول ۹-۴ انرژی ورودی، کل، مستقیم، غیر مستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در تولید خیار ..... ۴۴
- جدول ۱۰-۴ شاخص های انرژی در تولید خیار ..... ۴۴
- جدول ۱۱-۴ انرژی ورودی، انرژی خروجی و سهم هر یک از نهاده های انرژی در تولید یونجه بهاره ..... ۴۵
- جدول ۱۲-۴ انرژی ورودی، کل، مستقیم، غیر مستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در تولید یونجه بهاره ..... ۴۷
- جدول ۱۳-۴ شاخص های انرژی در تولید یونجه بهاره ..... ۴۷
- جدول ۱۴-۴ شاخص های آب و انرژی در تولید محصولات بهاره ..... ۴۹
- جدول ۱۵-۴ شاخص های اقتصادی در تولید محصولات بهاره ..... ۵۰

# فصل اول

## مقدمه

در حال حاضر مهم‌ترین تفاوت کشورهای توسعه یافته و در حال رشد، در بهره‌وری از منابع طبیعی می‌باشد. آب حیاتی‌ترین عامل برای تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌گردد و در شرایط خاص اقلیمی ایران که خشکی و پراکنش زمانی و مکانی بارندگی واقعیت‌گزیرناپذیر آن است هرگونه تولید مواد غذایی و کشاورزی پایدار منوط به استفاده صحیح و منطقی از منابع آب محدود کشور است. از آنجا که این بخش بزرگترین مصرف‌کننده آب در زیرساخت‌های مختلف اقتصادی در کشور است، هدر رفت عمده آب نیز به این بخش تعلق دارد، در نتیجه منابع آب موجود آن‌چنان با ارزش هستند که مصرف آن‌ها بایستی همواره با ملاحظه علمی و اقتصادی همراه باشد.

ایران از نظر اقلیمی جزء کشورهای نیمه خشک به شمار می‌رود اما همین کمبود منابع آب سبب شده کشورمان تاریخ دیرینه‌ای در مدیریت آب داشته باشد (پناهی و ملک محمدی، ۱۳۸۷). بیلان آبی کشور بر اساس آمار و اطلاعات موجود نشان می‌دهد که ریزش‌های جوی متوسط کشور به عنوان منشا اصلی منابع آب به میزان متوسط ۲۵۰ میلی‌متر (سه‌می نزدیک به ۰/۳۶ درصد از کل نزولات آسمانی کره زمین) در پهنه جغرافیایی می‌باشد که ایران در مقایسه با آسیا و مجموعه خشکی‌های جهان که متوسط بارندگی آنها به ترتیب ۷۳۲ و ۸۳۱ میلی‌متر می‌باشد جزء کشورهای کم آب به شمار می‌آید و همچنین میزان بارندگی نیز پراکنندگی نامناسبی دارد به طوری که ۵۰ درصد از آن در ۲۴ درصد مساحت کشور و ۵۰ درصد دیگر در ۷۶ درصد مساحت کشور روی می‌دهد (مرکز مدارک علمی، ۱۳۸۳). از کل آب‌های موجود در دسترس، بخش کشاورزی بالاترین مصرف (حدود ۹۰ درصد) جهانی را به خود اختصاص داده است، در حالی که این رقم در ایران ۹۳ تا ۹۴ درصد می‌باشد (پناهی و ملک محمدی، ۱۳۸۷). طبق آمار وزارت کشاورزی در ازای کل تولیدات کشاورزی (۶۵ میلیون تن) ۸۵ میلیارد متر مکعب آب مصرف می‌کنیم (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲). به عبارتی در حال حاضر از هر متر مکعب آب مصرفی در



بخش کشاورزی ایران ۷۰۰ گرم محصول به دست می‌آید که استاندارد جهانی ۳ کیلوگرم در ازای هر متر مکعب آب مصرفی می‌باشد (سادات میرئی و فرشی، ۱۳۸۲). از طرف دیگر تلفات آب در کشاورزی حدود ۴۰ درصد حجم آب مصرفی در آبیاری می‌باشد، که با توجه به محدودیت منابع آب و افزایش جمعیت لازم است که بهره‌وری آب خصوصا در بخش کشاورزی مورد بررسی و اصلاح مجدد قرار گیرد (سادات میرئی و فرشی، ۱۳۸۲). در کشاورزی، بهره‌وری آب (water productivity) یعنی مقدار عملکرد گیاهی به ازای هر واحد آب آبیاری مصرف شده که بسیار مهم است، از آن بالاتر بهره‌وری اقتصادی مصرف آب در بخش کشاورزی است که حتما باید مدنظر قرار بگیرد. کمبود منابع آب و خشکسالی‌های محتمل، آب را به کالایی با ارزش تبدیل نموده است که مصرف آن در بخش کشاورزی حتما بایستی توجیه اقتصادی، داشته باشد. اولین قدم در این راه آن است که وضعیت موجود بهره‌وری آب و همچنین ارزش اقتصادی آن را در محصولات کشاورزی بدانیم. به همین منظور این پژوهش پاسخی است به این نیاز تا در مراحل بعدی برای استفاده بهینه از منابع محدود آب طوری برنامه‌ریزی نماییم که حداکثر تولید و بازده اقتصادی به دست آید. اهداف این مطالعه عبارتند از:

- تعیین و مقایسه شاخص بهره‌وری آب در تولید محصولات بهاره
- تعیین بهره‌وری اقتصادی نهاده آب در تولید محصولات بهاره
- تعیین نیاز آبی گیاهان با استفاده از نرم افزار Cropwat
- بررسی شاخص‌های انرژی و آب در تولید محصولات منطقه
- مطالعه و ارائه راهکارهای مناسب برای افزایش بهره‌وری آب در تولید محصولات منطقه

# فصل دوم

## پیشینه تحقیق

۱-۲ تحقیقات انجام شده در داخل و خارج از کشور

به دلیل واقع شدن کشور ما ایران در بخش خشک کره زمین، همواره آب یکی از عوامل محدود کننده تولید در بخش کشاورزی بوده است. بر اساس آخرین آمار و اطلاعات، کل مصرف آب در کشور بالغ بر ۹۳ میلیارد متر مکعب می‌باشد و بخش کشاورزی بزرگترین مصرف کننده منابع آب تجدید شونده کشور بوده و بالغ بر ۸۴ میلیارد متر مکعب از کل منابع آب را مصرف می‌کند. سهم کشاورزی از منابع آب کشور ۹۳ درصد است که بالاترین سهم را در مصارف آب کشور دارد ولی متاسفانه تولیدات کشاورزی حاصل از آن و شاخص بهره‌وری آن بر حسب کیلوگرم محصول به ازای یک متر مکعب آب مصرفی پایین است (حیدری و همکاران، ۱۳۸۵). در حال حاضر بهره‌وری مصرف آب در اراضی فاریاب ۷/ کیلوگرم به ازای واحد آب مصرف شده می‌باشد بنابراین باید بهره‌وری مصرف آب را تا آخر برنامه ۵ ساله سوم توسعه به ۱ و در ۲۵ سال آینده به ۱/۸ تا ۲ کیلوگرم بر متر مکعب رساند. در آن صورت آب اختصاص یافته به بخش کشاورزی در پایان دوره ۲۵ سال آینده به ۹۳ تا ۱۰۳ میلیارد متر مکعب می‌گردد و این با توجه به منابع آب کشور قابل قبول است که تنها در صورت بهینه سازی آب کشاورزی می‌توان به آن دست یافت (کشاورز و صادق زاده، ۱۳۸۳). در دنیا ۸۰ درصد سطح زیر کشت دیم و ۲۰ درصد آن آبی است، در حالی که زراعت در ایران مبتنی بر کشت آبی بوده و ۹۰ درصد زمین‌ها آبیاری می‌شوند. متوسط بازده کل آبیاری در کشور ۳۵ درصد و بازده انتقال بین ۱۵ تا ۳۶ درصد است که از متوسط جهانی ۴۵ درصد و کشورهای توسعه یافته ۶۰ درصد پایین تر است (کشاورز و حیدری، ۱۳۸۵). نتایج تحقیقی که در هند انجام شد نشان داد که بهره‌وری آب در هند در مقایسه با دیگر تولید کنندگان مهم غلات جهان پایین است و اگر آبیاری سطحی را به قطره‌ای تبدیل کنیم موجب ۶ درصد افزایش در محصول، ۶۰ درصد کاهش مصرف آب و ۱۲۰ درصد افزایش در بهره‌وری مصرف آب می‌شود (Rosegrant et al., ۲۰۰۲). در سال ۲۰۰۰ بهره‌وری مصرف آب برای محصولات دانه‌ای در هند

۰/۴۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود که دلیل اصلی پایین بودن آن کم بودن عملکردها بود به طوری که عملکرد غلات در هند در سال ۲۰۰۰، ۱/۷ تن در هکتار بود اما چین با شرایط آب و هوایی و خاک مشابه در سال ۲۰۰۰ با مصرف آب کمتر و سطوح زیر کشت کوچکتر حدود ۴ تن در هکتار غلات تولید کرد در واقع هند برای افزایش بهره‌وری آب باید هم عملکردش را افزایش دهد و هم مدیریت استفاده از منابع آب را بهبود بخشد (Rosegrant et al., ۲۰۰۲). کشاورز و صادق زاده (۱۳۸۳) مهمترین دلایل پایین بودن کارایی آبیاری و تلفات آب در بخش کشاورزی را مربوط به پایین بودن راندمان انتقال آب از منبع تا محل مصرف، تلفات زیاد آب در مزارع، نامناسب بودن شکل و اندازه مزرعه در ارتباط با مقدار آب و نحوه آبیاری، ناآگاهی کشاورزان از اهمیت بهینه‌سازی کارایی مصرف آب، عدم استفاده از روش‌های مناسب، نامناسب بودن کیفیت بعضی از اراضی، نامناسب بودن کیفیت آب منابع مورد استفاده، نامناسب بودن الگو و تراکم کشت زراعی موجود با امکانات منابع آبی، نامناسب بودن نظام قیمت گذاری آب و عدم تولید محصولات به ازای واحد حجم آب مصرفی دانستند. نوری (۱۳۸۳) بیان کرد که تنها راهکار برای استفاده بهینه از آب و آبیاری و بهره‌وری پایدار از منابع آبی، انتخاب روش مناسب آبیاری و بهبود در مدیریت آبیاری است، همچنین انتخاب سیستم مناسب آبیاری در سطح وسیع می‌تواند در میزان صرفه جویی آب و مصرف انرژی و دیگر نهاده‌های کشاورزی موثر واقع شود.

(Mateos et al., ۱۹۹۷) بهره‌وری آب در پنبه را با دو روش آبیاری قطره‌ای و جویچه‌ای و در دو حالت آبیاری کامل و کم آبیاری مورد مقایسه قرار دادند. بهره‌وری آب در حالت کم آبیاری بیش از حالت آبیاری کامل بود. در عین حال بهره‌وری آب در روش آبیاری قطره‌ای نیز بیشتر از آبیاری جویچه‌ای بود. بهره‌وری آب در روش آبیاری جویچه‌ای از ۰/۵۲ تا ۱/۰۳ و در روش آبیاری قطره‌ای از ۰/۷۹ تا ۱/۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب بود. (Zhang and Duan., ۲۰۰۰) متوسط بهره‌وری آب در

محصولات عمده ۲۲ استان کشور چین را ۱/۱ کیلوگرم بر مترمکعب اعلام نمودند. بیشترین بهره‌وری مربوط به ذرت و سورگوم ( ۱/۷ تا ۱/۹ کیلوگرم بر مترمکعب) و کمترین بهره‌وری مربوط به سویا (حدود ۰/۵ کیلوگرم بر مترمکعب) بوده است. (Zhao and Xu., ۲۰۰۱) اظهار داشته اند که در بخش - های شمالی کشور چین طی حدود ۵۰ سال (۱۹۴۹ تا ۱۹۹۶) راندمان مصرف آب محصولات زراعی از ۰/۲۳ به ۰/۹ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافته است که علل آن را اقدامات حفاظت آب، مدیریت بهتر خاک، ترویج واریته‌های جدید و افزایش مصرف کودهای فسفره و ازته، ذکر نموده‌اند. (et ., ۲۰۰۸)

alClanet) در بررسی‌های خود بر روی محصولات دیم حوزه آبریز ولتا در غرب افریقا، بهره‌وری آب برای ذرت، سورگوم و ارزن دیم را به ترتیب ۰/۱۰، ۰/۰۸ و ۰/۰۸ کیلوگرم بر مترمکعب بارندگی برآورد نمودند. (Lester., ۲۰۰۸) اظهار داشته است که در اثر آبیاری سطحی به تحت فشار، بهره‌وری آب محصولات زراعی ۱۵۲ درصد افزایش یافته است. پژوهش‌های انجام شده در مورد بهره‌وری آب در ایران کم و پراکنده هستند. کشاورز و صادق زاده (۱۳۷۹) برآوردی کلی از کارایی مصرف آب در کشاورزی ایران به عمل آورده‌اند و آن را ۰/۷ کیلوگرم بر متر مکعب اعلام نموده‌اند در حالی که در بسیاری از کشورها این رقم بیش از ۱/۵ می باشد. کریمی و همکاران (۱۳۸۱) اظهار داشته‌اند که اگر بخواهیم پیش بینی سال ۱۴۰۰ در مورد میزان تولید محصولات آبی کشور محقق گردد، متوسط بهره‌وری آب بایستی به ۱/۸ تا ۲ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یابد. (Farahani and Oweis., ۲۰۰۸) بهره‌وری ۰/۴ کیلوگرم بر مترمکعب را برای غلات در حوزه کرخه اعلام نموده‌اند. سپه‌وند (۱۳۸۸) بهره‌وری آب در گندم و کلزا در ایستگاه تحقیقات سراب چنگایی را به ترتیب ۱/۶۴ و ۰/۶ کیلوگرم بر متر مکعب و بهره‌وری اقتصادی آن‌ها را به ترتیب ۲۱۲۸ و ۱۵۰۸ ریال بر مترمکعب گزارش نموده است. (ناصری(۱۳۷۷)، قائمی و عطاری (۱۳۷۹) و اسدی و همکاران (۱۳۸۰) نیز در رابطه با کارایی مصرف آب در گندم

پژوهش‌هایی انجام داده و آن را بین ۰/۵ تا ۱/۳۵ کیلوگرم بر مترمکعب اعلام نموده اند. ( Zwartand Bastiaansen., ۲۰۰۴) بهره‌وری فیزیکی آب محصولات گندم، برنج، پنبه و ذرت در کشورهای مختلف را محاسبه و گزارش کردند. بر اساس نتایج این پژوهش، بهره‌وری فیزیکی آب به طور متوسط برای محصولات مذکور برابر با ۱/۰۹، ۱/۰۹، ۰/۶۵ و ۰/۲۳ کیلوگرم بر متر مکعب بوده است. ( Liu et al., ۲۰۰۸) بهره‌وری فیزیکی آب در محصول ذرت را برای ۱۲۴ کشور مختلف محاسبه و گزارش کرده‌اند. طبق نتایج این تحقیق، کشورهای آمریکا و چین بیش از ۱/۵ و کشورهای آفریقایی با کمتر از یک کیلوگرم بر متر مکعب به ترتیب بیشترین و کمترین بهره‌وری فیزیکی آب را داشته‌اند.

یکی از روش‌های تعیین کارایی مصرف آب محصولات کشاورزی استفاده از شاخص رد پای آبیانه نامی باشد. در

این بررسی تعدادی از محصولات مهم زراعی را از نظر گندم، ذرت، سیب زمینی، برنج، لوبیا و سویا از نظر

میزان مصرف آب برای تولید هر تن ماده خشک و محصول قابل عرضه به بازار بررسی شدند. نتایج نشان داد که برای

تولید هر تن محصول گندم، برنج، لوبیا، سویا، و ذرت، به ترتیب ۱۸۲۷، ۲۱۷۲، ۵۰۵۳، ۲۱۴۵، ۱۲۲۲ متر مکعب

آب مصرف می‌شود (حسن آبادی، ۱۳۹۳).

