

تعیین بهره‌وری آب یونجه در مناطق مختلف کشور

مهدی اکبری^{۱*}، فریبرز عباسی^۲، ابوالفضل ناصری^۳، افشین یوسف گمرکچی^۴، مصطفی گودرزی^۵، امیر اسلامی^۶، مسعود فرزامنیا^۷، رحیم علیمحمدی نافچی^۸، نادر کوهی چله کران^۹، رضا بهراملو^{۱۰}، علی قدمی فیروزآبادی^{۱۱}، سید ابوالقاسم حقایقی مقدم^{۱۲}، اردلان ذوالفقاران^{۱۳}، جمال احمدآلی^{۱۴}، محمد عباسی^{۱۵}، حمید ریاحی مدوار^{۱۶} و محمدمهدی نخجوانی مقدم^{۱۷}

- ۱- دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. akbari_m43@yahoo.com
- ۲- استاد پژوهش، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
- ۳- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، تبریز، ایران.
- ۴- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، قزوین، ایران.
- ۵- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، اراک، ایران.
- ۶- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، شیراز، ایران.
- ۷- مربی پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، اصفهان، ایران.
- ۸- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری، شهرکرد، ایران.
- ۹- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، کرمان، ایران.
- ۱۰- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، همدان، ایران.
- ۱۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، ایران.
- ۱۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، ارومیه، ایران.
- ۱۳- محقق، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان، زنجان، ایران.
- ۱۴- محقق بازنشسته، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، کرمان، ایران.
- ۱۷- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

دریافت: فروردین ۱۴۰۲ و پذیرش: خرداد ۱۴۰۲

چکیده

در این پژوهش، حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب یونجه در شرایط مدیریت کشاورزان در ۳۰۰ مزرعه در قطب‌های تولید یونجه کشور شامل زنجان، فارس، چهارمحال و بختیاری، همدان، آذربایجان شرقی، سمنان، خراسان رضوی، اصفهان، آذربایجان غربی، مرکزی، قزوین و کرمان در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ اندازه‌گیری شد. تفاوت میانگین حجم آب آبیاری، عملکرد، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی در استان‌های مزبور در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و میانگین حجم آب آبیاری به ترتیب برابر ۸۵۰۲، ۸۹۰۱، ۹۲۲۶، ۹۴۵۹، ۱۱۴۸۱، ۱۲۷۹۶، ۱۴۳۱۱، ۱۴۸۲۱، ۱۵۱۹۸، ۱۵۹۱۶ و ۲۳۹۲۰ با میانگین وزنی ۱۳۶۱۴ مترمکعب در هکتار بدست آمد. عملکرد یونجه نیز بین ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ با میانگین وزنی ۱۳۶۹۲ کیلوگرم بر هکتار بود. بهره‌وری آب آبیاری در مزارع مزبور بین ۰/۲ تا ۴/۵ با میانگین وزنی ۱/۲۸ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. میانگین وزنی بهره‌وری آب کاربردی نیز ۱/۱۹ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شد. میانگین حجم آب مزارع یونجه در دو روش آبیاری سطحی و بارانی به ترتیب برابر ۱۵۰۷۶ و ۱۰۶۵۳ مترمکعب در هکتار تعیین شد ($P < 1\%$). بنابراین با تغییر روش آبیاری از سطحی به بارانی، میانگین حجم آب آبیاری ۳۰٪ کاهش و بهره‌وری آب کاربردی یونجه ۴۱٪ افزایش داشت. با توجه به این نتایج، برای کاهش حجم آب آبیاری و بهبود بهره‌وری آب در تولید یونجه، در شرایط اقلیمی مناسب که آب آبیاری از کیفیت خوبی برخوردار باشد، در صورت رعایت ضوابط فنی طراحی، اجرا و بهره‌برداری و ملاحظات اقتصادی، استفاده از آبیاری بارانی پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب کاربردی، عملکرد یونجه، آبیاری سطحی، آبیاری بارانی

*- آدرس ایمیل نویسنده مسئول: akbari_m43@yahoo.com.



حدود ۲۱۱ میلیون تن است که از حدود ۳۲ میلیون هکتار اراضی یونجه بدست می‌آید (فائو ۲۰۲۱).

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 آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، کرمان، همدان، اصفهان، فارس، خوزستان، زنجان، قزوین، چهارمحال و بختیاری، 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 رواناب سطحی و نفوذ عمقی، نسبت به سامانه‌های بارانی دارند که به‌طور صحیح و با توجه به ضوابط فنی طراحی، اجرا و بهره‌برداری شده‌اند، مصرف آب بیشتری دارند (اکبری و همکاران ۱۳۹۹).

یونجه علاوه بر تأمین علوفه دام، با تثبیت زیستی نیتروژن ضمن بهبود حاصلخیزی خاک، به‌صورت گیاهان پوششی نقش مهمی را در جایگزینی کودهای مصنوعی دارد (الغرابلی و همکاران، ۲۰۲۱). در شرایطی که یونجه در خاک‌های شنی و زمین‌های شور-قلیایی با حاصلخیزی ضعیف کاشته شود، انجام آبیاری برای تولید محصول از اهمیت بیشتری برخوردار است (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۸؛ کیو و همکاران، ۲۰۲۱). نتایج تحقیقات انجام‌شده در کالیفرنیا نیز نشان داد که یونجه از گیاهانی است که بیشترین نیاز آبی را دارد و تقریباً بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب در بین گیاهان زراعی کالیفرنیا بوده است (آترام و همکاران، ۲۰۱۶).

خشکی به‌عنوان یکی از تنش‌های نامطلوب رایج در محیط رشد گیاه، فتوسنتز و رشد گیاه را مهار کرده و منجر به کاهش عملکرد محصول شده است. اگرچه خشکسالی و کم‌آبایی عملکرد یونجه را کاهش داد، ولی موجب شد که از آب ذخیره‌شده در پروفیل‌های خاک به‌طور مؤثرتری استفاده شود و بهره‌وری آب افزایش یافت

خشکسالی و کم‌آبی در ایران یک واقعیت اقلیمی است و با توجه به روند روزافزون نیاز بخش‌های مختلف به آب، مشکل کم‌آبی در کشور در سال‌های آتی حادتر خواهد شد. در چنین شرایطی یکی از راهکارهای مؤثر و عملی، استفاده بهینه و صرفه‌جویی در مصرف آب در کلیه بخش‌ها و به‌طور خاص بخش کشاورزی است که بخش عمده‌ای از مصارف آب در کشور را به خود اختصاص داده است. تخمین نسبتاً دقیق و یا تعیین شاخص‌های مدیریت مصرف آب از جمله مقدار آب مصرفی، راندمان آبیاری و بهره‌وری آب محصولات زراعی و باغی مختلف در کشور از مهم‌ترین ابزارها و شاخص‌های کلیدی در برنامه‌ریزی‌های کلان مربوط به تأمین، تخصیص و مصرف اصولی از آب در بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی است. در این خصوص، معاونت آب‌و‌خاک و موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی در یک اقدام مشترک در چند سال اخیر برنامه‌ریزی‌ها و اقدامات خوبی انجام داده‌اند و مبادرت به اندازه‌گیری میدانی حجم آب آبیاری ۳۵ محصول زراعی، باغی و سبزی و صیفی نموده است 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. با توجه به اینکه یونجه در بیشتر مناطق فاریاب کشور کشت می‌شود و بخش قابل‌توجهی از سطح زیر کشت محصولات زراعی به یونجه اختصاص دارد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹)، لذا بررسی شاخص‌های مدیریت آبیاری این محصول می‌تواند نقش مؤثری در برنامه‌ریزی‌های کلان مدیریت آب در کشور ایفا نماید که هدف اصلی این تحقیق بوده است.

یونجه یکی از گیاهان مهم علوفه‌ای است که به‌طور گسترده در بسیاری از کشورهای جهان از جمله چین، ایالات‌متحده، اروپا و استرالیا کاشته می‌شود (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۸؛ دیاتا و همکاران، ۲۰۲۱). بر اساس گزارش‌های موجود، کل تولید یونجه در جهان سالانه

میانگین عملکرد محصول در روش آبیاری سطحی و بارانی برابر ۱۰/۳۴ و ۱۰/۳۸ تن در هکتار گزارش شده است. بیشترین بهره‌وری آب برابر با ۰/۸۳ کیلوگرم بر مترمکعب از سامانه آبیاری بارانی بدست آمد که در مقایسه با بهره‌وری آب آبیاری در روش سطحی (۰/۵۴ کیلوگرم بر مترمکعب) اختلاف زیادی داشت.

ابراهیمیان و همکاران (۲۰۱۹) حجم آب آبیاری و عملکرد محصول در ۲۰ سامانه آبیاری بارانی یونجه شامل سامانه ثابت، سنتریوت و لینیور در استان قزوین (آبیک، بویین زهرا، تاکستان و قزوین) و دو سامانه کلاسیک ثابت در استان البرز را از طریق اندازه‌گیری مزرعه‌ای و مصاحبه با بهره‌برداران تعیین کردند. نتایج نشان داد که میانگین آب آبیاری یونجه در شهرستان‌های آبیک، بویین زهرا، تاکستان، قزوین و البرز به ترتیب ۱۱۱۵۲، ۱۲۶۷۲، ۱۶۴۰۹، ۱۲۷۷۸ و ۱۱۷۴۵ مترمکعب در هکتار و میانگین عملکرد محصول یونجه خشک در شهرستان‌های مذکور به ترتیب ۱/۴، ۱/۲، ۸/۱، ۸/۴۵ و ۴/۵ تن بر هکتار بوده است. این محققان حجم آب آبیاری یونجه را در سامانه‌های آبیاری بارانی ثابت، لینیور و سنتریوت در شهرستان‌های مذکور به ترتیب ۱۳۶۵۳، ۱۰۰۰۰ و ۹۲۵۲ مترمکعب بر هکتار گزارش کردند. میزان بهره‌وری آب یونجه در سامانه‌های مختلف بین ۰/۲۲ تا ۱/۷۶ و بطور متوسط ۰/۸۶ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است. مقدار این شاخص در شهرستان‌های مذکور به ترتیب ۱/۳۴، ۰/۸۵، ۰/۵۴، ۰/۹۸ و ۰/۴ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است. لی و سو (۲۰۱۷) در یک مطالعه دو ساله در شمال چین با میانگین بارندگی سالانه ۱۶۴/۴ میلی‌متر شمال چین، 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،

(جمان و همکاران، ۲۰۲۰؛ منتظر و همکاران، ۲۰۲۰؛ گائو و همکاران، ۲۰۲۰). کمبل و همکاران (۱۹۹۰) تأثیر سطوح مختلف آبیاری با تیمارهای ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵ درصد تبخیر از تشتک بر روی ارقام یونجه را مورد تحقیق قرار دادند. این نتایج نشان داد که در شرایط تأمین نیاز آبی گیاه، عملکرد محصول ۱۷ تن در هکتار، میزان تبخیر-تعرق ۱۱۷۰ میلی‌متر و حجم آب آبیاری ۱۴۶۰۰ مترمکعب در هکتار بوده است. میزان افزایش بهره‌وری آب آبیاری با استفاده از ارقام و رژیم آبیاری مناسب، مطالعات زیادی را به خود اختصاص داده است. نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که بهره‌وری آب برای تولید یونجه ۰/۸۹ تا ۱/۵۲ و حداکثر دو کیلوگرم بر مترمکعب است (بالیک و همکاران، ۲۰۰۱؛ یان و همکاران، ۲۰۲۰).

