

مقاله علمی-پژوهشی

شاخص‌های مدیریت آبیاری در تولید یونجه (مطالعه موردی: استان چهارمحال و بختیاری)

رحیم علیمحمدی نافچی^{۱*}، مهدی اکبری^۲

چکیده

باتوجه به اینکه بخش کشاورزی بخش عمده‌ای از مصارف آب کشور را به خود اختصاص داده است، هر گونه کاهش مصرف آب در این بخش می‌تواند نقش مهمی در کاهش مصرف آب در کشور ایفا نماید. در این پژوهش میزان حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب یونجه در شرایط مدیریت کشاورزان در ۲۷ مزرعه منتخب در روش‌های آبیاری سطحی و بارانی، منابع مختلف آب، خاک، شوری‌های آب آبیاری و ارقام یونجه در استان چهارمحال و بختیاری در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ اندازه‌گیری شد. برای تعیین حجم آب آبیاری از فلوم/کنتور حجمی/ادوات الکترونیکی و یا دبی‌سنج اولتراسونیک استفاده شد. با تعیین دبی جریان، مدت زمان آبیاری میزان آب کاربردی تعیین شد و سایر مشخصات مزرعه از جمله بافت خاک، کیفیت آب و خاک، روش آبیاری، دور آبیاری، نوع شبکه، روش کشت، فصل کشت، ارقام محصول، اقلیم ثبت گردید. اختلاف میانگین حجم آب آبیاری، عملکرد، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی در شهرستان‌های منتخب در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نبود. میانگین حجم آب آبیاری در شهرستان‌های بروجن و شهرکرد به ترتیب ۹۳۷۱ و ۹۰۹۲ با میانگین استانی ۹۲۲۶ مترمکعب در هکتار بدست آمد. عملکرد یونجه نیز در شهرستان‌های منتخب به ترتیب ۱۳۶۶۲ و ۱۱۹۳۰ با میانگین استانی ۱۲۶۹۰ کیلوگرم بر هکتار اندازه‌گیری شد. بهره‌وری آب آبیاری در مزارع منتخب استان چهارمحال و بختیاری بین ۰/۴۶ تا ۲/۹۷ با میانگین استانی ۱/۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. میانگین بهره‌وری آب کاربردی (مجموع آب آبیاری و بارش موثر) ۱/۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب بود. میانگین تبخیر تعرق گیاهی در استان به روش فائو پی‌من-مانتیت و سند ملی آب به ترتیب ۱۵۲۴۰ و ۱۰۷۳۰ مترمکعب بر هکتار به دست آمد. میانگین حجم آب آبیاری مزارع یونجه در مناطق مورد مطالعه در دو روش آبیاری سطحی و بارانی به ترتیب برابر ۱۰۴۷۱ و ۸۴۹۴ مترمکعب در هکتار بود که تفاوت آنها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. با تغییر روش آبیاری از سطحی به بارانی، حجم آب آبیاری حدود ۲۰ درصد کاهش و بهره‌وری آب آبیاری مزارع یونجه ۴۴ درصد (از ۱/۲۰ به ۱/۷۳ کیلوگرم بر مترمکعب) افزایش خواهد یافت. با توجه به نتایج این پژوهش، برای کاهش حجم آب آبیاری و بهبود بهره‌وری آب در تولید یونجه برنامه‌ریزی مناسب آبیاری و استفاده از روش آبیاری بارانی با در نظر گرفتن پایداری املاح در خاک و رعایت شرایط فنی سامانه پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری، عملکرد، روش آبیاری، نیاز خالص آبی

مقدمه

با توجه به روند روزافزون نیاز بخش‌های مختلف به آب، و کاهش ریزش‌های جوی، مشکل کم‌آبی در استان چهارمحال و بختیاری در سال‌های اخیر حادث شده است. در چنین شرایطی یکی از راهکارهای مؤثر و عملی، استفاده بهینه و صرفه‌جویی در مصرف آب در کلیه بخش‌ها و بطور خاص بخش کشاورزی است که بخش

عمده‌ای از مصارف آب را به خود اختصاص داده است. برآورد آب کاربردی در محصولات زراعی و باغی استان، از مهم‌ترین شاخص‌های کلیدی درحسابداری منطقه‌ای آب و برنامه‌ریزی‌های مربوط به تأمین و تخصیص آب به بخش‌های مختلف از جمله بخش کشاورزی است. باتوجه به اینکه یونجه در بیشتر مناطق فاریاب استان کشت می‌شود و بخش قابل‌توجهی از سطح زیرکشت محصولات زراعی استان در شهرستان‌های شهرکرد و بروجن به یونجه اختصاص دارد، لذا بررسی مدیریت و برنامه‌ریزی آبیاری این محصول می‌تواند نقش مؤثری در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای مدیریت آب ایفا نماید. این تحقیق بخش کوچکی از یک طرح کلان اندازه‌گیری میدانی حجم آب آبیاری ۳۵ محصول زراعی، باغی و سبزی و صیفی است که به درخواست معاونت آب و خاک کشور توسط موسسه تحقیقات فنی و

^۱ استادیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران (*- نویسنده مسئول: Nafchi38@gmail.com)
^۲ دانشیار، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج- ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۸

مهندسی کشاورزی انجام و نتایج برخی از این مطالعات نیز منتشر شده است که از آن جمله می‌توان به عباسی و اکبری، ۱۳۹۹؛ باغانی و همکاران، ۱۳۹۷؛ اکبری و همکاران، ۱۳۹۹؛ اکبری و همکاران، ۱۳۹۷؛ عباسی و همکاران، ۱۴۰۰ اشاره کرد. یونجه یکی از گیاهان مهم علوفه‌ای است که به طور گسترده در بسیاری از کشورهای جهان از جمله چین، ایالات متحده، اروپا و استرالیا کاشته می‌شود (Diatta et al., 2021; Zhang et al., 2018). بر اساس گزارش‌های موجود، کل تولید یونجه در جهان سالیانه حدود ۲۱۱ میلیون تن است از حدود ۳۲ میلیون هکتار اراضی یونجه بدست می‌آید (FAOSTAT, 2021; Research and Markets, 2020). نتایج آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی نشان داد که تولید یونجه در ایران در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ حدود ۶/۱ میلیون تن با سطح زیرکشت ۵۶۶ هزار هکتار و متوسط عملکرد ۱۰/۸ تن در هکتار بوده است. از قطب‌های اصلی تولید یونجه در کشور می‌توان به استان‌های چهارمحال و بختیاری، آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، کرمان، همدان، اصفهان، فارس، خوزستان، زنجان، قزوین، مرکزی و خراسان رضوی اشاره کرد (احمدی و همکاران، ۱۴۰۰). نیاز آب آبیاری در یونجه به طول دوره رشد، روش آبیاری، بافت خاک و اقلیم منطقه وابستگی زیادی دارد. سامانه‌های آبیاری سطحی به دلیل داشتن روناب سطحی و نفوذ عمقی، مصرف آب بیشتری نسبت به سامانه‌های بارانی دارند (اکبری و همکاران ۱۳۹۹). یونجه علاوه بر تأمین علوفه دام، با تثبیت زیستی نیتروژن ضمن بهبود حاصلخیزی خاک، به صورت گیاهان پوششی نقش مهمی را در جایگزینی کودهای مصنوعی دارد (Elgharably et al., 2021). یونجه را می‌توان در اقلیم‌ها و بافت‌های مختلف خاک، حتی اراضی شنی و زمین‌های شور-قلیایی با حاصلخیزی ضعیف کشت نمود، ولی تحت شرایط شوری آب و خاک نیاز آبی گیاه افزایش یافته و آبیاری باید بسته به شرایط آب و هوایی، برای تولید محصول اقتصادی انجام شود (Qiu et al., 2021; Zhang et al., 2018). نتایج تحقیقات انجام شده در کالیفرنیا نیز نشان داد که یونجه از گیاهانی است که بیشترین نیاز آبی را دارد و تقریباً بزرگترین مصرف کننده آب در بین گیاهان زراعی کالیفرنیا بوده است (Attram et al., 2016). تنش‌های نامطلوب رایج در محیط رشد گیاه از جمله تنش خشکی و شوری، فتوسنتز و رشد گیاه را تحت تأثیر قرار داده و منجر

به کاهش عملکرد محصول می‌شود. نتایج تحقیقات انجام شده نشان داد که کم آبیاری عملکرد یونجه را کاهش داده است، ولی موجب شده است که از آب ذخیره شده در پروفیل‌های خاک به طور مؤثرتری استفاده شود و بهره‌وری آب افزایش یابد (Djaman et al., 2020; Montazar et al., 2020; Gao et al., 2020). نتایج بررسی‌ها حاکی از آن است که میزان افزایش بهره‌وری آب آبیاری با استفاده از ارقام و رژیم آبیاری مناسب و تأمین نیاز آبی گیاه، مطالعات زیادی را به خود اختصاص داده است. مطالعات نشان می‌دهد که بهره‌وری آب برای تولید یونجه ۰/۸۹ تا ۱/۵۲ و حداکثر ۲ کیلوگرم بر مترمکعب است (Yan et al., 2020; Balik et al., 2001).