حیدری (۱۳۹۰) کارایی مصرف آب آبیاری محصولات زراعی مختلف در روش آبیاری سطحی

مدیریت زراعت در مناطق قاصفهان، گلستان، خراسان، خوزستان (دز فول) و آذربایجان غربی برای محصولات گندم،

یونجه، چغندر قند (غده)، پنبه، سویا، جو، سیب زمینی، گوجه فرنگی، لوبیا، کاهو، کنگر و ذرت، تانده ایرابه، تربین

۰/۸۴ - ۰/۳۴، ۱/۴۴ - ۰/۷، ۴/۸۳ - ۱/۳۳، ۱/۹۱ - ۱/۲۷، ۲/۰۹ - ۰/۷۵، ۱، ۱/۷۲، ۳/۳۳، ۰/۹۱، ۴/۷۷، ۰/۲ و

۰/۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد کرده‌اند.

بر اساس بررسی‌های انجام گرفته (احمدی و همکاران، ۱۳۹۳) در اراضی یاسد صوفیچای مرغی

توانا جایگزینی در تعلقه ایبه جای یونجه، نیاز خالص آبیاری از ۷۱۸۹ متر مکعب در هکتار به ۵۴۲۸ متر مکعب

درهکتار رساند و موجب صرفه جویی همیزان ۱۷۶۱ متر مکعب درهکتار (بدون احتساب براندان آبیاری) گردید. همچنین این جایگزینی می توان کار آیمصرفاً برابر با تولید پروتئینه میزان ۸۵ درصد افزایش دانه هواز ۹۴ به ۱۷۳ گرم بر متر مکعب رساند. این جایگزینی کار آیمصرفاً برابر با تولید انرژی خام در صد ماده خشک را نیز بهتر تبیین همیزان ۲۰۳ و ۲۲۳ درصد افزایش می دهد.

جدول ۱-۲. ضریب گیاهی، نیاز آبی، بارش موثر و نیاز خالص آبیاری یونجه در طول فصل رشد

| ماه      | ضریب گیاهی | نیاز آبی | بارش موثر | نیاز خالص آبیاری |
|----------|------------|----------|-----------|------------------|
| فروردین  | ۰/۴۵       | ۱۸       | ۲۴/۶      | ۰                |
| اردیبهشت | ۰/۸۴       | ۳۸/۱     | ۱۴/۸      | ۲۳/۳             |
| خرداد    | ۰/۸۹       | ۱۲۱      | ۴/۶       | ۱۱۶/۴            |
| تیر      | ۰/۹        | ۲۰۶/۱    | ۰         | ۲۰۶/۱            |
| مرداد    | ۰/۹        | ۱۸۷/۸    | ۰         | ۱۸۷/۸            |
| شهریور   | ۰/۹        | ۱۴۰/۷    | ۰         | ۱۴۰/۷            |
| مهر      | ۰/۵۵       | ۴۴/۹     | ۰/۳       | ۴۴/۶             |

در گزار شهبینه ساز یسنده ملیالگویمصرفاً بکشاورزی ایران ( علیزاده، ۱۳۸۴ ) نیاز خالص آبیاری گیاهی یونجه در دشت شهر کرد به همیزان ۶۴۹ میلیمتر ( در دوره زمنا یمشابه ) بر آورد شده است که بسیار کمتر از مقدار اندازه گیری شده است، در این گزار شاز مدلفائو- پنمن-مانتیشو آمار سیسالها یمتگاههای یهوا شناسین نیاز خالص آبیاری گیاهی یونجه بر آورد شده است. علیزاده ( ۱۳۸۴ ) در همین گزار ش عنوان می نماید در مرحله واسنجیمدلمذکور ( فائو- پنمن-مانتیش )

در ایستگاههای یسیمتری جهاد دانشگاهی که مانمقدار تبخیر و تعرق گیاهمر جعدر شرایط استاندارد کمتر از مقدار ییدست آمد که بالایسیمتروزنیاندازهگیری شده بود. ویدلیلاینامررا احتمالاً اثرات خشکی و احیایبودن منطقه اعلام میدارد. حقیقی ( ۱۳۸۵ ) در آزمایشیبا استفاده

از روش آبیاری تکشاخها یگزارش کرد که در شرایطیکه گیاه یونجه از هیچگونه نشت شیر خوردار نباشد بطور متوسط

۹۶۹/۹ میلیمتر آبدردشت شهر کرد نیاز دارد. در آزمایشید یگرا بر اهی میپاک ( ۱۳۷۸ )

آب مورد نیاز یونجه در شهر کرد را ۱۳۷۹ میلی متر بر اساس انوا عمتفا و تدور آبیاری یونجه بدست آورد.

اگر چه هیچیک از دو آزمایش مذکور شد بر اساس نتایج لایسیمتر نبود هاندا ما مقدار انداز هگیر یشد هازلایسیمتر در تحقیق

ق حاضر بهمیزان ۱۱۵۷/۶ و در میانه این دو مقدار قرار گرفت هاست.

جدول ۲-۲ نتایج حاصله از خروجی نرم افزار Cropwat شامل نیاز خالص و نیاز ناخالص محصولات

مختلف برای منطقه ایلام را نشان داده است (کرمی و سروریان، ۱۳۹۳).

جدول ۲-۲. خروجی مدل Cropwat برای محصولات در منطقه ایلام

| محصول           | گندم          | جو    | چغندر قند | سیب زمینی  | گوجه  | انگور   |
|-----------------|---------------|-------|-----------|------------|-------|---------|
| نیاز خالص آبی   | ۴۱۸/۸         | ۵۷۷/۸ | ۵۵۲/۹     | ۸۱۵/۶      | ۶۰۹/۷ | ۴۸۰/۸   |
| نیاز ناخالص آبی | ۵۹۸/۳         | ۸۲۵/۶ | ۷۸۹/۹     | ۱۱۶۵/۱     | ۸۷۱   | ۶۸۶/۹   |
| محصول پیاز      | نیاز خالص آبی | نیخود | لویا      | کنگر فرنگی | خیار  | بادمجان |
| نیاز خالص آبی   | ۵۷۹/۳         | ۵۲۶   | ۵۶۵/۶     | ۹۲۳/۵      | ۵۲۹/۵ | ۵۶۷/۶   |
| نیاز ناخالص آبی | ۸۲۷/۶         | ۷۵۱/۱ | ۸۰۸/۱     | ۱۳۱۹/۱     | ۷۵۶/۴ | ۸۱۰/۹   |

تبخیر و تعرق بالقوه یونجه در اراک با استفاده از لایسیمتر به ترتیب ۱۳۴۳/۸، ۱۳۶۴/۵، ۱۳۲۴/۲ و

۱۳۲۶/۴ میلی متر بوده و میانگین آن ۱۳۳۹/۷ میلی متر شده است که این مقدار با روش بلانی- کریدل

۱۴۸۵ میلی متر، تشعشع ۱۵۸۱/۸ میلی متر، هارگریوز- سامانی ۱۱۰۹/۳ و پنمن- ماتیت ۱۵۸۹/۶ میلی متر

بدست آمد. روش های بلانی- کریدل، تشعشع و پنمن- ماتیت میزان تبخیر و تعرق را بیشتر و روش



هارگریوز-سامانی کمتر از مقدار لایسیمتر برآورد کرده است. ضریب همبستگی بین میانگین میزان تبخیر و تعرق ماهانه چهار سال لایسیمتر با روش های بلانی- کریدل، هارگریوز-سامانی، تشع و پنمن-مانتیش به ترتیب ۰/۹۸۹، ۰/۹۵۵، ۰/۹۵۳ و ۰/۹۶۹ تعیین شده که نشان دهنده این است که روش هارگریوز بیشترین همبستگی را با میزان تبخیر و تعرق بدست آمده از لایسیمتر در منطقه اراک دارد (خودشناس و همکاران، ۱۳۹۳).

جدول ۲-۳. مقادیر میانگین چهار ساله تبخیر و تعرق با روش های مختلف و ضریب گیاهی

| ماه      | ET <sub>o</sub> | ET <sub>p</sub> | ET <sub>b</sub> | ET <sub>t</sub> | ET <sub>h</sub> | K <sub>c</sub> |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| فروردین  | ۱۰۷/۰           | ۱۰۷/۹           | ۱۰۷/۶           | ۱۲۴/۱           | ۱۰۶/۳           | ۱/۰۱           |
| اردیبهشت | ۱۷۶/۷           | ۱۵۳/۴           | ۱۷۸/۲           | ۲۱۹/۱           | ۱۳۷/۷           | ۰/۸۸           |
| خرداد    | ۲۴۲/۸           | ۲۲۱/۰           | ۲۵۳/۴           | ۲۶۹/۶           | ۱۷۹/۱           | ۰/۹۱           |
| تیر      | ۲۷۶/۳           | ۲۵۹/۷           | ۲۷۹/۹           | ۲۸۰/۵           | ۲۰۷/۷           | ۰/۹۴           |
| مرداد    | ۲۶۵/۰           | ۲۵۳/۱           | ۲۶۹/۲           | ۲۷۹/۱           | ۱۹۶/۰           | ۰/۹۷           |
| شهریور   | ۲۱۸/۸           | ۲۱۶/۰           | ۲۴۱/۸           | ۲۳۶/۶           | ۱۶۹/۴           | ۰/۹۹           |
| مهر      | ۱۴۶/۹           | ۱۲۸/۷           | ۱۵۵/۰           | ۱۷۲/۸           | ۱۱۳/۲           | ۰/۸۸           |
| مجموع    | ۱۴۳۳/۵          | ۱۳۳۹/۸          | ۱۴۸۵/۱          | ۱۵۸۱/۸          | ۱۱۰۹/۴          | -              |

در یک بررسی، مقادیر کارایی مصرف آب ۱۰ محصول زراعی انتخابی با استفاده از نتایج ۶۷ طرح تحقیقاتی انجام شده طی سالهای ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۶ در ایستگاههای تحقیقاتی ۱۳ استان کشور تعیین گردید. بر اساس نتایج این بررسی، متوسط کارایی مصرف آب گندم، جو، برنج، چغندر قند، ذرت، پنبه، یونجه، سیب زمینی، گوجه فرنگی و کنجد به ترتیب ۱/۶۲، ۲/۳۷، ۰/۴۲، ۰/۵۳، ۱/۱۷، ۰/۶۱، ۰/۸۹، ۲/۷۴، ۶/۷۷ و ۰/۱۱ کیلوگرم بر متر مکعب بود (Montazar and Kosari., ۲۰۰۸). بر اساس مطالعه تعداد ۸۴

منبع تحقیقاتی مربوط به ۲۵ سال اخیر، متوسط شاخص کارایی مصرف آب محصولات گندم، برنج، پنبه (تولید بذری)، پنبه (تولید وش) و ذرت به ترتیب ۱/۰۹، ۱/۰۹، ۰/۶۵، ۰/۲۳ و ۱/۸ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد. دامنه شاخص کارایی مصرف آب برای محصولات فوق وسیع بوده که برای گندم، برنج، پنبه (تولید بذری)، پنبه (تولید وش) و ذرت به ترتیب ۱/۷-۰/۶، ۱/۶-۰/۶، ۰/۹۵-۰/۴۱، ۰/۳۳-۰/۱۴ و ۲/۷-۱/۱ کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی بود (Zwartand Bastiaansen., ۲۰۰۴).

محاسبات تخمینی (مبتنی بر آمار و ارقام و نتایج حاصل از طرح ملی در زمینه تعیین راندمان آبیاری)، کارایی مصرف آب آبیاری محصولات زراعی مختلف در روش‌های آبیاری سطحی با مدیریت زارعین در مناطق اصفهان، گلستان، خراسان، خوزستان (دزفول) و آذربایجان غربی و برای محصولات گندم، یونجه، چغندر قند (غده)، پنبه، سویا، جو، سیب زمینی، گوجه فرنگی، لوبیا، کاهو، کنجد و ذرت دانه‌ای به ترتیب ۰/۸۴-۰/۳۴، ۱/۴۴-۰/۷، ۴/۸۳-۱/۳۳، ۱/۹۱-۱/۲۷، ۲/۰۹-۰/۷۵، ۱، ۱/۷۲، ۳/۳۳، ۰/۹۱، ۴/۷۷، ۰/۲، ۰/۶۵ کیلوگرم بر متر مربع گزارش نموده است (حیدری و حقایقی مقدم، ۱۳۸۰).

مهدوی (۱۳۷۹) با مطالعات مدیریت آب در دشت مغان نشان داد که با مصرف آب کمتر در منطقه، عملکرد محصول بیشتر شده و درآمد زارع افزایش می‌یابد یعنی هم بهای کمتر آب و هم درآمد بالاتر. ذرت علوفه‌ای و سویا در این تحقیق بررسی شدند. کاربرد آب در مزارع شاهد نسبت به مزارع نمونه ذرت علوفه‌ای و سویا به ترتیب ۵۶٪ و ۴۳٪ بیشتر بوده ولی میزان تولید در مزارع ذرت و سویا به ترتیب ۳۷٪ و ۳۵/۵٪ بیشتر از شاهد بوده است یعنی میزان تولید آن‌ها ۲/۵ و ۳/۳ برابر شاهد بوده است. تعداد آبیاری‌ها در مزارع نمونه بیشتر است ولی مزارع شاهد آب بیشتری مصرف نموده‌اند. مبلغ حاصل از

صرفه جویی آب به ترتیب ۳۴۷۰۰ و ۴۳۰۰۰ ریال در هکتار در مزارع سویا و ذرت بوده و میزان درآمد حاصل از مدیریت در مزرعه سویا ۴۸۹۸۷۰۰ ریال و در مزرعه ذرت ۲۳۱۵۳۰۰ ریال بوده است.

منتجی و وزیری (۱۳۸۳) به بررسی اثر برنامه ریزی آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب گندم در گلپایگان پرداختند. آن‌ها در این تحقیق اثر چهار برنامه آبیاری بر عملکرد دانه، کاه، وزن هزار دانه، درصد پروتئین دانه و کارایی مصرف آب گندم رقم مهدوی را به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که اثر سال بر وزن دانه، کاه، کارایی مصرف آب در تولید کاه و درصد پروتئین در سطح یک درصد معنی دار بود. بیشترین مقدار دانه و کاه در سال اول به ترتیب برابر ۷۵۲۵ و ۱۳۸۰۰ کیلوگرم بر هکتار و همچنین بیشترین کارایی مصرف آب آبیاری بر اساس تولید دانه و کاه در سال اول به ترتیب برابر ۱/۱۹ و ۲/۱۷ به دست آمد. پروتئین دانه در سال دوم نسبت به سال اول به طور معنی داری بیشتر بود. فرداد و ضیغمی گل (۱۳۸۴) به بهینه سازی مصرف آب برای آبیاری پنبه در منطقه گرگان پرداختند. هدف این تحقیق حداکثر بهره‌وری از واحد حجم آب در کشت گیاه پنبه مد نظر بود. آن‌ها ابتدا نیاز آبی این گیاه را با روش پنمن مانیتث محاسبه کردند. سپس ۶ تیمار را به عنوان انجام آزمایش‌ها در نظر گرفتند و به روش نشتی آبیاری شدند. نتایج این تحقیق نشان داد که اگرچه عملکرد پنبه (۳۰۳۰ کیلوگرم در هکتار) با آبیاری کامل و صرف ۳۷۸۰ لیتر آب بدست آمد ولی حداکثر سود در واحد سطح با کاهش ۸ درصد از حجم آب آبیاری به دست خواهد آمد. همچنین در اقلیم‌های خشک با کاهش ۱۶/۷ درصد از حجم آب مصرفی، سود حاصله در واحد سطح حداکثر خواهد شد.

چیدری و همکاران (۱۳۸۴) به تعیین ارزش اقتصادی آب با رهیافت برنامه ریزی آرمانی در سد بارزوی شیروان پرداختند. در این تحقیق به ارائه یک الگوی برنامه ریزی آرمانی بهینه سازی روند تولیدات کشاورزی و تعیین ارزش آب در سه منطقه زیر سد بارزوی شیروان واقع در خراسان شمالی اقدام شده

است. در این تحقیق ابتدا پنج هدف اساسی مشخص و پس از تعیین الگوی کشت بهینه، از طریق تحلیل حساسیت قیمت سایه‌ای آب به عنوان ارزش اقتصادی آب محاسبه شده است. بر اساس نتایج حاصله بالاترین و پائین‌ترین ارزش اقتصادی آب در ماه‌های مهر و فروردین به ترتیب معادل ۲۲۷۷ و ۵۶ ریال برآورد شده است. دهقانی و نخجوانی (۱۳۸۵) کاربرد شاخص کارایی مصرف آب و تابع عملکرد در تعیین الگوی کشت با هدف افزایش کارایی آب را در دو محصول گندم و ذرت بررسی نموده و نتیجه گرفتند الویت کشت گندم باید به گونه‌ای باشد که با مصرف آب ۳۰۰ میلیمتر کارایی حدود ۱/۵ کیلوگرم در مترمکعب حاصل شود و کشت ذرت در مناطقی پیشنهاد می‌شود که با مصرف ۶۰۰ میلیمتر کارایی آب محصول ذرت ۱/۳ کیلوگرم در مترمکعب حاصل شود.