برادا (۲۰۰۵) متوسط آب آبیاری در مناطقی از کلرادو که یونجه به‌طور 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.

در خصوص تأثیر روش‌های آبیاری بر حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری یونجه تحقیقات زیادی در ایران و جهان انجام شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعات اوجاقلو و همکاران (۲۰۲۳) در استان زنجان، ابراهیمیان و همکاران (۲۰۱۹) در استان‌های قزوین و البرز و لی و سو (۲۰۱۷) در شمال چین اشاره کرد.

اوجاقلو و همکاران (۲۰۲۳) حجم آب آبیاری و عملکرد محصول دو مزرعه آبیاری سطحی و نه مزرعه مجهز به سامانه آبیاری بارانی را در اراضی زراعی چهار شهرستان زنجان، ابهر، خرمدره و خدابنده اندازه‌گیری کردند. نتایج نشان داد مقدار حجم آب آبیاری از ۹۸۴۹ تا ۲۰۵۷۶ با میانگین ۱۴۲۵۰ مترمکعب در هکتار متغیر بوده است. میانگین حجم آب آبیاری در دو سامانه سطحی و بارانی به ترتیب ۱۷۸۰۶ و ۱۳۴۶۰ مترمکعب در هکتار و حداقل و حداکثر عملکرد محصول به ترتیب ۶/۵ و ۱۴/۱ با میانگین ۱۰/۴ تن در هکتار اندازه‌گیری شده است.

بهره‌وری آب کاربردی علوفه خشک در تیمارهای مختلف ۲/۲۸ تا ۲/۶۸ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد.

در مطالعه‌ای در ایالات متحده 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 و میانگین بهره‌وری آب ۳/۴ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است (فینک و همکاران، ۲۰۲۲). 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 به ترتیب، ۰/۴۵، ۰/۳۸ و ۰/۲۷ کیلوگرم بر مترمکعب و این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار بوده است (عبداللثائم و همکاران، ۲۰۱۸).

حیدری (۱۳۹۰) نیز مقدار آب آبیاری یونجه را در چهار مزرعه در منطقه بردسیر استان کرمان بررسی کرد. نتایج نشان داد که حجم آب آبیاری یونجه در روش آبیاری دوار مرکزی (سنتریپوت) برابر ۷۶۲۵ مترمکعب در هکتار بوده است. در این مزارع میانگین عملکرد و بهره‌وری آب برای وزن خشک محصول یونجه به ترتیب ۱۱۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و ۱/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است. خرمیان و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی تأثیر روش‌های آبیاری بارانی و سطحی بر عملکرد گیاه یونجه در ایستگاه تحقیقاتی صفی‌آباد خوزستان گزارش نمودند که عملکرد یونجه در روش آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ۱۶/۲۷ و ۱۱/۵ تن در هکتار بوده است. این نتایج نشان می‌دهد، در صورتی که روش بارانی در شرایط اقلیمی مناسب و با توجه به ضوابط فنی طراحی، اجرا و بهره‌برداری شود، نقش مؤثری در افزایش عملکرد محصول خواهد داشت. حجم آب آبیاری در سامانه‌های بارانی و سطحی به ترتیب ۷۷۱۱ و ۲۳۴۷۰ مترمکعب بر هکتار بوده است. بررسی تأثیر روش‌های آبیاری بارانی و سطحی بر بهره‌وری آب نشان داد که این شاخص در سامانه بارانی ۲/۱۱ و در سامانه سطحی ۰/۴۹ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. قدمی

فیروزآبادی و سیدان (۱۳۹۴) در بررسی فنی و اقتصادی سامانه‌های مختلف آبیاری در مزارع یونجه در شهرستان همدان، میانگین حجم آب آبیاری در مزارع یونجه در آبیاری نشتی و بارانی را به ترتیب حدود ۱۲۴۴۷ و ۷۸۷۵ مترمکعب در هکتار گزارش نمودند. نتایج تحلیل اقتصادی این تحقیق نشان داد که ارزش حال منافع خالص زراعت یونجه در شرایط استفاده از سامانه آبیاری بارانی در شرایط کمک‌های بلاعوض دولت نسبت به روش آبیاری سطحی ۷۴۴۳۷ هزار ریال بیشتر بوده است. نسبت منفعت به هزینه در سامانه آبیاری بارانی در شرایط کمک‌های بلاعوض دولت و بدون کمک‌های دولتی به ترتیب ۳/۸ و ۳/۲ گزارش شده است.

حقیقی مقدم (۱۳۸۹) در دشت نیشابور استان خراسان رضوی مقدار آب آبیاری در ۲۶ مزرعه یونجه را در سال زراعی ۸۶-۸۷ مورد بررسی قرار داد. مزارع یونجه به‌طور میانگین، ۱۶ نوبت آبیاری شده و میانگین حجم آب آبیاری ۱۷۹۳۰ مترمکعب در هکتار بود. تغییرات حجم آب آبیاری در مزارع یونجه مورد بررسی بین ۱۲۱۶۵ تا ۲۳۸۳۰ مترمکعب گزارش شده است. میانگین عملکرد خشک محصول و بهره‌وری آب در این مزارع به ترتیب ۷/۹ تن در هکتار و ۰/۳۵ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد گردید.

لشنی‌زند و همکاران (۱۳۹۳) نیز حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری یونجه را در حوضه هنام به ترتیب ۹۸۳۰ مترمکعب در هکتار، ۱۸۲۷۰ کیلوگرم در هکتار و ۱/۶۹ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نمودند. رضایی‌راد و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی بهره‌وری آب محصول یونجه در شهرستان‌های اصفهان پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین و کمترین میزان بهره‌وری آب یونجه خشک به ترتیب ۱/۳۵ و ۰/۸۶ کیلوگرم بر مترمکعب، به شهرستان‌های نجف‌آباد و سمیرم اختصاص یافته است و میانگین بهره‌وری آب یونجه در استان اصفهان ۱/۱۸ کیلوگرم به ازای یک مترمکعب بوده است. بهنام‌فر و همکاران (۱۳۹۳) نیز دامنه حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری یونجه را در استان خوزستان به ترتیب ۱۱۱۲۸ تا ۲۷۲۵۴ مترمکعب در هکتار،

مترمکعب در هکتار، ۲۱/۵ تن در هکتار، ۱/۲۴ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است.

بهراملو و قدمی (۱۳۹۶) بر اساس مصاحبه با بهره‌برداران و تکمیل پرسشنامه، حجم آب آبیاری برای محصول یونجه را در دو سامانه نشتی و بارانی با راندمان‌های ۴۸ و ۶۵ درصد به ترتیب ۱۳۵۰۰ و ۷۸۷۵ مترمکعب در هکتار با ۱۵ و ۲۰ نوبت آبیاری برآورد کردند. تجزیه و تحلیل نتایج تحقیقات فوق‌الذکر در کشور در خصوص حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب در تولید یونجه خشک نشان می‌دهد که دامنه تغییرات حجم آب آبیاری از ۷۶۲۵ تا ۲۷۲۵۴ مترمکعب در هکتار، دامنه تغییرات عملکرد یونجه از ۴۵۰۰ تا ۲۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و دامنه تغییرات بهره‌وری آب در تولید یونجه از ۰/۱۲ تا ۲/۱۱ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بوده است. هدف اصلی این تحقیق، تعیین بهره‌وری آب و حجم آب آبیاری در قطب‌های اصلی تولید یونجه تحت مدیریت کشاورزان و برآورد کل آب آبیاری برداشتی از منابع آب سطحی و زیرزمینی برای تولید یونجه در کشور بوده است.

مواد و روش

با توجه به اینکه اندازه‌گیری حجم آب آبیاری و عملکرد محصول در تمام مزارع استان‌های کشور امکان‌پذیر نبود، حجم آب آبیاری و عملکرد یونجه به صورت میدانی و تحت مدیریت کشاورزان در قطب‌های تولید یونجه در کشور در طول فصل رشد در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ که از نظر بارندگی یک سال تر محسوب می‌شود، اندازه‌گیری شد. برای تعیین قطب‌های اصلی تولید یونجه از آمارنامه سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ سطح زیر کشت و میزان تولید یونجه در کشور استفاده شد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷). استان‌های زنجان، فارس، چهارمحال و بختیاری، همدان، آذربایجان شرقی، سمنان، خراسان رضوی، اصفهان، آذربایجان غربی، مرکزی، قزوین و کرمان بیش از ۷۰ درصد سطح زیر کشت یونجه را در کشور پوشش داده و به‌عنوان قطب‌های تولید محصول یونجه انتخاب شدند. سپس در

۸۷۰۰ تا ۱۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و ۰/۵۲ تا ۱/۰۹ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نمودند. نتایج تحقیقات علیمحمدی (۱۳۹۶) در ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری نشان داد که مقدار آب آبیاری یونجه هنگام استفاده از آب چاه، پساب، تحت مدیریت زارع و بر اساس نیاز آبی یونجه به ترتیب ۱۶۱۱۴، ۱۶۱۱۴، ۱۷۳۳۳ و ۱۴۸۹۵ مترمکعب در هکتار بوده است. علی محمدی نافچی (۲۰۱۶)، مقدار آب آبیاری برای تولید یونجه در ایستگاه تحقیقاتی چهار تخته شهرکرد را ۱۷۳۳۳ مترمکعب در هکتار گزارش کرد. در این تحقیق عملکرد تر و خشک یونجه به ترتیب ۳۹۵۵۲ و ۱۵۰۷۴ کیلوگرم در هکتار بوده است. همچنین مقدار بهره‌وری آب کاربردی بر مبنای ماده تر و خشک یونجه به ترتیب ۲/۲۸ و ۰/۸۷ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شده است.