در خصوص تأثیر روش‌های آبیاری بر حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری یونجه در کشور نیز تحقیقات زیادی انجام شده است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

برادا^۱ (۲۰۰۵) متوسط آب آبیاری در مناطقی از کلرادو که یونجه به طور کامل آبیاری شده است را ۱۳۳۰۰ مترمکعب در هکتار اعلام و متوسط عملکرد را در این مناطق ۱۰/۱۳ تن علوفه خشک در هکتار با بهره‌وری آب ۰/۸۶ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نمود. لی^۲ و سو^۳ (۲۰۱۷) در یک مطالعه دو ساله در شمال چین با میانگین بارندگی سالانه ۱۶۴/۴ میلی‌متر، با کاربرد مقادیر مختلف آب آبیاری در روش آبیاری بارانی، بهره‌وری آب یونجه را بررسی کردند. نتایج نشان داد که تبخیر تعرق گیاه و عملکرد علوفه‌تر و خشک با کاهش مقدار آب آبیاری کاهش یافت، در حالیکه بهره‌وری آب آبیاری افزایش یافت. تبخیر و تعرق در تیمارهای مختلف از ۴۱۲ تا ۸۰۹ میلی‌متر و عملکرد علوفه خشک از ۱۱۵۷۷ تا ۱۸۶۳۶ کیلوگرم بر هکتار بدست آمد. بدلیل تغییرات بارندگی در سال‌های مورد بررسی، بهره‌وری آب کاربردی علوفه خشک در تیمارهای مختلف ۲/۲۸ تا ۲/۶۸ کیلوگرم بر متر مکعب بدست آمد. در مطالعه‌ای در ایالات متحده آمریکا، عملکرد و بهره‌وری آب یونجه در اراضی دیم دشت بزرگ مرکزی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در این دشت عملکرد محصول یونجه خشک از ۰/۹ تا ۱۹ تن در هکتار متفاوت بوده است و میانگین بهره‌وری آب ۳/۴ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش شده است (Fink et

1 - Berrada

2 - Li

3 - So

al., 2022). در مطالعه دیگری ارزیابی بهره‌وری آب یونجه خشک تحت آبیاری سامانه آبیاری سنتریپوت در سه پروژه مختلف در سودان مورد بررسی قرار گرفت نتایج این تحقیق نشان داد که بهره‌وری آب در سه منطقه مورد مطالعه به‌ترتیب، ۰/۴۵، ۰/۳۸ و ۰/۲۷ کیلوگرم بر متر مکعب و این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار بوده است

(Abdeldaim et al., 2018). هدف اصلی این تحقیق، تعیین بهره‌وری آب و حجم آب آبیاری یونجه سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی در شهرستان‌های شهرکرد و بروجن استان چهارمحال و بختیاری تحت مدیریت کشاورزان و برآورد کل آب آبیاری برداشتی از منابع سطحی و زیرزمینی برای تولید یونجه در این استان بود.

جدول ۱- حجم آب کاربردی، عملکرد و کارایی مصرف آب یونجه در برخی از نقاط کشور با کاربرد سامانه آبیاری بارانی و سطحی

ملاحظات	منابع	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	حجم آب کاربردی (مترمکعب بر هکتار)
سنتریپوت بردسیر کرمان	حیدری (۱۳۹۰)	۱/۴۶	۱۱۱۵۰	۷۶۲۵
بارانی صفی آباد	خرمیان و همکاران (۱۳۹۱)	۲/۱۱	۱۶۲۷۰	۷۷۱۱
سطحی صفی آباد	"	۰/۴۹	۱۱۵۰۰	۲۳۴۷۰
قزوین- سطحی همدان	قدیمی و سیدان ۱۳۹۴			۱۲۴۴۷
بارانی همدان	"			۷۸۷۵
سطحی خراسان رضوی	حقایقی مقدم ۱۳۸۹	۰/۳۵	۷۹۰۰	۲۳۸۳۰-۱۲۲۶۵
سطحی حوضه هنام	لشنی‌زند و همکاران ۹۳	۱/۶۹	۱۸۲۷۰	۹۸۳۰
سطحی خوزستان	بهنام و همکاران ۹۳	۰/۵۲-۱/۰۹	۸۷۰۰-۱۵۰۰۰	۱۱۱۲۸-۲۷۲۵۴
سطحی چهارمحال و بختیاری	علیمحمدی (۲۰۱۶)		۱۵۰۷۴	۱۷۳۳۳
کلاسیک ثابت قزوین	غلامی و همکاران ۱۳۹۵	۰/۲-۱/۷۶		۱۰۰۰۰-۱۸۲۵۴
سنتریپوت قزوین	"			۸۵۳۰-۱۷۲۲۵
لینیر قزوین	"			۱۰۰۰۰
سطحی چناران مشهد	وفابخش ۱۳۹۶	۰/۸۵	۱۳۹۰۰	۱۷۵۵۰
سطحی تربت جام مشهد	"	۱/۲۴	۲۱۵۰۰	۱۷۲۶۰
سطحی همدان	بهراملو ۲۰۱۹			۱۳۵۰۰
بارانی همدان	"			۷۸۷۵
بارانی آبیک قزوین	ابراهیمیان و همکاران ۲۰۱۹	۱/۳۴	۱۴۱۰۰	۱۱۱۵۲
بارانی بوئین زهرا قزوین	"	۰/۸۵	۱۲۰۰۰	۱۲۶۷۲
بارانی تاکستان قزوین	"	۰/۵۴	۸۱۰۰	۱۶۴۰۹
بارانی قزوین	"	۰/۹۸	۷۴۵۰	۱۲۷۸۷
بارانی البرز	"	۰/۴	۴۵۰۰	۱۱۷۴۵
سطحی زنجان	اوجاقلو و همکاران ۲۰۲۳	۰/۸۳	۶۵۰۰-۱۴۱۰۰	۹۸۴۹-۲۰۵۷۶
بارانی زنجان	"	۰/۱۲-۲/۱۱	۴۵۰۰-۲۱۵۰۰	۷۶۲۵-۲۷۲۵۴

مواد و روش‌ها

طول فصل زراعی (۱۳۹۷-۱۳۹۸) اندازه‌گیری شد. مزارع منتخب در شهرستان‌های مختلف با نظر کارشناسان معاونت تولیدات گیاهی، مدیریت هماهنگی ترویج و مدیریت آب و خاک سازمان‌های جهاد کشاورزی استان با توجه به منابع آبی/مزارع سنتی و پیشرو شناسایی و انتخاب شدند. طرح آماری (نمونه‌گیری) طبقه‌ای نظام‌دار برای این

با توجه به اینکه اندازه‌گیری حجم آب آبیاری و عملکرد محصول در تمام مزارع استان امکان‌پذیر نبود، حجم آب آبیاری و عملکرد یونجه به صورت میدانی و تحت مدیریت کشاورزان در شهرستان‌های بروجن و شهرکرد که از قطب‌های اصلی تولید یونجه در استان هستند در

تحقیق انتخاب شد. بدین ترتیب که جامعه آماری به طبقات و گروه‌های مجزا تقسیم و نمونه‌های مورد مطالعه به صورت تلفیقی از روش تصادفی و نظام‌دار انتخاب شدند. انتخاب شهرستان‌ها و مزارع با توجه اهداف طرح، به صورت هدف‌دار انتخاب شدند که عوامل مختلف از جمله انواع روش آبیاری، بافت خاک و کیفیت آب آبیاری را پوشش دهند و نماینده کشاورزان منطقه مورد مطالعه باشند. با توجه به موارد فوق تعداد ۲۷ مزرعه انتخاب شد. برخی از مشخصات مزارع از قبیل مساحت، موقعیت دقیق مکانی با GPS تعیین شد. برای تعیین حجم آب آبیاری از فلوم/کنتور حجمی/ادوات الکترونیکی و یا دبی‌سنج

اولتراسونیک استفاده شد. با تعیین دبی جریان، مدت زمان آبیاری میزان آب کاربردی تعیین شد و سایر مشخصات مزرعه از جمله بافت خاک، کیفیت آب و خاک، روش آبیاری، دور آبیاری، نوع شبکه، روش کشت، فصل کشت، ارقام محصول، اقلیم ثبت گردید که برخی از این مشخصات در جدول ۲ ارائه شده است با توجه به تغییرات احتمالی دبی آب در طول فصل رشد، دبی منبع آبی طی چند نوبت در طول فصل زراعی اندازه‌گیری شد. تعداد نوبت‌های آبیاری و مدت زمان هر نوبت آبیاری نیز برای هر یک از مزارع یونجه ثبت گردید.