کرامت‌زاده و همکاران (۱۳۸۵) به تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با استفاده از الگوی کشت بهینه تلفیق زراعت و باغداری در مناطق حاشیه رودخانه قلج، زیارت و سه یک آب پرداختند. در این تحقیق برای تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی از تکنیک برنامه‌ریزی خطی استفاده شد و جهت تعیین ضرایب تکنیکی از روش نمونه‌گیری طبقه به وسیله پرسش‌نامه استفاده شد. سپس بعد از تعیین الگوی کشت بهینه، قیمت سایه‌ای نهاده آب که برابر ارزش تولید نهایی آن می‌باشد به عنوان ارزش اقتصادی آب در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج به دست آمده، در شرایط الگوی کشت بهینه در اراضی زیر سد بارز و شیروان ارزش اقتصادی آب سد در ماه‌های فروردین، تیر، شهریور و آبان به ترتیب ۴۷۰، ۴۷۴ و ۵۹۵ ریال برآورد گردید.

حسین زاده و همکاران (۱۳۸۶) در مطالعه خود به برآورد ارزش اقتصادی آب در تولید برخی از محصولات عمده زراعی دشت مراغه- بناب اقدام کردند نتایج نشان می‌دهد ارزش اقتصادی نهاده آب در تولید گندم و پیاز در سال مورد مطالعه به ترتیب ۲۴۸ و ۲۹۱ ریال به ازای هر مترمکعب است. سلامی و

محمدی‌نژاد (۱۳۸۱) ارزش اقتصادی آب کشاورزی را با استفاده از توابع تولید انعطاف‌پذیر برای زمین‌های دشت مرکزی ساوه برآورد کردند. بر اساس نتایج به دست آمده متوسط ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب کشاورزی در سر مزرعه و برای مصرف در تولید گندم پاییزه ۲۱۵ ریال، در پنبه ۳۸۶ ریال، در جالیز ۳۴۲ ریال و در تولید محصول باغی انار ۲۶۵ ریال است. یوسفی و مهدوی (۱۳۹۰) در تحقیقی نشان دادند که بهره‌وری مصرف آب در بوم‌نظام‌های تولید یونجه، ذرت و گندم در سطح استان کرمانشاه به ترتیب ۲/۰۶، ۱/۰۵ و ۰/۹ کیلوگرم بر مترمکعب بود، همچنین شاخص‌های بهره‌وری آب-انرژی در بوم‌نظام‌های فوق به ترتیب ۰/۰۸، ۰/۰۶ و ۰/۱۳ گرم بر مترمکعب بر کیلووات ساعت محاسبه گردید.

احسانی و همکاران (۱۳۸۹)، به تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی در تولید ذرت دانه‌ای با استفاده از رهیافت تابع تولید در بخش مرکزی شهرستان البرز استان قزوین در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ پرداخته است. نتیجه‌ها نشان می‌دهد که ارزش اقتصادی نهاده آب در تولید ذرت دانه‌ای ۸۴۷ ریال بر هر متر مکعب آب است که اختلاف بسیار زیادی با مبلغ پرداختی کشاورزان دارد که ۴۸ ریال است. شرزهای و امیرتیموری (۱۳۹۱)، با استفاده از روش تخمین تابع تولید محصول پسته، به تعیین ارزش اقتصادی آب‌های زیرزمینی در منطقه مطالعه شده، به طور متوسط ۱۹۸۷۰ ریال است و کشاورزان تنها ۱۰ درصد ارزش اقتصادی آب را پرداخت کرده‌اند.

## ۲-۲ علل پایین بودن راندمان آبیاری در ایران

بررسی علل پایین بودن مقدار راندمان آبیاری، نخستین گام جهت افزایش مقدار راندمان آبیاری است. بررسی و تحلیل نتایج تحقیقات مربوط به راندمان آبیاری نشان می‌دهد که ضعف طراحی و ضعف مدیریت آبیاری، نداشتن برنامه و الگوی آبیاری مشخص از علل عمده پایین بودن راندمان آبیاری است.

(ناصری، ۱۳۷۶). زیاد بودن تلفات انتقال آب، یکی از مهمترین عوامل کاهش راندمان کل آبیاری در

شبکه‌های آبیاری می‌باشد. برخی از عوامل موثر در این زمینه به شرح زیر است:

- جنس بستر و بدنه، مقطع نامناسب و وجود عوامل کند کننده سرعت نظیر خار و خاشاک و رویش علف‌های هرز در کانال.

- طولانی بودن مسیر کانال‌های اصلی و وجود پیچ و خم‌های زیاد در آن.

- تمایل زارعین هر روستا به داشتن نه‌های مستقل و وجود نه‌های متعدد در موارد غیر ضروری.

- پراکندگی اراضی تحت پوشش نه‌های اصلی و قطع و وصل آب در بخش‌هایی از آن به خاطر گردش

آب بین مزارع (میرابوالقاسمی، ۱۳۷۴). تلفات آب در مزرعه‌عمدتا ناشی از نفوذ عمقی است که اکثر

زارعین از آن اطلاعی ندارند. آن‌ها فقط رواناب سطحی را جزو تلفات محسوب می‌کنند. از جمله عواملی

که می‌تواند در کاهش تلفات و افزایش راندمان آبیاری در استفاده از روش آبیاری سطحی نقش بسزایی

داشته باشد، طرح و تعیین طول بهینه شیار یا نوار، دبی ورودی مناسب و زمان قطع جریان است. در سیستم-

های بارانی نیز مهم‌ترین عوامل کاهش راندمان آبیاری، بادخیز بودن منطقه و بالا بودن درجه حرارت در

موقع آبیاری و نیز طراحی نامناسب سیستم آبیاری است (ناصری، ۱۳۷۶).

## ۲-۳ راه کارهای افزایش راندمان آبیاری

برای افزایش بازدهی آبیاری اقداماتی به شرح زیر ضروری است:

۱. قطعه‌بندی و تسطیح اراضی و بهبود شیب اراضی با ماشین‌آلات و وسایل تسطیح

۲. پوشش کانال‌های آبرسانی و انهار در مناطقی که افت در مسیر آبرسانی مشهود است.

۳. توسعه و اصلاح شبکه‌های مدرن انتقال و توزیع آب

۴. اعمال برنامه‌های آبیاری علمی

۵. کم نمودن نفوذپذیری خاک بستر با افزایش رس و تحکیم آن در صورتی که نوع خاک سبک و دانه درشت باشد و در صورتی که امکان پوشش بتونی به دلیل هزینه زیاد مقدور نباشد.

۶. احداث بندها و دریچه‌های تقسیم و بندهای گابیونی با نصب دریچه و مقسم و اشل اندازه گیری

۷. ایجاد انگیزه برای بالا بردن بازدهی آبیاری در کشاورزان

۸. اصلاح و تغییر روش‌های آبیاری سنتی و به کارگیری روش‌های جدید آبیاری

۹. استفاده از ارقام مقاوم به خشکی، کم مصرف و پر بازده

۱۰. توسعه کشت گلخانه‌ای (با استفاده از تکنولوژی‌های گلخانه‌ای پیشرفته از قبیل کشت هیدروپونیک قادر خواهیم بود کارایی مصرف آب را به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش دهیم).

۱۱. بها دادن به آب آبیاری به عنوان نهاده مهم تولید (فرشی، ۱۳۸۰)

۱۲. تهیه و تدوین برنامه گردش آب و اعمال مدیریت بهینه توزیع در بهره‌برداری از تاسیسات مربوطه. چون بر خلاف روش آبیاری تحت فشار، سیستم‌های آبیاری سطحی مستلزم یک کار مدیریتی و نظارت دقیق در توزیع صحیح است تا یک کار سرمایه‌گذاری (سایت شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران و گلستان، ۱۳۸۷).

۱۳. تدوین برنامه و اجرای طرح جامع آموزش و ترویج کشاورزی.

۱۳-۱- رعایت الگوی کشت توسط کشاورزان و تضمین خرید و فروش این محصولات توسط سازمان

ذریط

۱۳-۲- مقدار آب مورد نیاز برای هر هکتار و کیفیت آن در منطقه جهت هر نوع گیاه

۱۳-۳- نیاز آبی گیاه در طی مراحل رشد و مشخص نمودن فواصل آبیاری برای هر گیاه با توجه به آب و

هوای هر منطقه

۱۳-۴- مشخص نمودن انواع گیاهان قابل کشت (الگوی کشت) در هر منطقه با توجه به شرایط اقلیمی و

آب و خاک

۱۳-۵- مشخص نمودن نوع و بافت خاک هر منطقه و میزان نفوذپذیری آن (سایت شرکت آب منطقه‌ای

مازندران و گلستان، ۱۳۸۷).



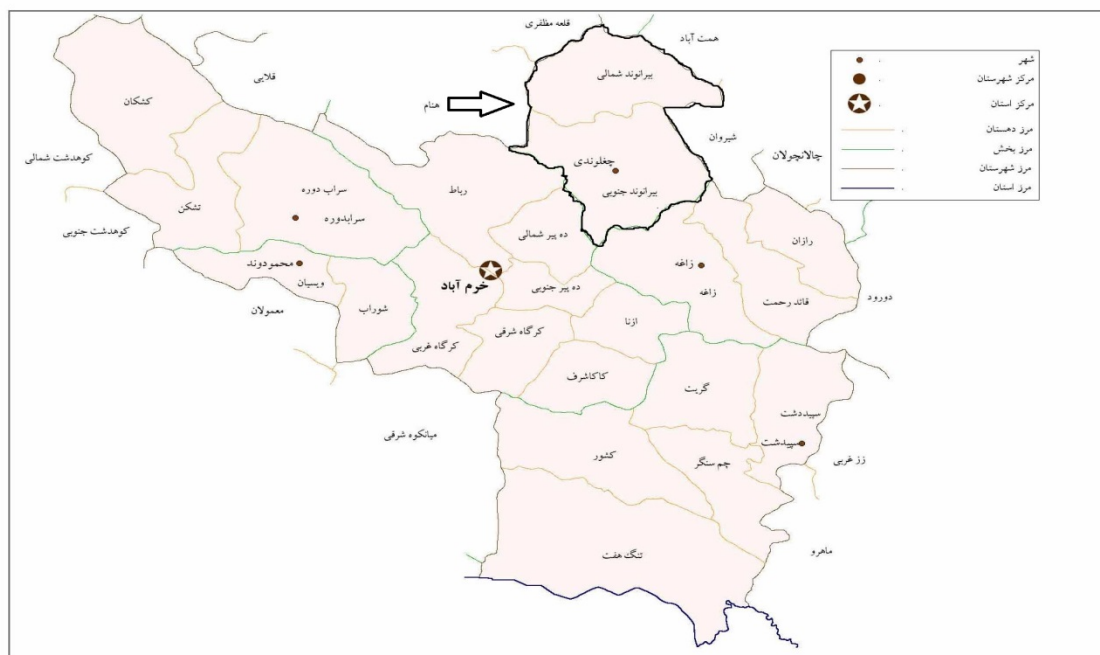
# فصل سوّم

## مواد و روش ها

منطقه چغلوندی با مساحت ۱۱۸۱/۳ کیلومتر مربع، بین عرض های ۲۳°۰۷ تا ۳۳°۳۲ شمالی و طول-

های ۴۸°۱۱'۵۲ تا ۴۸°۲۲'۵۹ شرقی و در قسمت شمالی شهرستان خرم آباد در استان لرستان واقع شده است

(ملکی نژاد و سلیمانی، ۱۳۹۰).



شکل (۳-۱). موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

این تحقیق به منظور تعیین بهره‌وری آب محصولات بهاره (لوبیا قرمز، خیار و یونجه) در طی سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در سطح دشت چغلوندی انجام گرفت، به همین منظور تعداد ۱۵ مزرعه برای محصولات فوق (برای هر محصول ۵ مزرعه) انتخاب شد. جدول (۳-۱) اطلاعات مناطق و محصولات انتخابی، روش آبیاری، منبع آب آبیاری و تعداد مزارع انتخابی برای تعیین بهره‌وری آب را نشان می‌دهد، در انتخاب مزارع سعی شد مزارع انتخابی معرف مزارع منطقه بوده و مدیریت آبیاری و عملیات زراعی اعمال شده توسط کشاورزان نیز معرف عملیات زراعی معمول کشاورزان منطقه باشد.

جدول ۳-۱. خلاصه اطلاعات و آمار مناطق، محصول، روش آبیاری، منبع و تعداد مزارع انتخابی

| منطقه          | محصول زراعی انتخابی | روش آبیاری  | منبع آب | تعداد مزارع انتخابی |
|----------------|---------------------|-------------|---------|---------------------|
| روستای تپه گچی | لوبیا قرمز          | سطحی (کرتی) | چاه     | ۵                   |

|   |     |             |             |  |
|---|-----|-------------|-------------|--|
| ۵ | چاه | سطحی (کرتی) | خیار        | (بیرانوند شمالی)<br>روستای بن زرده و<br>کاسیان رستم خانی<br>(بیرانوند جنوبی) |
| ۵ | چاه | سطحی        | یونجه بهاره | روستای سراب<br>داراب<br>(بیرانوند جنوبی)                                     |

در این تحقیق، اندازه‌گیری دبی آب ورودی به مزارع انتخابی و مدت زمان آبیاری به تفکیک نوبت‌های آبیاری، اندازه‌گیری مساحت مزرعه (مساحی مزرعه با GPS) و توزین عملکرد در زمان برداشت محصولاًتبه دقت انجام شد. همچنین برای محاسبه سایر پارامترها، از طریق پرسش‌نامه اطلاعات مورد نیاز از کشاورزان دریافت شد.

### ۳-۱ تعیین نیاز آبی گیاهان

به منظور بهینه کردن مصرف آب، باید از میزان نیاز حقیقی گیاهان مطلع بود تا علاوه بر تامین آب مورد نیاز گیاه و اجتناب از بروز تنش خشکی و کاهش عملکرد، از مصرف بیش از اندازه آب نیز جلوگیری شود. بنا به تعریف نیاز آبی گیاه میزان آبی است که برای غلبه بر کاهش آب از طریق تبخیر و تعرق کافی باشد. نیاز آبی محصولات با استفاده از نرم افزار Cropwat برآورد خواهد شد. برای تعیین نیاز آبی گیاه بر اساس روش توصیه شده فائو مراحل زیر تعیین شده است (زهتاییان و فرشی، ۱۳۷۸).

مرحله اول: جمع‌آوری و پردازش داده‌های هواشناسی

مرحله دوم: تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه  $ET_0$ : در این مرحله با استفاده از روش پنمن مانیت (FPM) نیاز آبی گیاه برآورد خواهد شد.

مرحله سوم: پردازش آماری بارندگی و  $ET_0$

مرحله چهارم: تعیین نیاز آبی

روش پنمن - مانتیث (Allen et al., ۱۹۹۸):

$$ET_0 = c W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(U) \cdot (e_a - e_d) \quad \text{رابطه (۱-۳)}$$

$ET_0$ : تبخیر و تعرق گیاه مرجع

$C$ : ضریب تصحیح

$W$ : فاکتور وزنی دما بر اساس ارتفاع

$R_n$ : مجموع تشعشع خالص

$U$ : سرعت باد بر حسب کیلومتر در روز

$e_a$ : فشار بخار اشباع در دمای  $T$

$e_d$ : فشار بخار حقیقی

برای تعیین تبخیر و تعرق محصولات، ابتدا تبخیر و تعرق گیاه مرجع برآورد و سپس با اعمال ضریب

گیاهی مناسب ( $K_C$ )، تبخیر و تعرق واقعی گیاه ( $ET_C$ ) تعیین خواهد شد.

$$ET_C = ET_0 \times K_C \quad \text{رابطه (۲-۳)}$$

### ۲-۳ نرم افزار Cropwat

این نرم افزار دارای چندین منوی ورودی می باشد که می بایست به عنوان پارامترهای ورودی به نرم افزار

معرفی شود (لشنی زند و همکاران، ۱۳۹۰).