غلامی و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای به بررسی مقدار آب آبیاری و بهره‌وری آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی در دشت قزوین پرداختند. نتایج نشان داد که مقدار آب آبیاری در محصول یونجه در روش‌های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت در ۱۲ مزرعه بین ۱۰۰۰۰ تا ۱۸۲۵۴، در سامانه سنتریپوت در سه مزرعه بین ۸۵۳۰ تا ۱۷۲۲۵ و یک مزرعه با سامانه لینیئر ۱۰۰۰۰، مترمکعب در هکتار بود. بهره‌وری آب آبیاری یونجه در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب بین ۰/۲ تا ۱/۷۶ و ۰/۱۲ تا ۱/۶۴ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است. وفابخش و حقایقی (۱۳۹۶) طی تحقیقی مقدار آب آبیاری و بهره‌وری فیزیکی آب در ۱۰ مزرعه آبیاری سطحی یونجه دشت مشهد- چناران و ۹ مزرعه یونجه دشت فریمان- تربت جام در استان خراسان رضوی را بررسی کردند. میانگین تعداد نوبت‌های آبیاری، حجم آب آبیاری، عملکرد خشک محصول، بهره‌وری فیزیکی آب در دشت مشهد- چناران به ترتیب ۱۵، ۱۷۵۵۰ مترمکعب در هکتار، ۱۳/۹ تن در هکتار و ۰/۸۵ کیلوگرم بر مترمکعب و در دشت فریمان- تربت جام به ترتیب ۱۴، ۱۷۲۶۰

یک از مزارع یونجه ثبت گردید. در مزارع منتخب بیش از ۲۰ رقم یونجه کشت شده بود. رقم همدانی با ۶۶/۱ درصد نسبت به سایر ارقام از درصد فراوانی بیشتری برخوردار بود. ارقام رنجر، قره یونجه، بمی و رهنانی به ترتیب ۹، ۴، ۳/۳ و ۳ درصد را به خود اختصاص دادند. سایر ارقام نیز حدود ۱۴/۶ درصد از فراوانی یونجه کشت شده در کشور را به خود اختصاص دادند. از نظر سطح سواد، بیشتر بهره‌برداران دارای سواد راهنمایی تا دیپلم بودند، ۲۵/۹ درصد از بهره‌برداران مورد مطالعه بی‌سواد یا دارای سواد ابتدایی، ۴۵/۵ درصد دارای سواد راهنمایی تا دیپلم و ۲۸/۶ درصد بهره‌برداران سواد دانشگاهی داشتند. از میان بهره‌برداران مورد مطالعه، ۱۸ درصد بهره‌برداران پیشرو و حدود ۵۰ درصد از بهره‌برداران پیشرو دارای سواد دانشگاهی و مابقی سواد راهنمایی و دیپلم داشتند. ۴۷ درصد از بهره‌برداران پیشرو از روش‌های آبیاری تحت فشار (بارانی) برای آبیاری مزارع خود استفاده می‌کردند. آب آبیاری مورداستفاده برای مزارع یونجه در کشور از کیفیت خوبی برخوردار بود. هدایت الکتریکی آب آبیاری در مزارع منتخب از ۰/۴ تا ۷/۷ با میانگین ۱/۴ دسی‌زیمنس بر متر بوده و شوری آب آبیاری ۸۵ درصد از مزارع منتخب کمتر از سه دسی‌زیمنس بر متر بود. شوری عصاره اشباع خاک در مزارع یونجه مورد مطالعه نیز بین ۰/۵ تا ۸/۸ با میانگین ۲/۱ دسی‌زیمنس بر متر بود. نزدیک به ۶۰ درصد از مزارع دارای شوری کمتر از دو دسی‌زیمنس بر متر بودند. شوری عصاره اشباع خاک در اکثر استان‌های مورد مطالعه کمتر از ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر بود.

نیاز آبی خالص گیاه بر اساس داده‌های نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی برای سال انجام تحقیق و ده سال گذشته به روش پنمن ماتیت محاسبه و با مقادیر نیاز آبی ارائه شده در سند ملی 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

استان‌های منتخب، شهرستان‌های برتر تولید این محصول در نظر گرفته شد. مزارع منتخب در شهرستان‌های مختلف با نظر کارشناسان معاونت تولیدات گیاهی، مدیریت هماهنگی ترویج و مدیریت آب‌و خاک سازمان‌های جهاد کشاورزی استان‌ها، با توجه به منابع آبی / مزارع سنتی و پیشرو شناسایی و انتخاب شدند. طرح آماری (نمونه‌گیری) طبقه‌ای نظام‌دار برای این 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 استان‌ها، شهرستان‌ها و محصول مورد مطالعه با توجه به شرایط متفاوت آن‌ها و همین‌طور اهداف طرح، کاملاً تصادفی نبوده، بلکه انتخاب آن‌ها به صورت هدف‌دار بوده است. مزارع نیز طوری انتخاب شدند که عوامل مختلف از جمله انواع روش آبیاری، بافت خاک و کیفیت آب آبیاری را پوشش دهند. با توجه به اینکه بررسی تأثیر مدیریت‌های مختلف کشاورزان با توجه به تعداد کم نقاط اندازه‌گیری عملاً ممکن نبود، در انتخاب مزارع حتی الامکان به گونه‌ای عمل شد که مدیریت آبیاری و کشت و کار کشاورزان منتخب، نماینده کشاورزان منطقه مورد مطالعه باشد و در صورت امکان حداقل یکی از مزارع کشاورزان پیشرو منطقه انتخاب گردد. با توجه به موارد فوق تعداد ۳۰۰ مزرعه انتخاب شد. برخی از مشخصات مزارع از قبیل مساحت، موقعیت دقیق مکانی با GPS تعیین شد و اندازه‌گیری‌ها در خصوص تعیین حجم آب آبیاری، دبی جریان، مدت زمان آبیاری، بافت خاک، کیفیت آب‌و خاک مزارع همراه با ثبت عوامل مختلفی نظیر، روش آبیاری، دور آبیاری، نوع شبکه، روش کشت، فصل کشت، ارقام محصول و اقلیم انجام شد برای تعیین دقیق دبی آب منابع آبی (چاه، قنات و چشمه)، دبی منبع آبی با استفاده از فلوم/کتور حجمی/ادوات الکترونیکی و یا دبی‌سنج اولتراسونیک اندازه‌گیری شد. با توجه به تغییرات احتمالی دبی، در این‌گونه منابع، دبی منبع آبی طی چند نوبت در طول فصل زراعی اندازه‌گیری شد. تعداد نوبت‌های آبیاری و مدت زمان هر نوبت آبیاری نیز برای هر

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

که در آن: n = تعداد اندازه‌گیری‌های لازم برای تحلیل واریانس عملکرد، حجم آب آبیاری/کاربردی در تولید یونجه و بهره‌وری آب در سطح کشور، 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

حجم آب آبیاری، آب کاربردی و عملکرد یونجه در استان‌های منتخب

تجزیه و تحلیل آماری نتایج شاخص‌های حجم آب آبیاری، عملکرد نشان داد که تعداد اندازه‌گیری‌های لازم در کشور در خصوص آب آبیاری و عملکرد به ترتیب ۷۷ و ۱۷۳ مزرعه و تعداد اندازه‌گیری‌های انجام شده ۳۰۰ مزرعه است. این نتایج نشان داد که تعداد اندازه‌گیری‌های آب آبیاری و عملکرد اندازه‌گیری شده در مزارع یونجه بیش از تعداد اندازه‌گیری‌های لازم است، بنابراین کفایت داده‌ها برای تحلیل آماری این کمیت قابل اعتماد و محرز تشخیص داده شد. نتایج تجزیه واریانس حجم آب آبیاری، آب کاربردی و عملکرد یونجه در استان‌های منتخب شامل همدان، زنجان، چهارمحال و بختیاری، فارس، آذربایجان شرقی، سمنان، خراسان رضوی، اصفهان، آذربایجان غربی، مرکزی، کرمان و قزوین، نشان داد که تفاوت این شاخص‌ها در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنی‌دار است. بر اساس نتایج اندازه‌گیری‌های حجم آب آبیاری مزارع یونجه در ۱۲ استان کشور، استان‌های زنجان و کرمان به ترتیب با ۸۵۰۲ و ۲۳۹۲۰ مترمکعب در هکتار دارای کمترین و بیشترین میزان آب آبیاری برای تولید یونجه بودند (جدول ۱). همان‌طوری که در جدول ۱ نشان داده شده است، حجم آب آبیاری مزارع در استان زنجان کمتر از سایر استان‌ها است. علت کاهش حجم آب آبیاری در این استان اقلیم فراسرد و بارندگی سالیانه از یک طرف و کوتاه‌تر بودن طول دوره رشد محصول یونجه و به‌کارگیری سامانه آبیاری

آبیاری در تولید یونجه از رابطه ۱ به دست آمد (ملدین و همکاران، ۱۹۹۸):

$$WP = \frac{CY}{V(Irr)} \quad (1)$$

که در آن: WP : بهره‌وری آب آبیاری در تولید یونجه خشک (کیلوگرم بر مترمکعب)، CY : عملکرد یونجه خشک‌شده (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 است، میزان بارش مؤثر در طول دوره رشد محصول با استفاده از روش USDA-SCS (بوس و همکاران، ۲۰۰۸) 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 استان‌های منتخب کشور از تحلیل واریانس استفاده شد. نظر به ماهیت اندازه‌گیری‌ها، هر مزرعه یونجه به‌عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. اگرچه سعی شد در انتخاب تعداد مزارع، سطح زیر کشت مدنظر قرار گیرد ولی در برخی موارد به علل مختلف این مسئله رعایت نشده بود. لذا با توجه به اینکه درصد مساحت زیر کشت استان‌های مختلف باهم مساوی نبود، میانگین کشوری آب آبیاری، عملکرد یونجه خشک‌شده و بهره‌وری آب به صورت وزنی و بر اساس آمارنامه سطح زیر کشت سال زراعی ۹۸-۹۷ (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹) محاسبه 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).