جدول ۲- برخی از مشخصات آب و خاک مزارع منتخب یونجه در استان چهارمحال و بختیاری

کد مزرعه	سطح سواد	اقلیم	روش آبیاری	سطح کل ha	سطح یونجه ha	بافت خاک	دبی (L/s)	شوری آب (dS/m)	شوری خاک (dS/m)
A1	سیکل	مدیترانه ای سرد	بارانی	۲۵	۳	silty clay	۳۸	۰/۴	۰/۵
A2	ششم ابتدایی	نیمه خشک سرد	بارانی	۳۸	۴	clay loam	۲۸	۰/۴	۰/۴
A3	ششم ابتدایی	مدیترانه ای سرد	بارانی	۱۰	۵	clay loam	۴۰	۰/۳	۱/۱
A4	دیپلم	مدیترانه ای سرد	بارانی	۷۵	۱	silty clay	۶۵	۰/۷	۰/۵
A5	سیکل	نیمه خشک سرد	بارانی	۷۲	۴	silty clay	۳۵	۰/۶	۰/۶
A6	ابتدایی	نیمه خشک سرد	سطحی	۲۴	۳	silty clay	۷	۰/۶	۰/۷
A7	ابتدایی	مرطوب فراسرد	سطحی	۱۸	۲	silty clay	۷/۵	۰/۵	۰/۵
A8	ابتدایی	مرطوب فراسرد	بارانی	۱۶	۹	silty clay	۱۰	۰/۵	۰/۶
A9	سیکل - دیپلم	مرطوب فراسرد	بارانی	۱۲	۴	clay loam	۱۰	۰/۵	۰/۴
A10	سیکل	مرطوب فراسرد	سطحی	۲۲	۳	silty clay	۱۴	۰/۵	۱/۲
A11	دیپلم	نیمه خشک	سطحی	۴۵	۶	silty clay	۳۸/۵	۰/۴	۰/۵
A12	دیپلم	نیمه خشک سرد	بارانی	۲۵	۲	silty clay	۳۰/۶	۰/۴	۰/۴
A13		مدیترانه ای سرد	سطحی	۳۵	۲	clay loam	۴۵	۰/۶	۰/۷
A14	فوق دیپلم	نیمه خشک سرد	سطحی	۸۹	۶	clay loam	۷۵	۰/۴	۱/۳
A15		نیمه خشک سرد	بارانی	۴۵	۲	silty clay	۳۰/۹	۳/۱	۰/۷
A16	لیسانس	نیمه خشک	سطحی	۳۵	۵	clay loam	۳۲	۰/۹	۱
A17	خواندن	نیمه خشک	بارانی	۳۷	۱۰	clay loam	۲۴	۰/۹	۱/۵
A18		نیمه خشک سرد	بارانی	۲۲	۷	silty clay	۲۵	۱/۸	۲/۳
A19	دیپلم	نیمه خشک	بارانی	۲۶	۳	silty clay	۱۸	۰/۴	۰/۵
A20		نیمه مرطوب	بارانی	۲۳	۸	clay loam	۱۲	۰/۵	۰/۵
A21	سیکل	نیمه مرطوب	بارانی	۱۴	۲	silty clay	۸	۰/۷	۰/۷
A22		نیمه خشک	بارانی	۲۰	۳	silty clay	۸	۰/۷	۰/۷
A23		مدیترانه ای	بارانی	۳۵	۱۰	silty clay	۳۵	۰/۸	۰/۸
A24		مرطوب فراسرد	سطحی	۱۷	۷	clay loam	۱۵	۰/۴	۱
A25	فوق لیسانس	مرطوب فراسرد	سطحی	۹۸	۱۰	silty clay	۴۵	۰/۳	۱/۵
A26		مرطوب فراسرد	سطحی	۳۷	۲	clay loam	۱۹	۰/۳	۰/۸
A27		مرطوب فراسرد	بارانی	۲۲	۶	clay loam	۱۴	۰/۶	۱

است، میزان بارش مؤثر در طول دوره رشد محصول با استفاده از روش USDA-SCS (Bos et al., 2008) برآورد و شاخص دیگری تحت عنوان بهره‌وری آب کاربردی (آب آبیاری و بارش مؤثر) به صورت نسبت عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار) به مجموع حجم آب آبیاری توسط بهره‌بردار و بارش مؤثر (مترمکعب بر هکتار) تعریف و محاسبه شد؛ به عبارت دیگر در شاخص بهره‌وری آب کاربردی، بجای حجم آبی که توسط بهره‌بردار برای تولید یونجه وارد مزرعه شده، از مجموع حجم آب آبیاری و بارندگی مؤثر استفاده شد. برای بررسی تغییرات عملکرد، حجم آب آبیاری، حجم آب کاربردی و شاخص بهره‌وری آب در تولید یونجه در شهرستان‌های منتخب استان از تحلیل واریانس استفاده شد. نظر به ماهیت اندازه‌گیری‌ها، هر مزرعه یونجه به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد.

برای بررسی کفایت تعداد اندازه‌گیری حجم آب کاربردی، عملکرد یونجه و بهره‌وری آب (تعداد مزارع انتخاب و اندازه‌گیری شده) از رابطه ۲ استفاده شد (سرمد و همکاران، ۱۳۸۰).

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{(\bar{X} - \mu)^2} \quad (2)$$

که در آن، n = تعداد اندازه‌گیری‌های لازم برای تحلیل واریانس عملکرد، حجم آب آبیاری/کاربردی در تولید یونجه و بهره‌وری آب در سطح استان، Z = برای سطح اعتماد ۹۵ درصد، $Z = 1.96$ در نظر گرفته شد، σ^2 = واریانس جمعیت و $\bar{X}$ میانگین اندازه‌گیری‌ها است.

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل آماری نتایج شاخص‌های حجم آب آبیاری، عملکرد نشان داد که تعداد اندازه‌گیری‌های لازم در استان چهارمحال و بختیاری در خصوص آب آبیاری و عملکرد به ترتیب ۲۷ و ۲۶ مزرعه و تعداد اندازه‌گیری‌های انجام شده ۲۷ مزرعه است. این نتایج نشان داد که تعداد اندازه‌گیری‌های آب آبیاری و عملکرد اندازه‌گیری شده در مزارع یونجه برابر تعداد اندازه‌گیری‌های لازم است، بنابراین کفایت داده‌ها برای تحلیل آماری این کمیت قابل اعتماد است. نتایج تجزیه واریانس حجم آب آبیاری، آب کاربردی، بهره‌آب آبیاری، بهره‌وری آب کاربردی و عملکرد یونجه در شهرستان‌های بروجن و شهرکرد استان چهارمحال و بختیاری نشان داد که تفاوت این

در مزارع منتخب استان چهارمحال و بختیاری بیش از ۳ رقم یونجه کشت شده بود. رقم همدانی با ۶۳ درصد نسبت به سایر ارقام از درصد فراوانی بیشتری برخوردار بود. رقم رنجر ۳۰ درصد مزارع یونجه استان را به خود اختصاص داد و در رتبه دوم قرار گرفت. از نظر سطح سواد، بیشتر بهره‌برداران دارای سواد راهنمایی تا دیپلم بودند، ۳۳ درصد از بهره‌برداران مورد مطالعه بی‌سواد یا دارای سواد ابتدایی، ۴۵ درصد دارای سواد راهنمایی تا دیپلم و ۲۲ درصد بهره‌برداران سواد دانشگاهی داشتند. از میان بهره‌برداران مورد مطالعه، ۲۶ درصد بهره‌برداران پیشرو و حدود ۴۳ درصد از بهره‌برداران پیشرو دارای سواد دانشگاهی و مابقی سواد راهنمایی و دیپلم داشتند. ۶۳ درصد از بهره‌برداران پیشرو از روش‌های آبیاری تحت فشار (بارانی) برای آبیاری مزارع خود استفاده می‌کردند. هدایت الکتریکی آب آبیاری در مزارع منتخب از ۰/۳ تا ۱/۸ با میانگین ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر بوده و شوری آب آبیاری تمام مزارع منتخب کمتر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر بود. شوری عصاره اشباع خاک در مزارع یونجه مورد مطالعه نیز بین ۰/۴ تا ۲/۳ با میانگین ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر بود. بیش از ۹۰ درصد از مزارع دارای شوری کمتر از ۲ دسی‌زیمنس بر متر بودند. نیاز آبی خالص گیاه بر اساس داده‌های نزدیکترین ایستگاه‌های هواشناسی شهرکرد و بروجن برای سال انجام تحقیق و ده سال گذشته به روش پنمن مانیت-فائو (Allen et al., 1998) محاسبه و با مقادیر نیاز آبی ارائه شده در سند ملی (Netwat)، مقایسه شد. شاخص بهره‌وری آب آبیاری از نسبت مقدار عملکرد محصول یونجه خشک شده (کیلوگرم بر هکتار) به حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) که توسط بهره‌بردار وارد مزرعه شده بود، به دست آمد؛ به عبارت دیگر شاخص بهره‌وری آب آبیاری در تولید یونجه از رابطه ۱ به دست آمد (Molden et al., 1998):

$$WP = \frac{CY}{V_{(irr)}} \quad (1)$$

که در آن، WP بهره‌وری آب آبیاری در تولید یونجه خشک (کیلوگرم بر مترمکعب)، CY عملکرد یونجه خشک شده (کیلوگرم در هکتار) و $V_{(irr)}$ حجم آب آبیاری در تولید یونجه (مترمکعب در هکتار) است. با توجه به اینکه بارش مؤثر در هر منطقه نقش مؤثری در تولید محصول یونجه دارد که در شاخص بهره‌وری آب آبیاری دیده نشده