۱-۲-۳ داده های ورودی

۱-۱-۲-۳ پارامترهای هواشناسی

همان طور که در شکل ۲-۳ نشان داده شده است، باید پارامترهای هواشناسی به شرح زیر وارد شود:

| Month     | Min Temp<br>°C | Max Temp<br>°C | Humidity<br>% | Wind<br>km/day | Sunshine<br>hours | Radiation<br>MJ/m <sup>2</sup> /day | ETo<br>mm/day |
|-----------|----------------|----------------|---------------|----------------|-------------------|-------------------------------------|---------------|
| January   |                |                |               |                |                   |                                     |               |
| February  |                |                |               |                |                   |                                     |               |
| March     |                |                |               |                |                   |                                     |               |
| April     |                |                |               |                |                   |                                     |               |
| May       |                |                |               |                |                   |                                     |               |
| June      |                |                |               |                |                   |                                     |               |
| July      |                |                |               |                |                   |                                     |               |
| August    |                |                |               |                |                   |                                     |               |
| September |                |                |               |                |                   |                                     |               |
| October   |                |                |               |                |                   |                                     |               |
| November  |                |                |               |                |                   |                                     |               |
| December  |                |                |               |                |                   |                                     |               |
| Average   |                |                |               |                |                   |                                     |               |

شکل ۲-۳. نحوه ورود پارامترهای هواشناسی

نام کشور، ایستگاه، ارتفاع، عرض جغرافیایی، طول جغرافیایی، حداکثر دما بر حسب درجه

سانتی گراد، درصد رطوبت، وزش باد بر حسب km/day در ارتفاع دو متری و مقدار ساعات آفتابی بر

حسب hr از اداره هواشناسی تهیه و به محیط نرم افزار وارد گردیدند. بعد از ورود این اطلاعات، بر اساس

اطلاعات وارد شده برای ماه های مختلف، محاسبات توسط نرم افزار در ستون های تابش Radiation و

ETo انجام خواهد شد.

### ۳-۲-۱ میزان بارندگی ماهانه

همان طور که در شکل ۳-۳ نشان داده شده است، باید میزان بارندگی ماهانه وارد شود:

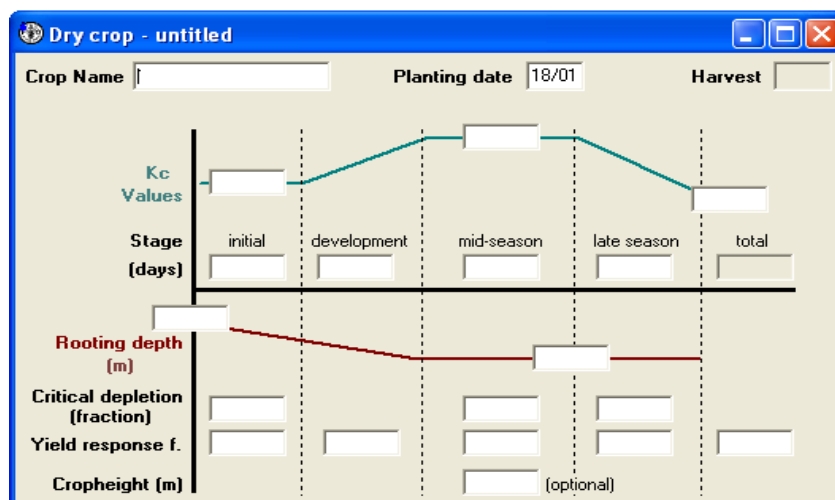
| Station   | Eff. rain method  |           |
|-----------|-------------------|-----------|
|           | USDA S. C. Method |           |
|           | Rain              | Eff. rain |
|           | mm                | mm        |
| January   |                   |           |
| February  |                   |           |
| March     |                   |           |
| April     |                   |           |
| May       |                   |           |
| June      |                   |           |
| July      |                   |           |
| August    |                   |           |
| September |                   |           |
| October   |                   |           |
| November  |                   |           |
| December  |                   |           |
| Total     |                   |           |

شکل ۳-۳. ورود آمار میزان بارندگی

در این نرم افزار می توان در قسمت options برنامه روش اندازه گیری بارش مؤثر را انتخاب کرد که بعد از وارد کردن اطلاعات ماهانه بارندگی، نرم افزار بارش مؤثر را بر اساس روش انتخاب شده محاسبه میکند. اطلاعات ماهانه بارندگی از اداره هواشناسی تهیه و به محیط نرم افزار وارد گردیدند.

### ۳-۲-۳ پارامتر مربوط به محصول

مطابق شکل ۴-۳ اطلاعات این بخش بایستی وارد نرم افزار گردد.



شکل ۴-۳. ورود پارامتر مربوط به محصول

نام محصول، تاریخ کشت، مقدار  $K_C$ ، مراحل رشد گیاه بر حسب روز برای دوره‌های اولیه کاشت، مرحله توسعه و رشد گیاه، اواسط فصل رشد، اواخر فصل رشد، عمق ریشه بر حسب متر، تخلیه مجاز و فاکتور کاهش محصول ( $K_y$ ) بایستی به نرم افزار وارد گردد.

تخلیه مجاز: تخلیه مجاز میزان کسر رطوبت خاکی است که کمتر از آن میزان، تبخیر و تعرق کاهش یافته و در نتیجه میزان تولید محصول کاهش می‌یابد. تخلیه مجاز نه تنها به ضریب مدیریتی بلکه به میزان تبخیر و تعرق نیز بستگی دارد. در عمل میزان تخلیه انجام شده از رابطه (۳-۳) محاسبه می‌شود:

رابطه شماره ۸

$$p =$$

$$p = \frac{(\theta_{fc} - \theta_{irr}) / \zeta}{\theta_{fc} - \theta_{wp}}$$

که در آن:

$\theta_{fc}$  = مقدار رطوبت ظرفیت زراعی

$\theta_{irr}$  = مقدار رطوبت آب آبیاری

$\theta_{wp}$  = مقدار رطوبت نقطه پژمردگی است.

فاکتور کاهش محصول ( $K_y$ ): در زمان‌های خشکسالی و کم‌آبی، میزان محصول کاهش می‌یابد. هر چند که کاهش محصول به مرحله رشد گیاه بستگی دارد ولی به طور متوسط می‌توان مقدار آن را ۱/۲۵ در نظر گرفت.

۳-۲-۱-۴ پارامتر خاک

با توجه شکل ۳-۵ باید پارامترها به شرح زیر وارد شود:

شکل ۳-۵. ورود پارامتر مربوط به خاک

در این بخش بایستی مقدار کل رطوبت خاک در دسترس (mm/m)، حداکثر سرعت نفوذ باران (mm/day)، حداکثر عمق ریشه (cm)، مقدار تخلیه رطوبت خاک اولیه (% TAM) و مقدار رطوبت خاک اولیه در دسترس (mm/m) وارد گردد.

۳-۲-۱-۴ مقدار کل رطوبت خاک در دسترس

در محدوده بین خاک اشباع تا خاک خشک بی نهایت حالات مختلف وجود دارد که گیاه با آن مواجه است. اما در این بازه رطوبتی، نقاطی هستند که از نظر کاربردی در آبیاری و روابط آب و خاک اهمیت زیاد دارند که از آنها به عنوان نقاط پتانسیلی مهم خاک ذکر می شود.

نقاط پتانسیلی مهم خاک عبارتند از حد ظرفیت زراعی (FC) و حد پژمردگی (PWP) از این دو نقطه در محاسبه مقدار آب قابل دسترس، مقدار آب سهل الوصول و به طور کلی مقدار آب آبیاری مورد نیاز استفاده می کنند که با استفاده از رابطه (۳-۴) محاسبه می شود.

پژمرد - ظرفیت زراعی = رطوبت قابل دسترس خاک رابطه (۳-۴) حد پژمردگی -

ظرفیت زراعی = رطوبت قابل دسترس خاک

۳-۲-۱-۴ حد ظرفیت زراعی (FC)





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

$$WP_T = Y \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} / T \text{ (m}^3\text{ ha}^{-1}\text{)} \quad \text{رابطه (۳-۵)}$$

که پارامترهای  $WP_T$ ،  $Y$  و  $T$  به ترتیب بهره‌وری تعرق، وزن خشک اندام هوایی گیاه (یا مقدار محصول قابل عرضه به بازار) و مقدار تعرق در طول فصل زراعی می‌باشد (Kijne et al., ۲۰۰۳). با توجه به مشکل بودن جداسازی تعرق از تبخیر، به جای  $WP_T$  از  $WP_{ET}$  استفاده می‌گردد که در این صورت بهره‌وری مصرف آب به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$WP_{ET} = Y \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} / ET \text{ (m}^3\text{ ha}^{-1}\text{)} \quad \text{رابطه (۳-۶)}$$

که  $WP_{ET}$  و  $ET$  به ترتیب بهره‌وری تبخیر و تعرق و مقدار تبخیر و تعرق طی فصل زراعی می‌باشد (Kijne et al., ۲۰۰۳). اگر مقدار آبیاری و بارش به عنوان آب مورد استفاده گیاه در نظر گرفته شود، بهره‌وری مصرف آب با  $WP_{I+P}$  نشان داده شده و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$WP_{I+P} = Y \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} / [I+P] \text{ (m}^3\text{ ha}^{-1}\text{)} \quad \text{رابطه (۳-۷)}$$

که  $I$  و  $P$  مقدار آبیاری و بارندگی در طول فصل زراعی می‌باشند. بارندگی موثر از رابطه (۳-۸):  $125 / (\text{بارندگی ماهانه} \times 0.2 - 125)$  بارندگی ماهانه برای هر ماه محاسبه و مجموع آن طی سیکل رشد گیاه، به دست می‌آید. رابطه مذکور توسط سرویس حفاظت خاک آمریکا (SCS) ارائه شده و در شرایط ایران نیز صادق می‌باشد.

در شرایطی که میزان بارش اندک است  $WP_{I+P}$  به  $WP_I$  تبدیل می‌شود با توجه به اهمیت اقتصادی تولیدات کشاورزی، صورت کسر معادلات (۵) تا (۷) به صورت ارزش عملکرد محصول تعریف می‌شود

که در این صورت می‌توان بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری ( $WP_E$ ) را به صورت رابطه (۹-۳) تعریف کرد (Kijne et al., ۲۰۰۳).

$$WP_E = Y (\$ \text{ kg}^{-1} \times \text{kg ha}^{-1}) / [I+P] (\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}) \quad \text{رابطه (۹-۳)}$$

که در آن \$ ارزش ریالی فروش محصول می‌باشد. اگر در صورت کسر هزینه‌های کل تولید در نظر گرفته شود، سود خالص به ازای واحد آب مصرفی بدست می‌آید.

### ۳-۴ اندازه‌گیری دبی جریان

بشر همواره برای برنامه‌ریزی در امور منابع آب نیاز به اندازه‌گیری دبی جریان داشته و خواهد داشت. روش‌های مختلفی برای این منظور به کار می‌رود. در بعضی از روش‌ها به‌طور مستقیم دبی جریان محاسبه شده و در بعضی دیگر با استفاده از حاصلضرب سرعت در سطح مقطع، سعی بر تخمین دبی جریان می‌شود. در این تحقیق از روش جسم شناور و در برخی مواقع از روش گونیا برای اندازه‌گیری دبی آب استفاده شد.

### ۳-۴-۱ اندازه‌گیری سرعت جریان به کمک اجسام شناور

برای تعیین سرعت سطحی آب دو مقطع به فاصله ( $30\text{m} < x < 150\text{m}$ ) اختیار کرده و مدت زمان پیمایش این فاصله توسط شناور ( $t$ ) به کمک کروномتر اندازه می‌شود. سرعت سطحی آب از رابطه (۳-۱۰) بدست می‌آید.

رابطه شماره ۴

$$V = v = x/t$$

رابطه (۱۰-۳)

همچنین سرعت متوسط عمق در هر مقطع از رابطه (۱۱-۳) به دست می آید.

رابطه شماره ۵

$$V =$$

$$kV = k.v$$

رابطه (۱۱-۳)

در این معادله  $K$  ضریبی است که به روش تجربی بدست می آید و تابعی از عمق آب و وضع بستر رودخانه می باشد مقدار  $K$  معمولاً بین  $0/8$  و  $0/9$  تغییر می نماید. بعد از محاسبه سرعت جریان با اندازه گیری سطح مقطع با استفاده از رابطه (۱۲-۳) دبی جریان به دست می آید.

رابطه شماره ۶

$$Q =$$

$$A.V \quad VQ = A.V \quad \text{رابطه (۱۲-۳)}$$

که در آن  $A$  برابر سطح مقطع بر حسب متر،  $V$  سرعت جریان بر حسب متر مربع و  $Q$  دبی جریان بر حسب متر مکعب (علیزاه، ۱۳۸۵).

### ۳-۵ محاسبه انرژی مصرفی

برای محاسبه مقدار انرژی مصرفی در انجام عملیات مختلف یا محتوای انرژی موجود در نهاده‌ها، از هم‌ارزها و فرمول‌های استخراج شده از منابع مختلف استفاده شد. در جدول ۳-۳ هم‌ارز انرژی نهاده‌های تولید محصولات بهاره آورده شده است.

جدول ۳-۳. هم‌ارز نهاده‌های انرژی در تولید محصولات بهاره

| منابع | هم‌ارز (واحد/MJ) | واحد | محصول |
|-------|------------------|------|-------|
|-------|------------------|------|-------|

|                                     |       |              |                   |
|-------------------------------------|-------|--------------|-------------------|
| (Kitani, ۱۹۹۹)                      | ۱۴/۷  | کیلوگرم      | بذر لوبیا         |
| (Mohammadi & Omid, ۲۰۱۰)            | ۱     | کیلوگرم      | بذر خیار          |
| (Tsatsarelis and Koundouras., ۱۹۹۴) | ۲۸/۱  | کیلوگرم      | بذر یونجه         |
| (Singh., ۲۰۰۲)                      | ۵۶/۳۱ | لیتر         | سوخت              |
| (Mohammadi & Omid, ۲۰۱۰)            | ۱۱/۹۳ | کیلووات ساعت | الکتریسته         |
| (مشهوری آذر و همکاران، ۱۳۸۷)        | ۶۰/۶  | کیلوگرم      | کود اوره          |
| (مشهوری آذر و همکاران، ۱۳۸۷)        | ۱۱/۹۳ | کیلوگرم      | کود فسفات         |
| (Esengun et al., ۲۰۰۷)              | ۰/۳   | کیلوگرم      | کود دامی          |
| (Demircan et al., ۲۰۰۶)             | ۱۲۰   | کیلوگرم      | آفت کش            |
| (Mohammadi & Omid, ۲۰۱۰)            | ۱/۹۶  | ساعت         | نیروی انسانی      |
| (Demircan et al., ۲۰۰۶)             | ۰/۶۳  | متر مکعب     | آب                |
| (Samavatean et al., ۲۰۱۰)           | ۶۲/۷  | ساعت         | ماشین‌های کشاورزی |
| (Kitani, ۱۹۹۹)                      | ۱۴/۷  | کیلوگرم      | لوبیا             |
| (Mohammadi & Omid, ۲۰۱۰)            | ۰/۸   | کیلوگرم      | خیار              |
| (Tsatsarelis and Koundouras., ۱۹۹۴) | ۱۵/۸  | کیلوگرم      | یونجه             |

### ۳-۵-۱ انرژی سوخت مصرفی

انرژی سوخت مصرفی از طریق حاصلضرب مقدار مصرف سوخت در هم ارز انرژی آن محاسبه می‌شود.