۴۰۰۰ مترمکعب بر هکتار تا نزدیک به ۴۰۰۰۰ مترمکعب در هکتار متفاوت بود. میانگین حسابی حجم آب آبیاری، حجم آب کاربردی در مناطق مورد مطالعه به ترتیب ۱۳۰۱۳ و ۱۳۸۴۰ مترمکعب بر هکتار بود که با میانگین وزنی این شاخص‌ها (به ترتیب ۱۳۲۸۴ و ۱۴۱۵۷ مترمکعب بر هکتار) اختلاف معنی‌داری نداشت. اختلاف میانگین وزنی حجم آب آبیاری و آب کاربردی نشان داد که میانگین بارش مؤثر در تولید یونجه کشور در سال انجام تحقیق حدود ۹۰ میلی‌متر بوده است. نتایج این پژوهش با نتایج بیشتر تحقیقات انجام شده در کشور از جمله اوچاقلو و همکاران (۲۰۲۳)، حقایقی مقدم و همکاران (۱۳۸۹)، خرمیان و همکاران (۱۳۹۱) ابراهیمیان و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد.

بارانی در بیشتر مزارع یونجه این استان است، در صورتی که منطقه بم در استان کرمان دارای اقلیم فراهشک گرم بوده و میزان بارندگی سالیانه در این منطقه بسیار ناچیز است؛ به عبارت دیگر از جمله علل کاهش حجم آب آبیاری در استان زنجان و مناطق مشابه، می‌توان به کوتاه‌تر بودن طول دوره رشد محصول، وجود بارش مؤثر، پایین بودن تبخیرتغرق در طول دوره رشد، استفاده از روش‌های نوین آبیاری اشاره کرد. در صورتی که در سایر استان‌ها از جمله کرمان، سمنان، قزوین و مرکزی طول دوره رشد بیشتر است، لذا به تعداد آبیاری بیشتری نیاز دارد و از طرفی با توجه به پتانسیل تبخیر و تغرق در فصل بهار و تابستان (دوره رشد گیاه)، میزان آب آبیاری به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد. تغییرات حجم آب آبیاری یونجه در کشور بسته به شرایط آب و هوایی، شرایط مدیریت زارع از حدود

جدول ۱- میانگین حجم آب آبیاری، آب کاربردی، عملکرد، بهره‌وری آب آبیاری و آب کاربردی مزارع یونجه در استان‌های منتخب

استان	تعداد بارش مزارع	طول دوره رشد	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
زنجان	۲۰	۱۴۲	۲۰۴	۸۵۰۲a	۱۳۸۹۱de	۱/۸۱ab	۱/۵۶a
فارس	۲۹	۴۱	۲۱۱	۸۹۰۱a	۱۶۸۲۴abc	۲/۰۰a	۱/۹۲a
چهارمحال و بختیاری	۲۷	۲۳	۱۴۰	۹۲۲۶ab	۱۲۶۹۰ef	۱/۵۳b	۱/۴۹b
همدان	۳۴	۷۲	۱۷۵	۹۴۵۹ab	۱۷۳۶۹ab	۲/۰۲a	۱/۸۹a
آذربایجان شرقی	۳۵	۹۴	۱۷۶	۱۱۴۸۱bc	۱۲۷۶۵ef	۱/۵۲b	۱/۴۳b
سمنان	۹	۵۷	۱۷۳	۱۲۷۹۶cd	۹۴۷۸f	۰/۷۵cde	۰/۷۳cd
خراسان رضوی	۵۶	۱۷۱	۱۸۸	۱۴۳۱۱d	۱۴۸۶۴cd	۱/۰۷cd	۰/۹۷c
اصفهان	۳۵	۱۲۹	۲۰۰	۱۴۸۲۱d	۱۱۵۸۹ef	۰/۸۹cde	۰/۸۱cd
آذربایجان غربی	۱۴	۱۲۲	۲۲۰	۱۵۱۹۸de	۹۵۲۹f	۰/۶۴e	۰/۶۱d
مرکزی	۱۲	۳۵۲	۲۳۲	۱۵۹۱۶de	۱۶۷۶۰abcd	۱/۱۰c	۰/۹۴cd
قزوین	۱۰	۱۶۹	۲۲۵	۱۸۳۵۱e	۱۹۰۰۰a	۱/۰۷cd	۱/۰۰c
کرمان	۲۰	۸	۲۵۵	۲۳۹۲۰f	۱۵۴۴۸bcd	۰/۶۶e	۰/۶۵d
میانگین	-	۱۰۷	۱۹۴	۱۳۲۸۴	۱۳۸۴۱	۱/۲۸	۱/۱۹

*عدم وجود حروف مشابه به مفهوم معنی‌دار بودن در سطح احتمال پنج درصد آماری است

سمنان با ۹۴۷۸ کیلوگرم بر هکتار کمترین مقدار این شاخص را به خود اختصاص داده است (جدول ۲). این نتایج با سایر تحقیقات انجام شده در داخل و خارج از کشور از جمله برادا (۲۰۰۵)، لی و سو (۲۰۱۷)، رضایی‌راد و

نتایج تغییرات عملکرد یونجه خشک شده در کشور بسته به شرایط آب و هوایی، میزان بارش، شرایط مدیریت زارع از حدود ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰۰ و میانگین وزنی ۱۳۸۴۱ کیلوگرم بر هکتار متغیر بود. استان قزوین با ۱۹۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار بیشترین مقدار یونجه خشک و استان

همکاران (۱۳۹۳) و ابراهیمیان و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد.

اگرچه 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 داده است 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. مقایسه میزان عملکرد محصول و آب آبیاری در استان‌های مختلف حاکی از آن است که عملکرد محصول فقط تابع میزان آب آبیاری نیست و به بسیاری از عوامل دیگر از جمله میزان دسترسی به آب، روش آبیاری، مدیریت زراعی، اقلیم، تغذیه، آفات و بیماری‌ها، طول دوره رشد و ... بستگی دارد.

بهره‌وری آب آبیاری و آب کاربردی در تولید یونجه کشور

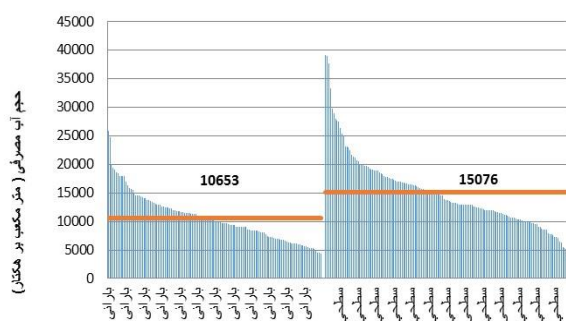
نتایج تجزیه و تحلیل انجام شده (جدول ۱) نشان داد که تفاوت بهره‌وری آب آبیاری و آب کاربردی در تولید یونجه در استان‌های یادشده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. نتایج اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای نشان داد که شاخص بهره‌وری آب آبیاری یونجه در شرایط مدیریت زارع در کشور بسیار متفاوت و از کمتر از ۰/۲ تا بیش از ۴/۵ با میانگین حسابی ۱/۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب است که با میانگین وزنی ۱/۲۸ کیلوگرم بر مترمکعب اختلاف معنی‌داری نداشت. دلیل اصلی تغییرات بهره‌وری آب آبیاری، به تفاوت عملکرد محصول، حجم آب آبیاری و حجم آب کاربردی مربوط می‌شود. نتایج محاسبات بهره‌وری آب آبیاری در تولید یونجه خشک در استان‌های منتخب نشان داد که استان‌های فارس و همدان با حدود دو کیلوگرم بر مترمکعب بیشترین بهره‌وری آب آبیاری یونجه خشک را به خود اختصاص داده‌اند، درحالی‌که استان‌های

آذربایجان غربی و کرمان با ۰/۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب، دارای کمترین بهره‌وری آب آبیاری بودند. بهره‌وری آب آبیاری در استان‌های آذربایجان شرقی، چهارمحال و بختیاری، رضوی، قزوین و مرکزی با میانگین ۱/۱ تا ۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب و نزدیک به میانگین وزنی کشوری است (جدول ۲). 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، کاورو و همکاران (۲۰۱۶ و ۲۰۱۷)، عبدالدائم و همکاران (۲۰۱۸)، لی و همکاران (۲۰۱۷)، غلامی و همکاران (۱۳۹۵) و ابراهیمیان و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت دارد.

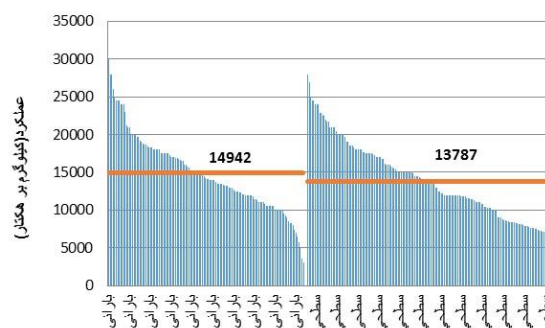
تأثیر روش‌های آبیاری بر حجم آب آبیاری، عملکرد و بهره‌وری آب

روش آبیاری سطحی یکی از روش‌های معمول در آبیاری مزارع یونجه است و هم‌اکنون نیز در بخش‌های مختلف کشور از روش آبیاری سطحی برای آبیاری مزارع یونجه استفاده می‌شود، ولی در دهه‌های اخیر استفاده از انواع روش‌های آبیاری بارانی مرسوم شده است. بر اساس نتایج ارزیابی انجام شده ۴۴/۲ درصد از مزارع یونجه مورد مطالعه به روش بارانی آبیاری شدند و روش آبیاری سطحی فقط ۵۵/۸ درصد از مزارع یونجه را به خود اختصاص داد. این نتایج حاکی از آن است که تغییرات حجم آب آبیاری در روش سطحی از حدود ۴۰۰۰ تا نزدیک به ۴۰۰۰۰ مترمکعب بر هکتار با میانگین ۱۵۰۷۶ مترمکعب در هکتار و در روش بارانی از ۴۴۰۰ تا ۲۶۰۰۰ با میانگین ۱۰۶۵۳ مترمکعب در هکتار متغیر بوده است (شکل ۱).

بهره‌برداری شود، نه تنها میزان آب آبیاری کاهش نخواهد یافت بلکه هدر رفت سرمایه و منابع را به دنبال خواهد داشت. مقایسه میانگین آب داده‌شده به مزارع کشور در روش آبیاری بارانی و سطحی نشان می‌دهد که حجم آب آبیاری در روش آبیاری بارانی حدود ۳۰ درصد نسبت به روش سطحی کاهش یافته است. بر اساس نتایج آزمون آماری انجام‌شده، اختلاف آب آبیاری در روش‌های سطحی و بارانی از نظر آماری معنی‌دار بود. نتایج برخی از تحقیقات انجام‌شده در ایران از جمله اوجاقلو و همکاران (۲۰۲۳)، ابراهیمیان و همکاران (۲۰۱۹) و نتایج جهانی (عبداللادم و همکاران، ۲۰۱۸؛ کاورو و همکاران، ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷؛ یان و همکاران، ۲۰۲۰؛ جمان و همکاران، ۲۰۲۰) 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.