شاخص‌ها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیست (جدول ۳).
 حجم آب آبیاری، آب کاربردی و عملکرد یونجه در شهرستان‌های
 شهرکرد (۹۰۹۲، ۹۳۲۶ مترمکعب در هکتار و ۱۱۹۳۰ کیلوگرم در
 هکتار) و در شهرستان بروجن (۹۳۷۱، ۹۴۸۰ مترمکعب در هکتار و
 ۱۳۶۶۲ کیلوگرم در هکتار) برآورد گردید (جدول ۴).

جدول ۳- تحلیل واریانس حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب در تولید یونجه در شهرستان‌های استان چهارمحال و بختیاری

منبع تغییرات	درجه آزادی	آب آبیاری (m^3/ha)	آب آبیاری+بارش (m^3/ha)	عملکرد (kg)	بهره‌وری آب (kg/m^3)	بهره‌وری آب+بارش (kg/m^3)
بین شهرستان‌ها	۱	۵۲۲۲۰۸ ns	۱۶۱۰۸۱ ns	۲/۳۷×۱۰ ^۷ ns	۰/۰۷۳ ns	۰/۱۰۷ ns
درون شهرستان‌ها	۲۵	۲/۱۰×۱۰ ^۸	۲/۱۰×۱۰ ^۸	۲/۹۳×۱۰ ^۸	۱۰/۶۶	۹/۹۵
کل استان	۲۶	۲/۱۰×۱۰ ^۸	۲/۱۰×۱۰ ^۸	۲/۱۰×۱۰ ^۸	۱۰/۷۳	۱۰/۰۵

ns غیر معنی دار و * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۴- میانگین حجم آب آبیاری، آب کاربردی، عملکرد، بهره‌وری آب آبیاری و آب کاربردی مزارع یونجه در شهرستان‌های منتخب استان

شهرستان	روش آبیاری	طول دوره رشد روز	تعداد آبیاری	آب آبیاری m^3/ha	آب کاربردی m^3/ha	عملکرد kg/ha	بهره‌وری آب آبیاری kg/m^3	بهره‌وری آب کاربردی kg/m^3
بروجن	بارانی	۱۴۶	۲۰	۹۳۵۴	۹۴۶۴	۱۴۹۹۳	۱/۷۱	۱/۶۹
	سطحی	۱۴۸	۱۶	۱۰۱۵۸	۹۵۱۷	۱۰۶۶۷	۱/۲۱	۱/۲۷
	میانگین	۱۴۷	۱۹	۹۳۷۱	۹۴۸۰	۱۳۶۶۲	۱/۵۸	۱/۵۶
شهرکرد	بارانی	۱۳۶	۱۷	۷۵۲۶	۷۷۶۰	۱۲۴۰۳	۱/۷۵	۱/۶۹
	سطحی	۱۳۲	۱۵	۱۱۱۸۰	۱۱۴۱۴	۱۱۳۰۰	۱/۱۴	۱/۱۱
	میانگین	۱۳۴	۱۶	۹۰۹۲	۹۳۲۶	۱۱۹۳۰	۱/۴۹	۱/۴۴
میانگین استان	بارانی	۱۴۱	۱۹	۸۴۹۴	۸۶۶۲	۱۳۷۷۴	۱/۷۳	۱/۶۹
	سطحی	۱۳۸	۱۵	۱۰۴۷۱	۱۰۶۵۵	۱۱۰۴۷	۱/۲۰	۱/۱۷
	میانگین	۱۴۰	۱۷	۹۲۲۶	۹۴۱۷	۱۲۶۹۰	۱/۵۳	۱/۵۰

چهارمحال و بختیاری بسته به شرایط آب و هوایی، شرایط مدیریت
 زارع از حدود ۵۳۰۰ مترمکعب بر هکتار تا نزدیک به ۱۸۰۰۰ با
 انحراف معیار ۲۸۴۴ مترمکعب در هکتار متفاوت بود (جدول ۵).
 میانگین حجم آب کاربردی در شهرستان‌های بروجن و شهرکرد به
 ترتیب ۹۴۸۰ و ۹۳۲۶ مترمکعب بر هکتار بود که با میانگین استانی
 این شاخص‌ها (۹۴۱۷ مترمکعب بر هکتار) اختلاف معنی‌داری نداشت.
 نتایج این پژوهش با نتایج بیشتر تحقیقات انجام شده در کشور از

بر اساس نتایج اندازه‌گیری‌های حجم آب آبیاری در ۲۷ مزرعه
 یونجه در استان چهارمحال و بختیاری، میانگین میزان آب آبیاری
 مزارع یونجه این استان ۹۲۲۶ متر مکعب در هکتار بدست آمد. (جدول
 ۴). همانطوری که در جدول ۴ نشان داده شده است، میانگین حجم
 آب آبیاری مزارع در شهرستان‌های شهرکرد و بروجن به ترتیب ۹۰۹۲
 و ۹۳۷۱ متر مکعب در هکتار بود و نشان داد که این اختلاف از نظر
 آماری معنی دار نیست. تغییرات حجم آب آبیاری یونجه در استان

جمله اوجاقلو و همکاران (۲۰۲۳)، حقایقی مقدم و همکاران (۱۳۸۹)، دارد.
خرمیان و همکاران، (۱۳۹۱) ابراهیمیان و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت

جدول ۵- تغییرات حجم آب آبیاری، عملکرد، بهره‌وری آب آبیاری در استان چهارمحال و بختیاری

شهرستان	روش آبیاری	آب آبیاری m^3/ha			عملکرد kg/ha			بهره‌وری آب آبیاری kg/m^3		
		حداقل	حداکثر	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	انحراف معیار
بارانی		۵۳۹۵	۱۱۷۶۰	۱۹۶۶	۸۰۹۴	۱۴۹۳۹	۲۳۹۳	۰/۶۴	۲/۹۷	۰/۶۵
میانگین استان سطحی		۵۳۳۵	۱۷۸۲۰	۳۷۰۹	۶۵۳۰	۱۹۶۶۴	۳۷۲۸	۰/۴۶	۱/۹۶	۰/۵۰
میانگین		۵۳۳۵	۱۷۸۲۰	۲۸۴۴	۶۵۳۰	۱۹۶۶۴	۳۴۹۰	۰/۴۶	۲/۹۷	۰/۶۴

نتایج اندازه‌گیری‌های عملکرد خشک یونجه در ۲۷ مزرعه یونجه در استان چهارمحال و بختیاری نشان داد که عملکرد یونجه خشک در شهرستان‌های بروجن و شهرکرد به ترتیب ۱۳۶۶۲ و ۱۱۹۳۰ کیلوگرم بر هکتار با میانگین استانی ۱۲۶۹۰ کیلوگرم بر هکتار یونجه خشک بوده است (جدول ۴). اگر چه عملکرد یونجه خشک در شهرستان بروجن اندکی بیشتر از شهرستان شهرکرد بود، ولی این اختلاف از نظر آماری معنی دار نشد (جدول ۴). نتایج تغییرات عملکرد یونجه خشک شده در استان چهارمحال و بختیاری بسته به شرایط آب و هوایی، میزان بارش، شرایط مدیریت زارع از حدود ۶۵۰۰ تا حدود ۲۰۰۰۰ با میانگین ۱۲۶۹۰ و انحراف معیار ۳۴۹۰ کیلوگرم بر هکتار متغیر بود و نشان داد که با مدیریت مناسب مزارع استان می‌توان به عملکردهای بالا دست یافت (جدول ۵). نتایج اکثر تحقیقات انجام شده در کشور از جمله حقایقی مقدم و همکاران (۱۳۸۹)، حیدری (۱۳۹۰)، علیمحمدی نافچی مقدم (۲۰۱۶) و ابراهیمیان و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که متوسط عملکرد یونجه خشک در کشور ۴۰۰۰ تا حدود ۱۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار است ولی نتایج برخی از محققین از جمله مجیدی (۱۳۷۶)، وفابخش و حقایقی (۱۳۹۶)، نشان داد که با استفاده از روش‌های بهبود مدیریت زراعی می‌توان به عملکردهای بیش از ۲۰۰۰۰ کیلوگرم در هکتار دست یافت که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