### ۳-۵-۲ انرژی ماشین‌ها، ابزار و ادوات

تولید و تعمیر ماشین‌ها از جمله مباحث مهم در تراز انرژی است و معمولاً چند مرحله در محاسبه این

انرژی در نظر گرفته می‌شود:

۱. انرژی مصرفی در تولید مواد اولیه (خام)

۲. انرژی مصرفی در ساخت و فرآیند تولید

۳. حمل و نقل ماشین برای مصرف

### ۳-۵-۳ انرژی آبیاری و زهکشی

انرژی مصرفی در آب مورد نیاز گیاهان هم به صورت مستقیم و هم به صورت غیر مستقیم محاسبه می گردد. در نوع مستقیم انرژی لازم برای بالا آوردن و تحت فشار قرار دادن آب مورد نیاز در هکتار می باشد.

انرژی مستقیم از رابطه (۳-۱۳) محاسبه می شود (Kitani., ۱۹۹۸):

$$DE = \frac{\gamma g H Q}{\epsilon q}$$

که در آن:

DE: انرژی مستقیم (ژول بر هکتار)

$\gamma$ : چگالی آب ( $1000 \text{ kg/m}^3$ )

g: شتاب گرانش ( $\text{m/s}^2$ )

Q: میزان کل آب مورد نیاز جهت محصول در یک فصل زراعی ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )

H: هد دینامیکی چاه

$\epsilon q$ : بازدهی کل تبدیل انرژی و توان (برای پمپ های برقی معمولاً برابر  $0.18-0.2$  در نظر گرفته می شود

(Ercolia et al., ۱۹۹۹).

انرژی آب مصرفی از حاصلضرب مقدار مصرف آبدر هم ارزش انرژی آن محاسبه می شود.

### ۳-۵-۴ انرژی بذر

انرژی بذر از حاصلضرب میزان بذر مصرفی در یک هکتار در هم ارزش انرژی آن محاسبه می گردد.

### ۳-۵-۵ انرژی کودهای شیمیایی

به منظور تعیین انرژی مصرفی کود بایستی درصد عنصر خالص را در انرژی ساخت هر واحد ضرب نمود که این انرژی شامل تولید، بسته بندی و حمل و نقل می باشد. با توجه به انرژی موجود در نهاده کود و میزان کود مصرفی در هکتار با ضرب آن در هم ارز انرژی کود، انرژی محتوای کود محاسبه می گردد. کود های شیمیایی مورد استفاده برای تامین مواد معدنی مورد نیاز گیاه، کود فسفات با  $P_2O_5$  ۴۶ درصد و  $N_2$  ۳۰ درصد خالص که در مرحله قبل از کاشت به زمین داده می شود و همچنین کود اوره با ۴۶ درصد ازت خالص که همراه با آب آبیاری به عنوان کود سرک به گیاه داده می شود (میسمی و همکاران، ۱۳۸۷). با توجه به مشخص بودن مقدار کود دهی در هر هکتار در یک فصل زراعی و همچنین معادل انرژی هر کیلوگرم کود می توان انرژی ورودی کود استفاده شده را حساب کرد.

### ۳-۵-۶ انرژی سم

برای تعیین میزان انرژی مصرفی سم در هکتار نیز بعد از تعیین میزان مصرف سم های مختلف در هر هکتار با توجه به هم ارزهای موجود در منابع، انرژی معادل آن را در مقدار سم در هکتار ضرب و انرژی مصرفی در هکتار حساب می گردد.

### ۳-۵-۷ انرژی نیروی انسانی (کارگری)

جهت محاسبه انرژی مصرفی نیروی انسانی، متوسط ساعات استفاده از نیروی کار در هم ارز انرژی ضرب شده و انرژی آن محاسبه می گردد.

### ۳-۶ شاخص های آب و انرژی

به منظور تحلیل انرژی از شاخص های نسبت انرژی، بهره وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی استفاده می شود.

به منظور محاسبه نسبت انرژی در تولید از رابطه (۱۴-۳) که نشان دهنده کارایی مصرف انرژی می باشد

استفاده خواهد شد (Mohammadi et al., ۲۰۰۹)

$$\text{رابطه (۱۴-۳)} \quad \text{نسبت انرژی} = \frac{\text{انرژی خروجی}}{\text{انرژی ورودی}}$$

برای محاسبه بهره‌وری انرژی بر حسب کیلوگرم بر مگاژول از رابطه (۱۵-۳) که بیانگر کیلوگرم محصول تولیدی به ازای واحد انرژی ورودی است استفاده خواهد شد.

$$\text{رابطه (۱۵-۳)} \quad \text{بهره‌وری انرژی} = \frac{\text{محصول تولیدی}}{\text{انرژی ورودی کل}}$$

برای محاسبه خالص انرژی بر حسب مگاژول از رابطه (۱۶-۳) که بیانگر خالص انرژی است استفاده خواهد شد و کل انرژی باقیمانده حاصل از فرایند تولید را نشان می دهد (singh., ۲۰۰۲).

$$\text{رابطه (۱۶-۳)} \quad \text{انرژی ورودی} - \text{انرژی خروجی} = \text{خالص انرژی}$$

- شاخص نسبت انرژی آب نشان دهنده مقدار انرژی ورودی به ازای آب آبیاری و نیروی لازم برای پمپاژ آن نسبت به کل انرژی ورودی برای تولید است که بر حسب درصد بیان می شود.

$$\text{رابطه (۱۷-۳)} \quad \text{نسبت انرژی آب} = \frac{\text{انرژی ورودی به ازای آب آبیاری}}{\text{کل انرژی ورودی}}$$

برای انجام تحلیل‌های تلفیقی جامع تر از رابطه (۱۸-۳) که شاخص ترکیبی بهره‌وری آب و انرژی نام دارد و بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب آب و مگاژول انرژی مصرفی است (Khan et al., ۲۰۰۹).

$$\text{رابطه (۱۸-۳)} \quad \text{عملکرد محصول} = \frac{\text{عملکرد محصول}}{\text{آب مصرفی} \times \text{انرژی مصرفی}}$$



# فصل چهارم

## نتایج و بحث

۴-۱ تعیین نیاز آبی محصولات بهاره با استفاده از نرم افزار Cropwat

در این تحقیق نیازآبی، بارش موثر و نیاز خالص آبیاری برای محصولات لوبیا قرمز، خیار و یونجه بهارهدر طول فصل رشد (جدول ۱-۴، ۲-۴ و ۳-۴) توسط نرم افزار Cropwat تعیین شد. نیاز آبی محصولات در هکتار به ترتیب برای لوبیا قرمز، خیار و یونجه ۶۰۵/۵، ۵۲۶ و ۱۲۴۹/۴ میلی‌متر (۶۰۵۵)، ۵۲۶۰ و ۱۲۴۹۴ متر مکعب در هکتار) محاسبه شد. میزان بارش موثر برای یونجه با توجه به طول دوره رشد (۲۱۰ روز) ۱۱۳ میلی‌متر می‌باشد که اگر از نیاز آبی گیاه یونجه کسر گردد، نیاز خالص آبیاری ۱۱۳۶/۴ میلی‌متر (۱۱۳۶۴ متر مکعب) برآورد می‌گردد.

- طول دوره رشد برای محصولات لوبیا قرمز، خیار و یونجه به ترتیب ۱۱۰، ۱۰۰ و ۲۱۰ روز در نظر گرفته شد (لوبیا قرمز: اوایل دهه دوم خرداد تا اواخر شهریور، خیار: اوایل دهه سوم خرداد تا اواخر شهریور و یونجه: اوایل دهه سوم فروردین تا اواخر دهه دوم آبان).

جدول ۱-۴. نیاز آبی، بارش موثر و نیاز خالص آبیاری لوبیا قرمز در طول فصل رشد

| ماه    | نیاز آبی | بارش موثر | نیاز خالص آبیاری |
|--------|----------|-----------|------------------|
| خرداد  | ۵۶       | ۰         | ۵۶               |
| تیر    | ۲۰۲/۸    | ۰         | ۲۰۲/۸            |
| مرداد  | ۲۳۳/۹    | ۰         | ۲۳۳/۹            |
| شهریور | ۱۱۲/۸    | ۰         | ۱۱۲/۸            |
| مجموع  | ۶۰۵/۵    | ۰         | ۶۰۵/۵            |

جدول ۲-۴. نیاز آبی، بارش موثر و نیاز خالص آبیاری خیار در طول فصل رشد

| ماه    | نیاز آبی | بارش موثر | نیاز خالص آبیاری |
|--------|----------|-----------|------------------|
| خرداد  | ۳۳/۸     | ۰         | ۳۳/۸             |
| تیر    | ۱۳۷/۹    | ۰         | ۱۳۷/۹            |
| مرداد  | ۲۰۱/۴    | ۰         | ۲۰۱/۴            |
| شهریور | ۱۵۲/۹    | ۰         | ۱۵۲/۹            |
| مجموع  | ۵۲۶      | ۰         | ۵۲۶              |

جدول ۳-۴. نیاز آبی، بارش موثر و نیاز خالص آبیاری یونجه بهار هدر طول فصل رشد

| ماه      | نیاز آبی | بارش موثر | نیاز خالص آبیاری |
|----------|----------|-----------|------------------|
| فروردین  | ۴۲/۷     | ۳۵        | ۷/۷              |
| اردیبهشت | ۱۵۴/۶    | ۲۶/۷      | ۱۲۷/۹            |
| خرداد    | ۲۰۰/۸    | ۲         | ۱۹۸/۸            |
| تیر      | ۲۲۲      | ۰         | ۲۲۲              |
| مرداد    | ۲۳۴/۴    | ۰         | ۲۳۴/۴            |
| شهریور   | ۲۰۱/۱    | ۰         | ۲۰۱/۱            |
| مهر      | ۱۴۱/۲    | ۱۱/۶      | ۱۲۹/۶            |
| آبان     | ۵۲/۶     | ۳۷/۷      | ۱۴/۹             |
| مجموع    | ۱۲۴۹/۴   | ۱۱۳       | ۱۱۳۶/۴           |

## ۴-۲ میزان آب آبیاری اندازه‌گیری شده، آب مصرفی کل و بهره‌وری آب محصولات

### بهاره

مطابق جدول ۴-۴ میزان آب آبیاری اندازه‌گیری شده برای مزارع انتخابی لوبیا قرمز، خیار و یونجه به ترتیب ۷۳۰۵، ۱۱۳۷۸ و ۸۰۴۸/۱۶ مترمکعب در هکتار تعیین شد. تعداد آبیاری برای محصولات فوق به ترتیب ۱۶-۱۰، ۲۵-۱۶ و ۱۲ (برای هرچین ۳ نوبت آبیاری) بود. دور آبیاری برای کشت لوبیا قرمز بین ۸-۱۰ روز، برای کشت خیار در اوایل فصل رشد ۷ روز و در هنگام فصل برداشت ۳ روز و این مقیاس برای یونجه از ۷ تا ۱۰ روز متغیر بود. بهره‌وری آب (آب آبیاری) برای لوبیا قرمز، خیار و یونجه به ترتیب ۰/۱۸، ۱/۲۶ و ۱/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب، همچنین این شاخص در ازای کل آب مصرفی (آب آبیاری + بارش) برای محصولات فوق به ترتیب ۰/۱۸، ۱/۲۶ و ۱/۶۹ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد. کمترین و بیشترین میزان آب مصرفی کل در هکتار به ترتیب به لوبیا قرمز و خیار با ۷۳۰۵ و ۱۱۳۷۸ مترمکعب، همچنین بیشترین و کمترین بهره‌وری آب به ترتیب به یونجه و لوبیا قرمز با ۱/۶۹ و ۰/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب اختصاص داشت.

جدول ۴-۴. میزان آب آبیاری اندازه‌گیری شده، آب مصرفی کل و بهره‌وری آب محصولات بهاره

| میزان شاخص در هکتار |       |         | واحد               | نوع شاخص                |
|---------------------|-------|---------|--------------------|-------------------------|
| لوبیا قرمز          | خیار  | یونجه   |                    |                         |
| ۱۳۲۸/۳              | ۱۴۳۳۶ | ۱۵۵۱۱/۱ | kg /ha             | عملکرد محصول            |
| ۷۳۰۵                | ۱۱۳۷۸ | ۸۰۴۸/۱۶ | m <sup>۳</sup> /ha | آب مصرفی آبیاری         |
| ۷۳۰۵                | ۱۱۳۷۸ | ۹۱۷۸/۱۶ | m <sup>۳</sup> /ha | آب مصرفی کل             |
| ۰/۱۸                | ۱/۲۶  | ۱/۹۳    | kg /m <sup>۳</sup> | بهره‌وری آب (آب آبیاری) |
| ۰/۱۸                | ۱/۲۶  | ۱/۶۹    |                    | بهره‌وری آب             |

(آب مصرفی کل)

### ۴-۳ انرژی ورودی، انرژی خروجی و سهم هریک از نهاده‌های انرژی در تولید لوبیا قرمز

جدول ۴-۵ کل انرژی ورودی و سهم هریک از نهاده‌های انرژی را در طول فصل زراعی برای تولید محصول لوبیا قرمز را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۵. انرژی ورودی، خروجی و سهم هر یک از نهاده‌های مصرفی انرژی در تولید لوبیا قرمز

| انرژی            |          | مقدار در یک هکتار | واحد           | نهاده                         |
|------------------|----------|-------------------|----------------|-------------------------------|
| %                | MJ/ha    |                   |                |                               |
| انرژی مستقیم     |          |                   |                |                               |
| ۱۱/۲۷            | ۵۴۳۲/۹۵  | ۹۶/۵              | L              | سوخت                          |
| ۵۲/۰۴            | ۲۵۰۸۱/۶۳ | ۲۱۰۲/۴            | Kwh            | الکتریسیته                    |
| ۱/۶۲             | ۷۸۰/۰۸   | ۳۹۸               | h              | نیروی انسانی                  |
| انرژی غیر مستقیم |          |                   |                |                               |
| ۳/۲۳             | ۱۵۵۴/۹۶  | ۲۴/۸              | h              | ماشین‌های کشاورزی             |
| کود شیمیایی      |          |                   |                |                               |
| ۱۹/۶۲            | ۹۴۵۳/۶   | ۱۵۶               | kg             | N <sub>p</sub>                |
| ۰/۵۷             | ۲۷۴/۳۹   | ۲۳                | kg             | P <sub>۲</sub> O <sub>۵</sub> |
| ۰/۸              | ۳۸۴      | ۱۲۸۰              | kg             | کود دامی                      |
| ۰/۲۷             | ۱۳۲      | ۱/۱               | L              | آفت کش                        |
| ۱/۰۳             | ۴۹۸/۳۳   | ۳۳/۹              | kg             | بذر                           |
| ۹/۵۵             | ۴۶۰۲/۱۵  | ۷۳۰۵              | m <sup>۳</sup> | آب آبیاری                     |
| ۱۰۰              | ۴۸۱۹۴/۰۹ |                   |                | مجموع انرژی ورودی             |

در این تحقیق انرژی ورودی مزارع لویا قرمز ۴۸۱۹۴/۰۹ مگاژول در هکتار محاسبه شد. در بین نهادهای مصرفی انرژی الکتریسیته با مصرف  $25081/63 \text{ MJha}^{-1}$  انرژی به عنوان اولین نهاده انرژی بر برای تولید لویا قرمز تعیین شد که حدود ۵۲/۰۴ درصد از کل انرژی‌های مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد که اگر این مقدار انرژی الکتریسیته مصرفی با مقدار انرژی غیر مستقیم مصرفی برای آبیاری که حدود  $29683/78 \text{ MJha}^{-1}$  است (۹/۵۵ درصد مصرف نهاده‌های انرژی) اضافه شود حدود  $29683/78 \text{ MJha}^{-1}$  (۶۱/۵۹ درصد) از کل انرژی‌های مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد. سهم بالای انرژی آبیاری حاکی از اهمیت بسیار زیاد مدیریت مصرف این نهاده را نشان می‌دهد. کودشیمیایی با  $9727/99 \text{ MJha}^{-1}$  دومین نهاده انرژی بر در تولید لویا قرمز بود که ۲۰/۱۹ درصد از کل انرژی‌های ورودی را به خود اختصاص داد. سومین نهاده انرژی بر در زراعت لویا سوخت (گازوییل) تشخیص داده شد که به طور متوسط با مصرف  $5432/95 \text{ MJha}^{-1}$  حدود ۱۱/۲۷ درصد انرژی کل مصرفی را به خود اختصاص داده است. مابقی نهاده‌ها شامل ماشین‌های کشاورزی، نیروی انسانی، بذر، کود دامی و آفت کش به ترتیب حدود ۳/۳۲، ۱/۶۲، ۰/۸، ۱/۰۳ و ۰/۲۷ درصد از انرژی کل مصرفی را به خود اختصاص دادند.