اگرچه میانگین حجم آب آبیاری در روش آبیاری بارانی نسبت به آبیاری سطحی حدود ۳۰ درصد کاهش یافته است ولی نتایج اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای نشان داده است که حجم آب آبیاری در برخی از مزارع که به روش بارانی نیز آبیاری می‌شوند به علل مختلف از جمله، عدم رعایت ضوابط طراحی، اجرا و مدیریت بهره‌برداری مناسب نبوده و بیش از مقدار قابل انتظار است (شکل ۱). اگرچه در روش آبیاری سطحی بیشترین تلفات مربوط به نفوذ عمقی و رواناب سطحی است و با استفاده از روش آبیاری بارانی در شرایط مناسب اقلیمی که آب آبیاری از کیفیت خوبی برخوردار است، ضمن رعایت ضوابط طراحی، اجرا و بهره‌برداری این امکان وجود دارد که آب به‌صورت یکنواخت در سطح مزرعه توزیع گردد و مصرف آب تا حد زیادی کاهش یابد ولی در صورتی که از سامانه آبیاری بارانی در شرایط نامناسب اقلیمی و بدون رعایت ضوابط فنی



شکل ۱- مقایسه حجم آب آبیاری و عملکرد یونجه خشک در روش‌های مختلف آبیاری

درصدی حجم آب آبیاری، عملکرد محصول را افزایش دهد و نقش مؤثری در افزایش تولید یونجه خشک در کشور داشته باشد (شکل ۱)؛ که با نتایج اوجاقلو و همکاران (۲۰۲۳) در استان زنجان مطابقت دارد.

نتایج میانگین اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای تعداد نوبت‌های آبیاری، حجم آب آبیاری، حجم آب کاربردی، عملکرد محصول، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی در استان‌های مختلف به تفکیک سامانه آبیاری در جدول ۲ آورده شده است.

نتایج ارائه‌شده در شکل ۱ نشان داد که عملکرد یونجه خشک در مزارع مختلف در روش آبیاری بارانی از ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار متغیر و دارای میانگین ۱۴۹۴۲ کیلوگرم بر هکتار است. اگرچه بین مقادیر عملکرد محصول در روش آبیاری سطحی و بارانی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، ولی میانگین عملکرد یونجه خشک در روش آبیاری بارانی ۱۱۵۵ کیلوگرم بر هکتار (۸ درصد) بیشتر از روش آبیاری سطحی بود. استفاده از روش‌های آبیاری بارانی توانست علاوه بر کاهش ۳۰

جدول ۲- میانگین حجم آب آبیاری، آب کاربردی، عملکرد، بهره‌وری آب آبیاری و آب کاربردی مزارع یونجه در استان‌های منتخب به تفکیک روش آبیاری

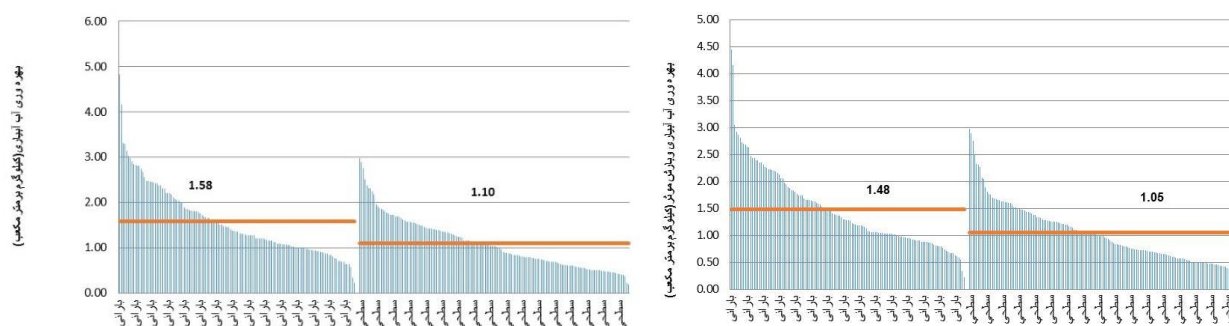
استان	روش آبیاری	تعداد آبیاری	آب آبیاری m ³ /ha	آب کاربردی m ³ /ha	عملکرد kg/ha	بهره‌وری آب آبیاری kg/m ³	بهره‌وری آب کاربردی kg/m ³
آذربایجان شرقی	بارانی	-	-	-	-	-	-
	سطحی	۱۲	۱۱۴۸۱	۱۲۱۸۸	۱۲۷۶۵	۱/۵۲	۱/۴۳
آذربایجان غربی	بارانی	۱۴	۱۱۵۵۰	۱۲۲۷۰	۱۲۳۳۵	۱/۰۶	۱/۰۰
	سطحی	۱۲	۱۵۸۰۶	۱۶۷۵۴	۹۰۷۸	۰/۵۷	۰/۵۴
اصفهان	بارانی	۲۲	۱۰۱۵۵	۱۱۲۰۲	۱۱۸۱۲	۱/۱۸	۱/۰۷
	سطحی	۱۶	۱۹۲۲۸	۲۰۱۲۴	۱۱۳۷۸	۰/۶۰	۰/۵۷
چهارمحال و بختیاری	بارانی	۱۹	۸۴۹۴	۸۶۶۲	۱۳۶۵۷	۱/۷۲	۱/۶۸
	سطحی	۱۵	۱۰۴۷۱	۱۰۶۵۵	۱۱۰۴۷	۱/۲۰	۱/۱۷
خراسان رضوی	بارانی	۲۵	۱۴۵۷۳	۱۵۸۱۶	۱۴۴۳۷	۱/۰۱	۰/۹۳
	سطحی	۱۵	۱۴۲۵۴	۱۵۵۴۸	۱۴۹۵۶	۱/۰۸	۰/۹۸
زنجان	بارانی	۱۷	۸۶۱۲	۹۶۷۱	۱۴۰۳۰	۱/۸۲	۱/۵۷
	سطحی	۱۳	۷۵۱۵	۸۶۵۵	۱۲۶۳۸	۱/۶۸	۱/۴۶
سمنان	بارانی	۲۵	۱۳۳۷۸	۱۳۶۵۴	۹۰۵۰	۰/۷۰	۰/۶۸
	سطحی	۱۵	۱۱۸۳۳	۱۲۳۶۸	۱۰۳۳۳	۰/۸۶	۰/۸۲
فارس	بارانی	۲۱	۸۸۸۱	۹۱۷۷	۱۷۲۱۳	۲/۰۰	۱/۹۲
	سطحی	۱۵	۸۹۱۷	۹۲۴۳	۱۶۳۴۶	۲/۰۱	۱/۹۰
قزوین	بارانی	۲۵	۱۷۵۱۹	۱۸۱۴۲	۲۰۱۴۳	۱/۱۸	۱/۱۰
	سطحی	۱۸	۲۰۳۹۴	۲۱۶۷۴	۱۶۳۳۳	۰/۸۱	۰/۷۶
کرمان	بارانی	۵۲	۱۶۷۹۷	۱۶۸۷۲	۱۵۳۹۶	۰/۹۰	۰/۹۰
	سطحی	۲۶	۲۷۲۰۷	۲۷۲۵۹	۱۵۴۷۱	۰/۵۷	۰/۵۶
مرکزی	بارانی	۲۰	۱۴۰۰۰	۱۶۶۸۴	۱۷۷۷۲	۱/۳۰	۱/۰۸
	سطحی	۱۶	۱۸۵۹۸	۲۱۱۷۸	۱۵۳۴۴	۰/۸۳	۱/۷۳
همدان	بارانی	۱۶	۸۵۳۹	۹۰۴۷	۱۶۵۵۹	۲/۱۴	۱/۹۹
	سطحی	۱۰	۱۲۴۴۷	۱۳۰۹۲	۲۰۰۰۰	۱/۶۳	۱/۵۴
میانگین	بارانی	۲۰	۱۰۶۵۳	۱۱۲۷۷	۱۴۹۴۲	۱/۵۸	۱/۴۸
	سطحی	۱۵	۱۵۰۷۶	۱۵۹۳۹	۱۳۷۸۷	۱/۱۰	۱/۰۵

رضوی، کرمان و قزوین دارای حجم آب آبیاری بیشتر از میانگین روش آبیاری بارانی در کشور بودند. حجم آب آبیاری یونجه در روش آبیاری بارانی در استان‌های اصفهان و آذربایجان غربی در محدوده میانگین حجم آب آبیاری در این روش آبیاری قرار داشت.

حجم آب آبیاری یونجه در روش آبیاری سطحی در استان‌های مختلف کشور اختلاف زیادی را نشان داد و از ۷۵۱۵ تا ۲۷۲۰۷ مترمکعب در هکتار متفاوت بود.

بر اساس این نتایج کمترین و بیشترین حجم آب آبیاری مزارع در روش آبیاری بارانی با ۸۴۹۴ و ۱۷۵۱۹ مترمکعب در هکتار به ترتیب به استان‌های چهارمحال و بختیاری و قزوین اختصاص یافت. میان حجم آب آبیاری یونجه در روش آبیاری بارانی در کشور ۱۰۶۵۳ مترمکعب در هکتار بود. در روش آبیاری بارانی، استان‌های چهارمحال و بختیاری، همدان، زنجان و فارس دارای حجم آب آبیاری کمتر از میانگین و استان‌های سمنان، مرکزی، خراسان

به روش سطحی کاهش یافته بود و عملکرد محصول نیز هشت درصد افزایش داشت، افزایش بهره‌وری آب آبیاری در روش آبیاری بارانی نیز ناشی از افزایش عملکرد و استفاده بهینه از آب آبیاری بوده است. میانگین بهره‌وری آب آبیاری یونجه در روش‌های آبیاری سطحی و بارانی به ترتیب معادل ۱/۱ و ۱/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود (شکل ۲). بر اساس نتایج ارائه شده در شکل ۲ می‌توان گفت که بهره‌وری آب آبیاری در روش آبیاری بارانی نسبت به آبیاری سطحی ۴۳ درصد افزایش داشته است و این افزایش از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. 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.