بهره‌وری آب آبیاری و آب کاربردی در تولید یونجه

نتایج تجزیه و تحلیل انجام شده (جدول ۳) نشان داد که تفاوت بهره‌وری آب آبیاری و آب کاربردی در تولید یونجه در شهرستان‌های

بروجن و شهرکرد در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیست. نتایج اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای نشان داد که شاخص بهره‌وری آب آبیاری یونجه در شرایط مدیریت زارع در شهرستان‌های بروجن و شهرکرد بسیار متفاوت و از کمتر از ۰/۵ تا بیش از ۲/۹ با انحراف معیار ۰/۶۲ کیلوگرم بر مترمکعب بود (جدول ۵). میانگین این شاخص در شهرستان‌های بروجن و شهرکرد به ترتیب ۱/۵۸ و ۱/۴۹ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد که با میانگین استانی ۱/۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب اختلاف معنی داری نداشت. دلیل اصلی تغییرات جزئی بهره‌وری آب آبیاری، به تفاوت عملکرد محصول، حجم آب آبیاری و حجم آب کاربردی مربوط می‌شود. نتایج محاسبات بهره‌وری آب کاربردی در تولید یونجه خشک در مزارع استان نشان داد که تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین شاخص بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی مشاهده نمی‌شود. به عبارت دیگر به علت بارش مؤثر بسیار کم (۲۰ میلیمتر) در طول دوره رشد یونجه در این استان اختلاف این دو شاخص ناچیز و قابل چشم‌پوشی است (جدول ۴). بدیهی است که شاخص بهره‌وری آب کاربردی، به حجم آب آبیاری، بارش مؤثر و عملکرد محصول وابسته است و مجموع تغییرات در این شاخص نمایان می‌شود. حجم آب کاربردی و عملکرد محصول نیز به عوامل زیادی از جمله میزان دسترسی به آب، روش آبیاری، مدیریت زراعی، اقلیم، تغذیه، آفات و بیماری‌ها و ... بستگی دارد. نتایج بهره‌وری آب محاسبه شده در این تحقیق با بیشتر نتایج ارائه شده در تحقیقات مختلف از جمله تحقیقات، کاو و همکاران (۲۰۱۶ و ۲۰۱۷)، عبدالدائم و همکاران (۲۰۱۸)، لی و همکاران (۲۰۱۷)، غلامی و همکاران (۱۳۹۵) و ابراهیمیان و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد.

تاثیر روش‌های آبیاری بر حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب

روش آبیاری سطحی یکی از روش‌های معمول در آبیاری مزارع یونجه است و هم اکنون نیز در بخش‌های مختلف استان چهارمحال و بختیاری از روش آبیاری سطحی برای آبیاری مزارع یونجه استفاده می‌شود، ولی در دهه‌های اخیر به علت کمبود شدید آب در استان،

استفاده از انواع روش‌های آبیاری بارانی مرسوم شده است، بطوری که بیش از ۵۰ درصد از مزارع یونجه در استان چهارمحال و بختیاری به سامانه‌های آبیاری بارانی مجهز شده‌اند. نتایج تجزیه واریانس حجم آب آبیاری، آب کاربردی، بهره‌آب آبیاری، بهره‌وری آب کاربردی و عملکرد یونجه در روش‌های آبیاری سطحی و بارانی در استان چهارمحال و بختیاری نشان داد که تاثیر روش‌های آبیاری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است (جدول ۶).

جدول ۶- تحلیل واریانس حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب در تولید یونجه در روش‌های آبیاری سطحی و بارانی در استان چهارمحال و بختیاری

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات			
		آب آبیاری	آب آبیاری+بارش	عملکرد	بهره‌وری آب
بین روش‌ها	۱	$3/08 \times 10^7$ *	$3/08 \times 10^7$ *	$4/71 \times 10^7$ *	$1/69$ *
درون روش‌ها	۲۵	$1/79 \times 10^8$	$1/79 \times 10^8$	$2/70 \times 10^8$	$9/04$
کل	۲۶	$2/10 \times 10^8$	$2/10 \times 10^8$	$3/17 \times 10^8$	$10/73$

ns غیر معنی دار و * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

نتایج ارزیابی میزان آب آبیاری در ۲۷ مزرعه یونجه در استان نشان داد که تغییرات حجم آب آبیاری در روش سطحی از حدود ۵۳۰۰ تا نزدیک به ۱۸۰۰۰ مترمکعب بر هکتار با میانگین ۱۰۴۷۰ و انحراف از معیار ۳۷۰۹ مترمکعب در هکتار و در روش بارانی از ۵۴۰۰ تا حدود ۱۲۰۰۰ با میانگین ۸۴۹۴ و انحراف از معیار ۱۹۶۶ مترمکعب در هکتار متغیر بوده است (جدول ۵). نتایج اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای نشان داد که میانگین میزان آب آبیاری یونجه در شرایط مدیریت زارع در شهرستان بروجن در روش‌های آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ۹۳۵۴ و ۱۰۱۵۸ مترمکعب در هکتار و در شهرستان شهرکرد ۷۵۲۶ و ۱۱۱۸۰ مترمکعب در هکتار بود. اگرچه میانگین حجم آب آبیاری در روش آبیاری بارانی نسبت به آبیاری سطحی حدود ۲۰ درصد کاهش یافته است ولی نتایج اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای نشان داده است که برخی از مزارع که به روش بارانی نیز آبیاری می‌شوند از مدیریت مناسب آبیاری برخوردار نبوده و حجم آب آبیاری بیش از مقدار قابل انتظار

است. در روش آبیاری سطحی بیشترین تلفات مربوط به نفوذ عمقی و رواناب سطحی است، در حالی که در آبیاری بارانی این امکان وجود دارد که آب بصورت یکنواخت در سطح مزرعه توزیع گردد و مصرف آب تا حد زیادی کاهش یابد. مقایسه میانگین آب داده شده به مزارع شهرستان‌های بروجن و شهرکرد، در روش آبیاری بارانی و سطحی نشان می‌دهد که حجم آب آبیاری در روش آبیاری بارانی حدود ۲۰ درصد نسبت به روش سطحی کاهش یافته است. براساس نتایج آزمون آماری انجام شده، اختلاف آب آبیاری در روش‌های سطحی و بارانی از نظر آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج برخی از تحقیقات انجام شده در ایران از جمله اوجاقلو و همکاران (۲۰۲۳)، ابراهیمیان و همکاران (۲۰۱۹) و نتایج جهانی (Abdeldaim, 2018; Cavero et al., 2016 and 2017; Djaman et al., 2020; Yan et al., 2020) نیز حاکی از آن است که آب آبیاری محصول یونجه در روش‌های نوین آبیاری

نسبت به روش سطحی حدود ۱۰ تا ۳۰ درصد کاهش یافته است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده نشان داد که عملکرد یونجه خشک در مزارع مختلف در روش آبیاری بارانی از ۶۵۳۰ تا حدود ۲۰۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار متغیر و دارای میانگین ۱۳۷۷۴ و انحراف معیار ۳۴۹۰ کیلوگرم بر هکتار است. این شاخص در روش آبیاری سطحی از ۸۰۰۰ تا نزدیک به ۱۵۰۰۰ و با میانگین ۱۱۰۴۷ و انحراف معیار ۲۳۹۲ کیلوگرم بر هکتار تعیین شد (جدول ۵). بین مقادیر عملکرد محصول در روش آبیاری سطحی و بارانی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده شد (جدول ۶) و میانگین عملکرد یونجه خشک در روش آبیاری بارانی ۲۷۲۷ کیلوگرم بر هکتار (۲۵ درصد) بیشتر از روش آبیاری سطحی بود. نتایج اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای عملکرد یونجه خشک در شهرستان‌های بروجن و شهرکرد نشان داد که میانگین این شاخص در شرایط مدیریت زارع در شهرستان بروجن در روش‌های آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ۱۴۹۹۳ و ۱۰۶۶۷ کیلوگرم بر هکتار و در شهرستان شهرکرد ۱۲۴۰۳ و ۱۱۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار بود. این نتایج نشان داد که بطور میانگین استفاده از روش‌های آبیاری بارانی توانست علاوه بر کاهش ۲۰ درصدی حجم آب آبیاری، عملکرد محصول را افزایش دهد و نقش مؤثری در افزایش تولید یونجه خشک در استان چهارمحال و بختیاری داشته باشد. که با نتایج او جاقلو و همکاران (۲۰۲۳) در استان زنجان مطابقت دارد.