جدول ۴-۶ انرژی ورودی کل، مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در تولید محصول لویا قرمز را نشان می‌دهد. نهاده‌های انرژی مستقیم (سوخت، الکتریسیته و نیروی انسانی) و نهاده‌های انرژی غیرمستقیم (سایر نهاده‌ها) به ترتیب با مصرف  $31294/66 \text{ MJha}^{-1}$  و  $16899/43$  حدود ۶۴/۹۳ و ۳۵/۰۷ درصد از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص دادند. همچنین سهم نهاده‌های انرژی تجدیدپذیر (نیروی انسانی، کود دامی و بذر) و انرژی تجدیدناپذیر (سایر نهاده‌ها) از کل انرژی ورودی به ترتیب ۳/۴۵ و ۹۶/۵۵ درصد می‌باشد.

جدول ۴-۶. انرژی ورودی کل، مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در تولید لوبیا قرمز

| نوع انرژی         | مقدار انرژی (مگاژول بر هکتار) | درصد  |
|-------------------|-------------------------------|-------|
| انرژی مستقیم      | ۳۱۲۹۴/۶۶                      | ۶۴/۹۳ |
| انرژی غیرمستقیم   | ۱۶۸۹۹/۴۳                      | ۳۵/۰۷ |
| انرژی تجدیدپذیر   | ۱۶۶۲/۴۱                       | ۳/۴۵  |
| انرژی تجدیدناپذیر | ۴۶۵۳۱/۶۸                      | ۹۶/۵۵ |
| کل انرژی ورودی    | ۴۸۱۹۴/۰۹                      | ۱۰۰   |

جدول ۴-۷ وضعیت شاخص‌های انرژی در تولید لوبیا قرمز را نشان می‌دهد. شاخص نسبت انرژی برای محصول لوبیا قرمز برابر با ۰/۴۱ می‌باشد یعنی با ورود یک مگاژول انرژی به سیستم ۰/۴۱ مگاژول انرژی از سیستم استخراج می‌شود که این نسبت انرژی در محصول لوبیا قرمز در مقایسه با سایر محصولات غیر قابل قبول است. بهره‌وری انرژی برای این محصول برابر با ۰/۰۳ کیلوگرم بر مگاژول می‌باشد یعنی به ازای هر یک مگاژول انرژی ورودی به سیستم ۰/۰۳ کیلوگرم محصول تولید می‌شود. انرژی افزوده خالص در تولید لوبیا قرمز به دلیل مقدار کمتر انرژی خروجی از انرژی ورودی منفی است و این مقدار برابر با ۲۸۶۶۸/۰۸- مگاژول در هکتار است و توضیحات شاخص شدت انرژی عکس بهره‌وری انرژی است. کل انرژی خروجی در تولید لوبیا ۱۹۵۲۶/۰۱ مگاژول در هکتار بود که با تولید ۱۳۲۸/۳ کیلوگرم لوبیا در هکتار حاصل شد.

جدول ۴-۷. شاخص‌های انرژی در تولید لوبیا قرمز

| نوع شاخص       | واحد  | میزان شاخص |
|----------------|-------|------------|
| نسبت انرژی     |       | ۰/۴۱       |
| بهره‌وری انرژی | Kg/MJ | ۰/۰۳       |

۲۸۶۶۸/۰۸  
۳۶/۲۸

MJ  
MJ/kg

انرژی افزوده خالص  
شدت انرژی

**۴-۴ انرژی ورودی، انرژی خروجی و سهم هریک از نهاده‌های انرژی در تولید خیار**

جدول ۴-۸ کل انرژی ورودی و سهم هریک از نهاده‌های انرژی را در طول فصل زراعی برای تولید محصول خیار را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۸ انرژی ورودی، خروجی و سهم هر یک از نهاده‌های مصرفی انرژی در تولید خیار

| انرژی            |          | مقدار در یک هکتار | واحد           | نهاده                         |
|------------------|----------|-------------------|----------------|-------------------------------|
| %                | MJ/ha    |                   |                |                               |
| انرژی مستقیم     |          |                   |                |                               |
| ۸/۶۷             | ۶۷۴۴/۷۴  | ۱۱۹/۸             | L              | سوخت                          |
| ۵۰/۲۳            | ۳۹۰۶۶/۳۳ | ۳۲۷۴/۶۳           | Kwh            | الکتریسیته                    |
| ۲/۲۴             | ۱۷۴۳/۶۲  | ۸۸۹/۶             | h              | نیروی انسانی                  |
| انرژی غیر مستقیم |          |                   |                |                               |
| ۲/۱۱             | ۱۶۴۲/۷۴  | ۲۶/۲              | h              | ماشین‌های کشاورزی             |
| کود شیمیایی      |          |                   |                |                               |
| ۲۵/۳۲            | ۱۹۶۹۵    | ۳۲۵               | kg             | N <sub>p</sub>                |
| ۰/۸۸             | ۶۸۵/۹۷   | ۵۷/۵              | kg             | P <sub>۲</sub> O <sub>۵</sub> |
| ۰/۹۳             | ۷۲۰      | ۲۴۰۰              | kg             | کود دامی                      |
| ۰/۴              | ۳۱۲      | ۲/۶               | L              | آفت کش                        |
| -                | ۱/۷۵     | ۱/۷۵              | kg             | بذر                           |
| ۹/۲۲             | ۷۱۶۸/۱۴  | ۱۱۳۷۸             | m <sup>۳</sup> | آب آبیاری                     |
| ۱۰۰              | ۷۷۷۸۰/۲۹ |                   |                | مجموع انرژی ورودی             |



در این تحقیق انرژی ورودی مزارع خیار ۷۷۷۸۰/۲۹ مگاژول در هکتار محاسبه شد. در بین نهاده‌های مصرفی انرژی الکتریسیته با مصرف  $39066/33 \text{ MJha}^{-1}$  انرژی به عنوان اولین نهاده انرژی بر برای تولید خیار تعیین شد که حدود ۵۰/۲۳ درصد از کل انرژی‌های مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد که اگر این مقدار انرژی الکتریسیته مصرفی با مقدار انرژی غیر مستقیم مصرفی برای آبیاری که حدود  $1 \text{ MJha}^{-1}$  است (۷۱۶۸/۱۴ درصد مصرف نهاده‌های انرژی) اضافه شود حدود  $46234/47 \text{ MJha}^{-1}$  (۵۹/۴۵ درصد) از کل انرژی‌های مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد. سهم بالای انرژی آبیاری حاکی از اهمیت بسیار زیاد مدیریت مصرف این نهاده را نشان می‌دهد. کودشیمیایی با  $20380/97 \text{ MJha}^{-1}$  دومین نهاده انرژی بر در تولید خیار بود که ۲۶/۲ درصد از کل انرژی‌های ورودی را به خود اختصاص داد. سومین نهاده انرژی بر در زراعت خیار آب آبیاری می‌باشد که به طور متوسط با مصرف  $7168/14 \text{ MJha}^{-1}$  حدود ۹/۲۲ درصد انرژی کل مصرفی را به خود اختصاص داده است. مابقی نهاده‌ها شامل سوخت، نیروی انسانی، ماشین‌های کشاورزی، کود دامی، آفت کش و بذر به ترتیب حدود ۸/۶۷، ۲/۲۴، ۲/۱۱، ۰/۹۳ و ۰/۴۰ درصد از انرژی کل مصرفی را به خود اختصاص دادند.

جدول ۴-۹ انرژی ورودی کل، مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در تولید محصول خیار را نشان می‌دهد. نهاده‌های انرژی مستقیم (سوخت، الکتریسیته و نیروی انسانی) و نهاده‌های انرژی غیرمستقیم (سایر نهاده‌ها) به ترتیب با مصرف  $47554/69 \text{ MJha}^{-1}$  و  $30225/6$  حدود ۶۱/۱۴ و ۳۸/۸۶ درصد از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص دادند. همچنین سهم نهاده‌های انرژی تجدیدپذیر (نیروی انسانی، کود دامی و بذر) و انرژی تجدیدناپذیر (سایر نهاده‌ها) از کل انرژی ورودی به ترتیب ۳/۱۷ و ۹۶/۸۷ درصد می‌باشد.

جدول ۴-۹. انرژی ورودی کل، مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در تولید خیار

| درصد  | میزان انرژی | نوع انرژی         |
|-------|-------------|-------------------|
| ۶۱/۱۴ | ۴۷۵۵۴/۶۹    | انرژی مستقیم      |
| ۳۸/۸۶ | ۳۰۲۲۵/۶     | انرژی غیرمستقیم   |
| ۳/۱۷  | ۲۴۶۵/۷۳     | انرژی تجدیدپذیر   |
| ۹۶/۸۷ | ۷۵۳۱۴/۹۲    | انرژی تجدیدناپذیر |
| ۱۰۰   | ۷۷۷۸۰/۲۹    | کل انرژی ورودی    |

جدول ۴-۱۰ وضعیت شاخص‌های انرژی در تولید خیار را نشان می‌دهد. شاخص نسبت انرژی برای محصول خیار برابر با ۰/۱۵ می‌باشد یعنی با ورود یک مگاژول انرژی به سیستم ۰/۱۵ مگاژول انرژی از سیستم استخراج می‌شود که این نسبت انرژی در محصول خیار در مقایسه با سایر محصولات غیر قابل قبول است. بهره‌وری انرژی برای این محصول برابر با ۰/۱۸ کیلوگرم بر مگاژول می‌باشد یعنی به ازای هر یک مگاژول انرژی ورودی به سیستم ۰/۱۸ کیلوگرم محصول تولید می‌شود. انرژی افزوده خالص در تولید خیار به دلیل مقدار کمتر انرژی خروجی از انرژی ورودی منفی است و این مقدار برابر با ۶۶۳۱۱/۴۹- مگاژول در هکتار است و شاخص شدت انرژی که عکس بهره‌وری انرژی است. کل انرژی خروجی در تولید خیار ۱۱۴۶۸/۸ مگاژول در هکتار بود که با تولید ۱۴۳۳۶ کیلوگرم خیار در هکتار حاصل شد.

جدول ۴-۱۰. شاخص‌های انرژی در تولید خیار

| میزان شاخص | واحد  | نوع شاخص       |
|------------|-------|----------------|
| ۰/۱۵       |       | نسبت انرژی     |
| ۰/۱۸       | Kg/MJ | بهره‌وری انرژی |

-۶۶۳۱۱/۴۹

MJ

انرژی خالص

۵/۴۳

MJ/kg

شدت انرژی

**۴-۵ انرژی ورودی، انرژی خروجی و سهم هریک از نهاده‌های انرژی در تولید یونجه**

جدول ۴-۱۱ کل انرژی ورودی و سهم هریک از نهاده‌های انرژی را در طول فصل زراعی برای تولید یونجه را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۱. انرژی ورودی، خروجی و سهم هر یک از نهاده‌های مصرفی انرژی در تولید یونجه بهاره

| انرژی            |          | مقدار در یک هکتار | واحد           | نهاده                         |
|------------------|----------|-------------------|----------------|-------------------------------|
| %                | MJ/ha    |                   |                |                               |
| انرژی مستقیم     |          |                   |                |                               |
| ۱۵/۸۵            | ۱۱۷۲۱/۶۶ | ۲۰۸/۲             | L              | سوخت                          |
| ۳۷/۳۶            | ۲۷۶۳۳/۳۴ | ۲۳۱۶/۲۹           | Kwh            | الکتریسیته                    |
| ۰/۴۴             | ۳۲۷/۷۱   | ۱۶۷/۲             | h              | نیروی انسانی                  |
| انرژی غیر مستقیم |          |                   |                |                               |
| ۳/۲۲             | ۲۳۸۲/۶   | ۳۸                | h              | ماشین‌های کشاورزی             |
| کود شیمیایی      |          |                   |                |                               |
| ۷/۲۰             | ۵۳۲۶/۷۴  | ۸۷/۹              | kg             | N <sub>p</sub>                |
| ۰/۰۹             | ۶۲/۵۱    | ۵/۲۴              | kg             | P <sub>۲</sub> O <sub>۵</sub> |
| ۲۶/۰۴            | ۱۹۲۶۰    | ۶۴۲۰۰             | kg             | کود دامی                      |
| ۰/۱۶             | ۱۲۰      | ۱                 | L              | آفت‌کش                        |
| ۲/۷۸             | ۲۰۵۴/۶۷  | ۷۳/۱۲             | kg             | بذر                           |
| ۶/۸۶             | ۵۰۷۰/۳۴  | ۸۰۴۸/۱۶           | m <sup>۳</sup> | آب آبیاری                     |
| ۱۰۰              | ۷۳۹۵۹/۵۷ |                   |                | مجموع انرژی ورودی             |

در این تحقیق انرژی ورودی مزارع یونجه ۷۳۹۵۹/۵۷ مگاژول در هکتار محاسبه شد. در بین نهاده‌های مصرفی انرژی الکتریسیته با مصرف  $27633/34 \text{ MJha}^{-1}$  انرژی به عنوان اولین نهاده انرژی بر برای تولید یونجه تعیین شد که حدود ۳۷/۳۶ درصد از کل انرژی‌های مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد که اگر این مقدار انرژی الکتریسیته مصرفی با مقدار انرژی غیر مستقیم مصرفی برای آبیاری که حدود  $1 \text{ MJha}^{-1}$  است  $5070/34$  است (۶/۸۶ درصد مصرف نهاده‌های انرژی) اضافه شود حدود  $32703/68 \text{ MJha}^{-1}$  (۴۴/۲۲ درصد) از کل انرژی‌های مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد. سهم بالای انرژی آبیاری حاکی از اهمیت بسیار زیاد مدیریت مصرف این نهاده را نشان می‌دهد. کود دامی با  $19260 \text{ MJha}^{-1}$  دومین نهاده انرژی بر در تولید یونجه بود که ۲۶/۰۴ درصد از کل انرژی‌های ورودی را به خود اختصاص داد. سومین نهاده انرژی بر در زراعت یونجه سوخت می‌باشد که به طور متوسط با مصرف  $11721/66 \text{ MJha}^{-1}$  حدود ۱۵/۸۵ درصد انرژی کل مصرفی را به خود اختصاص داده است. مابقی نهاده‌ها شامل کود شیمیایی، آب آبیاری، ماشین‌های کشاورزی، بذر، نیروی انسانی و آفت کش به ترتیب حدود ۷/۲۹، ۶/۸۶، ۳/۲۲، ۲/۷۸، ۰/۴۴ و ۰/۱۶ درصد از انرژی کل مصرفی را به خود اختصاص دادند.

جدول ۴-۱۲ انرژی ورودی کل، مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در تولید محصول یونجه را نشان می‌دهد. نهاده‌های انرژی مستقیم (سوخت، الکتریسیته و نیروی انسانی) و نهاده‌های انرژی غیرمستقیم (سایر نهاده‌ها) به ترتیب با مصرف  $39682/71 \text{ MJha}^{-1}$  و  $34276/86$  حدود ۵۳/۶۵ و ۴۶/۳۵ درصد از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص دادند. همچنین سهم نهاده‌های انرژی تجدیدپذیر (نیروی انسانی، کود دامی و بذر) و انرژی تجدیدناپذیر (سایر نهاده‌ها) از کل انرژی ورودی به ترتیب ۲۹/۲۶ و ۷۰/۷۴ درصد می‌باشد.