شکل ۲- مقایسه بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب کاربردی یونجه خشک در روش‌های مختلف آبیاری

آبیاری سطحی و بارانی به ترتیب معادل ۱/۰۵ و ۱/۴۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود (شکل ۲) و نشان داد که شاخص بهره‌وری آب کاربردی نیز، در روش آبیاری بارانی نسبت به روش آبیاری سطحی ۴۱ درصد افزایش داشته است که این اختلاف در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است.

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

برای تعیین نیاز خالص آبیاری ابتدا مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع براساس داده‌های هواشناسی سال انجام

میانگین حجم آب آبیاری یونجه در روش آبیاری سطحی ۱۵۰۷۶ مترمکعب در هکتار بود. استان‌های زنجان و کرمان به ترتیب دارای کمترین و بیشتر حجم آب آبیاری یونجه در روش سطحی بودند. استان‌های خراسان رضوی و آذربایجان غربی به ترتیب با ۱۴۲۵۴ و ۱۵۸۰۶ مترمکعب در هکتار دارای حجم آب آبیاری نزدیک به میانگین بودند، در حالی که استان‌های زنجان، فارس، چهارمحال و بختیاری، سمنان و همدان حجم آب آبیاری کمتر از میانگین و استان‌های مرکزی، اصفهان، قزوین و کرمان دارای حجم آب آبیاری بیش از میانگین بودند (جدول ۲)

نتایج بهره‌وری آب آبیاری در روش‌های مختلف آبیاری (شکل ۲) نشان داد که بهره‌وری آب آبیاری یونجه خشک در روش آبیاری بارانی افزایش یافته است و با روش آبیاری سطحی اختلاف معنی‌داری دارد. با توجه به اینکه میزان آب آبیاری در روش آبیاری بارانی ۳۰ درصد نسبت

اختلاف حجم آب آبیاری و حجم آب کاربردی در استان‌های مختلف (جدول ۱) حاکی از آن است که بارندگی‌ها در برخی از استان‌ها در تولید محصول یونجه مؤثر بوده ولی بخش کمی از نیاز آبی گیاه را تأمین کرده و تأثیر قابل توجهی بر بهره‌وری آب کاربردی (مجموع آب آبیاری و بارش مؤثر) نداشته است. با توجه به اینکه در بیشتر استان‌های کشور یونجه در انتهای بهار و تابستان که میزان بارش ناچیز است، رشد و نمو می‌کند، تأثیر بارش بر بهره‌وری آب کاربردی به شدت کاهش می‌یابد. میانگین بهره‌وری آب کاربردی در محصول یونجه در روش‌های

مؤثر در طول دوره رشد، نیاز خالص آبیاری برای کل فصل رشد گیاه یونجه در استان‌های مختلف کشور محاسبه و با مقادیر ارائه شده در سند ملی آب کشور (Netwat)، مقایسه شد (جدول ۲).

تحقیق (۱۳۹۷-۱۳۹۸) با استفاده از نرم‌افزار Et Calculator و روش پنمن مانتیت (آلن و همکاران، ۱۹۹۸) برآورد و با اعمال ضریب گیاهی پیاز، میزان تبخیر تعرق گیاهی پیاز تعیین شد. سپس با در نظر گرفتن میزان بارش

جدول ۲- مقایسه نیاز خالص و ناخالص نیاز آبی مزارع یونجه با مقدار آب کاربردی تحت شرایط زارع در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷

استان	نیاز خالص (میلی‌متر)		نیاز ناخالص آبیاری (میلی‌متر)		اختلاف دو روش درصد	نسبت آب کاربردی به میانگین نیاز
	پنمن مانتیت	Netwat	پنمن مانتیت	Netwat		
آذربایجان شرقی	۹۵۲	۸۹۷	۱۵۸۷	۱۴۹۵	۶	۰/۷۹
آذربایجان غربی	۱۰۷۳	۸۲۲	۱۷۴۰	۱۳۳۰	۳۱	۱/۰۵
اصفهان	۱۱۷۳	۹۱۰	۱۷۷۷	۱۳۷۲	۲۹	۱/۰۰
چهارمحال و	۱۰۸۶	۸۰۵	۱۶۱۸	۱۱۷۳	۳۵	۰/۶۷
خراسان رضوی	۱۲۶۱	۱۱۱۱	۲۰۲۷	۱۷۸۵	۱۴	۰/۸۲
زنجان	۸۵۹	۹۰۸	۱۱۷۲	۱۳۴۰	۵	۰/۷۹
سمنان	۱۲۲۷	۱۰۱۸	۱۶۳۶	۱۴۶۴	۲۱	۰/۸۵
فارس	۹۴۱	۱۲۸۴	۱۳۹۶	۱۹۰۴	۲۷	۰/۵۶
قزوین	۱۳۶۰	۱۲۳۰	۱۹۵۲	۱۷۷۷	۱۱	۱/۰۵
کرمان	۱۵۶۰	۱۲۴۰	۲۳۹۲	۱۹۴۳	۲۶	۱/۱۱
مرکزی	۱۴۰۷	۹۷۱	۲۰۷۷	۱۴۳۱	۴۵	۱/۰۶
همدان	۸۳۶	۱۱۱۲	۱۱۶۴	۱۵۶۹	۲۵	۰/۷۳
میانگین وزنی	۱۱۱۵۰	۹۹۸۰	۱۷۱۱۰	۱۵۲۲۹	۱۲	۰/۸۸

برآورده شده به نیاز ناخالص آبیاری، 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 (ایرماک و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج نشان داد که در اکثر استان‌ها، میانگین مقدار آب کاربردی مزارع یونجه با مقدار برآورد شده به روش‌های مختلف آبیاری مطابقت دارد و نیاز آبی فصلی گیاه تأمین شده است (جدول ۲)، ولی در برخی از استان‌ها از جمله فارس، همدان و چهارمحال و بختیاری مقدار آب کاربردی مزارع کمتر از مقدار نیاز ناخالص برآورده شده است. با توجه به اینکه راندمان آبیاری در اکثر مزارع در کشور 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 کم‌آبیاری یا بیش‌آبیاری کاملاً متفاوت و از روند خاصی پیروی نمی‌کند.

نتایج تجزیه و تحلیل نیاز خالص آبیاری در استان‌ها نشان داد که در برخی از استان‌ها از جمله زنجان و آذربایجان شرقی اختلاف بین دو روش حدود پنج درصد و قابل چشم‌پوشی است ولی میانگین نیاز خالص آبیاری ارائه شده در سند ملی آب کشور، در استان‌های آذربایجان غربی، اصفهان، چهارمحال و بختیاری، کرمان و مرکزی بین ۲۰ تا ۴۵ درصد کمتر از مقدار نیاز خالص آبیاری برآورد شده بر اساس داده‌های سال انجام تحقیق است. از جمله عوامل تأثیرگذار 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

آب سطحی و زیرزمینی کشور برای تولید یونجه در کشور اختصاص می‌یابد.

تأثیر اقلیم بر حجم آب آبیاری، عملکرد محصول و بهره‌وری آب

اقلیم قطب‌های تولید یونجه در کشور بر اساس دو روش اقلیمی دومارتن و دومارتن اصلاح‌شده (خلیلی، ۱۳۸۳) که شامل ۲۸ اقلیم فرعی است، تعیین شد. بر اساس این نتایج مناطق مورد مطالعه در شش اقلیم فراخشک سرد و معتدل، خشک بیابانی سرد و فراسرد، نیمه‌خشک سرد، نیمه‌خشک فراسرد، مرطوب و نیمه مرطوب و مدیترانه‌ای سرد و فراسرد قرار گرفتند ولی عمده قطب‌های تولید یونجه در کشور در دو اقلیم اصلی خشک و نیمه‌خشک واقع شده‌اند. شاخص‌های حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب آبیاری یونجه در اقلیم‌های مختلف در جدول ۴ نشان داده شده است.

حجم آب موردنیاز برای تولید یونجه در کشور

برای برآورد حجم آب مورد نیاز تولید یونجه در کشور از میانگین‌های حجم آب آبیاری در استان‌های منتخب و سطح زیر کشت محصول یونجه در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ (احمدی و همکاران ۱۳۹۸) هر استان استفاده شد (جدول ۳). در این برآورد از میانگین وزنی حجم آب آبیاری در استان‌های منتخب کشور، یعنی ۱۳۲۸۴ مترمکعب برهکتار به‌عنوان میانگین حجم آب آبیاری در سایر استان‌ها که سطح زیر کشت قابل‌توجهی نداشتند و در این تحقیق اندازه‌گیری نشده بودند، استفاده گردید. نتایج این برآورد نشان داد که استان آذربایجان غربی با کاربرد حدود ۱۱۲۰ میلیون مترمکعب بیشترین حجم آب برای تولید یونجه در کشور را به خود اختصاص داده است. استان‌های آذربایجان شرقی و کرمان به ترتیب با کاربرد حدود ۸۸۵ و ۶۲۲ میلیون مترمکعب در سال در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. همچنین بر اساس نتایج برآورد شده در جدول ۳، سالانه حدود هشت میلیارد مترمکعب از منابع

جدول ۳- برآورد حجم آب آبیاری مورد نیاز یونجه در استان‌های مختلف کشور

استان	حجم آب آبیاری	
	سطح زیر کشت (هکتار)	حجم آب موردنیاز (میلیون مترمکعب)
آذربایجان شرقی	۷۷۰۹۵	۱۱۴۸۱
آذربایجان غربی	۷۳۷۲۱	۱۵۱۹۸
اصفهان	۳۱۴۱۵	۱۴۸۲۱
چهارمحال و بختیاری	۱۶۹۴۷	۹۲۲۶
خراسان رضوی	۳۱۱۷۸	۱۴۳۱۱
زنجان	۳۶۳۰۳	۸۵۰۲
سمنان	۱۰۴۲۹	۱۲۷۹۶
فارس	۳۵۲۶۶	۸۹۰۱
قزوین	۲۵۰۳۱	۱۸۳۵۱
کرمان	۲۶۰۱۴	۲۳۹۲۰
مرکزی	۲۷۸۱۰	۱۵۹۱۶
همدان	۴۱۳۱۵	۹۴۵۹
سایر استان‌ها	۱۷۴۸۶۲	۱۳۲۸۴
کل کشور	۶۰۷۳۸۵	۱۳۲۸۴
		۸۰۶۸

جدول ۴- میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری شده مزارع یونجه در اقلیم‌های مختلف کشور

اقلیم	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
فراخشک سرد و معتدل	۲۱۰۲۶	۲۱۲۶۲	۱۴۸۷۹	۰/۷۸	۰/۷۷
خشک بیابانی سرد و فراسرد	۱۴۴۳۱	۱۵۲۵۲	۱۴۳۲۶	۱/۱۳	۱/۰۷
نیمه‌خشک سرد	۱۳۰۲۷	۱۴۰۱۴	۱۳۸۵۵	۱/۲۷	۱/۱۸
نیمه‌خشک فراسرد	۱۰۴۰۹	۱۱۱۶۹	۱۵۳۰۹	۱/۶۹	۱/۵۴
مرطوب و نیمه مرطوب	۹۸۱۰	۹۹۶۳	۱۱۱۱۰	۱/۲۹	۱/۲۶
مدیترانه‌ای سرد و فراسرد	۹۱۷۸	۹۷۴۴	۱۳۴۵۸	۱/۵۷	۱/۴۸

تولید یونجه در کشور هشت میلیارد مترمکعب در سال برآورد گردید.