میانگین بهره‌وری آب آبیاری یونجه در روش‌های آبیاری سطحی و بارانی در استان چهارمحال و بختیاری به ترتیب معادل ۱/۲ و ۱/۷۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود (جدول ۴). نتایج بهره‌وری آب آبیاری در روش‌های مختلف آبیاری در این استان نشان داد که بهره‌وری آب آبیاری یونجه خشک در روش آبیاری بارانی افزایش یافته است و با روش آبیاری سطحی اختلاف معنی‌داری دارد (جدول ۶). با توجه به اینکه میزان آب آبیاری در روش آبیاری بارانی ۲۰ درصد نسبت به روش سطحی کاهش یافته بود و عملکرد محصول نیز ۲۵ درصد افزایش داشت. نتایج

تجزیه و تحلیل بهره‌وری آب آبیاری در شهرستان‌های بروجن و شهرکرد نشان داد که میانگین این شاخص در شرایط مدیریت زارع در شهرستان بروجن در روش‌های آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ۱/۷۱ و ۱/۲۱ کیلوگرم بر متر مکعب و در شهرستان شهرکرد ۱/۷۵ و ۱/۱۴ کیلوگرم بر متر مکعب بود. افزایش بهره‌وری آب آبیاری در روش آبیاری بارانی نیز ناشی از افزایش عملکرد و استفاده بهینه از آب آبیاری بوده است. بر اساس این نتایج میانگین بهره‌وری آب آبیاری در روش‌های آبیاری سطحی و بارانی در استان چهارمحال و بختیاری به ترتیب ۱/۲۰ و ۱/۷۳ کیلوگرم بر متر مکعب تعیین شد (جدول ۴) و می‌توان گفت که بهره‌وری آب آبیاری در روش آبیاری بارانی نسبت به آبیاری سطحی ۴۴ درصد افزایش داشته است و این افزایش از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۶). میانگین بهره‌وری آب کاربردی یونجه در روش‌های آبیاری سطحی و بارانی به ترتیب معادل ۱/۱۷ و ۱/۶۹ کیلوگرم بر مترمکعب بود که با مقادیر بهره‌وری آب آبیاری اختلافی قابل ملاحظه‌ای نداشت. نتایج بهره‌وری آب محاسبه شده در این تحقیق با برخی نتایج ارائه شده در تحقیقات مختلف از جمله خرمیان و همکاران (۱۳۹۱)، وفابخش و حقایقی (۱۳۹۶)، غلامی و همکاران (۹۵۸۷)، لشنی زند و همکاران (۱۳۹۳) و ابراهیمیان و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد.

نیاز ناخالص آبیاری و میزان آب آبیاری مزارع یونجه در شهرستان‌های منتخب

برای تعیین نیاز خالص آبیاری ابتدا مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع براساس داده‌های هواشناسی سال انجام تحقیق (۱۳۹۸-۱۳۹۷) با استفاده از نرم‌افزار Et Calculator و روش پنمن مانیتث (Allen et al., 1998) برآورد و با اعمال ضریب گیاهی یونجه، میزان تبخیر تعرق گیاهی یونجه تعیین شد. سپس با در نظر گرفتن میزان بارش مؤثر در طول دوره رشد، نیاز خالص آبیاری برای کل فصل رشد گیاه یونجه در شهرستان‌های مختلف استان محاسبه و با مقادیر ارائه شده در سند ملی آب

کشور (Netwat)، مقایسه شد (جدول ۷). نتایج تجزیه و تحلیل نیاز خالص آبیاری در شهرستان‌های منتخب استان نشان داد که میانگین نیاز خالص آبیاری ارائه شده در سند ملی آب کشور، در شهرستان‌های بروجن و شهرکرد حدود ۳۰ درصد کمتر از مقدار نیاز خالص آبیاری برآورد شده بر اساس داده‌های سال انجام تحقیق است. از جمله عوامل تاثیرگذار در این خصوص، می‌توان به تغییرات طول دوره رشد گیاه، افزایش درجه حرارت هوا، سرعت باد، کاهش میزان رطوبت هوا و ارقام جدید اشاره کرد. بدیهی است که برای امکان مقایسه نیاز خالص فصلی آبیاری با مقدار آب داده شده توسط زارعین باید مقادیر ناخالص نیاز آبیاری فصلی تعیین شود. با توجه به در دسترس نبودن راندمان آبیاری مزارع، برای تبدیل نیاز خالص آبیاری برآورده شده به نیاز آبیاری (نیاز ناخالص) از راندمان

پتانسیل آبیاری در روش‌های مختلف آبیاری استفاده و مقدار راندمان پتانسیل برای آبیاری سطحی و بارانی به ترتیب ۶۰ و ۷۵ درصد در نظر گرفته شد (Irmak et al., 2011). نتایج نشان داد که در شهرستان‌های منتخب استان چهارمحال و بختیاری، میانگین مقدار آب کاربردی مزارع یونجه با مقدار برآورد شده به روش‌های مختلف آبیاری مطابقت ندارد و نیازآبی فصلی گیاه تامین نشده است (جدول ۷). با توجه به اینکه راندمان آبیاری در اکثر مزارع در استان چهارمحال و بختیاری کمتر از راندمان پتانسیل سامانه‌های آبیاری است، این نتایج نشان می‌دهد که بهره‌بردار بر اساس میزان دسترسی به آب، آبیاری کرده است و در مناطق مختلف میزان کم آبیاری یا بیش آبیاری کاملاً متفاوت و از روند خاصی پیروی نمی‌کند.

جدول ۷- مقایسه نیازخالص و ناخالص نیاز آبی مزارع یونجه با مقدار آب کاربردی تحت شرایط زارع

استان	نیاز خالص (میلیمتر)		اختلاف دو روش	نیاز ناخالص آبیاری (میلیمتر)		نسبت آب کاربردی به
	سال جاری	Netwat		سال جاری	Netwat	میانگین نیاز ناخالص
بروجن	۱۱۷۵	۸۰۵	۳۱	۱۵۶۷	۱۰۷۳	۰/۷۲
شهرکرد	۱۱۰۷	۸۰۵	۲۷	۱۴۷۶	۱۰۷۳	۰/۷۳
چهارمحال و بختیاری	۱۱۴۳	۸۰۵	۳۰	۱۵۲۴	۱۰۷۳	۰/۷۲

حجم آب مورد نیاز برای تولید یونجه در استان چهارمحال و بختیاری

برای برآورد حجم آب مورد نیاز تولید یونجه در استان از میانگین‌های حجم آب آبیاری در شهرستان‌های منتخب و سطح زیرکشت محصول یونجه در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ استان (بی نام، ۱۳۹۹) استفاده شد (جدول ۸). در این برآورد از میانگین حجم آب آبیاری در استان چهارمحال و بختیاری، یعنی ۹۲۲۶ مترمکعب بر هکتار به عنوان میانگین حجم آب آبیاری در سایر شهرستان‌ها که سطح زیرکشت قابل توجهی نداشتند و در این تحقیق اندازه‌گیری نشده

بودند، استفاده گردید. نتایج این برآورد نشان داد که شهرستان‌های لردگان و بروجن به ترتیب با کاربرد حدود ۳۸/۴ و ۲۸/۷ میلیون مترمکعب بیشترین حجم آب برای تولید یونجه در استان چهارمحال و بختیاری را به خود اختصاص داده‌اند و شهرستان‌های فارسان و شهرکرد به ترتیب با کاربرد حدود ۲۴/۳ و ۲۳/۱ میلیون مترمکعب در سال در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. همچنین بر اساس نتایج برآورد شده در جدول ۸، سالانه حدود ۱۶۰ میلیون مترمکعب از منابع آب سطحی و زیرزمینی استان چهارمحال و بختیاری برای تولید یونجه در این استان اختصاص می‌یابد.

جدول ۸- برآورد حجم آب آبیاری مورد نیاز یونجه در شهرستان‌های منتخب در استان چهارمحال و بختیاری.

شهرستان	سطح زیر کشت (هکتار)	حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار)	حجم آب مورد نیاز (میلیون مترمکعب)
بروجن	۳۰۶۷	۹۳۷۱	۲۸/۷
لردگان	۴۰۹۳	۹۳۷۱	۳۸/۴
شهرکرد	۲۵۴۰	۹۰۹۲	۲۳/۱
فارسان	۲۶۷۰	۹۰۹۲	۲۴/۳
سایر شهرستان‌ها	۴۹۷۵	۹۲۲۶	۴۵/۹
استان چهارمحال و بختیاری	۱۷۳۴۵	۹۲۲۶	۱۶۰

نتیجه‌گیری

حجم آب آبیاری مزارع یونجه در استان چهارمحال و بختیاری بسته به روش آبیاری، تعداد نوبت‌های آبیاری، مدت زمان آبیاری و شرایطی اقلیمی از ۵۳۰۰ تا نزدیک ۱۸۰۰۰ با میانگین ۹۲۲۶ و انحراف از معیار ۲۸۴۴ مترمکعب بر هکتار متغیر بود. این شاخص در روش آبیاری سطحی و بارانی به ترتیب ۱۰۴۷۱ و ۸۴۹۴ مکعب بر هکتار بدست آمد. با توجه به سطح زیر کشت یونجه در شهرستان‌های مختلف استان در سال انجام تحقیق، کل حجم آب آبیاری برای تولید یونجه در استان چهارمحال و بختیاری ۱۶۰ میلیون متر مکعب در سال برآورد گردید.