جدول ۴-۱۲. انرژی ورودی کل، مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در تولید یونجه بهاره

| نوع انرژی         | میزان انرژی (مگاژول بر هکتار) | درصد  |
|-------------------|-------------------------------|-------|
| انرژی مستقیم      | ۳۹۶۸۲/۷۱                      | ۵۳/۶۵ |
| انرژی غیرمستقیم   | ۳۴۲۷۶/۸۶                      | ۴۶/۳۵ |
| انرژی تجدیدپذیر   | ۲۱۶۴۲/۳۸                      | ۲۹/۲۶ |
| انرژی تجدیدناپذیر | ۵۲۳۱۷/۱۹                      | ۷۰/۷۴ |
| کل انرژی ورودی    | ۷۳۹۵۹/۵۷                      | ۱۰۰   |

جدول ۴-۱۳ وضعیت شاخص‌های انرژی در تولید یونجه را نشان می‌دهد. شاخص نسبت انرژی برای محصول یونجه برابر با ۳/۳۱ می‌باشد یعنی با ورود یک مگاژول انرژی به سیستم ۳/۳۱ مگاژول انرژی از سیستم استخراج می‌شود که این نسبت انرژی در محصول یونجه در مقایسه با سایر محصولات قابل قبول است. بهره‌وری انرژی برای این محصول برابر با ۰/۲۱ کیلوگرم بر مگاژول می‌باشد یعنی به ازای هر یک مگاژول انرژی ورودی به سیستم ۰/۲۱ کیلوگرم محصول تولید می‌شود. انرژی افزوده خالص در تولید یونجه به دلیل مقدار بیشتر انرژی خروجی از انرژی ورودی مثبت است و این مقدار برابر با ۱۷۱۱۱۵/۴۹ مگاژول در هکتار است و شاخص شدت انرژی که عکس بهره‌وری انرژی است. کل انرژی خروجی در تولید یونجه ۲۴۵۰۷۵/۳۸ مگاژول در هکتار بود که با تولید ۱۵۵۱۱/۱ کیلوگرم علوفه خشک در هکتار به ازای هر سال تولید حاصل شد.

جدول ۴-۱۳. شاخص‌های انرژی در تولید یونجه بهاره

| نوع شاخص       | واحد  | میزان شاخص |
|----------------|-------|------------|
| نسبت انرژی     |       | ۳/۳۱       |
| بهره‌وری انرژی | Kg/MJ | ۰/۲۱       |
| انرژی خالص     | MJ    | ۱۷۱۱۱۵/۸۱  |
| شدت انرژی      | MJ/kg | ۴/۷۷       |

## ۴-۶ شاخص‌های آب و انرژی در تولید محصولات بهاره

جدول ۴-۱۴ وضعیت شاخص‌های آب و انرژی را در تولید محصولات بهاره نشان می‌دهد. شاخص نسبت انرژی در تولید لوبیا، خیار و یونجه به ترتیب ۰/۴۱، ۰/۱۵ و ۳/۳۱ بود. این شاخص معرف تعادل انرژی در سیستم تولیدی و نحوه مصرف انرژی می‌باشد و هر اندازه حجم انرژی ورودی به سیستم افزایش یابد این شاخص کاهش می‌یابد. هر چند کاهش عملکرد به دلایل مختلف نیز موجب کاهش این شاخص خواهد شد. این شاخص در تولید یونجه نسبت به دو محصول دیگر بیشتر می‌باشد و دلیل آن عملکرد زیست توده گیاهی و انرژی معادل هر کیلوگرم یونجه می‌باشد. شاخص بهره‌وری انرژی که مقدار آن بر حسب کیلوگرم بر مگاژول بیان می‌شود در تولید لوبیا، خیار و یونجه به ترتیب ۰/۰۳، ۰/۱۸ و ۰/۲۱ بود. مقدار این شاخص در تولید یونجه بیشتر از دو محصول دیگر بود که نشان دهنده این مطلب است که در تولید یونجه در مقایسه با لوبیا و خیار به ازای هر مگاژول انرژی ورودی، عملکرد بیشتری حاصل می‌شود. شاخص انرژی خالص دیگر شاخص مهمی بود که مورد بررسی قرار گرفت. این شاخص تفاضل انرژی ورودی از انرژی خروجی را نشان می‌دهد این شاخص برای یونجه مثبت و بیش از دو محصول دیگر بود. شاخص نسبت انرژی آب نشان دهنده مقدار انرژی ورودی به ازای آب آبیاری و نیروی لازم برای پمپاژ آن نسبت به کل انرژی ورودی برای تولید است که بر حسب درصد بیان می‌شود، مقدار این شاخص در تولید لوبیا، خیار و یونجه به ترتیب ۶۲، ۵۹ و ۴۴ درصد است. امروزه به دلیل استفاده نادرست از منابع آبی و افت سفره‌های آب زیرزمینی آب باید از عمق بیشتری پمپاژ شود که این خود با صرف انرژی بیشتری همراه است و آنچه مسلم است اینست که این نوع استفاده ناکارآمد و بی‌رویه و دیگر فاکتورهای چون خشکسالی و تغییر اقلیم به این مشکل شدت بخشیده و حجم استفاده از انرژی را از این طریق افزایش داده است.

دیگر شاخص مهم در بررسی جریان انرژی در تولید محصولات بهاره شاخص بهره‌وری آب- انرژی می باشد که از طریق تقسیم عملکرد دانه (عملکرد اقتصادی) بر مقدار آب مصرفی در انرژی ورودی آن به دست می‌آید. واحد این شاخص گرم بر مترمکعب در کیلووات ساعت می‌باشد. مقدار این شاخص در تولید محصولات لوبیا، خیار و یونجه به ترتیب ۰/۰۵، ۰/۱۹ و ۰/۳۱ است. این شاخص مقدار تولید عملکرد به ازای مقدار آب و انرژی مصرف شده را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۴. شاخص‌های آب و انرژی در تولید محصولات بهاره

| نوع شاخص           | واحد                                | میزان شاخص |           |           |
|--------------------|-------------------------------------|------------|-----------|-----------|
|                    |                                     | لوبیا قرمز | خیار      | یونجه     |
| نسبت انرژی         |                                     | ۰/۴۱       | ۰/۱۵      | ۳/۳۱      |
| بهره‌وری انرژی     | Kg/MJ                               | ۰/۰۳       | ۰/۱۸      | ۰/۲۱      |
| انرژی خالص         | MJ                                  | -۲۸۶۶۸/۰۸  | -۶۶۳۱۱/۴۹ | ۱۷۱۱۱۵/۸۱ |
| شدت انرژی          | MJ/kg                               | ۳۶/۲۸      | ۵/۴۳      | ۴/۷۷      |
| نسبت انرژی آب      | %                                   | ۶۲         | ۵۹        | ۴۴        |
| بهره‌وری انرژی- آب | $\text{g.m}^{-3} \times \text{kwh}$ | ۰/۰۵       | ۰/۱۹      | ۰/۳۱      |

#### ۴-۷ شاخص‌های اقتصادی در تولید محصولات بهاره

جدول ۴-۱۵ شاخص‌های اقتصادی در تولید محصولات بهاره را نشان می‌دهد. هزینه تولید کل (مجموع هزینه‌های ثابت و متغیر) در لوبیا، خیار و یونجه به ترتیب ۴۲۲۷۰۸۰۰، ۷۱۰۴۵۰۰۰ و ۵۳۴۸۲۵۰۰ ریال در هکتار محاسبه و هزینه تمام شده به ازای هر کیلوگرم برای لوبیا، خیار و یونجه به ترتیب ۳۱۸۲۰، ۴۹۵۰ و ۳۴۵۰ ریال برآورد شد. بیشترین و کمترین هزینه تمام شده در تولید محصولات بهاره به ترتیب به لوبیا قرمز و یونجه، همچنین بیشترین و کمترین ارزش تولید کل و سودخالص به ترتیب به خیار (۱۰۷۵۲۰۰۰۰)

و ۳۶۴۷۵۰۰۰ ریال در هکتار) و لوبیا (۵۳۱۳۲۰۰۰ و ۱۰۸۶۱۲۰۰ ریال در هکتار) اختصاص داشت. دیگر شاخص مهم در بررسی اقتصادی تولید محصولات بهاره شاخص نسبت فایده به هزینه می باشد که از تقسیم ارزش تولید کل بر هزینه کل حاصل می شود. مقدار این شاخص در تولید محصولات لوبیا، خیار و یونجه به ترتیب ۱/۲۶، ۱/۵۱ و ۱/۶۳ محاسبه شد. شاخص بهره‌وری اقتصادی آب (کل آب مصرفی) برای لوبیا قرمز، خیار و یونجه به ترتیب ۱۴۹۰، ۳۲۰۰ و ۳۶۸۰ ریال بر مترمکعب محاسبه شد.

جدول ۴-۱۵. شاخص‌های اقتصادی در تولید محصولات بهاره

| میزان شاخص در هکتار |           |          | واحد                | نوع شاخص             |
|---------------------|-----------|----------|---------------------|----------------------|
| لوبیا قرمز          | خیار      | یونجه    |                     |                      |
| ۴۰۰۰۰               | ۷۵۰۰      | ۵۶۲۵     | ریال/kg             | قیمت محصول           |
| ۴۲۲۷۰۸۰۰            | ۷۱۰۴۵۰۰۰  | ۵۳۴۸۲۵۰۰ | ریال                | هزینه تولید کل       |
| ۳۱۸۲۰               | ۴۹۵۰      | ۳۴۵۰     | ریال/kg             | هزینه تمام شده محصول |
| ۵۳۱۳۲۰۰۰            | ۱۰۷۵۲۰۰۰۰ | ۸۷۲۵۰۰۰۰ | ریال                | ارزش تولید کل        |
| ۱/۲۶                | ۱/۵۱      | ۱/۶۳     |                     | نسبت فایده- هزینه    |
| ۱۰۸۶۱۲۰۰            | ۳۶۴۷۵۰۰۰  | ۳۳۷۶۷۵۰۰ | ریال                | سود خالص             |
|                     |           |          | ریال/m <sup>۳</sup> | بهره‌وری اقتصادی آب  |
| ۱۴۹۰                | ۳۲۰۰      | ۴۲۰۰     |                     | آب مصرفی آبیاری      |
| ۱۴۹۰                | ۳۲۰۰      | ۳۶۸۰     |                     | آب مصرفی کل          |



## نتیجه گیری و پیشنهادها

- میزان آب آبیاری اندازه گیری شده برای مزارع انتخابی لوبیا قرمز، خیار و یونجه به ترتیب ۷۳۰۵، ۱۱۳۷۸ و ۸۰۴۸/۱۶ مترمکعب در هکتار تعیین شد. بهره‌وری آب (آب آبیاری) برای لوبیا قرمز، خیار و یونجه به ترتیب ۰/۱۸، ۱/۲۶ و ۱/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب، همچنین این شاخص در ازای کل آب مصرفی (آب آبیاری+ بارش) برای محصولات فوق به ترتیب ۰/۱۸، ۱/۲۶ و ۱/۶۹ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. کمترین و بیشترین میزان آب مصرفی کل در هکتار به ترتیب به لوبیا قرمز و خیار ( ۷۳۰۵ و ۱۱۳۷۸ مترمکعب)، همچنین بیشترین و کمترین بهره‌وری آب به ترتیب به یونجه و لوبیا قرمز (۱/۶۹ و ۰/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب) اختصاص داشت.

- شاخص نسبت انرژی در تولید لوبیا، خیار و یونجه به ترتیب ۰/۴۱، ۰/۱۵ و ۳/۳۱ بود. مقدار این شاخص در تولید یونجه نسبت به دو محصول دیگر بیشتر بود و دلیل آن عملکرد زیست توده گیاهی و انرژی معادل هر کیلوگرم یونجه می‌باشد. شاخص بهره‌وری انرژی که مقدار آن بر حسب کیلوگرم بر مگاژول بیان می‌شود در تولید لوبیا، خیار و یونجه به ترتیب ۰/۰۳، ۰/۱۸ و ۰/۲۱ بود. مقدار این شاخص در تولید یونجه بیشتر از دو محصول دیگر بود که نشان دهنده این مطلب است که در تولید یونجه در مقایسه با لوبیا و خیار به ازای هر مگاژول انرژی ورودی، عملکرد بیشتری حاصل می‌شود. همچنین شاخص انرژی افزوده خالص برای یونجه مثبت و بیش از دو محصول دیگر بود. شاخص نسبت انرژی آب نشان دهنده مقدار انرژی ورودی به ازای آب آبیاری و نیروی لازم برای پمپاژ آن نسبت به کل انرژی ورودی برای تولید است که بر حسب درصد بیان می‌شود، مقدار این شاخص در تولید لوبیا، خیار و یونجه به ترتیب ۶۲، ۵۹ و ۴۴ درصد بود. دیگر شاخص مهم در بررسی جریان انرژی در تولید محصولات بهاره شاخص

بهره‌وری آب- انرژی می باشد که واحد آن گرم بر مترمکعب در کیلووات ساعت می‌باشد. مقدار این شاخص در تولید محصولات لوبیا، خیار و یونجه به ترتیب ۰/۰۵، ۰/۱۹ و ۰/۳۱ بود.

- هزینه تولید کل (مجموع هزینه‌های ثابت و متغیر) در لوبیا، خیار و یونجه به ترتیب ۴۲۲۷۰۸۰۰، ۷۱۰۴۵۰۰۰ و ۵۳۴۸۲۵۰۰ ریال در هکتار محاسبه و هزینه تمام شده به ازای هر کیلوگرم برای لوبیا، خیار و یونجه به ترتیب ۳۱۸۲۰، ۴۹۵۰ و ۳۴۵۰ ریال برآورد شد. بیشترین و کمترین هزینه تمام شده در تولید محصولات بهاره به ترتیب به لوبیا قرمز و یونجه، همچنین بیشترین و کمترین ارزش تولید کل و سودخالص به ترتیب به خیار (۱۰۷۵۲۰۰۰۰ و ۳۶۴۷۵۰۰۰ ریال در هکتار) و لوبیا (۵۳۱۳۲۰۰۰ و ۱۰۸۶۱۲۰۰ ریال در هکتار) اختصاص داشت. دیگر شاخص مهم در بررسی اقتصادی تولید محصولات بهاره شاخص نسبت فایده به هزینه بود مقدار این شاخص در تولید محصولات لوبیا، خیار و یونجه به ترتیب ۱/۲۶، ۱/۵۱ و ۱/۶۳ محاسبه شد. شاخص بهره‌وری اقتصادی آب (کل آب مصرفی) برای لوبیا قرمز، خیار و یونجه به ترتیب ۱۴۹۰، ۳۲۰۰ و ۳۶۸۰ ریال بر مترمکعب محاسبه شد.

با توجه به نتایج این تحقیق در دشت چغلو نندی، پیشنهاد می‌شود:

- با توجه به میزان آب مصرفی اندازه‌گیری شده در کشت خیار مزرعه‌ای (۱۱۳۷۸ مترمکعب) در مقایسه با نیاز آبی خالص گیاه (۵۲۶۰ متر مکعب)، کشت گلخانه‌ای و کشت در زیر پوشش پلاستیک در فضای باز در جهت افزایش بهره‌وری آب پیشنهاد می‌شود.

- استفاده از نهاده کود دامی در افزایش عملکرد یونجه و همچنین وجود زمین مسطح در جهت کاهش میزان آب مصرفی در کشت یونجه بسیار موثر می‌باشد، به همین دلیل استفاده از عوامل فوق در جهت افزایش بهره‌وری آب ضروری به نظر می‌رسد.

و توصیه‌های زیر به صورت کلی برای افزایش بازدهی آبیاری در منطقه پیشنهاد می‌شود:

قطعه‌بندی و تسطیح اراضی و بهبود شیب اراضی با ماشین‌آلات و وسایل تسطیح، استفاده از ارقام مقاوم به خشکی، کم مصرف و پر بازده، استفاده از روش‌های نوین در حفاظت از منابع آب و خاک، بها دادن به آب به عنوان یک نهاده مهم تولید، استفاده از الگوی کشت مناسب در منطقه و ...

کمبود منابع آب صرف نظر از عوامل طبیعی پیامد ضعف در طراحی، اجرا و مدیریت است. با توجه به نیاز، انرژی و سرمایه‌گذاری بیشتر در سیستم‌های تحت فشار و کمبود نقدینگی کشاورزان، بهینه‌سازی مصرف آب و انرژی در سیستم‌های آبیاری فعلی باید مدنظر قرار گیرد.