میانگین وزنی عملکرد یونجه خشک در کشور ۱۳۴۸۱ کیلوگرم بر هکتار بدست آمد. این شاخص در روش‌های آبیاری بارانی ۱۴۹۴۲ کیلوگرم بر هکتار و به میزان هشت درصد بیشتر از آبیاری سطحی (۱۳۷۸۷ کیلوگرم بر هکتار) بود. اگرچه نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار توانسته است علاوه بر کاهش حدود ۳۰ درصدی آب آبیاری، عملکرد محصول را افزایش دهد و نقش مؤثری در افزایش تولید یونجه در کشور داشته باشد، ولی در صورتی که از سامانه آبیاری بارانی در شرایط نامناسب اقلیمی و دارای آب آبیاری با کیفیت پایین و بدون رعایت ضوابط فنی بهره‌برداری شود، نه تنها میزان آب آبیاری کاهش نخواهد یافت بلکه هدر رفت سرمایه و منابع را به دنبال خواهد داشت.

استان‌های زنجان، فارس و همدان با حدود دو کیلوگرم بر مترمکعب بیشترین بهره‌وری آب آبیاری را به خود اختصاص داده‌اند، درحالی‌که استان‌های آذربایجان غربی و کرمان با ۰/۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب، دارای کمترین بهره‌وری آب آبیاری بودند. بهره‌وری آب آبیاری در استان‌های آذربایجان شرقی، چهارمحال و بختیاری، رضوی، قزوین و مرکزی با میانگین ۱/۱ تا ۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب، نزدیک به میانگین وزنی کشوری بود.

میانگین بهره‌وری آب کاربردی (آب آبیاری و بارش مؤثر) در محصول یونجه در روش‌های آبیاری

میانگین حجم آب آبیاری در مناطقی با اقلیم فراخشک (۲۱۰۲۶ مترمکعب بر هکتار) به میزان قابل توجه بیشتر از میانگین سایر اقلیم‌ها است. ولی این اقلیم با میانگین بهره‌وری آب ۰/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب، کمترین بهره‌وری آب آبیاری در مناطقی با اقلیم نیمه‌خشک فراسرد ۱/۶۹ کیلوگرم بر مترمکعب و بیشتر از میانگین بهره‌وری آب در سایر اقلیم‌ها بود. هرچند به نظر می‌رسد که تفاوت شاخص‌ها در قطب‌های تولید یونجه فقط به خاطر تفاوت اقلیمی مناطق نبوده و عوامل زیادی از جمله مدیریت آبیاری و دسترسی به آب، تغذیه، تفاوت ارقام یونجه مورد استفاده و مدیریت بهره‌برداران هم نقش زیادی در این تفاوت‌ها ایفا می‌نمایند.

نتیجه‌گیری

تعداد نوبت‌های آبیاری در روش آبیاری سطحی از ۵ تا ۲۹ نوبت با میانگین ۱۵ و در روش آبیاری بارانی از ۶ تا ۱۰۰ نوبت با میانگین ۲۰ نوبت متفاوت بود و نشان داد که تعداد آبیاری‌ها در روش‌های آبیاری بارانی به‌طور معنی‌داری بیشتر از روش آبیاری سطحی بوده است.

حجم آب آبیاری مزارع یونجه در کشور بسته به روش آبیاری، تعداد نوبت‌های آبیاری، شرایطی اقلیمی، شوری آب آبیاری از ۴۰۰۰ تا نزدیک ۴۰۰۰۰ با میانگین وزنی ۱۳۲۸۴ مترمکعب بر هکتار متغیر بود. این شاخص در روش آبیاری سطحی و بارانی به ترتیب ۱۵۰۷۶ و ۱۰۶۵۳ مترمکعب بر هکتار بدست آمد. کل حجم آب آبیاری برای

اقلیمی مناسب که آب آبیاری از کیفیت خوبی برخوردار است، همراه با تجزیه و تحلیل اقتصادی و رعایت ضوابط فنی طراحی، اجرا و بهره‌برداری 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 سازمان‌های جهاد کشاورزی استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اصفهان، چهارمحال و بختیاری، خراسان رضوی، زنجان، سمنان، فارس، قزوین، کرمان، مرکزی و همدان، موسسه تحقیقات خاک و آب و همکاران بخش‌های تحقیقات فنی و مهندسی مراکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان‌های مذکور مشارکت و همکاری مؤثری داشته‌اند. بدین‌وسیله نگارندگان، مراتب سپاس و قدردانی خود را از زحمات و همکاری‌های این عزیزان اعلام می‌دارد.

سطحی و بارانی به ترتیب معادل ۱/۰۵ و ۱/۴۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود و نشان داد که بهره‌وری آب آبیاری در روش آبیاری بارانی نسبت به روش سطحی حدود ۴۱ درصد افزایش داشته است.

میانگین حجم آب آبیاری در مناطقی با اقلیم فراهشک (۲۱۰۲۶ مترمکعب بر هکتار) به میزان قابل توجه بیشتر از میانگین سایر اقلیم‌ها بود ولی این اقلیم با میانگین بهره‌وری آب ۰/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب، کمترین بهره‌وری آب یونجه را به خود اختصاص داد، در حالی که میانگین بهره‌وری آب در مناطقی با اقلیم نیمه‌خشک فراسرد ۱/۶۹ کیلوگرم بر مترمکعب و بیشتر از میانگین بهره‌وری آب در سایر اقلیم‌ها بود.

با توجه به نتایج این تحقیق، اقلیم، مدیریت زراعی، روش آبیاری، عمق آب آبیاری و نوبت‌های آبیاری، مهم‌ترین عوامل مؤثر در مدیریت آب آبیاری بوده و با برنامه‌ریزی مناسب آبیاری با توجه به این شاخص‌ها می‌توان حجم آب آبیاری مزارع یونجه را مدیریت نمود. برای کاهش حجم آب آبیاری و بهبود بهره‌وری آب در تولید یونجه، استفاده از روش آبیاری بارانی در شرایط

فهرست منابع

۱. احمدی، ک.، ح.، عبادزاده، ف.، حاتمی، ه.، عبدشاه و ا.، کاظمیان، ۱۳۹۷. آمارنامه کشاورزی سال ۹۶-۱۳۹۵. وزارت جهاد کشاورزی و معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، دفتر فناوری اطلاعات و ارتباطات، جلد اول: محصولات زراعی.
۲. احمدی، ک.، عبادزاده، ح.، حاتمی، ف.، حسین‌پور، ر.، و عبدشاه، ح.، ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی سال ۹۸-۱۳۹۷. وزارت جهاد کشاورزی و معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، دفتر فناوری اطلاعات و ارتباطات، جلد اول: محصولات زراعی.
۳. احمدی، ک.، عبادزاده، ح.، حاتمی، ف.، عبدشاه، ح.، و کاظمیان، ا.، ۱۳۹۸. آمارنامه کشاورزی سال ۹۷-۱۳۹۶. وزارت جهاد کشاورزی و معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، دفتر فناوری اطلاعات و ارتباطات، جلد اول: محصولات زراعی.
۴. 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.
۵. باغانی، ج.، معیری، م.، ورجاوند، پ.، سلامتی، ن.، اسلامی، ا.، شاهرخ‌نیا، م. ع.، کیانی، ع.، ر.، قدمی‌فیروزآبادی، ع.، حقایقی‌مقدم، ا.، خسروی، ح.، 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.