عملکرد یونجه خشک در استان ۱۲۶۹۰ کیلوگرم بر هکتار بدست آمد. این شاخص در روش‌های آبیاری بارانی ۱۳۷۷۴ کیلوگرم بر هکتار و به میزان ۲۵ درصد بیشتر از آبیاری سطحی (۱۱۰۴۷ کیلوگرم بر هکتار) بود. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار توانسته است علاوه بر کاهش حدود ۲۰ درصدی آب آبیاری، عملکرد محصول را افزایش دهد و نقش مؤثری در افزایش تولید یونجه در این استان ایفا نماید.

بهره‌وری آب آبیاری شهرستان‌های بروجن و شهرکرد به ترتیب با میانگین ۱/۵۸ و ۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد و با میانگین این شاخص در استان چهارمحال و بختیاری (۱/۵۳) اختلاف معنی داری نداشتند. میانگین بهره‌وری آب کاربردی (آب آبیاری و بارش مؤثر) در محصول یونجه در روش‌های آبیاری سطحی و بارانی به ترتیب معادل ۱/۱۷ و ۱/۶۹ کیلوگرم بر مترمکعب بود و نشان داد که بهره‌وری آب آبیاری در روش

آبیاری بارانی نسبت به روش سطحی حدود ۴۴ درصد افزایش داشته است. با توجه به نتایج این تحقیق، برای کاهش حجم آب آبیاری و بهبود بهره‌وری آب در تولید یونجه، استفاده از روش آبیاری بارانی با در نظر گرفتن پایداری املاح در خاک و رعایت شرایط فنی سامانه پیشنهاد می‌شود.

تقدیر و تشکر

پژوهش حاضر با حمایت مالی و معنوی معاونت آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی انجام گرفته است و در اجرای آن همکاران گرانقدری از سازمان جهاد کشاورزی استان و همکاران بخش تحقیقات آبیاری موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مشارکت و همکاری مؤثری داشته‌اند. بدینوسیله نگارندگان، مراتب سپاس و قدردانی خود را از زحمات و همکاری‌های این عزیزان اعلام می‌دارد.

منابع

احمدی، ک.، عبادزاده، ح.، حاتمی، ف.، افروزی، م.، اسفندیاری پور، ا. و طاقانی، ر. ۱۴۰۰. آمارنامه کشاورزی سال ۹۹-۱۳۹۸. وزارت جهاد کشاورزی و معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، دفتر فناوری اطلاعات و ارتباطات، جلد اول: محصولات زراعی.

اکبری، م.، کوهی‌چله‌کران، ن.، گودرزی، م.، ریاحی‌مدوار، ح.، علیمحمدی‌نافچی، ر.، ذوالفقاران، ا.، فرزام‌نیا، م.، یوسف‌گمرکچی، ا.، بهراملو، ر.، حقایقی‌مقدم، س. ا.، اسلامی، ا.، احمدآلی، ج.، ناصری، ا. و عباسی، م. ۱۳۹۹. تعیین آب کاربردی یونجه در کشور. گزارش پژوهشی نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ثبت ۵۸۹۰۵، مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع

بی نام، ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۸. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جهاد کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، اداره آمار، فناوری اطلاعات و تجهیز شبکه.

حقایقی مقدم، س. ا. ۱۳۸۹. مدیریت پایدار آب زیرزمینی با نگرش مصرف بهینه آب کشاورزی در استان خراسان رضوی (مطالعه موردی دشت نیشابور). گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی به شماره ثبت ۸۹/۹۹۵، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج، ایران.

حیدری، ن. ۱۳۹۰. تعیین و ارزیابی شاخص کارایی مصرف آب محصولات زراعی تحت مدیریت کشاورزان در کشور. مدیریت آب و آبیاری. ۱(۲): ۴۳-۵۷.

خرمیان، م.، شوشی دزفولی، ا. و عصاره، ع. ۱۳۹۱. بررسی تاثیر آبیاری بارانی قرقره‌ای بر عملکرد علوفه و کارایی مصرف آب یونجه در خوزستان. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۴(۱۵): ۸۷-۹۷.

رضایی‌راد، ه.، هوشمند، ع. و دوست‌محمدی، م. ۱۳۹۳. بررسی بهره‌وری آب سه محصول زراعی جو، گندم و یونجه استان اصفهان. همایش ملی تغییرات اقلیم و مهندسی توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی، تهران.

سرمد، ز.، بازرگان، ع. و حجازی، ا. ۱۳۸۰. روش‌های تحقیق در علوم رفتاری. انتشارات آگاه. ۴۰۵ صفحه.

عباسی، ف.، اکبری، م. و اکرم، م. ۱۳۹۹. ارزیابی مدیریت آبیاری و برآورد آب مصرفی/مورد نیاز نیشکر در کشت و صنعت‌های نیشکر خوزستان. گزارش پژوهشی نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ثبت ۵۷۲۴۷، مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

عباسی، ف.، پرچمی‌عراقی، ف.، کیانی، ع.، ر.، آبیاری، ن. م.، اخوان، ک. و کمالی‌پاشایی، م. ا. ۱۴۰۰. تعیین آب کاربردی سویا در کشور. گزارش پژوهشی نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ثبت ۶۰۹۹۴، مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع

رسانی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

اکبری، م.، ناصری، ا.، خرمیان، م.، قدمی‌فیروزآبادی، ع.، هدایتی‌پور، ا. و اسلامی، ا. ۱۳۹۷. تعیین آب مصرفی لوبیا در کشور. گزارش پژوهشی نهایی شماره ۵۴۰۲۷، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج. (نیاز به بررسی: این مورد با مدخل بعدی مشابه است.)

اکبری، م.، ناصری، ا.، خرمیان، م.، قدمی‌فیروزآبادی، ع.، هدایتی‌پور، ا.، طاهری، م. و اسلامی، ا. ۱۳۹۷. تعیین آب مصرفی لوبیا در کشور. گزارش پژوهشی نهایی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ثبت ۵۴۰۲۷، مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. (نیاز به بررسی: این مورد با مدخل قبلی مشابه است.)

باغانی، ج.، اخوان، ک.، کیانی، ع.، ر.، قدمی‌فیروزآبادی، ع.، شاهرخ‌نیا، ع.، معیری، م. و اسلامی، ا. ۱۳۹۷. تعیین آب مصرفی گندم در کشور. شماره ثبت ۵۳۶۳۶، مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

باغانی، ج.، معیری، م.، ورجاوند، پ.، سلامتی، ن.، اسلامی، ا.، شاهرخ‌نیا، م.، ع.، کیانی، ع.، ر.، قدمی‌فیروزآبادی، ع.، حقایقی‌مقدم، ا.، خسروی، ج.، اخوان، ک.، بهراملو، ر. و ناصری، ا. ۱۳۹۷. تعیین آب مصرفی گندم در کشور. گزارش پژوهشی نهایی شماره ۵۳۶۳۶، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج. (نیاز به بررسی: این مورد با مدخل قبلی مشابه است.)

بهراملو، ر. و قدمی‌فیروزآبادی، ع. ۱۳۹۶. برنامه ارتقاء بهره‌وری آب کشاورزی استان همدان. سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی (در دست چاپ). ۸۱ صفحه.

بهنام‌فر، ک.، سیاست، س. ع.، بخشنده، ع. م.، کاشفی‌پور، س. م.، عالمی‌سعید، خ. و جعفری، ع. ا. ۱۳۹۳. بررسی اثر کم آبیاری بر عملکرد علوفه و کارایی مصرف آب در چهار رقم یونجه در شرایط آب و هوایی خوزستان- اهواز. علوم و مهندسی آبیاری. ۳۷(۳): ۶۳-۷۲.