## منابع

- ۱- ابراهیمیاک، ن. ۱۳۷۸.
- گزارش‌های نظریه تحقیقات تعییناً مورد نیاز و دور آبیاری یونجه در ایستگاه تحقیقات چهار تخته شهر کرد. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی. ایران.
- ۲- احسانی، م. حیاتی. و عادل، م. ۱۳۸۹. برآورد ارزش اقتصادی آب در تولید محصول ذرت دانه ای مطالعه موردی بخش مرکزی شهرستان البرز استان قزوین. اقتصاد کشاورزی توسعه. ۷۲: ۷۵-۹۳.
- ۳- احسانی، م. و خالدی، ه. ۱۳۸۲. بهره‌وری آب کشاورزی. کمیته ملی آبیاری یوز هکشیایران.
- ۴- احمدی، ر. منیری، فر، ح. الیاسی، ق. و ضیایی، ع. ۱۳۹۳. جایگزینی ذرت علوفه‌ای به جای یونجه در الگوی کشت حوزه آبریز دریاچه ارومیهها هدف کاهش مصرف آب (مطالعه موردی: اراضی پیاپس در صوفیچای مراغه). دو مینهمایشمیلیمدیریت آبدار مزرعه، موسسه تحقیقات خاک و آب، مهر ۱۳۹۳. ۶ صفحه.
- ۵- نیشابوری، م. و سیادت، ح. ۱۳۸۰. اثر تنش آبی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزاء عملکرد و بر خیر و ابط آبیگندم. مجموعهمقالا تهفتمینکنگره علوم خاک ایران، شهر کرد.
- ۶- بی‌نام. ۱۳۸۷. راه‌های افزایش بازدهی آبیاری در بخش کشاورزی. سایت شرکت سهامی آب منطقه ای مازندران و گلستان.
- ۷- پناهی، ف. و ملک محمدی، ا. ۱۳۸۷. مدیریت بهینه منابع آب کشاورزی گامی به سوی توسعه پایدار. اولین همایش ملی مدیریت و توسعه کشاورزی پایدار ایران. اهواز. صص: ۴۲۷-۴۲۰.

- ۸- حسن آبادی، ح. ۱۳۹۳. رد پای آب سبب زمیندر مقایسه با تعدادی از محصولات زراعی مهم دیگر. دومین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه، موسسه تحقیقات خاک و آب، مهر ۱۳۹۳. ۶ صفحه.
- ۹- حسین زاده، ج. سلامی، ح. و صدر ف. س. ک. ۱۳۸۶. برآورد ارزش اقتصادی آب در تولید محصولات زراعی با استفاده از توابع تولید انعطاف پذیر (مطالعه موردی: دشت مراغه- بناب)، دانش کشاورزی. ۱۷ (۲): ۱-۱۴.
- ۱۰- حقیقتی، ب. ۱۳۸۵. تأثیر تنش آبی بر عملکرد محصول یونجه. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی. ایران.
- ۱۱- حیدری، ن. ۱۳۹۰. تعیین آرزای شاخص کارایی مصرف آب محصولات زراعی تحت مدیریت کشاورزان در کشور. مجله مدیریت آب و آبیاری، دوره ۱، شماره ۲، پاییز ۱۳۹۰.
- ۱۲- حیدری، ن. اسلامی، ا. قدمی فیروز آبادی، ع و کانونی، ا. ۱۳۸۵. کارایی مصرف آب محصولات مختلف زراعی کشور، مجموعه مقالات دومین دوره آبیاری و زهکشی، تهران، صص: ۱۸-۱۲.
- ۱۳- حیدری، ن. و حقایق مقدم، س. ا. ۱۳۸۰. کارایی مصرف آب آبیاری محصولات عمده مناطق مختلف کشور. گزارش ارائه شده به معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. کرج.
- ۱۴- خودشناس، م. دادپور، م. و قدیک لو، ج. ۱۳۹۳. برآورد نیاز آبی یونجه در استان مرکزی. دومین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه، موسسه تحقیقات خاک و آب، مهر ۱۳۹۳. صص: ۳۲۸-۳۳۲.
- ۱۵- زهتابیان، غ. ر. و فرشی، ع. ا. ۱۳۷۸. برآورد نیاز آبی گیاهان فضای سبز در مناطق خشک. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۲، شماره ۲.

- ۱۶- سادات میرئی، م. و فرشی، ع. ۱۳۸۲. چگونگی مصرف و بهره‌وری آب در بخش کشاورزی. مجموعه مقالات اولین همایش بررسی مشکلات شبکه‌های آبیاری، زهکشی و مصرف بهینه آب کشاورزی.
- ۱۷- سپه‌وند، م. ۱۳۸۸. مقایسه نیاز آبی، بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آن در گندم و کلزا در غرب کشور در سال‌های پر باران. مجله پژوهش آب ایران. بهار و تابستان ۱۳۸۸. صص: ۶۳-۶۸.
- ۱۸- سلامی ح. و محمدی‌نژاد، ا. ۱۳۸۱. تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با استفاده از توابع تولید انعطاف پذیر (مطالعه موردی دشت ساوه)، علوم و صنایع غذایی کشاورزی، ۱۶ (۲): ۸۵-۹۷.
- ۱۹- شرزهای، غ. و امیر تیموری، س. ۱۳۹۱. تعیین ارزش اقتصادی آب‌های زیرزمینی: مطالعه موردی شهرستان راور، تحقیقات اقتصادی، ۴۷ (۱): ۱۲۸-۱۱۳.
- ۲۰- علیزاده، ا. ۱۳۸۵. اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ بیست و سوم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۸۰۸ ص.
- ۲۱- علیزاده، ا. ۱۳۸۴. بهینه‌سازی سند ملی آلودگی مصرف آب کشاورزی ایران. نیاز خالص آبیاری محصولات تراریختی باغیاریان. جلد ۷: استان چهارمحال و بختیاری. سازمان هواشناسی کشور - وزارت جهاد کشاورزی. ایران.
- ۲۲- فرشی، ع. ا. ۱۳۸۰. مصرف بهینه آب کشاورزی. اولین همایش بررسی مشکلات شبکه‌های آبیاری، زهکشی و مصرف بهینه آب کشاورزی. صص: ۳۶-۳۴.
- ۲۳- قائمی، م. ر. و عطاری، ا. ع. ۱۳۷۹. بررسی کارایی مصرف آب آبیاری در ارقام گندم. چکیده مقالات ششمین کنفرانس علم و مزارعت و اصلاح نباتات ایران، بابلرس.

- ۲۴- کرمی، ص. و سروریان، ج. ۱۳۹۳. اولویت‌بندی کاشت محصولات ایلام با استفاده تلفیقی از نرم افزار Cropwat و تصمیم‌گیری چند معیاره Topsis. دومین‌هاشم‌لیمدیریت‌آبدرمزرعه، موسسه تحقیقات‌آب‌و‌آب، مهر ۱۳۹۳. صص: ۱۴۲-۱۳۵.
- ۲۵- کریمی، م. صدیقی، س. و نصر اصفهانی، ا. ۱۳۸۱. کارایی مصرف‌آبدرمحصولات‌تراعی‌کشور. فصل‌نامه خشکی و خشکسالی. صص: ۵۶-۵۲.
- ۲۶- کشاورز، ع. و حیدری، ن. ۱۳۸۵. نگرشی بر اسراف و ضایع نمودن آب کشور در مراحل تولید و مصرف محصولات کشاورزی، اولین همایش ملی پیشگیری از اتلاف منابع ملی، تهران. صص: ۶۳-۶۸.
- ۲۷- کشاورز، ع. و صادق زاده، ک. ۱۳۸۳. مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی، ماهنامه خبری تخصصی شکر شکن، انتشارات روابط عمومی شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی. ش ۸۳، صص: ۱۰-۶.
- ۲۸- کشاورز، ع. و صادق‌زاده، ک. ۱۳۷۹. مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی. مجموعه مقالات تدهمین همایش کمیته ملی آبیاری یوزدهکشایران .
- ۲۹- لشنی زند، م. ویسکرمی، ا. و پیامنی، ک. ۱۳۹۰. بررسی الگوی مصرف آب‌های سطحی کشاورزی در آبخیزهای کشور. گزارش‌شنهائیطرح‌تحقیقاتی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی. ایران.
- ۳۰- مرکز مدارک علمی. ۱۳۸۳. قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران ۱۳۸۸-۱۳۸۴: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی.

- ۳۱- مشهوری آذر، م. مهاجر دوست، و، و اکرم، ا. ۱۳۸۷. آنالیز انرژی مصرفی و هزینه های تولید محصولات عمده زراعی شهرستان مراغه، مجموعه مقالات پنجمین کنگره مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، مشهد، ۶۸-۷۷.
- ۳۲- ملکی نژاد، ح. و سلیمانی، م. ۱۳۹۰. بررسی شدت خشکسالی های هواشناسی و هیدرولوژیک در حوضه چغلوندی. مجله پژوهش آب ایران. سال پنجم. شماره نهم. صص: ۶۱-۷۲.
- ۳۳- میرابوالقاسمی، ه. ۱۳۷۴. ارزیابی بازده آبیاری در تعدادی از شبکه های سنتی ایران. مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی. مقاله شماره ۲۲.
- ۳۴- میسمی، م. ع. عجب شیر چی، ی و رنجبر، ا. ۱۳۸۷. الگوی مصرف انرژی در تولید برخی محصولات کشاورزی و برآورد شاخص های انرژی در شهرستان بناب، مجموعه مقالات پنجمین کنگره مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، مشهد، ۱۰۸-۱۱۹.
- ۳۵- ناصری، ا. ۱۳۷۷. تحلیل و بهینه سازی مصرف آب تولید محصولات زراعی در مغان. مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- ۳۶- ناصری، ا. ۱۳۷۶. افزایش راندمان آبیاری شیوه ای در بهره برداری پایدار از منابع آب. مرکز تحقیقات کشاورزی مغان.
- ۳۷- نوری، م. ۱۳۸۳. مقایسه آبیاری به روش هیدروفوم با روش مرسوم جوی و سیفون در کشتزارهای نیشکر، ماهنامه خبری تخصصی شکر شکن، انتشارات روابط عمومی شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی. ش ۸۳ صص: ۲۷-۲۰.



- 38- Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes, Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56.
- 39- Clanet, J-C. Andah, W. Condappa, D. de and Lemoalle, J. 2008. Water productivity estimates in the Volta basin (West Africa). Paper presented at the International Forum Water and Food, Addis Ababa, Ethiopia, 10-14 November 2008. Colombo, Sri Lanka: CGIAR Challenge Program on Water and Food.
- 40- Demircan, V., Ekinci, K., Keener, H.M., Akbolat, D., and Ekinci, C. 2006. Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: A case study from Isparta province. Energy Conversion and Management 47: 1761-1769.
- 41- Duan, AW and Zhang, JY (2000). Water use efficiency of grain crops in irrigated farmland in China. Transactions of CSAE 16(4), 41-44.
- 42- Ercolia, L., M. Mariottib, A. Masonib and E. Bonaria, 1999. Effect of irrigation and nitrogen fertilization on biomass yield and efficiency of energy use in crop production of Miscanthus. Field Crops Research, Vol 63. pp 78-81.

- ۴۳- Esengun, K., Gunduz, O., and Erdal, G. ۲۰۰۷. Input–output energy analysis in dry apricot production of Turkey. *Energy Conversion and Management* ۴۸:۵۹۲–۵۹۸.
- ۴۴-Farahani, H. and Oweis, T. ۲۰۰۸. Agricultural water productivity in Karkheh river basin. In: *Improving On-farm Agricultural Productivity in Karkheh River Basin. A Compendium of Review Papers. CGIAR challenge program on water and food. Research Report No.۱.*
- ۴۵- Khan, S., Khan, M.A., Hanjra, M.A., and Mu, J. ۲۰۰۹. Pathways to reduce the environmental footprints of water and energy input in food production. *Food Policy* ۳۴: ۱۴۱-۱۴۹.
- ۴۶- Kijne, J. Barker, R. and Molden, D. (۲۰۰۳). *Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement. Comprehensive assessment of Water Management in Agriculture, Series No. ۱, CABI press, Wallingford, UK, ۳۵۲ p.*
- ۴۷- Kitani, O. CIGR, *Handbook of agricultural engineering volume ۵, Energy & Biomass Engineering.* ۱۹۹۸. ASAE publication
- ۴۸- Lester R. Brown. ۲۰۰۸. *Raising Water Productivity to Increase Food Security.* [www.earth-policy.org/books/pb۴](http://www.earth-policy.org/books/pb۴).

- ۴۹- Liu, J., Zehnder, A. J. B. and Yang, H. ۲۰۰۸. Drops for crops: modeling crop water productivity On a global scale. *Global NEST Journal*, ۱۰(۳), p ۲۹۵-۳۰۰.
- ۵۰- Mateos, L. Mantovani, E and F. J. Villalobos. ۱۹۹۷. Cotton response to non-uniformity of conventional sprinkler irrigation. *Irrigation Science*. Volume ۱۷, Number ۲ :۴۷-۵۲.
- ۵۱- Mohammadi, A., and Omid, M. ۲۰۱۰. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. *Applied Energy* ۸۷: ۱۹۱-۱۹۶.
- ۵۲- Mohammadi, A. S; Rafiee. S; Mohtasebi and Rafiee, H. ۲۰۰۹. Energy inputs-yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran, *Renewable Energy Journal*, ۶۵-۷۲.
- ۵۳- Montazar A and Kosari H (۲۰۰۷) Water productivity analysis of some irrigated crops in Iran. *Proceeding of the international conference of water saving in Mediterranean agriculture and future needs*. Valenzano (Italy). Series B. ۵۶(۱): ۱۰۹-۱۲۰.
- ۵۴- Rosegrant, M. Cai, X and Cline, S. ۲۰۰۲. *World Water and Food to ۲۰۲۵. Dealing with Scarcity*. Washington D.C, International Food Policy Research Institute.
- ۵۵- Samavatean, N., Rafiee, S., Mobil, H., and Mohammadi, A. ۲۰۱۰. An analysis of energy use and relation between energy inputs and yield, costs

and income of garlic production in Iran. *Renewable Energy* (In press). doi:10.1016/j.renene.2010.11.020.

۵۶- Singh, J. M. ۲۰۰۲. On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. MSc. thesis, International Institute of Management, University of Flensburg, Germany.

۵۷- Tsatsarelis, C. A. and Koundouras, D. S. ۱۹۹۴. Energetics of baled alfalfa hay production in Northern Greece. *Agriculture Ecosystems and Environment* ۴۹(۲):۱۲۳-۱۳۰.

۵۸- Zwart, S. J. and Bastiaanssen, W. G. M. ۲۰۰۴. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural Water Management*, ۶۹(۲), p. ۱۱۵-۱۳۳.

## Abstract

Water and energy resources are too limited relative to the highly increasing demand of them. These limitations will be even increased considering the growth of world population. Therefore, more water and energy consumption will be used for higher amount of agricultural productions. Moreover, regarding to the virtual water trade as an approach to compensate water shortage problem, crop production with high amount of water and energy requirements in arid regions may not a rational strategy. The main objective of this research is to determine Water Productivity of spring crops in Lorestan province. Productivity indexes were determined using intensive measured data at 10 selected farmer fields (Red bean, Cucumber and Alfalfa) in the Chaghalvandi plain, during the growing seasons of 2013-14. Results showed that water productivity for Red beans, Cucumber and Alfalfa was 0.18, 1.26 and 1/69 kg/m<sup>3</sup>, respectively. Based on water and agricultural products costs and price of crop selling, the water economic productivity (net return) for Red beans, Cucumber and Alfalfa was computed 1490, 3200 and 3680 Rials/m<sup>3</sup>, respectively. Energy ratio index for Red beans, Cucumber and Alfalfa was 0.41, 0.10 and 3/31, respectively. Accordingly, water- energy productivity was 0.05, 0.19 and 0.31 g/m<sup>3</sup>.kWh for Red beans, Cucumber and Alfalfa, respectively. Results indicated that water and energy management should be considered as an important task in terms of benefit increase in agricultural crops.

**Key Words:** Water productivity, Water economic productivity, Water and energy management, Springcrops, Chaghalvandi plain

Islamic Republic of Iran  
Ministry of Energy

**Lorestan Regional Water Corporation**  
(IWRMC)

Deputy of Research and Technical Affairs  
(Applied Research Plan)

Final Report on:

**Determination of Water Productivity of  
Spring Crops in Lorestan Province  
(Case Study: Chaghalvandi Plain)**

Organization: Research Center of Agricultural and Natural Resource of Lorestan province

Researcher: Morad Sepahvand

Co-Workers: Movahed Sepahvand, Shahram Omidvari, NiazAli Ebrahimi Pak, Abbas Abdoshahi

Date: ۲۰۱۵