۶. بهراملو، ر. و قدمی فیروزآبادی، ع. ۱۳۹۶. برنامه ارتقاء بهره‌وری آب کشاورزی استان همدان. سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی (دردست چاپ). ۸۱ صفحه.
۷. بهنام‌فر، ک.، سیاست، س. ع.، بخشنده، ع. م.، کاشفی‌پور، س. م.، عالمی سعید، 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. جلد ۳۷. شماره ۳. ص ۷۲-۶۳.
۸. 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.
۹. حیدری، ن.، ۱۳۹۰. تعیین و ارزیابی شاخص کارایی مصرف آب محصولات زراعی تحت مدیریت کشاورزان در کشور. مدیریت آب و آبیاری. دوره ۱، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۰، ص ۴۳-۵۷.
۱۰. خرمیان، م.، شوشی دزفولی، ا. ا. و ع. عصاره، 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.
۱۱. رضایی‌راد، ه.، هوشمند، ع. و دوست محمدی، م. ۱۳۹۳. بررسی بهره‌وری آب سه محصول زراعی جو، گندم و یونجه استان اصفهان (به تفکیک شهرستان)، همایش ملی تغییرات اقلیم و مهندسی توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی، تهران، شرکت علم و صنعت طلوع فرزین
۱۲. سرمد، ز.، بازرگان، ع.، و حجازی، ا.، ۱۳۸۰. روش‌های تحقیق در علوم رفتاری. انتشارات آگاه. ۴۰۵ صفحه.
۱۳. علی محمدی نافچی، ر. ۱۳۹۶. مقایسه راندمان و کارایی مصرف آب در زراعت یونجه با استفاده از سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی. سومین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه (تقاضا محوری آب).
۱۴. غلامی، ز.، ابراهیمیان، ح. و نوری، ح. ۱۳۹۵. بررسی بهره‌وری آب آبیاری در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی (مطالعه موردی: دشت قزوین). علوم و مهندسی آبیاری. جلد ۳۹، شماره ۳. ص ۱۴۶-۱۳۵.
۱۵. قدمی فیروزآبادی، ع. و سیدان، س. م. ۱۳۹۴. بررسی فنی و اقتصادی آب مصرفی و انرژی در سیستم‌های مختلف آبیاری در مزارع سیب‌زمینی و یونجه در شهرستان همدان. گزارش نهایی شماره ۹۴/۴۸۰۱۲ موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.
۱۶. لشنی‌زند، م. پیامی، ک. و ویسکرمی، ا. ۱۳۹۳. بررسی الگوی مصرف آبهای سطحی کشاورزی، مطالعه موردی: حوزه آبخیز هنام. نشریه علمی و پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز. ۶(۴): ۴۰۶-۴۰۰.
۱۷. مجیدی، م. ۱۳۷۶. بررسی و تعیین مناسب‌ترین زمان مدت قطع آبیاری در زراعت یونجه، گزارش نهایی. موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر. کرج.
۱۸. وفابخش، ج. و حقایقی، س. ا. ۱۳۹۶. تدقیق مصارف و بهره‌وری 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.
۱۹. اکبری، م.، کوهی چله‌کران، ن.، گودرزی، م.، ریاحی مدوار، ح.، علیمحمدی نافچی، ر.، ذوالفقاران، ا.، فرزنام‌نیا، م.، یوسف‌گمرکچی، ا.، بهراملو، ر.، حقایقی مقدم، س. ا.، اسلامی، ا.، احمدآلی، ج.، ناصری، ا.، 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 رسانی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۲۰. اکبری، م.، ناصری، ا.، خرمیان، م.، قدمی فیروزآبادی، ع.، هدایتی پور، ا.، طاهری، م.، 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.
۲۱. باغانی، ج.، اخوان، ک.، کیانی، ع.ر.، قدمی فیروزآبادی، ع.، شاهرخ نیا، 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.
۲۲. عباسی، ف.، اکبری، م.، 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.
۲۳. عباسی، ف.، پرجمی عراقی، ف.، کیانی، ع.ر.، آبیاری، ن.م.، اخوان، ک.، کمالی پاشایی، 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.
24. Abdel-Daim, M. M. 2018. Pharmacodynamic interaction of *Spirulina platensis* with erythromycin in Egyptian Baladi bucks (*Capra hircus*). *Small Rumin. Res.* 120 (2-3): 234-241.
25. Alimohammadi, R. 2016. Comparison of water use efficiency in Alfalfa using water and waste water. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 5: 191-199.
26. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirement. FAO Irrig. Drain. Paper No. 56. FAO, Rome, Italy, 300 pp.
27. Attram J., Acharya SN Woods SA, Smith E., Thomas JE. 2016. Yield and net return from alfalfa cultivars under irrigation in southe. *Canadian Journal of Plant Science.* 96(2): 165-175.
28. Balik, m., M. E. Grismer and Todl. 2001; Reduced run off irrigation of alfalfa in Imperial Valley, California. *J. Irrigation and Drainage Engineering* 127: 123 – 130.
29. Berrada, A., 2005. Water management for optimum crop production in SW Colorado. *Agron. Abstracts, Amer. Soc. Of Agron, Madison, WI. (CD – Rom). ASA – CSSA – SSSA Annual Meeting, Oct. 31 – NOV. 4, 2004, Denver, Co.*
30. 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.
31. Cavero, J.; Faci, J.M.; Martínez-Cob, A. 2016. Relevance of sprinkler irrigation time of the day on alfalfa forage production. *Agric. Water Manag.* 178, 304–313.
32. Cavero, J.; Faci, M.; Medina, E.T.; Martínez-Cob, A. 2017. Alfalfa forage production under solid-set sprinkler irrigation in a semiarid climate. *Agric. Water Manag.* 191, 184–192.
33. Diatta, 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.

34. Djaman, K.; Smeal, D.; Koudahe, K.; Allen, S. 2020. Hay yield and water use efficiency of alfalfa under different irrigation and fungicide regimes in a semiarid climate. *Water*, 12, 1721.
35. Ebrahimian, H. and Z. Gholami. 2019. Water Productivity of Maize and Alfalfa in Sprinkler Irrigation Systems. International Conference on Food, Nutrition and Agriculture (ICFNA19) September 27-28, Istanbul (Turkey).
36. Elgharably, A.; Benes, S. 2021. Alfalfa biomass yield and nitrogen fixation in response to applied mineral nitrogen under saline soil conditions. *J. Soil Sci. Plant Nutr*, 21, 744–755.
37. FAOSTAT. 2021. Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
38. Fink, K. P., Grassini, P., Rocateli, A., Bastos, L.M., Kastens, J., Ryan, L.P., Lin, X., Patrignani, A., Lollato, R.P., 2022. Alfalfa water productivity and yield gaps in the U.S. central Great Plains. *Field Crops Research* 289, 108728, 1-14.
39. Gao, L.; Su, J.; Tian, Q.; Shen, Y. 2020. Contrasting strategies of nitrogen absorption and utilization in alfalfa plants under different water stress. *J. Soil Sci. Plant Nutr*, 20, 1515–1523.
40. Irmak, S.; Odhiambo, L.; Kranz, W.; Eisenhauer, D. 2011. Irrigation efficiency and uniformity, and crop water use efficiency *Biological Systems Engineering: Papers and Publications*. 451.
41. Kimbell, MK., Miller, WW. And Mahannah, CN. 1990. Applied water requirements for sprinkler irrigated alfalfa in western Nevada, *Applied Agricultural-Research*.
42. Li, M.; Liu, Y.; Yan, H.; Sui, R. 2017. Effects of irrigation amount on alfalfa yield and quality with a center-pivot system. *Trans. ASABE*, 60, 1633–1644.
43. Li, Y.; Su, D. 2017. Alfalfa water use and yield under different sprinkler irrigation regimes in North Arid Regions of China. *Sustainability*, 9, 1380.
44. Molden, D.J., Sakthivadivel, R., Perry, C.J., de Fraiture, C., 1998. Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems. Research Report No. 20, Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
45. Montazar, A. 2020. Deficit Irrigation Program Study. In Proceedings of the Law of Colorado River Conference, Scottsdale, AZ, USA, 12–13 March 2020.
46. Qiu, Y., Fan, Y., Chen, Y., Hao, X., Li, S., 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. *Agric. Water Manag.* 254, 106934
47. Yan, N., Wu, B. and Zhu, W. 2020. Assessment of agricultural water productivity in arid China. *Water*, 12 (4).
48. Zhang, C.; Shi, S.; Wang, B.; Zhao, J. 2018. Physiological and biochemical changes in different drought-tolerant alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties under PEG-induced drought stress. *Acta Physiol. Plant*, 40, 25.

Determination of Alfalfa Water Productivity in Different Regions of Iran

M. Akbari*, F. Abbasi, A. Nasser, A.Y. Gomrokchi, M. Goodarzi, A. Eslami,
M. Farzamniya, R. Alimohammadi, N. Koochi, R. Bahramloo, A. Ghadami,
A.G. Haghaeghimoghaddam, A. Zolfagharan, J. Ahmadaali, M. Abbasi, H. Riyahi, and
M. M. Nakhjavanimoghaddam

- 1- Associate Prof., Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran. akbari_m43@yahoo.com
- 2- Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. fariborzabbasi@ymail.com
- 3- Associate Prof., Agricultural Engineering Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran. nasser_ab@yahoo.com
- 4- Assistant Prof, Agricultural Engineering Research Department, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qazvin, Iran. gomrokchi@gmail.com
- 5- Assistant Prof, Markazi Agricultural and natural Resources Research and Education Center. Arak.Iran. goodarzimustafa@gmail.com
- 6- Assistant Prof, Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Fars, Iran. amireslami.50@gmail.com
- 7- Academic member, Agricultural Engineering Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran. masoud_farzamia@yahoo.com
- 8- Assistant Prof, Agricultural Engineering Research Department, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahr-e Kord, Iran. nafchi38@hotmail.com
- 9- Assistant Prof. of Agricultural Engineering Research Department, Kerman Agricultural and Resource Research Center. nakch71@yahoo.com
- 10-Associate Prof, Agricultural Engineering Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran. bahramloo@gmail.com
- 11- Associate Prof, Assistant Prof, Department of Agricultural Engineering Research, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural. aghadami@gmail.com
- 12- Assistant Prof, Agricultural Engineering Research Department, Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Khorasan Razavi. sahm51@yahoo.com
- 13- Assistant Prof, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. azolfagharan@yahoo.com
- 14- Assistant Prof, Agricultural Engineering Research Department, West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmiye, Iran. jalahmadaali@gmail.com
- 15- Zanjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. abasimohamad7@gmail.com
- 16- Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. riahir1343@yahoo.com
- 17- Assistant Prof., of Irrigation and Drainage Engineering, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education. mehdin55@yahoo.com

Received: April 2023 and Accepted: June 2023

Abstract

In this study, volume of irrigation water, water productivity, and yield of alfalfa were measured in 300 farms in Zanjan, Fars, Chaharmahal and Bakhtiari, Hamedan, East Azerbaijan, Semnan, Khorasan-Razavi, Isfahan, West Azerbaijan, Central, Qazvin and Kerman provinces under farmers management and surface and sprinkler irrigation, various water sources, different water salinities, soil conditions, and varieties, during the growing season of 2018-2019. The results showed that the difference between average volumes of water applied by farmers, yield, and water productivity, in the studied sites were significant at 1% probability level. The average amount of applied water by farmers was 8502, 8901, 9226, 9459, 11481, 12796, 14311, 14821, 15198, 15916, 18351 and 23920 m³/ha, respectively, and the average was 13284 m³/ha. The dry yield of alfalfa varied from 2500 to 30000 kg/ha with an average of 13841 kg/ha. Irrigation water productivity varied from 0.2 to 4.5 and its average was 1.28 kg/m³. The average irrigation water plus effective rainfall productivity for alfalfa was 1.19 kg/m³. The results showed that the average applied water and alfalfa yield in surface and sprinkler irrigation methods were 15076 and 10653 m³/ha, respectively, (p<1%). These results showed that in sprinkler irrigation method, applied water was 30% less and irrigation water plus effective rainfall productivity was 41% higher. Accordingly, in order to reduce the volume of irrigation water and improve alfalfa water productivity, it is recommended to use sprinkler method in suitable climatic conditions where irrigation water is of good quality and the technical criteria of design, implementation, operation, and economic considerations are met.

Keywords: Applied water productivity, Sprinkler irrigation, Surface irrigation

* - Corresponding author's email: akbari_m43@yahoo.com