- Balik, M., Grismer, M.E. and Todl, [Author missing]. 2001. Reduced runoff irrigation of alfalfa in Imperial Valley, California. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 127: 123-130.
- Berrada, A., 2005. Water management for optimum crop production in SW Colorado. *Agronomic Abstracts*, American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Bos, M.G., Kselik, R.A.L., Allen, R.G. and Molden, D., 2008. Water requirements for irrigation and the environment. Springer Science & Business Media.
- Cavero, J., Faci, J.M., Martínez-Cob, A., 2016. Relevance of sprinkler irrigation time of the day on alfalfa forage production. *Agricultural Water Management*. 178: 304-313.
- Cavero, J., Faci, M., Medina, E.T. and Martínez-Cob, A., 2017. Alfalfa forage production under solid-set sprinkler irrigation in a semiarid climate. *Agricultural Water Management*. 191: 184-192.
- Diatla, A.A., Min, D., Jagadish, S.V.K., 2021. Chapter Two - Drought stress responses in non-transgenic and transgenic alfalfa current status and future research directions. In: Sparks, D.L. (Ed.), *Advances in Agronomy*. Academic Press, pp. 35-100.
- Djaman, K., Smeal, D., Koudahe, K. and Allen, S., 2020. Hay yield and water use efficiency of alfalfa under different irrigation and fungicide regimes in a semiarid climate. *Water*. 12: 1721.
- Ebrahimi, H. and Gholami, Z., 2019. Water Productivity of Maize and Alfalfa in Sprinkler Irrigation Systems. *International Conference on Food, Nutrition and Agriculture (ICFNA19)*, Istanbul, Turkey.
- Elgharably, A. and Benes, S., 2021. Alfalfa biomass yield and nitrogen fixation in response to applied mineral nitrogen under saline soil conditions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 21: 744-755.
- FAOSTAT, 2021. Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Fink, K. P., Grassini, P., Rocateli, A., Bastos, L.M., Kastens, J., Ryan, L.P., Lin, X., Patrignani, A. and Lollato, R.P., 2022. Alfalfa water productivity and yield gaps in the U.S. central Great Plains. *Field Crops Research*. 289: 108728, 1-14.
- Gao, L., Su, J., Tian, Q. and Shen, Y., 2020. Contrasting strategies of nitrogen absorption and utilization in رسانی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
- علی محمدی نافچی، ر. ۱۳۹۶. مقایسه راندمان و کارایی مصرف آب در زراعت یونجه با استفاده از سامانه های آبیاری بارانی و سطحی. سومین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه، تهران.
- غلامی، ز.، ابراهیمیان، ح. و نوری، ح. ۱۳۹۵. بررسی بهره وری آب آبیاری در سامانه های آبیاری بارانی و سطحی (مطالعه موردی: دشت قزوین). *علوم و مهندسی آبیاری*. ۳۹(۳): ۱۳۵-۱۴۶.
- قدیمی فیروزآبادی، ع. و سیدان، س. م. ۱۳۹۴. بررسی فنی و اقتصادی آب مصرفی و انرژی در سیستم های مختلف آبیاری در مزارع زراعی و یونجه در شهرستان همدان. گزارش نهایی شماره ۱۲/۴۸۰۹۴، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.
- لشنی زند، م.، پیامی، ک. و ویسکرمی، ا. ۱۳۹۳. بررسی الگوی مصرف آب های سطحی کشاورزی، مطالعه موردی: حوزه آبخیز هنام. *نشریه علمی و پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز*. ۶(۴): ۴۰۰-۴۰۶.
- وفابخش، ج. و حقایقی، س. ا. ۱۳۹۶. تدقیق مصارف و بهره وری آب در منابع آبی زیرزمینی بمنظور استفاده از نتایج آن در تدوین الگوی کشت (مطالعه موردی دشت مشهد- چناران و فریمان- تربت جام). گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی خاص، معاونت تولیدات گیاهی سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی.
- Abdel-Daim, M. M., 2018. Pharmacodynamic interaction of *Spirulina platensis* with erythromycin in Egyptian Baladi bucks (*Capra hircus*). *Small Ruminant Research*. 120(2-3): 234-241.
- Alimohammadi, R., 2016. Comparison of water use efficiency in Alfalfa using water and waste water. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*. 5: 191-199.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirement. *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56*. FAO, Rome, Italy, 300 pp.
- Attram, J., Acharya, S.N., Woods, S.A., Smith, E. and Thomas, J.E., 2016. Yield and net return from alfalfa cultivars under irrigation in southern [Title incomplete]. *Canadian Journal of Plant Science*. 96(2): 165-175.

- Conference, Scottsdale, AZ, USA, 12–13 March 2020.
- Qiu, Y., Fan, Y., Chen, Y., Hao, X., Li, S. and Kang, S., 2021. Response of dry matter and water use efficiency of alfalfa to water and salinity stress in arid and semiarid regions of Northwest China. *Agricultural Water Management*. 254: 106934.
- Research and Markets, 2020. Global Alfalfa Hay Market Trends, and Forecasts Report 2018-2023. <https://www.globenewswire>. [Link incomplete]
- Yan, N., Wu, B. and Zhu, W., 2020. Assessment of agricultural water productivity in arid China. *Water*. 12(4).
- Zhang, C., Shi, S., Wang, B. and Zhao, J., 2018. Physiological and biochemical changes in different drought-tolerant alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties under PEG-induced drought stress. *Acta Physiologia Plantarum*. 40: 25.
- alfalfa plants under different water stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 20: 1515-1523.
- Irmak, S., Odhiambo, L., Kranz, W. and Eisenhauer, D., 2011. Irrigation efficiency and uniformity, and crop water use efficiency. *Biological Systems Engineering*. 451.
- Li, M., Liu, Y., Yan, H. and Sui, R., 2017. Effects of irrigation amount on alfalfa yield and quality with a center-pivot system. *Transactions of the ASABE*. 60: 1633-1644.
- Li, Y. and Su, D., 2017. Alfalfa water use and yield under different sprinkler irrigation regimes in North Arid Regions of China. *Sustainability*. 9: 1380.
- Molden, D.J., Sakthivadivel, R., Perry, C.J. and de Fraiture, C., 1998. Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems. Research Report No. 20, International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- Montazar, A., 2020. Deficit Irrigation Program Study. In *Proceedings of the Law of Colorado River*

Irrigation Management Indicators in Alfalfa Production Case Study: Chaharmahal and Bakhtiari Province

R. Alimohammadi Nafchi¹, M. Akbari²

Abstract

Even small reductions in agricultural water use can significantly contribute to national water conservation. In this project, the volume of irrigation water provided by the farmers in 27 selected sites were measured in surface and sprinkler irrigation methods, various water sources, different salinity of irrigation water and soil and alfalfa varieties, during the growing season of 2018-2019 in tow counties of Chaharmahal and Bakhtiari province, Iran. Irrigation water volume was measured using a flume, volume meter, electronic device, or ultrasonic flowmeter. Recorded data included flow rate, irrigation duration, water application amount, and farm characteristics such as soil texture, water and soil quality, irrigation method and interval, Irrigation systems type, cultivation method and season, crop varieties, and climate. Irrigation water volume was determined using a flume, volumetric meter, electronic device, or ultrasonic flowmeter. Flow rate, irrigation duration, water applied, and farm characteristics, including soil texture, water and soil quality, irrigation method and interval, network type, cultivation method and season, crop varieties, and climate, were recorded. The results showed that the average differences in irrigation water volume, yield, irrigation water productivity, and applied water productivity were not statistically significant ($p > 0.05$) across the selected counties. In Borujen and Shahrekord counties, the average irrigation water volume was 9371 and 9092 m³/ha, respectively, compared to a provincial average of 9226. Alfalfa yield in these counties was 13662 and 11930 kg/ha, respectively, while the provincial average was 12690 kg/a. In selected farms of Chaharmahal and Bakhtiari province, irrigation water productivity ranged from 0.46 to 2.97 kg/m³, with a provincial average of 1.53 kg/m³. The average applied water productivity (total irrigation water and effective rainfall) was 1.50 kg/m³. Average plant evapotranspiration in the province, as determined by the FAO Penman-Monteith method and the National Water Document, was 15240 and 10730 m³/ha, respectively. The average volume of irrigation water for alfalfa fields in the study areas in the two methods of surface and sprinkler irrigation was 10471 and 8494 m³/ha respectively, and their difference is significant at the five percent probability level. The average volume of irrigation water for alfalfa fields in the study areas in the two methods of surface and sprinkler irrigation was 10471 and 8494 m³/ha respectively, and their difference is significant at 5% probability level. Switching from surface to sprinkler irrigation can reduce irrigation water volume by approximately 20% and improve alfalfa field water productivity by 44% (from 1.20 to 1.73 kg/m³). Therefore, implementing sprinkler irrigation and appropriate irrigation planning, while considering soil salinity stability and system technical conditions, is recommended to decrease water usage and enhance water productivity in alfalfa production.

Keywords: Irrigation methods, Irrigation water requirement, Productivity

¹ Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrekord, Iran (*- Corresponding Author Email: Nafchi38@gmail.com)

² Associate Professor, Agricultural Engineering and Technical Research Institute, AREEO, Karaj- Iran

Received: 21 Jun 2025

Accepted: 10 Oct 2025